

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO**



**FACULTAD DE CIENCIAS POLÍTICAS Y  
ADMINISTRATIVAS**

**CARRERA DE ECONOMÍA**

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO

DE:

**ECONOMISTA**

**TEMA:**

MODELOS DE HETEROCEDASTICIDAD CONDICIONAL EN EL PRONÓSTICO  
DEL COMPORTAMIENTO DEL PRECIO DEL PETRÓLEO EN EL ECUADOR

**AUTOR:**

Josue Fernando Noriega Jurado

**TUTOR:**

Pablo Mauricio Ochoa Ulloa

**Riobamba - Ecuador**

**2019**

## INFORME DEL TUTOR

En mi calidad de asesor, del proyecto de investigación titulado: **MODELOS DE HETEROCEDASTICIDAD CONDICIONAL EN EL PRONÓSTICO DEL COMPORTAMIENTO DEL PRECIO DEL PETRÓLEO EN EL ECUADOR**, luego de haber revisado el desarrollo de la investigación elaborada por el Sr. Josue Fernando Noriega Jurado, tengo a bien informar que el trabajo mencionado cumple con los requisitos exigidos para ser expuesto al público, posterior a la evaluación del Tribunal designado por la Comisión de Titulación.



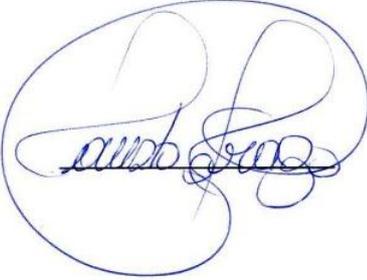
.....  
Econ. Pablo Mauricio Ochoa Ulloa

C.c.: 0603428608

## CALIFICACIÓN DEL TRABAJO ESCRITO DE TITULACIÓN

Los miembros del Tribunal de Revisión del Proyecto de Investigación titulado “**MODELOS DE HETEROCEDASTICIDAD CONDICIONAL EN EL PRONÓSTICO DEL COMPORTAMIENTO DEL PRECIO DEL PETRÓLEO EN EL ECUADOR**” presentado por el Sr. Josue Fernando Noriega Jurado y dirigida por el Econ. Pablo Ochoa. Una vez revisado el proyecto de investigación con fines de graduación, se ha constatado el cumplimiento de las observaciones realizadas, se procede a la calificación del informe del proyecto de investigación.

Para constancia de lo expuesto firman:

	Nota	Firma
<b>Mgs. Pablo Ochoa</b> Tutor	<u>10</u>	
<b>PhD. Yadier Torres</b> Miembro Tribunal	<u>10</u>	
<b>Mgs. Fausto Erazo</b> Miembro Tribunal	<u>10</u>	

NOTA: 10 (SOBRE 10)

## **DERECHOS DE AUTOR**

Yo, Josue Fernando Noriega Jurado, con C.C 0603897042, soy responsable de las ideas, doctrinas, resultados y propuestas expuestas en el presente trabajo de investigación, y, los derechos de autoría pertenecen a la Universidad Nacional de Chimborazo.



Josue Fernando Noriega Jurado

**AUTOR**

C.C. 0603897042

## **DEDICATORIA**

Elegir una carrera universitaria define nuestra vida y definitivamente la mejor decisión que pude tomar fue estudiar economía. Por eso quiero dedicar este trabajo a mis padres Johny y Lucy quienes han sido un pilar fundamental en mi formación, pues ellos siempre me han inculcado el amor a Dios y me han enseñado que por más obstáculos que existan en el camino dependerá de uno mismo superarlos.

También a mi abuelito Daniel quien ha sido un padre amoroso con todos los miembros de su familia y con su ejemplo dejó un legado de valores que perdurará en quienes tuvimos el honor de conocerlo.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por permitirme culminar una etapa más de mi vida con éxito y poner a las personas correctas en mi camino para aprender más de su palabra.

A mis padres, que me han apoyado en todo momento y han confiado en mis decisiones, Dios les pague por su amor y bondad.

A mis hermanos Johanna y Marcelo, quienes estuvieron presentes y siempre prestos a colaborar en este proceso de aprendizaje.

A mi abuelita Martha por su gran corazón y a mi abuelita Margarita por su cariño.

A mi novia Liliana, quién me acompañó durante este proceso, ayudándome a ser mejor cada día y brindándome su amor incondicional.

A la Universidad Nacional de Chimborazo que me brindó gratas experiencias y a los docentes que pusieron a disposición su conocimiento, en especial a los economistas Pablo, Fausto y Yadier que me guiaron en esta investigación.

## ÍNDICE

1. Introducción.....	1
2. Planteamiento del Problema .....	2
3. Objetivos.....	4
3.1. General .....	4
3.2. Específicos .....	4
CAPÍTULO I.....	5
4. Estado del arte .....	5
4.1. Antecedentes .....	5
4.2. Fundamentación Teórica .....	7
4.2.1. Definiciones .....	7
4.2.2. Mercado Petrolero.....	8
4.2.3. Análisis del precio del petróleo en el Ecuador (2015-2019).....	9
4.2.4. Modelos de Heterocedasticidad Condicional .....	13
4.2.5. Características de las series financieras con frecuencias elevadas .....	14
CAPÍTULO II.....	15
5. Metodología.....	15
5.2. Método .....	15
5.3. Modelo ARCH .....	15
5.4. Modelo GARCH .....	16
5.5. Tipo de investigación .....	17
5.6. Diseño.....	17
5.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	18
5.8. Técnicas de procesamiento de la información .....	18
CAPÍTULO III .....	19
6. Resultados y Discusión.....	19
6.1. Modelo Económico .....	19

6.2. Pronóstico del precio de barril de petróleo.....	24
7. Conclusiones.....	27
8. Recomendaciones .....	28
9. Referencias Bibliográficas.....	29
10. Anexos.....	33
10.1. Anexo 1: Histograma del logaritmo del precio de barril de petróleo, aplicado una primera diferencia.....	33
10.2. Anexo 2: Ecuación de la variable con una constante .....	34

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Indicadores Económicos del Ecuador periodo 2007 al 2018 .....	10
Tabla 2. Prueba de igualdad de varianzas de PBP.....	20
Tabla 3. Prueba de Heterocedasticidad: ARCH .....	21
Tabla 4. Modelo ARCH .....	22
Tabla 5. Modelo GARCH.....	23
Tabla 6. Pronóstico del precio de barril de petróleo en el Ecuador.....	25
Tabla 7. Ecuación de la Variable con una Constante .....	34

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Precios diarios del barril de petróleo en el Ecuador periodo 2015–2019.....	9
Gráfico 2. Indicadores Económicos del Ecuador del 2007 al 2018.....	11
Gráfico 3. Precio del barril de petróleo .....	19
Gráfico 4. Logaritmos del precio del barril de petróleo .....	20
Gráfico 5. Precio del barril de petróleo en logaritmos y aplicado una primera diferencia .....	21
Gráfico 6. Pronóstico del precio de barril de petróleo.....	24
Gráfico 7. Histograma PBP .....	33

## RESUMEN

En la presente investigación se realiza un análisis de la serie del precio del barril de petróleo en el Ecuador en el periodo 2015-2019, donde se describe tanto su comportamiento como también el contexto político y económico bajo el cual se desarrollaron todos los eventos que están relacionados con el precio del hidrocarburo. Además, se detalla el funcionamiento del mercado petrolero a nivel mundial, así como los factores que inciden en el precio del barril de petróleo. Por otra parte, se explican los modelos de heterocedasticidad condicional ARCH, GARCH y su importancia en el pronóstico de series financieras.

Luego, se identifica al modelo GARCH como el método más eficiente para pronosticar el comportamiento del precio de barril de petróleo en el Ecuador y, se corre el modelo econométrico a través del programa Eviews 9, tomando como referencia la cotización en días+ hábiles, la cual inicia desde el 02 de enero del 2015 hasta el 03 de junio del 2019. Como resultado de la estimación, se obtiene que la serie presentará una tendencia creciente durante los siguientes 22 días.

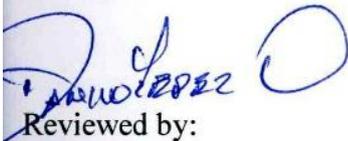
**PALABRAS CLAVE:** Petróleo, pronóstico, heterocedasticidad, ARCH, GARCH.

## ABSTRACT

In the investigation is carried out an analysis of the series of the price of oil barrel in Ecuador in the period 2015-2019, where its behavior is described as well as the political and economic context under which all the events that were related to the price of the of hydrocarbon were developed. In addition, it details the operation of the worldwide oil market, as well as the factors that impact the price of an oil barrel. On the other hand, are explained the conditional heteroskedasticity models ARCH, GARCH and their importance in the forecast of financial series.

Then, the GARCH model is identified as the most efficient method to predict the behavior of the oil price in Ecuador and, the econometric model is run through the Eviews 9 program, taking as reference the quotation in working days, which starts from January 2, 2015 until June 3, 2019. As a result of the estimation, it is obtained that the series will present an increasing trend during the following 22 days.

KEY WORDS: Oil, forecast, heteroscedasticity, ARCH, GARCH.



Reviewed by:

Danilo Yépez Oviedo

English professor UNACH



## 1. INTRODUCCIÓN

El petróleo es un hidrocarburo utilizado en la elaboración de una gran variedad de productos de uso masivo en todo el planeta, su explotación se convirtió en una práctica cotidiana que ha permitido el desarrollo de la sociedad y la búsqueda de la satisfacción de las diferentes necesidades que surgen a medida que la población crece.

Parte del sistema económico global es el petróleo, debido a sus múltiples usos como combustible doméstico e industrial, carburante, lubricante y, principalmente, como materia prima en la industria petroquímica.

Según lo manifiesta la British Broadcasting Company (2015) el crudo de petróleo ha sido utilizado por el hombre desde tiempos remotos, como el caso de los babilonios que utilizaban el petróleo para impermeabilizar sus botes y los egipcios para conservar sus momias; pero no fue sino hasta la creación del automóvil donde el petróleo se volvió fundamental en el desarrollo de los países, al punto de convertirse su dominio en motivo de guerras entre naciones.

De acuerdo a Andrade (2016) en Ecuador, los ingresos generados por la venta del petróleo sirven para financiar los egresos no permanentes y tienen un nivel de dependencia del 18 % en el Presupuesto General del Estado, por lo que, es preciso analizar la tendencia que presenta la serie ya que, pequeñas variaciones en su valor monetario ocasionan cambios significativos en los ingresos del país. La variable corresponde a una serie financiera y presenta alta volatilidad en su precio, esto provoca que resulte complejo estimar su valor; sin embargo, al ser un tema relevante para la economía mundial, se han desarrollado varios modelos matemáticos que permiten pronosticar su precio en el corto plazo.

En virtud a lo indicado, para el análisis del comportamiento de la serie, se ha tomado como referencia el precio diario del barril de petróleo, desde el año 2015 hasta el 2019, puesto que, a partir de este periodo, el referido precio del crudo sufrió un quiebre con respecto a la elevada cotización que tuvo durante los 7 años anteriores al periodo señalado; esta tendencia se ha mantenido volátil, por lo cual es necesario emplear modelos de heterocedasticidad condicional para realizar un pronóstico más eficiente del

comportamiento del precio de barril de petróleo, constituyéndose en una herramienta importante para tomar decisiones en el ámbito de las inversiones, finanzas y economía.

## **2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El petróleo se ha convertido en un recurso indispensable en el desarrollo productivo de los países debido a sus propiedades y usos en el campo de la energía y la industrialización, por tanto, las naciones que buscan aumentar su productividad necesitan invertir en él; lo cual permite que las fluctuaciones de su precio se vean afectadas por varios factores, algunos de estos pueden ser previsibles, como el nivel de reservas o la capacidad de explotación, pero existen otros que no se pueden controlar, como los sucesos geopolíticos que distorsionan cualquier pronóstico con respecto a su valor; por lo cual, el precio del petróleo puede ser motivo de especulación en el mercado y, grandes variaciones en su cotización, pueden alterar toda previsión sobre el comportamiento de la economía mundial.

El mercado mundial del petróleo depende de varios factores: geopolíticos, problemas climáticos estacionales, la capacidad de las refinerías, entre otros; en el caso de los países productores de petróleo en América Latina es importante considerar la demanda de Estados Unidos, aunque el panorama muestra una tendencia de crecimiento en economías emergentes como China, India y Brasil, de las que se espera tengan un incremento moderado en sus economías. También se debe considerar que Asia tiene un gran crecimiento demográfico, lo cual implica un importante incremento de la población mundial, que aumentará la demanda de energía para la industria, el transporte y la regulación de temperatura de sus residencias (Sánchez y Vargas, 2005).

El análisis de la volatilidad en las series financieras se ha convertido desde hace tres décadas en un campo muy estudiado dentro de la economía y las finanzas, prueba de ello son los trabajos de Engle (1982); Bollerslev (1986); Braun, Nelson y Sunier (1995) y Chan, Leung y Wang (2004).

¿La volatilidad de los precios del petróleo se debe tomar en cuenta en el corto plazo? Esta es una cuestión importante al momento de estimar los ingresos que obtendrán los países

productores de petróleo, siendo trascendente en la toma de decisiones de política económica para una nación cuyo principal producto de exportación es el petróleo, como es el caso de Ecuador.

Es recomendable tener confianza en los modelos económicos que usa el Estado para este tipo de cálculos, pues la volatilidad de las series financieras es un factor que en ocasiones puede ser impredecible (Maldonado, 2013). Según cifras del Banco Central del Ecuador en el año 2008 los precios del crudo presentaron alta volatilidad, en el mes de julio se cotizó en \$ 144 por barril y para diciembre sufrió un desplome de \$ 33 por barril.

Esta variable está expuesta a una serie de factores de diversa índole y magnitud, lo cual hace complejo el estudio de su comportamiento mediante modelos multivariantes, debido a que si bien estos pueden ayudar a pronosticar el mismo, pierden precisión al omitir ciertas variables que influyen en el precio de la serie estudiada. Es por eso que esta investigación busca identificar el modelo de heterocedasticidad condicional que brinde mayor precisión en el pronóstico del comportamiento del precio petróleo en el Ecuador.

Los modelos de heterocedasticidad condicional, constituyen una solución ante la incertidumbre que rodea a la variable, pues analizan la serie temporal tomando en cuenta sus valores pasados e incluyendo la varianza, que engloba la información disponible al momento de realizar el pronóstico. De esta manera se pueden establecer tendencias y patrones que mediante un modelo econométrico permitan pronosticar un posible precio del petróleo y, de esa manera, proyectar los efectos que puede tener en el ámbito económico.

Las reservas petroleras están distribuidas de manera desigual en el mundo, lo que hace codiciar las fuentes de abastecimiento, pero también adoptar medidas para dar seguridad a los demandantes, buscando que su eventual interrupción no frene el crecimiento económico. La exploración y comercio mundial del crudo son muy intensos, así como también su explotación y consumo.

La historia del petróleo es, en realidad, el relato de un conflicto siempre presente, que estalla bajo diferentes circunstancias pero que tiene como explicación, por un lado, la urgente necesidad de abastecimiento al costo más bajo posible y, de otro, la percepción

de quienes tienen los recursos petroleros pero son víctimas de un reparto injusto de los beneficios de su explotación, este sentimiento tiene raíces coloniales y es muy difícil de superar. Además, existen diferencias en el índice de desarrollo humano mundial que revelan que la diversidad de países que no tienen mayoritariamente las reservas pero que lo consumen intensamente, disfrutan de una calidad de vida superior de quienes las disponen (Sánchez y Vargas, 2005).

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. General**

Pronosticar el precio del barril de petróleo en el Ecuador empleando modelos de heterocedasticidad condicional.

#### **3.2. Específicos**

- Analizar el comportamiento del precio del petróleo en el Ecuador en el periodo 2015-2019.
- Identificar el modelo de heterocedasticidad condicional más eficiente en el pronóstico del precio del petróleo.

# CAPÍTULO I

## 4. ESTADO DEL ARTE

### 4.1. Antecedentes

El estudio del comportamiento de las series financieras es cada vez más recurrente entre quienes intervienen en este tipo de mercados, debido a la naturaleza volátil de las mismas, para ello han surgido distintos métodos que permiten analizar el comportamiento de la variable y, a su vez, generar un pronóstico. Los datos diarios del precio del petróleo en el Ecuador indican que estos corresponden a una serie temporal, lo que permite a través de distintos métodos estadísticos obtener patrones de comportamiento y modelar la futura variación del activo financiero en el corto plazo.

Para Jerez (2016) las fuertes variaciones en los precios del petróleo han motivado a los investigadores a buscar o crear modelos matemáticos que puedan prever sus valores; dichos modelos sirven como referencia para las empresas y los países productores de petróleo al momento de establecer niveles de producción de crudo, ventas, costos de producción, posible oferta y demanda, entre otros aspectos económicos.

Por otra parte, de acuerdo a la opinión de Andrade (2016) los modelos enfocados en la predicción del precio de mercado del crudo han tomado gran importancia en el contexto económico mundial, sobre todo en momentos recientes donde la caída extrema de los precios ha llevado a múltiples naciones a reducir significativamente sus ingresos derivados de su explotación.

Diversos estudios han sido publicados para comprender y analizar el comportamiento del precio del petróleo, Engle (1982) y Bollerslev (1986) plantean que para pronosticar el comportamiento de series de tiempo referentes a fenómenos económicos y financieros cuyo comportamiento no es lineal se debe utilizar el modelo autorregresivo condicional heterocedástico (ARCH) y el ARCH generalizado (GARCH), debido a que incorporan las relaciones funcionales que permiten enlazar la volatilidad condicional actual con las volatilidades condicionales pasadas, así como las innovaciones y, además, es posible incluir las variaciones temporales de la volatilidad en los valores de la serie de tiempo analizada. Esto hace posible que se obtenga una modelación estadística más robusta con

respecto a las series temporales de origen financiero o económico, esta práctica ha brindado excelentes resultados en los procesos de seguimiento y descripción de la serie, lo que claramente favorece al momento de elaborar un pronóstico de la variable en un intervalo de tiempo determinado.

Morana (2001) muestra que los modelos estocásticos sirven para predecir la distribución del precio del petróleo en horizontes a corto plazo, mientras que en el largo plazo recomienda utilizar la metodología de pronóstico fuera de la muestra. Otros autores optan por el uso de redes neuronales artificiales autorregresivas (ARNN) como es el caso de Xie, Yu, Xu, Wang. (2006); Kulkarni y Haidar (2009) y Villada, Arroyave y Villada (2014).

Por otra parte Álvarez (2014) menciona que el pronóstico se puede realizar a través de dos métodos: métodos básicos de predicción (ARIMA, por sus siglas en inglés Autoregressive Integrated Moving Average) y métodos avanzados de predicción (Series Temporales de Intervalos). Además, Simancas (2015) argumenta que los modelos estadísticos autorregresivos permiten predecir los valores de una variable, en función de sus datos históricos sin necesidad de ninguna otra información de variables auxiliares o relacionadas. Al respecto, Andrade (2016) propone evaluar el desempeño de los modelos estocásticos ARCH y GARCH frente a redes neuronales artificiales autorregresivas.

Para estudios que involucran series temporales, Box y Jenkins (1970) recomiendan como mínimo 50 observaciones. Peña (1989) menciona que este tipo de análisis se denomina univariante, porque utiliza como única información la propia historia de la serie, basándose en la hipótesis central de que las condiciones futuras serán análogas a las pasadas, lo cual hace que estos modelos sean especialmente útiles para la previsión a corto plazo.

## **4.2. Fundamentación Teórica**

### **4.2.1. Definiciones**

#### **Petróleo**

De acuerdo al glosario de términos petroleros Oilfield de Schlumberger, el petróleo es una mezcla compleja que contiene compuestos de hidrocarburos naturales, los cuales se encuentran en las rocas. Esta mezcla puede presentar un estado sólido o gaseoso, sin embargo, el término hace referencia principalmente al crudo de petróleo líquido.

#### **Serie Temporal**

Una serie temporal corresponde al conjunto de observaciones de una variable, que fueron recogidas de manera secuencial en el tiempo. Dichas observaciones están estrechamente relacionadas entre sí, por lo cual, es necesario tomar en cuenta el orden temporal de los datos.

#### **Pronóstico**

El pronóstico es la estimación del posible comportamiento que tendrán una o más variables en un periodo establecido, basado en información disponible presente o pasada. Sirve como guía para planear las acciones que se ejecutarán y hacia donde se destinarán los recursos financieros, tecnológicos, etc.

#### **Heterocedasticidad**

La heterocedasticidad significa que las observaciones tienen varianzas del error diferentes entre sí, esto quiere decir que viola la hipótesis clásica de homocedasticidad, o igualdad de varianzas en los errores aleatorios. Este supuesto puede surgir por causas estructurales o muestrales, es decir, que su presencia puede ser sugerida por la teoría o por el propio diseño muestral.

#### **4.2.2. Mercado Petrolero**

En 2018 el mundo consumía alrededor de 100 millones de barriles de petróleo cada día y esa cifra se incrementa según lo manifestó el secretario general de la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP), Mohammad Barkindo, de ellos cerca del 43 % son extraídos por países miembros de esta organización. El precio del barril de petróleo es una variable clave dentro del funcionamiento de la economía mundial debido a su gran volumen de comercialización y su cotización en el mercado, pues el hidrocarburo forma parte fundamental en la elaboración y fabricación de casi todos los bienes de consumo que comprenden el modo de vida actual, ya sea como fuente de energía o como materia prima.

Por ende, al ser un activo tan necesario en el mundo, una variación en su precio ocasiona procesos de inflación que se expanden a todos los sectores económicos e incluso a la economía global, tanto a productores como importadores y como consecuencia los países con economías débiles son los más perjudicados. En Ecuador el petróleo es el principal producto de exportación, entonces el precio por barril constituye una cuestión fundamental que se toma en cuenta al planificar el Presupuesto General de Estado y las políticas económicas que rigen al país.

Los cambios que pueda tener esta variable están sujetos al mercado, es decir, oferta y demanda; sin embargo, al ser un recurso no renovable las condiciones del mercado se pueden ver afectadas por diversos factores. En épocas de auge económico los países requieren aumentar el consumo de petróleo para incrementar sus actividades productivas, por lo tanto, la demanda va a superar la oferta, lo que desencadenará un incremento de los precios por barril y viceversa cuando exista una recesión. También hay que considerar la presión que puede generar la OPEP, puesto que ellos generan casi la mitad de la producción mundial, pueden reducir o aumentar la producción de acuerdo a sus intereses. Por otro lado, se debe tener en cuenta que este combustible está cotizado en el mercado internacional en dólares, por lo cual, es necesario analizar el precio que esta divisa puede alcanzar en el mercado y sus fluctuaciones.

Si bien el petróleo es un combustible conocido y utilizado a nivel mundial, las condiciones y características de su adquisición, así como de su uso, son muy particulares de cada país,

por lo tanto, depende del tiempo y espacio donde se estudie su comportamiento, de tal manera que no se puede estandarizar ni limitar la metodología que aplique un país u otro para analizar su precio y realizar previsiones con respecto a su valor futuro.

#### 4.2.3. Análisis del precio del petróleo en el Ecuador (2015-2019)

Los precios diarios del barril de petróleo en el Ecuador durante el periodo 2015–2019 reflejan la volatilidad característica de las series financieras, para evidenciar con mayor claridad a continuación se presenta el siguiente gráfico:

*Gráfico 1.* Precios diarios del barril de petróleo en el Ecuador periodo 2015–2019



**Fuente:** Banco Central del Ecuador.

**Elaboración:** Propia.

El gráfico denota una tendencia creciente en el precio de la variable pese a la volatilidad que presenta la serie, se observa que inicia en el año 2015 con un precio de \$ 52,90 que asciende a \$ 61,43 en junio y de la misma manera presenta una caída hasta \$ 34,95 en el mes de diciembre, siendo este el menor valor de este año.

Le sigue el año 2016 con un precio inicial de \$ 36,76 que desciende hasta el valor más pequeño de toda la serie de \$ 26,21 en febrero y, es a partir de este punto, donde surge una evolución con una tendencia creciente y prolongada de los precios del petróleo llegando a un máximo de \$ 54,06 en ese año.

En el año 2017 existe una ligera estabilidad en la serie, se mantiene en un promedio de \$ 50 por barril y asciende hasta \$ 61,43 al finalizar el año. La tendencia creciente continúa

y se enfatiza hasta alcanzar el precio más alto de la serie de \$ 76,41 en el 2018 y este viene seguido de un desplome de precios en el último trimestre del año que llega a los \$ 42,33. Finalmente el año 2019, que aún no culmina, inicia con un precio de \$ 45.41 y muestra una recuperación llegando en abril a los \$ 66,40 y bordeando un promedio de aproximadamente \$ 57 por barril.

El Ecuador vivió una bonanza petrolera desde el año 2008, donde los ingresos por este rubro se incrementaron del 6,51 % del Producto Interno Bruto (PIB) en el 2007 a 14,05 %, es decir, que llegaron a ocupar más del doble de la participación que tuvo en los años anteriores y ese porcentaje no fue menor al 10 % hasta el año 2014. Sin embargo, a partir del 2015 los precios del petróleo se redujeron considerablemente, así como también su cuota de participación en el PIB como se puede observar en la siguiente tabla:

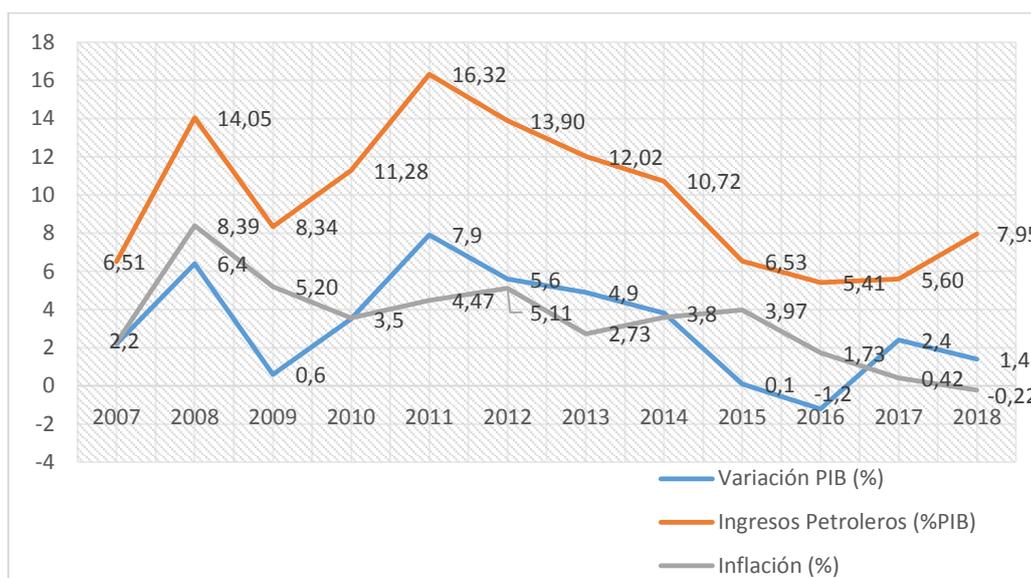
Tabla 1. *Indicadores Económicos del Ecuador periodo 2007 al 2018*

AÑO	PIB (Millones de dólares de 2007)	Variación PIB (%)	Ingresos Petroleros (% PIB)	Inflación (%)	Precio Petróleo (dólares)
2007	51.007,78	2,2	6,51	2,28	71,94
2008	54.250,41	6,4	14,05	8,39	99,63
2009	54.557,73	0,6	8,34	5,20	61,66
2010	56.481,06	3,5	11,28	3,56	79,36
2011	60.925,06	7,9	16,32	4,47	95,03
2012	64.362,43	5,6	13,90	5,11	94,15
2013	67.546,13	4,9	12,02	2,73	95,63
2014	70.105,36	3,8	10,72	3,59	84,16
2015	70.174,68	0,1	6,53	3,97	45,50
2016	69.314,07	-1,2	5,41	1,73	43,52
2017	70.955,69	2,4	5,60	0,42	50,91
2018	71.932,84	1,4	7,95	-0,22	64,88

**Fuente:** Banco Central del Ecuador, Instituto Nacional de Estadísticas y Censos.

**Elaboración:** Propia.

Gráfico 2. Indicadores Económicos del Ecuador del 2007 al 2018



**Fuente:** Banco Central del Ecuador, Instituto Nacional de Estadísticas y Censos.

**Elaboración:** Propia.

En el año 2015, existía gran incertidumbre en cuanto a la economía del país, tras la caída del precio del petróleo, el gobierno tuvo que realizar recortes presupuestarios, dado que, la economía ecuatoriana es dependiente del petróleo y su modelo de desarrollo se basa en variables externas que no pueden ser controladas por el gobierno (Andrade, 2017). El jefe de Estado de aquel entonces, declaró que la economía estaba estancada debido a una caída del precio del petróleo de cerca del 50 %, lo que repercutiría en un crecimiento casi nulo de la economía nacional, que se enfrentaría aplicando medidas proteccionistas como salvaguardias e impuestos, provocando un conflicto en los intereses, principalmente, del sector empresarial y sus socios comerciales.

Para el año 2016 el panorama fue aún peor, pues el precio del petróleo descendió a niveles que no se habían registrado desde el año 2003, llegando en el mes de febrero a \$ 26,21, aunque la inflación se redujo en 2 puntos porcentuales, el PIB decreció en 1,2 % como ya lo anunciaba la minúscula tasa de crecimiento del año anterior; a eso hubo que sumarle la apreciación del dólar que naturalmente afectó la competitividad del país en el comercio internacional. Un suceso que marcó la historia del país fue el terremoto del 16 de abril de 2016 que representó aproximadamente \$ 3.344 millones de dólares en pérdidas para el país, como lo detalla el informe “Reconstruyendo las cifras luego del sismo” (INEC, 2017). Ante las dificultades el gobierno de turno respondió con una emisión de bonos por

\$ 1.750 millones, recurrió a preventas de petróleo por \$ 1200 millones y obtuvo varios millones de dólares del Banco Central (Hidalgo, 2017).

Sin dudas el año 2017 estuvo destinado a solventar varias dificultades que se tuvo en los dos años anteriores, la economía creció en 2,4 % debido al incremento de las exportaciones, inversión y el consumo final de los hogares, según dio a conocer el Banco Central del Ecuador en la presentación de las cuentas nacionales. La perspectiva económica para ese año era más optimista, pues el gobierno manifestó que se iniciaría el acuerdo comercial con la Unión Europea. Además, el Impuesto al Valor Agregado (IVA) regresaría del 14 al 12 % y el país recuperaría 465.619 onzas de oro de sus reservas que fueron invertidas en el mercado internacional a través del banco estadounidense Goldman Sachs (El Comercio, 2017), aunque por un acuerdo de la OPEP el Ecuador tuvo que reducir su producción diaria en 26.000 barriles, el precio se mantuvo estable en un promedio de \$ 50,91 mostrando una alentadora recuperación.

La economía ecuatoriana en el año 2018 se vio beneficiada por un incremento del precio del petróleo que ascendió desde los \$ 60 en enero hacia \$ 76,41 en octubre aunque después la cifra caería a \$ 42,33 en diciembre, sin embargo, la mayor parte del año el país contó con un precio mayor al esperado de \$ 42 en el Presupuesto General del Estado. De acuerdo al Balance Preliminar de las Economías de América Latina y el Caribe los ingresos petroleros aumentaron en 24,7 % por otra parte, disminuyeron los correspondientes al pago del IVA en 0,7 % y gracias a la remisión tributaria efectuada por el gobierno, se logró incrementar en un 10,2 % los ingresos obtenidos por impuesto a la renta.

La situación actual del país enfrenta recortes en el presupuesto del Estado, principalmente en el gasto corriente, el gobierno pretende reducir ese rubro en 10,14 % con respecto a la proforma presupuestaria del año 2018 (Báez, 2018). Estos ajustes se aplicarán a reducciones en subsidios a combustibles y salarios del sector público, así como también la eliminación de cerca de 25.000 vacantes (Pozo, 2019). Si bien el gobierno estima generar un ahorro también provocará un efecto colateral que se verá reflejado en la desaceleración de la economía, mientras el sector comercial no petrolero se recupera. El precio del barril de petróleo para el 2019 se estima será de \$ 59,16 y en el 2020 se calcula

en \$ 59,02, lo que refiere una estabilidad en el precio del crudo (Fondo Monetario Internacional, 2019).

#### **4.2.4. Modelos de Heterocedasticidad Condicional**

Para Davidson (2004) los modelos de heterocedasticidad condicional tienen dos características destacadas: la amplitud y la memoria. La amplitud determina qué tan grandes pueden ser las variaciones en la varianza condicional y, por lo tanto, el orden de los momentos existentes, mientras que la memoria determina cuánto tiempo tardan en disiparse los choques a la volatilidad. Estas magnitudes serán representadas por  $p$  y  $q$  respectivamente en los diferentes modelos de esta clase.

Quesada (2011) manifiesta que, tanto los modelos lineales como los ARIMA resultan ser modelos básicos para pronosticar valores de una serie de tiempo real y por ende menos eficientes en el cálculo de series financieras. Ahora bien, como respuesta a este problema surgieron modelos no lineales que permiten realizar una aproximación más acertada para series de tiempo económicas y financieras, las cuales se caracterizan por presentar alta volatilidad y los cambios están correlacionados, por lo tanto, si existen cambios bruscos en la serie, estos vienen seguidos por variaciones de gran magnitud y, del mismo modo, sucede con aquellas que presentan cambios pequeños que vienen seguidos por valores poco volátiles. Esto denota que no habrá correlación en los niveles, lo cual es conocido como curtosis, consecuentemente existe una correlación positiva en las series cuadráticas de los valores.

Mientras que Engle (1982) propone los Modelos Autorregresivos Condicionales Heterocedásticos (ARCH) que permiten establecer un patrón de comportamiento estadístico para la varianza; al respecto Quesada (2011) argumenta que el modelo ARCH supone que la varianza condicional depende del pasado con estructura autorregresiva, es decir, del valor medio de la volatilidad y rentabilidad que haya tenido el activo financiero, lo cual, constituye una útil herramienta al momento de decidir entre mantener o vender dicho activo. Stavros y Evdokia (2004) afirman que los modelos autorregresivos han sido utilizados frecuentemente en el análisis de series temporales financieras y, particularmente, en análisis del riesgo en activos, evaluación del precio de las acciones,

pronóstico de intervalos de confianza y cálculo de estimadores eficientes ante la existencia de heterocedasticidad.

Posterior a esta metodología surge una fórmula ampliada del modelo, la misma que fue planteada por Bollerslev (1986) quien extiende la estructura autorregresiva hasta un proceso de medias móviles, lo cual permite tratar de mejor manera la volatilidad de la serie, por ende, los resultados serán más fáciles de apreciar. En este modelo la varianza condicional depende de los valores pasados de la misma variable, lo que lo convierte en uno de los más utilizados en el estudio de series temporales financieras. Stavros y Evdokia (2004) mencionan que el modelo GARCH ( $p, q$ ) permite capturar con éxito varias características de las series financieras como los rendimientos de cola gruesa y la agrupación de volatilidad.

Según lo manifiesta Carvajal (2014) los Modelos ARCH y GARCH son adecuados para el estudio de datos que presentan alta volatilidad, puesto que, consideran que la varianza condicional de la serie temporal no es constante, esto permite aplicar los modelos de heterocedasticidad condicional al estudio de los retornos en las series financieras y, en general, para variables económicas donde la incertidumbre en el pronóstico es elevada.

#### **4.2.5. Características de las series financieras con frecuencias elevadas**

Ruiz (1994) define varias características que presentan las series financieras, en cuanto a datos que son recogidos con frecuencias elevadas, indicando las siguientes:

- 1) La ausencia de una estructura regular y dinámica en la media, que se ve reflejado en estadísticos no significativos.
- 2) Presentan una distribución leptocúrtica o también conocido como exceso de curtosis. (Véase en el Anexo N° 1).
- 3) Normalmente son simétricas.
- 4) La volatilidad se agrupa en intervalos de tiempo, esto se manifiesta en funciones de autocorrelación simple que son significativas para los cuadrados de las variables.
- 5) La volatilidad es persistente, lo cual, indica que los efectos que generan un *shock* en la misma tardarán algún tiempo en desaparecer.

- 6) El efecto apalancamiento, es decir, la existencia de una respuesta asimétrica en la volatilidad con respecto al nivel de los rendimientos.

Estos efectos son tomados en cuenta al utilizar modelos ARCH y GARCH, puesto que, dichos modelos asumen en sus formulaciones que la volatilidad está agrupada en intervalos de tiempo, por lo tanto, altas fluctuaciones propenden a venir seguidas de periodos con características similares y lo mismo sucede con periodos de estabilidad.

## CAPÍTULO II

### 5. METODOLOGÍA

#### 5.2. Método

El presente estudio utiliza el método cuantitativo a través del análisis de la serie diaria del precio del barril de petróleo WTI en el Ecuador, para determinar el modelo de heterocedasticidad condicional que mejor se ajusta a la serie de datos, se utilizará el paquete estadístico Eviews 9 que permite desarrollar una serie de pruebas y contrastes estadísticos para definir el modelo más eficiente y, pronosticar con la mayor precisión posible, los precios diarios del barril de petróleo en el Ecuador.

#### 5.3. Modelo ARCH

Se aplicará el modelo autorregresivo ARCH de Engle (1982) que plantea lo siguiente:  $\psi_t$  corresponde a la información disponible en el periodo  $t$ .

$$Y_t | \psi_{t-1} \sim N(0, h_t), \quad (1)$$

$$h_t = \alpha_0 + \alpha_1 Y_{t-1}^2. \quad (2)$$

La función de la varianza puede ser expresada de una forma más general:

$$h_t = h(Y_{t-1}, Y_{t-2}, \dots, Y_{t-p}, \alpha) \quad (3)$$

Donde  $p$  corresponde al orden del proceso ARCH y  $\alpha$  es un vector que contiene parámetros desconocidos.

El modelo de regresión ARCH se obtiene suponiendo que la media de  $Y_t$  se da como  $X_t\beta$ , una combinación lineal de variables endógenas y exógenas retardadas incluidas en el conjunto de información  $\psi_{t-1}$  con  $\beta$  un vector de parámetros desconocidos.

Entonces obtenemos formalmente,

$$\begin{aligned} Y_t | \psi_{t-1} &\sim N(X_t\beta, h_t), \\ h_t &= h(\epsilon_{t-1}, \epsilon_{t-2}, \dots, \epsilon_{t-p}, \alpha), \\ \epsilon_t &= Y_t - X_t\beta \end{aligned} \quad (4)$$

#### 5.4. Modelo GARCH

La ampliación al modelo ARCH Generalizado o GARCH ( $p, q$ ) de Bollerslev (1986) proporciona una estructura de retardos más flexible. Formalmente, este modelo está definido por:

$$\sigma_t^2 = \omega + \alpha(L) \epsilon_{t-1}^2 + \beta(L) h_{t-1}, \quad (5)$$

Donde,

$L$  indica los retardos

$$\alpha(L) \equiv \alpha_1 L + \alpha_2 L^2 + \dots + \alpha_q L^q$$

$$\beta(L) \equiv \beta_1 L + \beta_2 L^2 + \dots + \beta_p L^p$$

Para la estabilidad y estacionariedad de la covarianza del proceso  $\{\epsilon_t\}$ , todas las raíces de  $[1 - \alpha(L) - \beta(L)]$  y  $[1 - \beta(L)]$  quedarán fuera del círculo de la unidad. El proceso GARCH se puede expresar como un proceso ARCH de orden infinito,

$$\begin{aligned} \sigma_t^2 &= \omega [1 - \beta(1)]^{-1} + \alpha(L) [1 - \beta(L)]^{-1} \epsilon_t^2 \\ &\equiv \omega [1 - \beta(1)]^{-1} + \lambda(L) \epsilon_t^2 \end{aligned}$$

La condición de estacionariedad antes mencionada implica que, el efecto de las innovaciones pasadas al cuadrado en la varianza condicional actual, decae exponencialmente con la longitud del retardo.

## **5.5. Tipo de investigación**

### **Histórica**

El trabajo corresponde a una investigación basada en la serie temporal correspondiente al precio diario del barril de petróleo en el Ecuador desde el año 2015 hasta el año 2019, por lo tanto, involucra aspectos históricos relevantes de la economía del país en dicho periodo, para comprender la situación en la que se desarrolló la serie.

### **Analítica**

Se estudia el comportamiento de la serie, así como el contexto en el que se desarrolló con el fin de conocer las causas de la misma, sus características más destacables y las posibles consecuencias que generen los acontecimientos.

### **Explicativa**

En esta investigación se muestra el comportamiento de la variable objeto de estudio, así como también los procesos que se aplican para su respectivo análisis y pronóstico. Comprende la descripción de los fundamentos teóricos que sustentan la investigación y detalla los modelos aplicados para lograr los objetivos planteados.

## **5.6. Diseño**

### **Bibliográfica**

Se realiza mediante una revisión bibliográfica de fuentes actualizadas y relacionadas al tema de investigación, tomando en cuenta documentos de validez académica y científica.

## **No Experimental**

En la presente investigación la variable estudiada no es sometida a ningún tipo de manipulación, los datos fueron recolectados de una fuente secundaria.

### **5.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **Observación**

Se observa a detalle el comportamiento de los datos obtenidos para desarrollar un análisis de la serie estudiada.

#### **Fichaje**

Se recopilaron los datos mediante esta técnica, puesto que, los datos fueron obtenidos de una fuente secundaria, la cual es el portal web del Banco Central del Ecuador.

### **5.8. Técnicas de procesamiento de la información**

A partir de los datos obtenidos del Banco Central del Ecuador, se realiza un análisis detallado de la serie temporal estudiada a través de gráficos, tablas y pruebas estadísticas con la ayuda de herramientas informáticas como Microsoft Excel y Eviews 9, lo que, permite aplicar los modelos econométricos necesarios para desarrollar el pronóstico de la variable y así determinar cuál es el más eficiente.

## CAPÍTULO III

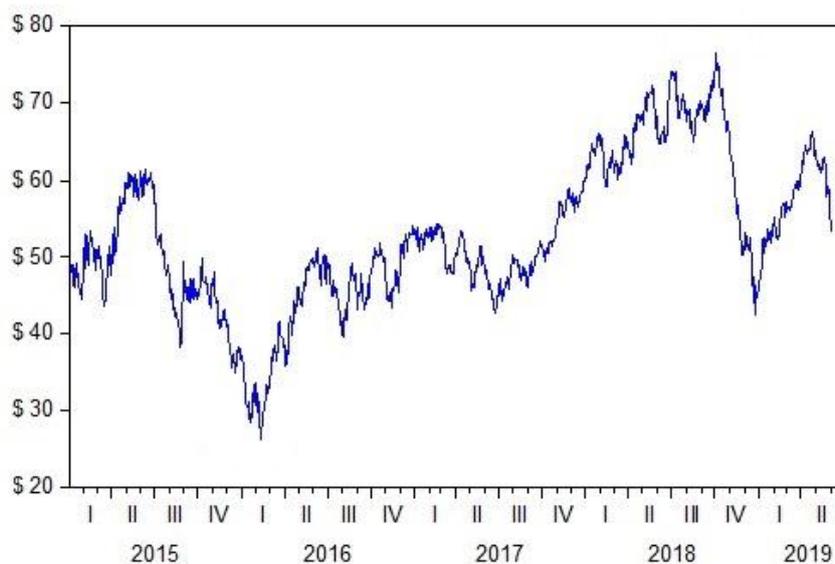
### 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el siguiente apartado se explica el desarrollo de los modelos de heterocedasticidad condicional pertinentes al estudio del precio del barril de petróleo, para generar un pronóstico de la serie temporal.

#### 6.1. Modelo Econométrico

Para modelizar el comportamiento de la serie es preciso analizar un gráfico que permita identificar la tendencia que tienen los precios diarios del barril de petróleo (PBP) en el Ecuador.

*Gráfico 3. Precio del barril de petróleo*



**Fuente:** Banco Central del Ecuador.

**Elaboración:** Propia.

El comportamiento de los precios del barril de petróleo en el Ecuador presenta una tendencia creciente, lo que a priori sugiere que la serie no es estacionaria en medias y que no hay estacionalidad en varianzas, dado que, estas son diferentes entre los distintos grupos de datos.

El siguiente paso, es analizar el contraste de Levene para determinar si es necesario aplicar logaritmos a la serie, esta prueba contrasta la  $H_0$  de homogeneidad de varianzas. Si el valor asociado al estadístico de contraste es menor que el nivel de significación fijado (normalmente 0,05) se rechaza la  $H_0$  de igualdad de varianzas y, con ello, se obviaría uno de los supuestos paramétricos en los que se basa este análisis.

Tabla 2. Prueba de igualdad de varianzas de PBP

N (observaciones)		1152
Método	gl	Valor
Bartlett	2	21.03288***
<b>Levene</b>	<b>(2, 1149)</b>	<b>7.283151***</b>
Brown-Forsythe	(2, 1149)	7.162249***

Nota: \*\*\*  $p < 0,01$ .

**Elaboración:** Propia.

$H_0$ : Existe homogeneidad de varianzas

$H_1$ : No existe homogeneidad de varianzas (a)

El contraste de Levene es significativo, por lo tanto, hay heterogeneidad de varianzas, lo cual, sugiere aplicar logaritmos en la serie de los precios del barril de petróleo para estabilizar la varianza. Además, los métodos de Bartlett y Brown-Forsythe ratifican la no homogeneidad de varianzas.

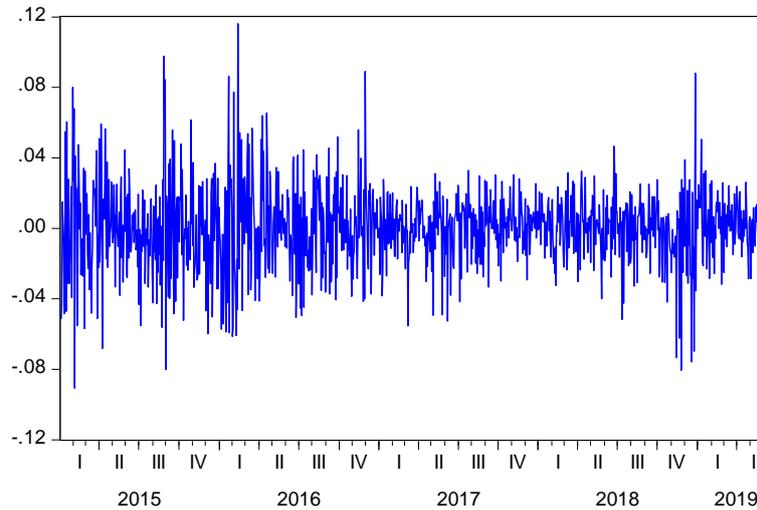
Gráfico 4. Logaritmos del precio del barril de petróleo



**Elaboración:** Propia.

La serie en logaritmos aún presenta una tendencia creciente, por lo tanto, se debe aplicar una primera diferencia.

Gráfico 5. Precio del barril de petróleo en logaritmos y aplicado una primera diferencia



Elaboración: Propia.

Tras aplicar una primera diferencia, se puede observar un proceso ergódico, es decir, es estable en medias. Una vez estabilizada la serie en medias y varianzas se debe modelizar el comportamiento de la variable, para ello se estima una ecuación que contenga la variable más una constante (véase en Anexo 2) y se aplica el contraste de Heterocedasticidad para comprobar si existen efectos ARCH.

Tabla 3. Prueba de Heterocedasticidad: ARCH

N (observaciones)	1151
F-estadístico	33921.44***
Observaciones	1113.290***
*R-cuadrado	
Variable	Coefficiente
C	1.587978* (1.891435)
RESID <sup>2</sup> <sub>-1</sub>	0.983480*** (184.1777)

Nota: Estadísticos “t” entre paréntesis. \*\*\* p < 0,01; \* p < 0,1.

Elaboración: Propia.

H<sub>0</sub>: No existen efectos ARCH

H<sub>1</sub>: Existen efectos ARCH

(b)

El valor asociado a las Observaciones\*R-cuadrado, es menor que el nivel de significación fijado, lo cual, es evidencia en contra de H<sub>0</sub>, por lo tanto, existen efectos ARCH, es decir, que para uno o más datos en la serie la varianza correspondiente al error actual es función de los tamaños de los términos de error de los periodos anteriores y por ende es necesario correr un modelo ARCH.

Tabla 4. *Modelo ARCH*

N (observaciones)	1151
Variable dependiente:	DLOG(PBP)
GARCH = C <sub>2</sub> + RESID <sup>2</sup> <sub>-1</sub>	
Ecuación de la tendencia	
Variable	Coficiente
C	-0,00005.41 (-0.087384)
Ecuación de la varianza	
Variable	Coficiente
C <sub>2</sub>	0.000417*** (24.26674)
RESID <sup>2</sup> <sub>-1</sub>	0.239401*** (6.600612)
R-cuadrado	-0.000007
<b>Criterio de información Akaike</b>	<b>-4.725447</b>
Durbin-Watson	2.126590

Nota: Pruebas "z" entre paréntesis. \*\*\* p < 0,01.

**Elaboración:** Propia.

Una vez obtenido el modelo ARCH se observa que es significativo, sin embargo, es necesario analizar el modelo GARCH, de tal manera que, a través de la comparación del criterio de información Akaike se determine qué modelo es el más efectivo para pronosticar la serie diaria del barril de petróleo.

Tabla 5. *Modelo GARCH*

N (observaciones)	1151
Variable dependiente:	DLOG(PBP)
GARCH = C <sub>2</sub> + RESID <sup>2</sup> <sub>-1</sub> + GARCH <sub>-1</sub>	
Ecuación de la tendencia	
Variable	Coeficiente
C	0.000404 (0.682924)
Ecuación de la varianza	
Variable	Coeficiente
C <sub>2</sub>	0,0000115*** (3.079221)
RESID <sup>2</sup> <sub>-1</sub>	0.081172*** (5.734193)
GARCH <sub>-1</sub>	0.897086*** (47.36640)
R-cuadrado	-0.000286
<b>Criterio de información Akaike</b>	<b>-4.846357</b>
Durbin-Watson	2.125996

Nota: Pruebas “z” entre paréntesis. \*\*\* p < 0,01.

**Elaboración:** Propia.

El modelo que presenta un menor Akaike, es el modelo GARCH, por ende, este es el modelo más eficiente para pronosticar la serie estudiada. A partir de la tabla N°5 se obtiene la ecuación de la tendencia:

$$Y_t = 0,000404 + \epsilon_t \quad (6)$$

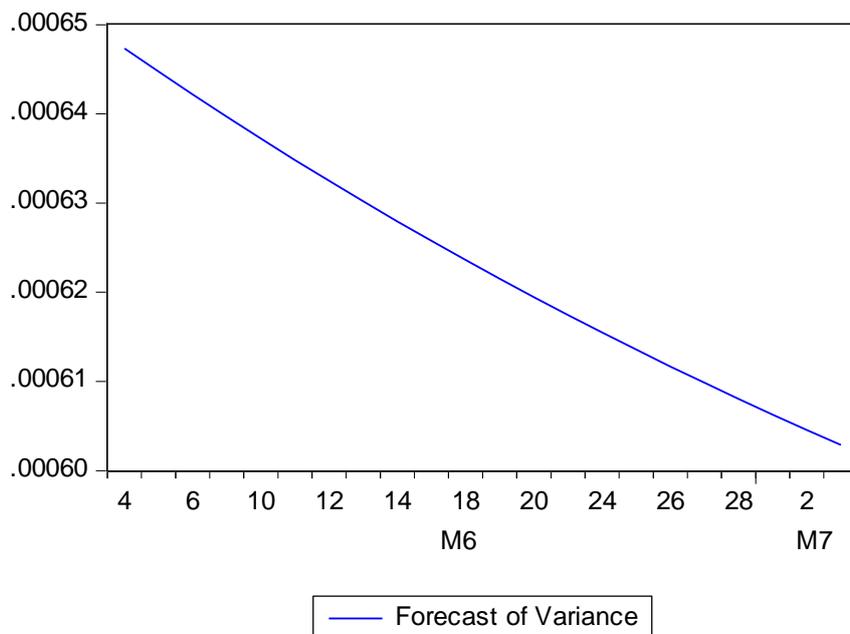
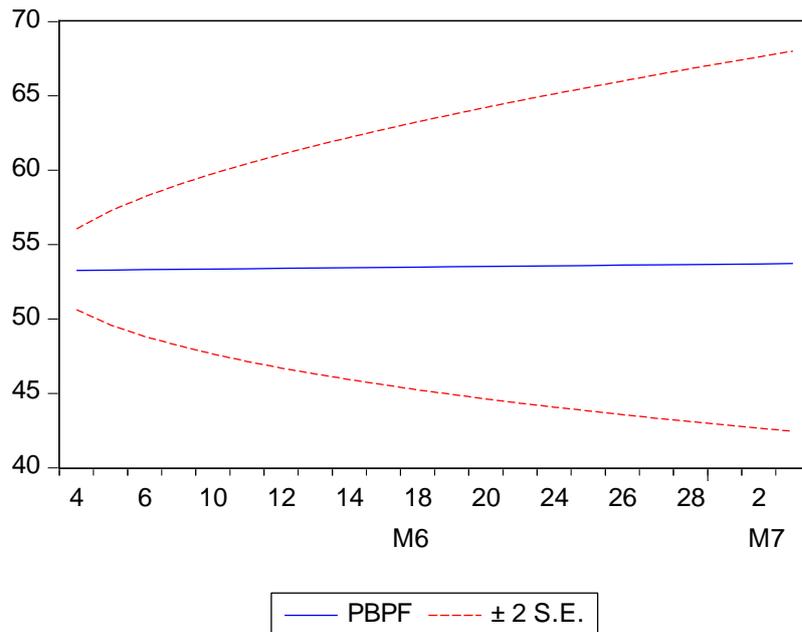
De la misma manera se obtiene la ecuación de la varianza, la cual se refiere al modelo GARCH:

$$GARCH = 0.0000115 + 0,0812 \epsilon_{t-1}^2 + 0,8971 h_{t-1} \quad (7)$$

La suma de alfa más beta es menor que uno y positivo, por lo tanto, la serie es estacionaria, lo que indica que, no es necesario aplicar otro modelo de heterocedasticidad condicional como el IGARCH o el FIGARCH.

## 6.2. Pronóstico del precio de barril de petróleo

Gráfico 6. Pronóstico del precio de barril de petróleo



Elaboración: Propia.

El gráfico del pronóstico de la serie indica que la variable continuará con una pequeña tendencia creciente, es decir, que el precio del barril de petróleo tendrá un ligero incremento durante el periodo pronosticado.

Se considera como periodo de predicción el rango del 04 de junio al 03 de julio con una serie diaria, sin tomar en cuenta fines de semana, en correspondencia con la frecuencia de los datos utilizados para la modelación.

A continuación se presenta el pronóstico obtenido empleando un modelo GARCH

Tabla 6. *Pronóstico del precio de barril de petróleo en el Ecuador*

<b>FECHA</b>	<b>PBP</b>	<b>FECHA</b>	<b>PBP</b>
6/04/2019	53,27	6/19/2019	53,51
6/05/2019	53,29	6/20/2019	53,53
6/06/2019	53,31	6/21/2019	53,55
6/07/2019	53,34	6/24/2019	53,57
6/10/2019	53,36	6/25/2019	53,60
6/11/2019	53,38	6/26/2019	53,62
6/12/2019	53,40	6/27/2019	53,64
6/13/2019	53,42	6/28/2019	53,66
6/14/2019	53,44	7/01/2019	53,68
6/17/2019	53,47	7/02/2019	53,70
6/18/2019	53,49	7/03/2019	53,73

**Elaboración:** Propia.

Los resultados del pronóstico indican que el precio del barril de petróleo en el Ecuador para los próximos 22 días laborables ascenderá a \$ 53,73, siendo este valor menor a las estimaciones realizadas por el Banco Mundial así como también a las previsiones del FMI y superior a la última estimación realizada por el Ministerio de Economía y Finanzas.

En el 2018 los precios del barril de petróleo bordearon los \$ 68 por barril, su promedio en el año 2019 se pronostica que bordeará los \$ 66 y para el 2020 se estima en aproximadamente \$ 65; sin embargo, la previsión dependerá de las decisiones geopolíticas (Banco Mundial, 2019). Mientras para el Fondo Monetario Internacional

(2019) el precio pronosticado es de \$ 59,16 en 2019 y \$ 59,02 para el 2020 basado en el mercado de futuros. En la proforma presupuestaria presentada para su aprobación en la Asamblea Nacional, se estimó para el 2019 un precio de \$ 58,29 el barril de petróleo, dicha propuesta tuvo 17 observaciones y fue reenviada al órgano legislativo con una nueva estimación del precio del crudo que se redujo a \$ 50,05 (Ministerio de Economía y Finanzas, 2018).

## 7. CONCLUSIONES

Al analizar el comportamiento del precio del barril de petróleo en el periodo 2015-2019, se observó que inicia con un decrecimiento de -46 % con respecto al año 2014 pasando de \$ 84,16 a \$ 45,50; la tendencia decreciente se enfatiza en 2016 alcanzando \$ 26,21; para después estabilizarse el siguiente año en un precio promedio de \$ 50 por barril y en 2018 alcanzar un notable incremento que alcanza \$ 76,41. Finalmente en el año 2019, el precio del petróleo ecuatoriano bordea un promedio de \$ 57, siendo un precio adecuado para el país ya que supera al valor de \$ 50,50 propuesto en el Presupuesto General del Estado.

En esta investigación se emplearon modelos de heterocedasticidad condicional, tras comparar el criterio de información Akaike se evidenció que el modelo GARCH presenta un valor menor al obtenido por el modelo ARCH; por lo tanto, es el modelo más eficiente para el pronóstico del precio diario del barril de petróleo en el Ecuador, mismo que manifiesta que tendrá una tendencia creciente en los 22 días hábiles posteriores a la última observación de la serie correspondiente al 03/06/2019 con un valor de \$ 53,25 y su precio alcanzará \$ 53,73 para el 03/07/2019.

## **8. RECOMENDACIONES**

Al existir una gran volatilidad en el precio del petróleo ecuatoriano es recomendable estudiar los factores internos (capacidad de explotación, nivel de reservas, climáticos estacionales), externos (situación geopolítica, demanda) y su incidencia en el precio del barril de petróleo, ya que estos pueden influir significativamente en el precio del crudo. Sin embargo, en el año 2019 se observa estabilidad en el comportamiento del precio del petróleo, por lo cual, es viable que el gobierno destine los ingresos petroleros a los fines requeridos en la planificación gubernamental.

Para realizar futuros pronósticos del precio del barril de petróleo en el Ecuador, se recomienda utilizar el modelo GARCH, puesto que en la presente investigación demostró ser el modelo de heterocedasticidad condicional más eficiente para estimar el comportamiento de la variable antes mencionada. Además este método se puede utilizar en el pronóstico de otras series temporales que presenten alta volatilidad, como es el caso de las variables económicas y financieras, ya que el modelo trabaja en función de la varianza retardada un periodo, lo que permite estimar en base a los valores históricos de la misma variable.

## 9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez, S. (2014). *La predicción del precio del petróleo. Una aproximación basada en el análisis de series temporales de intervalos (STI)*, Universidad Pontificia Comillas ICAI-ICADE, Madrid, España.
- Andrade, F. (2016). *Dependencia del presupuesto general del estado ecuatoriano en los ingresos petroleros. Análisis y alternativas*, pp. 71.
- Andrade, N. (2016). *Modelos de pronóstico del precio del crudo: Un acercamiento desde las redes neuronales artificiales*, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.
- Andrade, J. (2007). El petróleo y el dólar, *Revista Noticias*, Investigador del Instituto Ecuatoriano de Economía Política, Buenos Aires, Argentina.
- Báez, J. (2018). No solo es el petróleo: Austeridad y Presupuesto 2019. *Revista La Línea de Fuego*.
- Banco Mundial. (2019). *Perspectivas de los Mercados de Productos Básicos*, pp. 139.
- Bollerslev, T. (1986). Generalized autoregressive conditional heteroscedasticity. *Journal of Econometrics*, 31(3), pp. 307-327.
- Box, G. y Jenkins, G. (1970). *Time Series Analysis, Forecasting and Control Review*, San Francisco, Estados Unidos.
- Box, G. y Jenkins, G. (1976). *Time Series Analysis, Forecasting and Control Review*, San Francisco, Estados Unidos.
- Braun, P. Nelson, D. y Sunier, A. (1995). Good news, bad news, volatility, and betas. *The Journal of Finance*, 50(5), pp. 1575-1603.

- British Broadcasting Corporation. (2015). *¿Cómo llegó el petróleo a dominar el mundo?*, Recuperado de: [https://www.bbc.com/mundonoticias/2015/04/150331\\_iwonder\\_historia\\_petroleo\\_find\\_e\\_dv](https://www.bbc.com/mundonoticias/2015/04/150331_iwonder_historia_petroleo_find_e_dv).
- Carvajal, A. (2014). *Series temporales : Modelos Heterocedásticos Condicionales* (tesis de maestría). Universidad de Granada, Granada, España.
- Chan, S. Leung, W. y Wang, K. (2004). The impact of institutional investors on the Monday seasonal. *The Journal of Business*, 77(4), pp. 967-986.
- Davidson, J. (2004). Moment and Memory Properties of Linear Conditional Heteroscedasticity Models, and a New Model, *Journal of Business & Economic Statistics*, 22 (1), pp. 16-29.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2019). *Informe del Balance Preliminar de las Economías de América Latina y el Caribe*. Recuperado de [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/44326/S1801219\\_es.pdf?sequence=141&isAllowed=y](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/44326/S1801219_es.pdf?sequence=141&isAllowed=y)
- El Comercio. (2017). 10 cambios económicos en Ecuador marcarán el 2017. *Diario El Comercio*. Recuperado de [https://www.elcomercio.com/app\\_public.php/actualidad/cambios-economia-ecuador-impuestos-comercio.html](https://www.elcomercio.com/app_public.php/actualidad/cambios-economia-ecuador-impuestos-comercio.html)
- Engle, R. (1982). Autoregressive conditional heteroscedasticity with estimates of the variance of United Kingdom inflation. *Econometrica*, 50(4), pp. 987- 1007.
- Fondo Monetario Internacional. (2019). *Perspectivas de la Economía Mundial - Abril de 2019*, pp. 1–60.
- Fontaine, G. (2004). *Petróleo y desarrollo sostenible en Ecuador: las apuestas*, Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales Sede Ecuador, Quito, Ecuador.

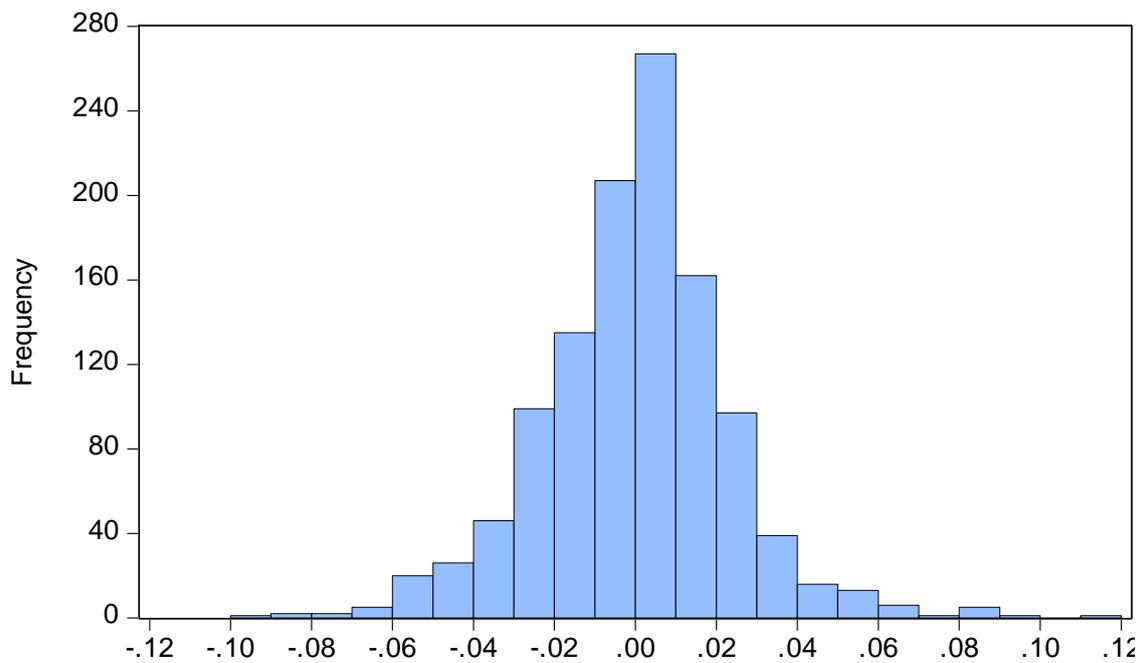
- Hidalgo, J. (2017). *Entrevista con J. Aizprúa- Economía de Ecuador en 2016 fue negativa*. Recuperado de <https://www.ecuavisa.com/articulo/noticias/economia/260931-economia-ecuador-2016-fue-negativa-segun-cifras-del-banco-central>.
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (2017). *Reconstruyendo las cifras luego del sismo MEMORIAS*, pp. 202
- Jerez, M. (2016). *Modelación del Comportamiento de los Precios del Petróleo mediante Modelos Estocásticos* (tesis de pregrado). Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.
- Kulkarni, S. Haidar, I. (2009). Forecasting Model for Crude Oil Price Using Artificial Neural Networks and Commodity Futures Prices, *Issue*, 2 (1), Tennessee, Estados Unidos.
- McNees, S. (1979). The forecasting record of the 1970's. *New England Economic Review*, pp. 15-21.
- Ministerio de Economía y Finanzas. (2018). *Pro forma Presupuestaria 2019*.
- Morana, C. (2001). A semiparametric approach to short-term oil price forecasting, *Energy Economics*, 23 (3), pp. 325-338.
- Maldonado, P. (2013). La volatilidad del precio del crudo es permanente, *Revista Líderes*. Recuperado de <https://www.revistalideres.ec/lideres/volatilidad-precio-crudo-permanente.html>.
- Pozo, M. (2019). *Informe Análisis de las medidas de ajuste fiscal y su impacto en el Presupuesto General del Estado 2019*. Recuperado de <http://portal.uasb.edu.ec>
- Quesada, M. (2011). *Análisis de Series Temporales, Modelos Heterocedástico* (tesis de maestría). Universidad de Granada, Granada – España.
- Ruiz, E. (1994). Modelos para series temporales heterocedásticas. *Cuadernos Económicos de ICE*, pp. 1–36.

- Sánchez, F. y Vargas, A. (2005). La volatilidad de los precios del petróleo y su impacto en América Latina, *Recursos Naturales e Infraestructura*, CEPAL; ONU, Santiago de Chile, Chile.
- Simancas, P. (2015). *Análisis y predicción del precio del petróleo. Una aproximación basada en modelos ARIMA* (tesis de pregrado). Universidad Carlos III de Madrid, Madrid, España.
- Stavros, D. y Evdokia, X. (2004). Autoregressive Conditional Heteroscedasticity (ARCH) Models: A Review, *Quality Technology & Quantitative Management*, 1 (2), pp. 271-324.
- Torres, Y. (2018). *Econometría básica para economistas*. Riobamba, Ecuador: UNACH.
- Villada, F. Arroyave, D. y Villada, M. (2014). Pronóstico del Precio del Petróleo mediante Redes Neuronales Artificiales. *Información Tecnológica*, 25 (3), pp. 145-154.
- Xie, W. Yu, L. Xu, S. Wang, S. (2006). A New Method for Crude Oil Price Forecasting Based on Support Vector Machines. In: Alexandrov V.N., van Albada G.D., Sloot P.M.A., Dongarra J. (eds) *Computational Science – ICCS 2006*. ICCS 2006. Lecture Notes in Computer Science, (3994). Springer, Berlin, Heidelberg.

## 10. ANEXOS

### 10.1. ANEXO 1: HISTOGRAMA DEL LOGARITMO DEL PRECIO DE BARRIL DE PETRÓLEO, APLICADO UNA PRIMERA DIFERENCIA

*Gráfico 7. Histograma PBP*



Nota: Distribución leptocúrtica.

**Elaboración:** Propia.

## 10.2. ANEXO 2: ECUACIÓN DE LA VARIABLE CON UNA CONSTANTE

Tabla 7. *Ecuación de la Variable con una Constante*

N (observaciones)	1152
Variable	Coeficiente
C	52.5935416666667*** (182.0917310358321)
R-cuadrado	0,0004.44089209850062 6e-16
Durbin-Watson	0.01329941704843376

Nota: Estadísticos "t" entre paréntesis. \*\*\* p < 0,01

**Elaboración:** Propia.