



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE CONTABILIDAD Y AUDITORÍA

CARRERA DE ECONOMÍA

Proyecto de Investigación, previo a la obtención del Título de Economista.

Tema:

“La fluctuación petrolera y el Producto Interno Bruto; el enfoque de un país exportador de crudo.”

Autor: Acaro Bustos, Bryan Steven

Tutora: Eco. Cuesta Chávez, Giovanna Alejandra. Mg

Ambato – Ecuador

2020

APROBACIÓN DEL TUTOR

Yo, Eco. Giovanna Alejandra Cuesta Chávez Mg., con cédula de ciudadanía N° 180392574-6, en mi calidad de Tutor del proyecto de investigación referente al tema: **“LA FLUCTUACIÓN PETROLERA Y EL PRODUCTO INTERNO BRUTO; EL ENFOQUE DE UN PAÍS EXPORTADOR DE CRUDO”**, desarrollado por Bryan Steven Acaro Bustos, de la carrera de Economía, modalidad presencial, considero que dicho informe investigativo reúne los requisitos, tanto técnicos como científicos y que corresponde a las normas establecidas en el Reglamento de Graduación de Pregrado de la Universidad Técnica de Ambato y en el normativo para la presentación de Trabajos de Graduación de la Facultad de Contabilidad y Auditoría.

Por lo tanto, autorizo la presentación del mismo ante el organismo pertinente, para que sea sometido a evaluación por los profesores calificadores designados por el H. Consejo Directivo de la Facultad.

Ambato, febrero 2020

TUTORA

.....
Eco. Giovanna Alejandra Cuesta Chavez Mg.

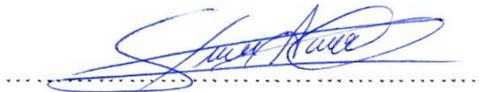
C.C. 180392574-6

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, Bryan Steven Acaro Bustos, con cédula de ciudadanía N°. 180491600-3, tengo a bien indicar que los criterios emitidos en el proyecto investigativo, bajo el tema: **“LA FLUCTUACIÓN PETROLERA Y EL PRODUCTO INTERNO BRUTO; EL ENFOQUE DE UN PAÍS EXPORTADOR DE CRUDO”**, así como también los contenidos presentados, ideas, análisis, síntesis de datos; conclusiones, son de exclusiva responsabilidad de mi persona, como autor de este Proyecto de Investigación.

Ambato, febrero 2020

AUTOR



Bryan Steven Acaro Bustos

C.C. 180491600-3

CESIÓN DE DERECHOS

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este proyecto de investigación, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación.

Cedo los derechos en línea patrimoniales de mi proyecto de investigación con fines de discusión pública; además apruebo la reproducción de este proyecto de investigación, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica potencial; y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, febrero 2020

AUTOR



Bryan Steven Acaro Bustos

C.C. 180491600-3

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

El Tribunal de Grado, aprueba el Proyecto de Investigación con el tema “**LA FLUCTUACIÓN PETROLERA Y EL PRODUCTO INTERNO BRUTO; EL ENFOQUE DE UN PAÍS EXPORTADOR DE CRUDO**”, elaborado por Bryan Steven Acaro Bustos, estudiante de la Carrera de Economía, el mismo que guarda conformidad con las disposiciones reglamentarias emitidas por la Facultad de Contabilidad y Auditoría de la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato, febrero 2020



.....

Dra. Mg. Fatiana Valle

PRESIDENTE



.....

Eco. Julio Villa

MIEMBRO DEL TRIBUNAL



.....

Dra. Lilián Morales

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

DEDICATORIA

El presente proyecto de investigación lo dedico en primer lugar a Dios por permitirme llegar hasta este momento lleno de sus bendiciones con salud y bienestar. Además, está dedicado a mis padres Dina y Fredi por haberme brindado todo el cariño, comprensión y motivación durante toda mi vida. Valoro el esfuerzo que han hecho durante todos estos años y espero retribuírseles con grandes logros en lo que me espera en el futuro.

“Si buscas resultados distintos, no hagas siempre lo mismo”

Albert Einstein

AGRADECIMIENTO

Mi más sincero agradecimiento a Dios brindarme las oportunidades para llegar hasta esta instancia; a mis padres por apoyarme incondicionalmente para lograr mis metas educativas, por su confianza y cariño. A mis familiares por mantenerme motivado al ver mis esfuerzos durante toda mi vida. A mis amigos con quienes compartí momentos que recordaré toda mi vida, por haber recorrido juntos este camino y habernos apoyado en las adversidades. Un gran agradecimiento a la Econ. Alejandra quien fue la persona quien me guió durante todo el proceso para alcanzar esta meta tan importante en mi vida.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CONTABILIDAD Y AUDITORÍA
CARRERA DE ECONOMÍA

TEMA: “LA FLUCTUACIÓN PETROLERA Y EL PRODUCTO INTERNO BRUTO; EL ENFOQUE DE UN PAÍS EXPORTADOR DE CRUDO.”

AUTOR: Bryan Steven Acaro Bustos

TUTORA: Econ. Giovanna Alejandra Cuesta Chávez

FECHA: Febrero, 2020

RESUMEN EJECUTIVO

La fluctuación petrolera es un fenómeno que se encuentra fuera del alcance y del control de los países exportadores y consumidores puesto que es el mercado, producto de la interacción entre la oferta y la demanda el cual determina el precio de intercambio. Los factores políticos, económicos, fenómenos naturales y conflictos bélicos son capaces de provocar movimientos inesperados en el precio del crudo. La teoría económica señala que el efecto del cambio en los precios incide de formas distintas a los países de acuerdo con su posición en el mercado. Considerando esto el presente estudio toma relevancia para el establecimiento de la relación entre el precio internacional del petróleo y el Producto Interno Bruto de Ecuador con la finalidad de presentar evidencia empírica de la dependencia petrolera del país. En la investigación se recurrió al análisis descriptivo de los precios West Texas Intermediate del petróleo para establecer su nivel de fluctuación. Se implementó en el software libre GRETL un modelo de MCO y uno de VAR que permitieron establecer la relación entre las variables. Finalmente, se generó shocks en la variable independiente para determinar la incidencia del petróleo en el PIB. Los resultados permiten comprobar la relación directa entre el precio internacional del crudo y el Producto Interno Bruto para un país exportador cuyos efectos se manifiestan en el corto plazo.

PALABRAS DESCRIPTORAS: PRECIO DEL PETRÓLEO, PRODUCTO INTERNO BRUTO, MODELO ECONOMÉTRICO, EXPORTADOR, ECUADOR.

TECHNICAL UNIVERSITY OF AMBATO

FACULTY OF ACCOUNTING AND AUDIT

ECONOMICS CAREER

TOPIC: “THE OIL FLUCTUATION AND THE GROSS INTERNAL PRODUCT;
THE APPROACH OF A CRUDE EXPORTING COUNTRY.”

AUTHOR: Bryan Steven Acaro Bustos

TUTOR: Eco. Giovanna Alejandra Cuesta Chávez

DATE: February, 2020

ABSTRACT

Oil fluctuation is a phenomenon that is beyond the reach and control of exporting and consuming countries since it is the market, the product of the interaction between supply and demand, which determines the exchange price. Political, economic, natural phenomena and military conflicts are capable of causing unexpected movements in the price of crude. Economic theory points out that the effect of the change in prices affects countries differently according to their market position. Considering this, the present study is relevant for establishing the relationship between the international price of oil and the Gross Domestic Product of Ecuador in order to present empirical evidence of the country's oil dependence. The investigation used the descriptive analysis of West Texas Intermediate oil prices to establish its level of fluctuation. A model of MCO and one of VAR were implemented in the free GRETL software that allowed establishing the relationship between the variables. Finally, shocks were generated in the independent variable to determine the incidence of oil on GDP. The results allow us to verify the direct relationship between the international price of crude oil and the Gross Domestic Product for an exporting country whose effects are manifested in the short term.

KEYWORDS: OIL PRICE, GROSS INTERNAL PRODUCT, ECONOMETRIC MODEL, EXPORTER, ECUADOR

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	PÁGINA
PÁGINAS PRELIMINARES	
PORTADA.....	1
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	ii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	iii
CESIÓN DE DERECHOS.....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO.....	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
RESUMEN EJECUTIVO.....	viii
ABSTRACT.....	ix
ÍNDICE GENERAL.....	x
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xvii
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Justificación.....	1

1.1.1 Justificación teórica.....	1
1.1.2 Justificación metodológica.....	6
1.1.3 Justificación práctica.....	7
1.1.4 Formulación del problema de investigación	8
1.2 Objetivos	8
1.2.1 Objetivo general	8
1.2.2 Objetivos Específicos.....	9
CAPÍTULO II	10
MARCO TEÓRICO.....	10
2.1 Revisión de literatura	10
2.1.1 Antecedentes investigativos	10
2.1.2 Fundamentos teóricos	16
2.2 Hipótesis de investigación	28
CAPÍTULO III	30
METODOLOGÍA	30
3.1 Recolección de la información.....	30
3.2 Tratamiento de la información	34
3.3 Operacionalización de las variables	52

CAPÍTULO IV	53
RESULTADOS	53
4.1 Resultados y discusión	53
4.2 Verificación de la hipótesis o fundamentación de las preguntas de investigación	117
4.3 Limitaciones del estudio	121
CAPÍTULO V	123
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	123
5.1 Conclusiones	123
5.2 Recomendaciones.....	129
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	131
ANEXOS	135

ÍNDICE DE TABLAS

CONTENIDO	PÁGINA
Tabla 1: Muestra de la ficha de observación.....	32
Tabla 2: Medidas de Tendencia Central	36
Tabla 3: Medidas de variación	37
Tabla 4: Medidas de asimetría y apuntamiento	38
Tabla 5: Formas funcionales de los modelos MCO.....	43
Tabla 6: Contrastes para verificación de hipótesis de investigación	50
Tabla 7: Operacionalización de las variables.....	52
Tabla 8: Cálculo de medidas de tendencia central.....	55
Tabla 9: Cálculo de medidas de variación	56
Tabla 10: Cálculo de medidas de asimetría y curtosis	57
Tabla 11: Modelo de Mínimos Cuadrados Ordinarios	60
Tabla 12: Contraste de no linealidad del modelo MCO.....	63
Tabla 13: Contraste RESET de Ramsey del modelo MCO	64
Tabla 14: Estadísticos principales de los residuos del modelo MCO.....	64
Tabla 15: Contraste de heteroscedasticidad del modelo MCO.....	65
Tabla 16: Contraste de autocorrelación del modelo MCO	66

Tabla 17: Contraste de normalidad del modelo MCO	68
Tabla 18: Modelo log-lineal.....	71
Tabla 19: Contraste de no linealidad del modelo log-lin	73
Tabla 20: Contraste RESET de Ramsey del modelo log-lin.....	73
Tabla 21: Estadísticos principales de las perturbaciones del modelo log-lin	74
Tabla 22: Contraste de heteroscedasticidad del modelo log-lin	75
Tabla 23: Contraste de autocorrelación del modelo log-lin.....	75
Tabla 24: Contraste de normalidad del modelo log-lin.....	76
Tabla 25: Modelo lin-log	79
Tabla 26: Contraste de no linealidad del modelo lin-log	81
Tabla 27: Contraste RESET de Ramsey del modelo lin-log.....	81
Tabla 28: Estadísticos principales de los términos de error del modelo lin-log	82
Tabla 29: Contraste de heteroscedasticidad del modelo lin-log	83
Tabla 30: Contraste de autocorrelación del modelo lin-log.....	83
Tabla 31: Contraste de normalidad del modelo lin-log.....	84
Tabla 32: Modelo logarítmico	86
Tabla 33: Contraste de no linealidad del modelo log-log	89
Tabla 34: Contraste RESET de Ramsey del modelo log-log.....	89

Tabla 35: Estadísticos principales de las perturbaciones del modelo log-log	90
Tabla 36: Contraste de heteroscedasticidad del modelo log-log.....	91
Tabla 37: Contraste de autocorrelación del modelo log-log	91
Tabla 38: Contraste de normalidad del modelo log-log.....	92
Tabla 39: Comparación de los modelos MCO.....	94
Tabla 40: Contraste Dickey-Fuller Aumentado de las variables	96
Tabla 41: Contraste de Dickey Fuller a las primeras diferencias de las variables....	97
Tabla 42: Criterios de información para el orden del VAR.....	98
Tabla 43: Ecuación estimada del PIB con el modelo VAR	100
Tabla 44: Ecuación estimada del precio del petróleo del VAR	102
Tabla 45: Contraste de autocorrelación del modelo VAR	104
Tabla 46: Contraste de heteroscedasticidad del modelo VAR.....	104
Tabla 47: Contraste de normalidad del modelo VAR.....	105
Tabla 48: Contraste de Causalidad del modelo VAR	106
Tabla 49: Contraste de cointegración del modelo VAR	107
Tabla 50: Test de cointegración de Johansen del modelo VAR	108
Tabla 51: Beta normalizado	108
Tabla 52: Comparación del modelo logarítmico y VAR	109

Tabla 53: Respuesta del PIB al shock en el precio del petróleo	113
Tabla 54: Descomposición de la varianza.....	115
Tabla 55: Interpretación de los coeficientes	119

ÍNDICE DE GRÁFICOS

CONTENIDO	PÁGINA
Gráfico 1: Serie temporal del precio WTI del petróleo	53
Gráfico 2: Representación de la asimetría y curtosis de la serie del precio del petróleo	58
Gráfico 3: Recta de regresión observada vs recta de regresión estimada del modelo MCO.....	62
Gráfico 4: Representación de la normalidad de los errores del modelo MCO	69
Gráfico 5: Recta de regresión observada vs recta de regresión estimada del modelo log-lin	72
Gráfico 6: Representación de la normalidad de los términos de error del modelo log-lin	77
Gráfico 7: Recta de regresión observada vs recta de regresión estimada del modelo lin-log	80
Gráfico 8: Representación de la normalidad de las perturbaciones del modelo lin-log.	85
Gráfico 9: Recta de regresión estimada vs recta de regresión observada del modelo log-log	88
Gráfico 10: Representación de la normalidad de las perturbaciones del modelo log-log.....	93
Gráfico 11: Raíces inversas del VAR	111
Gráfico 12: Función impulso-respuesta	112

Gráfico 13: Prueba de hipótesis de la relación entre el PIB y el precio del petróleo	118
Gráfico 14: Prueba de hipótesis de la causalidad de las variables	120
Gráfico 15: Prueba de hipótesis de la relación a largo plazo entre las variables	121

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Justificación

1.1.1 Justificación teórica

Los recursos naturales no renovables son un aspecto importante dentro de la economía de cualquier país puesto que son un medio para crear riqueza, generar energía y elaborar distintos bienes al ser utilizados como materia prima. Por esta razón, históricamente se ha generado debate acerca de los impactos ambientales que genera su explotación, los altos niveles de extracción que en ciertos casos puede privar del acceso a estos recursos a las generaciones futuras.

Desde el punto de vista clásico de la economía, los recursos naturales no renovables generan diversas posturas, por ejemplo **Hotelling (1931)** menciona la aparición de un movimiento conservador que busca frenar la explotación indiscriminada de los recursos de la naturaleza, estos movimientos sugieren que se restrinja la extracción de recursos en determinadas partes del territorio de un país buscando reducir los impactos que puede generar esta actividad para lo cual las autoridades del gobierno deberán emitir restricciones, como imponer tributos a las actividades de extracción, no obstante los grupos que obtienen grandes ganancias de este sector se oponen rotundamente a la intervención estatal. Por otro lado, existe una manifestación contraria a la conservadora que sostiene que la influencia de los monopolios que operan en la industria de los recursos naturales suelen ralentizar la producción de minerales o petróleo con la finalidad de presionar el mercado ocasionando que los precios sean exageradamente altos para los consumidores con el objetivo de obtener mayores rentas especulando con la escasez del recurso.

La extracción de recursos de la naturaleza ha generado todo tipo de posturas que implican a perspectivas que buscan conservar el medio ambiente y luchan contra la extracción masiva de los recursos, mientras que desde otras opiniones se debe aprovechar los bienes que brinda la naturaleza mediante una explotación responsable y sostenible. En ambas posturas existe la coincidencia de la intervención del gobierno, en la primera para restringir la actividad extractiva mediante impuestos a las industrias

que se dedican al sector y la otra postura sostiene que la intervención estatal debe centrarse en evitar la formación de monopolios en esta industria para impedir la especulación de precios.

Más adelante **Solow (1974)** señala la convergencia entre la industria de extracción de recursos naturales y la tasa de interés, en otras palabras, explica la tendencia a explotar los recursos de manera acelerada cuando el margen por la actividad de la industria es mayor a esta tasa permitiendo a las empresas del sector obtener mayores ganancias durante el período en el que los precios se mantengan altos, mientras cuando las utilidades son inferiores a la tasa, el sector opta por conservar los recursos constituyendo una forma de acumulación de riqueza para futuras operaciones.

El ritmo de explotación de los recursos naturales depende del nivel de beneficios que las empresas del sector puedan obtener producto de su comercialización en los mercados internos y externos. Esto quiere decir que el costo de oportunidad debe ser menor al margen de ganancia de invertir en la extracción de bienes de la naturaleza. Por lo tanto, se puede afirmar que el flujo de inversión que recibe esta industria se encuentra en función a la tasa de interés de manera directa.

La problemática dentro del sector de extracción de recursos no renovables radica en la tecnología, específicamente en el surgimiento de nuevos procesos y máquinas que cambien la tendencia del mercado. Antiguamente la producción de energía a partir de fuentes alternativas requería una gran cantidad de inversión para cubrir su desarrollo y operación por lo que frente al petróleo resultaba más eficiente producir este material en lugar de generar nuevas fuentes de energía. Sin embargo, el mercado de los recursos naturales tiende a encontrar un equilibrio bajo condiciones normales, pero resulta ser absolutamente vulnerable a eventos inesperados tales como el descubrimiento de nuevas reservas, el empleo de materiales nuevos, abaratamiento de las energías alternativas o acontecimientos de carácter político que pueden provocar movimientos desestabilizadores en el precio y la cantidad producida de los recursos en el mercado mundial (**Solow,1974**).

La incertidumbre generada en torno al agotamiento de los recursos de la naturaleza abarca también el aspecto tecnológico esto hace referencia a la probabilidad de que

surjan nuevos sistemas que permitan ahorrar recursos naturales y además la facilidad con que otros factores productivos como el trabajo o el capital sustituyan a estos recursos dentro de los procesos de producción. Los efectos de una sustitución de bienes naturales por otro factor tecnológico dependerán de la facilidad de elaborar el sustituto y de su coste que debe ser equivalente al de extracción de recursos del suelo, de ser este el caso la transición será un mero acontecimiento; al contrario, de no desarrollar a tiempo una alternativa a los recursos de la naturaleza, el agotamiento de los recursos naturales producirá grandes efectos adversos en la economía (**Solow,1974**).

Las economías que dependen de los recursos naturales son principalmente vulnerables a los cambios tecnológicos, el descubrimiento de nuevas reservas de bienes de la naturaleza y la generación de energías de fuentes alternativas. En el primer caso, la tecnología puede ocasionar que en los procesos productivos se requiera una menor cantidad de materia prima para poner en funcionamiento a las máquinas o en el caso más extremo no requiere de ninguna cantidad de algún recurso natural. Por otro lado, el descubrimiento de nuevas reservas tiene un efecto directo en los términos de intercambio del producto en especial en los mercados internacionales puesto que un aumento de la oferta genera una presión sobre los precios negativa para los exportadores. Finalmente, la razón más preocupante de un cambio estructural de la industria es la implementación de una nueva fuente de generación de energía más barata, menos contaminante y de fácil generación e implementación puede causar una profunda devaluación en la cotización del material en los mercados globales lo que afectaría negativamente a los países productores puesto que sus recursos económicos se verían comprometidos.

Con la finalidad de mantener un equilibrio intergeneracional en la explotación de los recursos naturales los gobiernos pueden intervenir en este sector para establecer un nivel óptimo de extracción para evitar un agotamiento prematuro de los recursos que privará a las futuras generaciones del acceso a estos materiales pero también debe evitar un agotamiento tardío de los recursos puesto que privará de ingresos a la generación actual debido a que la tecnología devaluará el valor que tienen estos recursos en el mercado y por lo tanto las reservas sobrantes dejarán de ser un factor de acumulación de riqueza (**Solow,1974**).

Establecer un nivel óptimo de explotación de los recursos naturales es fundamental en la política de gobierno en el corto y largo plazo. Esto se debe realizar con la finalidad de extraer de manera responsable los recursos de la naturaleza permitiendo que las generaciones futuras también tengan acceso a dicho recurso otorgándoles la oportunidad de generar recursos económicos a partir de la comercialización de estas materias primas. No obstante, posturas radicales como la de conservar absolutamente todo el material en su entorno implica privar a la generación actual de recursos económicos que necesitan para desarrollarse y además no se puede invertir en industrias alternativas para generar energía en el caso del petróleo. Además, la otra postura radical abarca el hecho de explotarlos indiscriminadamente lo que resulta desfavorable para el medio ambiente puesto que una actividad irresponsable degenera el hábitat de todos los seres que se encuentran en el ecosistema y además se puede privar de recursos económicos a futuro cuando la cotización de los recursos se eleve considerablemente.

En la actualidad el mercado mundial de petróleo atraviesa una etapa de cambios estructurales que influirán en la dinámica de la producción y comercialización de esta materia prima. Estados Unidos es el país líder en el incremento de la oferta de petróleo a nivel mundial debido a la implementación de nuevas técnicas de extracción más eficientes en términos económicos. Estados Unidos registró el mayor aumento de demanda de crudo a nivel mundial en el 2018, no obstante, se registra una tendencia a la baja en comparación con la región de Asia. La situación actual para los países exportadores de crudo pesado es adversa puesto que se han emitido sanciones y restricciones para la exportación de este tipo de crudo. Un ejemplo de esta situación son las especificaciones que deberán cumplir los combustibles marinos que la Organización Marítima Internacional estableció como nuevos estándares de calidad más elevados que entrarán en vigencia en 2020 sometiendo a una dura prueba a la industria de refinación del petróleo. Estos factores son claves para determinar la situación futura de la seguridad energética mundial y del equilibrio del mercado petrolero en el largo plazo (**Agencia Internacional de Energía, 2019**).

El crecimiento económico mundial fue sólido en 2018 a pesar de los obstáculos que se presentaron en la coyuntura internacional, sin embargo, las divergencias entre los

niveles de crecimiento en las distintas regiones del mundo se acentuaron en este año. Cabe señalar que la recuperación en el Producto Interno Bruto de 2017 fue un 3.7% mayor al nivel de incremento registrado en 2018. Esto se reflejó en la contracción de la economía de la eurozona y Japón. En contraparte Estados Unidos y Rusia registraron mejores cifras de crecimiento, mientras que China continua su desaceleración **(Organización de Países Exportadores de Petróleo, 2019)**.

El precio del petróleo a nivel internacional tanto la cotización West Texas Intermediate y Brent presentaron tendencias a la baja debido a las sanciones de Estados Unidos sobre Irán por la temática de armas nucleares, también este país norteamericano incrementó significativamente su oferta petrolera, anuncios de Rusia y Arabia Saudita de incrementar sus niveles de producción de crudo, este último país estima elevar su producción en 1.3 millones de barriles diarios, todos estos factores influyeron en la variación a la baja del precio del petróleo en el mercado internacional **(Banco Central del Ecuador, 2019)**.

En el país el Producto Interno Bruto ha estado determinado por la exportación de bienes primarios siendo el petróleo a partir de los años 70 el producto más representativo de la oferta al mercado internacional. Entre los años 2006 y 2014 el crecimiento del Producto Interno Bruto (PIB) tuvo en promedio un 4.6% debido a la alta cotización del barril de petróleo en el mercado internacional, no obstante, a finales del año 2014 el precio del crudo tuvo una reducción significativa causada por la sobreproducción del resto de países exportadores lo que generó una desaceleración del crecimiento del PIB **(Reyes & Aguirre, 2016)**

Los países productores de petróleo se enfrentan cada vez más a nuevos retos para colocar sus productos en el mercado internacional. En el sector petrolero por ejemplo la dura competencia existente debido a que varios países desarrollados han implementado métodos de extracción más productivos y menos costosos han provocado el aumento de la oferta petrolera presionando a los países menos productivos. Además, la preocupación por el medio ambiente ha motivado a ciertos demandantes del crudo a colocar parámetros de calidad para adquirir el producto que en el caso como el de Ecuador que es exportador de petróleo de tipo pesado no cumple

con los lineamientos que se implementarán en el sector marítimo que hace uso de esta materia prima. Cumplir con las nuevas exigencias requiere que el país desembolse una cantidad considerable de recursos económicos para someter al crudo en procesos de refinación para obtener una cuota dentro de este segmento del mercado lo que representa un limitante para obtener ingresos de esta actividad.

Considerando lo anteriormente mencionado se busca determinar la relación que existe entre el Producto Interno Bruto de Ecuador en condición de país exportador de crudo y los precios West Texas Intermediate del petróleo ante la necesidad de generar seguridad energética al país y eliminar la dependencia petrolera que mantiene en su esquema estructural desde el inicio de la actividad petrolera en la nación.

1.1.2 Justificación metodológica

La investigación requiere datos históricos del Producto Interno Bruto de Ecuador y los precios West Texas Intermediate del barril del petróleo, mismos que se encuentran alojados en las bases de datos de las siguientes instituciones que publican esta información de manera oficial:

Banco Central del Ecuador: Es la institución gubernamental de la que se recuperaron los datos correspondientes al Producto Interno Bruto de Ecuador expresado en millones de dólares estadounidenses a precios corrientes.

BP Group: Entidad privada involucrada en el negocio petrolero por más de cien años y con presencia en 70 países publica boletines informativos que contienen los datos de los precios internacionales del petróleo.

Agencia Internacional de Energía: Es la organización conformada por 30 países que tiene disponible en su sitio de estadísticas y datos los valores del precio del barril de petróleo expresado en dólares estadounidenses a precios corrientes bajo la cotización West Texas Intermediate.

La población definida para la investigación implica todos los datos trimestrales del Producto Interno Bruto de Ecuador y el precio West Texas Intermediate del barril de petróleo registrados durante el período 1976-2018.

La información será tratada de la siguiente forma, en primer lugar, se accede al sitio que contiene la base de datos del Producto Interno Bruto de Ecuador y el precio West Texas Intermediate del barril del petróleo en la institución respectiva. Posteriormente, se exporta la información a un archivo del software Microsoft Excel mediante tablas que indican el año y el valor correspondiente a la variable, datos que se encuentran ordenados de forma ascendente en relación al periodo que corresponde.

La investigación realiza dos tipos de estudios. El primero es de tipo descriptivo en el cuál se tratará los precios internacionales del petróleo mediante la tabla generada en Excel para aplicar las fórmulas correspondientes a la media aritmética, moda, mediana, varianza, desviación estándar, asimetría, rango y curtosis. Dichas fórmulas serán recuperadas de fuentes bibliográficas relevantes a la estadística descriptiva. Mientras que el estudio correlacional tendrá un tratamiento en el software econométrico General Public License Regression, Econometrics and Time-series Library (GRET) en el cual permite importar los datos de las variables desde la tabla de Excel. Una vez trasladados los datos se procede a plantear los modelos econométricos necesarios para determinar la relación entre las variables.

1.1.3 Justificación práctica

La investigación toma relevancia dentro del contexto que atraviesa la economía mundial en lo referente a los cambios que se generan en la dinámica del mercado petrolero, el cual está sujeto al incremento de la producción por parte de los países exportadores desarrollados, la exigencia de mayores estándares de calidad de petróleo que afecta a los productores de crudo pesado y a la tendencia de cambio de fuente de generación de energía que pretende sustituir progresivamente al petróleo por energías limpias y sostenibles a largo plazo.

El estudio busca contribuir al conocimiento en torno a los postulados que existen acerca de la relación entre el precio del petróleo y el Producto Interno Bruto que para

la mayoría de países exportadores los altos precios del crudo se traducen en un incremento del Producto Interno Bruto mientras que para importadores se refleja en un decrecimiento, por lo tanto, se busca aportar evidencia empírica para el caso de Ecuador desde su posición de país exportador de crudo.

La relevancia social de la investigación se encuentra en la presentación de evidencia empírica acerca de la necesidad de realizar cambios estructurales en la economía ecuatoriana para abandonar la dependencia petrolera que a largo plazo resulta insostenible, incentivando a las autoridades encargadas del desarrollo económico y energético del país a implementar las políticas necesarias para garantizar la seguridad energética del país y su desarrollo económico sostenible.

Cabe recalcar que la presente investigación constituye una evidencia teórica y empírica sobre el sector petrolero y el Producto Interno Bruto de Ecuador que servirá de aporte para la investigación de carácter económico-ambiental que desarrollará la Econ. Alejandra Cuesta en su trabajo de tesis doctoral en la Universidad Nacional Agraria La Molina de Perú.

Finalmente, la importancia para mi perfil profesional radica en la posibilidad que brinda la investigación de conocer los postulados económicos que rigen sobre países petroleros, además me permite aplicar los conocimientos adquiridos durante la carrera y a profundizar el conocimiento y aplicación de la estadística y la econometría.

1.1.4 Formulación del problema de investigación

¿De qué manera afecta la fluctuación de los precios del petróleo al Producto Interno Bruto de Ecuador?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Establecer la relación entre la fluctuación del precio internacional del petróleo y el Producto Interno Bruto para la disminución de la dependencia petrolera en Ecuador en el período 1976-2018.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Analizar el comportamiento de los precios internacionales del petróleo para ver su nivel de fluctuación durante el período 1976-2018.
- Definir un modelo econométrico óptimo para comprobar la teoría económica que explica la relación entre el Producto Interno Bruto y el precio del petróleo para un país exportador en el período 1976-2018.
- Medir la incidencia de los shocks del precio del petróleo en los cambios del Producto Interno Bruto para evidenciar la dependencia petrolera del país en el período 1976-2018.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Revisión de Literatura

2.1.1 *Antecedentes investigativos*

Existen investigaciones relevantes a la relación entre los precios del barril de petróleo y el Producto Interno Bruto de un país, así como también de grupos de integración económica. Dichos estudios abarcan las dos posiciones posibles, tanto para países exportadores como para países importadores de crudo, en la mayoría de los casos cada tipo de país presenta una relación similar en las investigaciones efectuadas, salvo ciertas excepciones puntuales.

En Estados Unidos se llevó a cabo una investigación para establecer los efectos de los shocks en los precios del petróleo y su incidencia en el Producto Interno Bruto en el período 1949-2001 se encontró que los aumentos del precio del petróleo son más relevantes para la economía estadounidense que la tendencia a la baja del precio del crudo. Además, se señala que un factor determinante de las recesiones económicas de Estados Unidos son los conflictos bélicos que ocasionan incertidumbre en los mercados de energías y produce efectos psicológicos en los consumidores que tienen a reducir su consumo lo que afecta de gran manera la economía del país (**Hamilton, 2003**).

En una investigación realizada para países miembros de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) en el período 1972-2001 que distingue entre los países que importan y los que exportan petróleo, se encontró que las variaciones de los precios con tendencia alcista tienen un mayor impacto en el crecimiento del Producto Interno Bruto en comparación a cuando la tendencia es bajista. Entre los países importadores el aumento del precio del barril de crudo influye negativamente en el Producto Interno Bruto en todos los casos con excepción de Japón. Concretamente en un país importador como Estados Unidos el incremento del precio del petróleo reduce la producción en un rango de 3.5% a 5%. Para los países importadores de la zona euro su producción disminuye entre 1% y 2% mientras que en Canadá la disminución es de 1%. Para los países exportadores como el Reino Unido,

el incremento del precio del petróleo se traduce en una pérdida del Producto Interno Bruto de menos de 2%. Noruega, país exportador presenta una asociación positiva ante este incremento, puesto que la producción asciende en 1% y 2%. En este análisis se implementó un modelo VAR en el cual mediante el contraste de causalidad de Granger se determinó que los precios del petróleo no causan a las variables macroeconómicas utilizadas entre ellas el PIB, pero se concluyó que son las variables de la macroeconomía las que causan el comportamiento del precio del crudo. En su mayoría para los países estudiados se estableció una relación de causalidad bidireccional. Por otro lado, la Función Impulso Respuesta (FIR) para los países exportadores de petróleo implicados en la investigación define que un shock positivo del precio del petróleo incrementa el PIB durante los primeros dos trimestres y posteriormente se observa una disminución en los dos trimestres siguientes. Destaca la divergencia del comportamiento entre Noruega y el Reino Unido puesto que ambos en su posición de productores reaccionan de diferente manera siendo que el primero presenta resultados positivos ante el alza del precio del crudo mientras que el otro país refleja efectos negativos (**Jiménez & Sánchez, 2004**).

El caso estudiado por **Marte y Villanueva (2007)** en un país importador como lo es República Dominicana utilizó datos trimestrales del precio del petróleo y el Producto Interno Bruto en el período 1996-2002 encontraron que un incremento de los precios del petróleo afecta de manera negativa a la producción del país puesto que reduce su tasa de crecimiento, específicamente por cada punto porcentual de incremento del precio internacional del crudo el Producto Interno Bruto disminuye en 0.04 puntos porcentuales considerando un año como rezago. Por otro lado, se evidencia que los precios de la economía doméstica se ven afectados puesto que el índice de precios al consumidor crece 0.1137 unidades ante los shocks alcistas.

La investigación realizada por **Zhang (2008)** en la que se busca establecer los impactos de los shocks del precio del petróleo en la macroeconomía de Japón se estableció que el incremento de los precios del crudo tiene efectos negativos inmediatos en la demanda agregada, así como efectos adversos en los consumidores puesto que el nivel de precios tiende a subir desincentivando el consumo de combustibles. Las consecuencias también se perciben del lado de la oferta debido a la escalada de precios

en la economía los salarios reales disminuyen y el desempleo crece; conjuntamente los inversores se ven afectados y su decisión de realizar operaciones en el país se ve aplazada.

Otro caso estudiado para un país exportador es el de Rusia que dentro del mercado internacional de petróleo es el segundo exportador de crudo. Los resultados del estudio arrojaron que un aumento del 1% de los precios del petróleo contribuye al crecimiento del Producto Interno Bruto en un equivalente a 0.44% en el largo plazo. Mientras que efectos a corto plazo se evidencian en la inflación que presenta una disminución, el crecimiento económico que muestra un comportamiento creciente y el tipo de cambio real se aprecia. Los precios del crudo representan un arma de doble filo puesto que cuando los precios caen la economía rusa decrece por lo tanto al ser muy volátil el mercado petrolero es necesario que Rusia diversifique sus principales industrias y fomente la inversión extranjera. El modelo utilizado en esta investigación es uno de Vectores Autorregresivos (VAR) en el cuál las series de tiempo de sus variables no son estacionarias a partir de la prueba Dickey-Fuller Aumentada por lo cual se ejecutó el contraste con las primeras diferencias de las variables lo que permitió generar series de tiempo estacionarias. Además, la prueba de cointegración de Johansen indica que existe al menos dos relaciones de cointegración entre las variables analizadas, es decir mantienen un equilibrio en el largo plazo. Finalmente, la respuesta del PIB de Rusia ante un shock en los precios del petróleo registró efectos positivos en los cuatro primeros trimestres (Ito,2010).

En el caso de China, el segundo país importador de petróleo en el mercado internacional, la investigación realizada por **Du, He & Wei (2010)** muestra que el país asiático pese a tener una enorme participación en la cuota de mercado como importador de crudo no tiene la capacidad de influir en los precios internacionales del petróleo, pero además se establece que los shocks en los precios afectan a su economía. Los resultados muestran que cuando el precio del crudo aumenta en 100% el Producto Interno Bruto incrementa en 9% y la inflación crece en 2.08%. Contrariamente al efecto esperado para un país consumidor ante la disminución de los precios del crudo que en teoría debería abaratar los costos de producción el país sufre consecuencias negativas puesto que su economía se contrae ante shocks bajistas. La metodología

VAR permitió establecer el tipo de relación entre el PIB y el precio internacional del petróleo dicho modelo sugiere que para China los precios del petróleo no causan el PIB, pero tampoco sucede en sentido contrario en el período 1995-2001. No obstante, durante el período 2002-2008 se presenta una relación unidireccional en la que el precio del crudo si tiene efecto en el Producto Interno Bruto. El análisis del efecto de los shocks a través de la FIR indica que un impacto positivo en el precio del petróleo genera un crecimiento del PIB cuya mayor secuela aparece en el segundo mes y desaparece después de seis meses. Por último, la descomposición de la varianza indica que la fluctuación del precio del crudo explica entre el 2% y el 4% de los cambios que ocurren en el PIB.

En Turquía se realizó una investigación para determinar la influencia de los shocks del precio del crudo en el Producto Interno Bruto. La relevancia de la investigación se centra en el alto grado de dependencia de los países exportadores por parte de Turquía, puesto que requiere este insumo para generar energía. El estudio determinó que en el largo plazo no existe relación entre las variables analizadas. Mediante funciones de impulso-respuesta se indica que un alza de los precios del petróleo tiene un impacto negativo en el Producto Interno Bruto en el corto plazo. El estudio concluyó que el país debería aprovechar las oportunidades que posee para generar energía de fuentes alternativas como la eólica o la solar para abandonar la dependencia de los proveedores extranjeros de petróleo. En la aplicación del modelo VAR se obtuvo que en el contraste de cointegración no se encontró que las series de tiempo de las variables tengan una relación en el largo plazo. Además, la descomposición de la varianza determina que el efecto negativo en el PIB se encuentra explicado en un 6% por los shocks positivos del precio del petróleo (**Edirneligil & Mucuk, 2014**).

En la economía israelí, consumidora de petróleo, la relación entre el Producto Interno Bruto y el precio global del petróleo a partir de un modelo lineal de regresión mostró coeficientes no significativos para la relación entre estas variables, no obstante, se implementó un modelo autorregresivo que estableció que no existe una causalidad entre las variables a largo plazo es decir, que un aumento de los precios del crudo no afecta al nivel general de precios de la economía así como tampoco afecta a la producción doméstica (**Zahaer & Maayan, 2015**).

Gadea, Gómez & Montañés (2016) propusieron un nuevo estudio para establecer la relación entre el Producto Interno Bruto y los precios del petróleo para el caso estadounidense utilizando datos del período 1875-2016. Se encontró que el efecto más fuerte surge a partir de 1970, el cual consiste en un impacto negativo en el Producto Interno Bruto a consecuencia de una escalada de los precios del crudo. Se identificó un efecto asimétrico entre los grandes aumentos y las disminuciones en el precio del petróleo, es decir el efecto adverso en la producción doméstica es mayor ante un gran shock alcista del precio lo que afecta al ritmo del crecimiento económico de Estados Unidos. En cuanto a la naturaleza de la relación entre las variables bajo el sistema VAR se estableció que no existe una relación en ninguna dirección bajo el sentido de Granger es decir el precio del crudo no causa al PIB ni este en su lugar causa al precio del crudo.

En Colombia, productor de crudo existe un estudio que determinó la relación entre los precios del petróleo y sus variables macroeconómicas (Producto Interno Bruto, tasa de cambio real y balance fiscal). Entre los hallazgos destaca que ante los cambios positivos de los precios internacionales del petróleo afecta de manera proporcional al Producto Interno Bruto, pero cuando se analiza el efecto de los shocks negativos de los precios no se encuentra evidencia de un impacto en la producción doméstica, estableciendo la relación asimétrica entre estas dos variables que resulta coherente con la teoría económica existente para los países exportadores de crudo. Considerando las demás variables analizadas se determina que la balanza comercial es la que transmite los efectos del alza del precio del crudo al Producto Interno Bruto. En cuanto a la tasa de cambio real los resultados no son significativos para mencionar una influencia en la variable, mientras que para el balance fiscal existe un efecto directo debido al peso que ocupan las exportaciones petroleras en los ingresos de dinero al país. (**González & Hernández, 2016**).

Para casos estudiados dentro de grupos de integración económica se encuentra el estudio realizado por **Alonso & Martínez (2017)** el cual implica ciertos países miembros de la Alianza del Pacífico (Perú, Chile, México y Colombia). Los resultados arrojaron que para los cuatro países el precio del petróleo, el Producto Interno Bruto, Índice de Precios al Consumidor y la tasa de cambio real presentan una relación a largo

plazo. A nivel individual se halló que en Perú los cambios inesperados del precio del crudo no tienen influencia en el Producto Interno Bruto lo que contradice los hallazgos esperados para un país importador según la teoría económica existente. Chile, de igual manera un país importador de petróleo muestra que a largo plazo no existe una relación entre su producción doméstica y los shocks petroleros, pero en el corto plazo si genera un cambio positivo en el Producto Interno Bruto. Para el caso de los exportadores se encuentra que la evidencia empírica concuerda con lo que espera a partir de la teoría. No obstante, tanto en México como en Colombia no existe una relación a largo plazo entre las variables. En México solo en el segundo y tercer trimestre se presenta un cambio positivo en el Producto Interno Bruto a consecuencia de un alza de precios del barril de crudo mientras que en Colombia el efecto se mantiene por más tiempo, alrededor de seis trimestres.

Se halló otro caso en Ghana en el cuál **Vitor, Samanhyia & Bonney (2018)** implementaron un modelo VAR para explicar la relación entre los precios del petróleo y el crecimiento económico del país medido a través del Producto Interno Bruto. La metodología implementada por los autores obedece a las del sistema VAR en el cuál determinaron la existencia de ecuaciones de cointegración entre las variables a un nivel de confianza del 95% por lo tanto confirmaron la existencia de una relación a largo plazo entre el precio del crudo y el Producto Interno Bruto. Mediante el contraste de Granger determinaron la dirección de la asociación como de tipo unidireccional en la cual los precios del crudo causan al PIB y no en viceversa. Esto evidenció la dependencia que mantiene este país exportador de las fluctuaciones de los precios en el mercado petrolero.

Finalmente, para un país importador de crudo como India se realizó una investigación en la que se buscó establecer la relación entre los cambios de los precios del petróleo y ciertas variables macroeconómicas (Producto Interno Bruto, Formación de Capital y la inflación). Entre los resultados se encuentra que existe una relación de cointegración a largo plazo entre el precio del crudo, Producto Interno Bruto, inflación y formación de capital. Además, se establece que el coeficiente de los precios del petróleo es negativo y significativo respaldando la teoría económica para países importadores de crudo determinando que un aumento en el precio de esta materia prima repercute

negativamente en el Producto Interno Bruto del país. Algo similar ocurre con la Formación de Capital puesto que los inversores tienden a desanimarse al anticipar la pérdida de su margen por lo que la tasa de inversión en el país disminuye ante un shock petrolero alcista. Para el caso de la inflación la investigación demuestra que esta variable no es significativa para explicar los cambios en el Producto Interno Bruto de India. El estudio recomienda que el gobierno debe controlar los precios en el mercado interno para evitar desincentivar a los inversores y por lo tanto contraer la actividad económica (Yousef & Sultan, 2019).

2.1.2 Fundamentos teóricos

2.1.2.1 Economía ambiental y economía de los recursos naturales

Cualquier actividad económica que involucre la extracción de recursos de la naturaleza finaliza con un impacto en el ecosistema. Partiendo de lo mencionado por **Labandeira, León & Vázquez (2007)** los recursos naturales son clasificados como renovables y no renovables. Los recursos no renovables son aquellos que se hallan en el medio ambiente en una cantidad limitada, es decir conforme se avance en su utilización se dispondrá de una menor cantidad de ellos en el futuro. Cabe mencionar que este tipo de recursos pueden ser recuperables y no recuperables. En el caso de ser no recuperables implica que el recurso es destruido en su totalidad y que su regeneración implica períodos de tiempo que trascienden los cientos o miles de años como el caso de los combustibles fósiles, mientras que un recurso no renovable recuperable implica su destrucción, pero existe la posibilidad de ser recuperado en un mediano plazo a través del reciclaje como ocurre con los minerales. Por otro lado, los recursos naturales renovables son agotados al momento de su consumo masivo, pero son susceptibles a tener un proceso de regeneración inmediata de acuerdo con la velocidad de reproducción biológica de cada uno de ellos como es el caso de la pesquería y los árboles, sin embargo, su explotación por encima de su velocidad natural de regeneración los puede convertir en recursos no renovables y no recuperables.

Lo anterior muestra la importancia que tiene la correcta planificación de la explotación de los recursos naturales independientemente de que sean renovables o no renovables. El uso indiscriminado de los recursos altera el correcto funcionamiento del ecosistema y además priva de la utilización de estos recursos a las generaciones venideras. Un ritmo de explotación equilibrado no solo permitirá la creación de riqueza necesaria para desarrollar nuevas industrias y abandonar la dependencia de los ingresos por estos recursos que en un largo plazo se agotarán o perderán su valor de utilización, sino que también garantizará que las generaciones futuras reciban un medio ambiente sano y con posibilidad de generar alternativas de generación de ingresos como lo es el desarrollo del turismo ambiental.

Es importante señalar que **Labandeira, León & Vázquez (2007)** hacen una distinción entre la economía ambiental y la economía de los recursos naturales señalando que la primera hace referencia a temas relacionados con la ocupación del medio ambiente como receptor y asimilador de residuos provenientes de las actividades económicas realizadas por el ser humano. Mientras que la economía de los recursos naturales trata la gestión de los recursos renovables y no renovables para establecer niveles óptimos de explotación con la finalidad de garantizar su sostenibilidad.

2.1.2.2 Explotación de recursos naturales

La explotación de recursos naturales renovables y no renovables ha significado una ventaja comparativa otorgada por la naturaleza para los países subdesarrollados puesto que la mayoría de sus exportaciones involucran la comercialización de estos bienes. La explotación de recursos no renovables no es sostenible de manera continua por lo que se deben distribuir a la sociedad buscando un equilibrio intergeneracional para esto se debe tomar en cuenta el coste de oportunidad de la extracción de recursos no renovables y adicionarlo al coste de extracción con la finalidad de planificar la velocidad de extracción. Por otro lado, se debe tomar en cuenta los potenciales impactos ambientales que puede generar la industria extractivista en el ecosistema, por ejemplo, en la actividad petrolera se realiza un proceso de deforestación en los alrededores de los yacimientos petroleros por lo que no solo se debería evaluar datos

acerca del impacto medioambiental, sino que en lo más posible se debe evitar causar grandes alteraciones al ecosistema (Azqueta, Alviar, Domínguez & O’Ryan, 2007).

Para los países en vías de desarrollo como lo es Ecuador la explotación de los recursos naturales les ha permitido tener una fuente de ingresos adicional y exclusiva. La disponibilidad exclusiva de ciertos recursos naturales permite elaborar una actividad económica importante puesto que la escasez de estos recursos les otorga una elevada cotización en el mercado internacional debido a que determinados bienes como el petróleo y los minerales son esenciales como materia prima en la fabricación de combustibles y de productos con alta tecnología. No obstante, estos países enfrentan una problemática que compromete su desempeño económico a futuro. Inicialmente enfrentan la degradación ambiental producto de la extracción indiscriminada de los recursos naturales llegando al punto de que una vez agotado el recurso el lugar de explotación queda totalmente devastado y con grandes daños en el ecosistema. El problema de la insuficiencia de recursos económicos que tras varios años de comercialización de bienes naturales aún sigue vigente para la mayoría de los países exportadores de recursos naturales, tal es su dependencia que una baja cotización en el mercado de estos recursos implica que se dé lugar a una contracción en la economía de estos países. Cabe señalar que las políticas destinadas a planificar el nivel de explotación óptimo de los recursos deben encaminarse a emitir reglamentos de explotación responsable con el medio ambiente, debe estimar el precio futuro de los recursos puesto que agotar los recursos antes de que pierdan su valor monetario puede privar de recursos económicos a las generaciones futuras. En cuanto a la pérdida de valor monetario, su principal causa será el avance tecnológico en las industrias de energía que son en la actualidad las principales consumidoras de combustibles fósiles. Por lo tanto, Ecuador como país exportador debe considerar en sus políticas públicas el hecho del agotamiento de su principal producto de generación de ingresos en el mercado global con el fin de evitar un choque económico negativo de gran magnitud, evitar el retraso tecnológico en la generación de energías y garantizar la conservación de su riqueza medioambiental.

2.1.2.3 Producto Interno Bruto

El Producto Interno Bruto es la suma del valor monetario de los bienes y servicios finales producidos dentro de un país en un año. Constituye un indicador macroeconómico que brinda un panorama general del estado de la economía de un país determinado para facilitar a los planificadores de políticas determinar si una economía se contrae o se expande. Además de esta deriva un indicador que utilizan los economistas para medir el nivel de desarrollo del país, dicho indicador se denomina Producto Interno Bruto per cápita (**Samuelson & Nordhaus, 2010**).

Existen dos formas de medir el Producto Interno Bruto tanto a precios nominales como a precios corrientes. La investigación considera el enfoque nominal para recolectar la información de este indicador macroeconómico. **Mankiw (2014)** indica que el Producto Interno Bruto nominal describe al valor de los bienes y servicios finales expresados a precios corrientes, es decir este enfoque refleja el crecimiento de los precios en la economía de un país. Por otro lado, el Producto Interno Bruto real indica el valor de los bienes y servicios considerando un año base de referencia para ajustar la interferencia de la inflación en los valores del indicador.

El Producto Interno Bruto constituye el indicador más representativo del estado de la economía de un país. Las épocas de bonanza y de recesión se reflejan en la evolución de la curva histórica de este indicador, mostrando tendencias alcistas durante las épocas de bonanza y tendencias bajistas cuando existen crisis económicas. El indicador resulta ser tan representativo debido a que refleja los cambios en el consumo de los hogares, incluye el nivel de inversiones en capital, se observan los resultados monetarios de las políticas fiscales expansivas o contractivas que aplique el gobierno y también incluye el resultado del país a nivel del mercado internacional a través de la balanza comercial. Dentro de la investigación, el Producto Interno Bruto de Ecuador puede verse alterado debido a la fluctuación de los precios de uno de sus principales productos de exportación, el petróleo. Por ejemplo, ante precios altos del crudo el costo de sus derivados que en su mayoría son importados se encarecerían lo que disminuiría la capacidad de compra de los hogares y en consecuencia una contracción del consumo. Además, el incremento de los combustibles eleva los costos de producción

afectando las decisiones de los inversores de determinados sectores económicos. Por otro lado, siendo de propiedad del estado los campos petroleros los shocks alcistas del crudo incrementarían los recursos económicos disponibles para el gasto público permitiendo realizar nuevas inversiones de infraestructura pública y además se estimularía la explotación del petróleo a niveles que permitan incrementar la oferta exportable del país, no obstante, un precio bajista puede causar una disminución de los indicadores macroeconómicos incluyendo el Producto Interno Bruto.

2.1.2.4 Precio de petróleo West Texas Intermediate

Según la **Agencia Internacional de Energía (2019)** West Texas Intermediate es una corriente de crudo producida en Texas y el sur de Oklahoma (EEUU) que sirve como referencia para fijar el precio de otras corrientes de crudo y que se comercializa en el mercado spot.

Es importante considerar el comportamiento de la cotización de la corriente West Texas Intermediate puesto que es el principal referente de precios en la comercialización internacional del petróleo. En el caso ecuatoriano, los contratos petroleros spot se negocian en torno a este indicador y además se toma como referencia para establecer el precio del crudo ecuatoriano que se divide en dos corrientes, la Napo y Oriente. Esta diferenciación se la realiza debido a la naturaleza del crudo ecuatoriano, es decir el petróleo que se explota en el país es de tipo pesado, entendiéndose que este petróleo posee mayor cantidad de minerales en su composición lo que requiere de mayores procesos de refinación para su utilización como combustible, debido a esto recibe un castigo en su precio en comparación al crudo de la corriente de Texas que es de tipo liviano, es decir con una menor cantidad de minerales en su constitución. Por lo tanto, una disminución en el precio del West Texas Intermediate implica una alteración del precio de las corrientes Napo y Oriente por encima del nivel modificado en el mercado internacional.

2.1.2.5 Fluctuación de los precios del petróleo

La fluctuación de los precios del crudo está relacionada con la macroeconomía y los eventos clave del mundo. Dentro de estos sucesos se encuentran los acontecimientos

políticos, conflictos militares, catástrofes naturales e incidentes en las zonas de producción de petróleo son responsables de cambios bruscos en el precio del barril de petróleo en el mercado mundial. Históricamente esto se ve reflejado en el 2003 cuando súbitamente se elevaron los precios del crudo tras la problemática en Irak que debía atravesar un periodo de reconstrucción tras el conflicto bélico lo que generó una escasez de suministro de petróleo desde Medio Oriente. Con el fin de mantener los precios la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP) decidió limitar la producción petrolera sin importar si la demanda aumentaba a nivel mundial. Otro ejemplo de la influencia del contexto mundial en el precio del petróleo ocurrió en 2005, año en el cuál el nivel de crecimiento de la economía mundial superaba el 3% y en particular el crecimiento sostenido de Estados Unidos contribuyó a un aumento de la demanda de crudo presionando los precios a una tendencia alcista (**Fan, Liang & Wei, 2008**).

Los principales shocks del precio del petróleo han surgido a partir de eventos políticos y naturales catastróficos que lograron cambiar la tendencia del mercado; **Coleman (2012)** ha recopilado los shocks del mercado petrolero a partir del período 1986 hasta el 2007. Menciona que a inicios de 1986 Arabia Saudita abandonó su posición de productor monopolístico de petróleo y se unió a la OPEP para dar inicio a una guerra de precios petrolera. Entre 1998 y 1999 la región de Asia sufrió una crisis financiera que disminuyó su demanda por el crudo. De igual manera en la década del 90 ocurrieron varios eventos que afectaron el mercado del petróleo entre ellos destacan la reducción de la producción petrolera por parte de la OPEP, la invasión de Kuwait a Iraq y finalmente los ataques terroristas a Estados Unidos en 2001. En Sudamérica también hubo eventos que alteraron el comportamiento de los precios y dentro del período mencionado sobresalen las protestas políticas y laborales en Venezuela en torno a una de las principales empresas petroleras de ese país. En México, país productor de crudo la naturaleza afectó su desempeño en esta industria tras el Huracán Ivan en 2004 y Dennis en 2005 dañaron las instalaciones de extracción del recurso natural mencionado. Finalmente, en 2006 otro país exportador como lo es Nigeria sufrió de ataques militares a sus instalaciones petroleras que afectan al nivel de oferta del petróleo en el mercado internacional. El shock del precio del crudo más drástico del período estudiado se produjo entre 2007 y 2008 evento que menciona el **Banco**

Central del Ecuador (2008) que los altos precios que se registraron en este tiempo fue producto de problemas estructurales y coyunturales del mercado internacional. En cuanto a las causas estructurales se menciona el aumento de la demanda por el recurso a nivel mundial debido al continuo crecimiento económico de la región de Asia y en especial de China lo que provocó que los países exportadores trabajaran al límite de su capacidad productiva a tal punto de no poder cubrir el nivel de demanda existente en esos años. Mientras que entre los factores coyunturales se encuentran la especulación que tuvo lugar en los mercados internacionales de materias primas producto de la debilidad del dólar estadounidense cuya decadencia fue el resultado de la crisis de las hipotecas de alto riesgo que estalló en 2008. Además, existían conflictos militares en Medio Oriente en los que Irán amenazaba el cierre de los canales marítimos de comercio internacional si Israel o Estados Unidos atacaban el país. Todos estos eventos generaron incertidumbre en los agentes económicos del mercado petrolero y los empujó a especular con el precio del barril de crudo incitando un alza récord que rebasó los cien dólares y generó perspectivas adversas para los países que dependen de la importación de este bien para obtener energía puesto que el alto precio de esta materia prima encarecería los productos derivados y las actividades económicas relacionadas a este recurso natural.

Considerando lo anterior a partir del año 2007 hasta el 2013 se mantuvo una bonanza petrolera incluyendo a los años en que el precio decayó para nuevamente tender al alza. No obstante, el año 2014 terminó con los precios que rondaban los cien dólares puesto que como indica la **Comisión Económica para América Latina y el Caribe (2015)** los precios récord que se registraron en los últimos años motivaron a los países exportadores a incrementar su capacidad extractiva e incrementar la oferta petrolera teniendo como resultado una competencia entre Estados Unidos, Arabia Saudita y Rusia por la cuota del mercado internacional de crudo lo que provocó una sobreoferta de esta materia prima que se estima en un millón de barriles diarios de excedente de producción mundial. El fin de los conflictos militares que surgieron en la denominada primavera árabe permitió a los países de Medio Oriente retomar su participación en el mercado petrolero aumentando aún más la oferta. Por otro lado, la demanda también cambió de comportamiento puesto que la región europea y asiática entraron en recesión económica y nuevamente China es el país protagonista, pero en este caso el

país asiático registró el inicio de una incesante desaceleración de su economía reflejada en una devaluación de la moneda local y además disminuyó el consumo de petróleo que importaba a su país ocasionando que el exceso de oferta presionara los precios hacia abajo.

Como se puede observar los cambios en el precio del petróleo son explicados en su gran parte por la interacción entre la oferta y la demanda, es decir cuando los países productores se sienten atraídos por los altos precios del crudo y por la demanda creciente de esta materia prima, incrementan sus actividades de extracción constituyendo un aumento de la oferta petrolera, no obstante, cuando se observa una sobreoferta y la demanda de crudo se estanca o se contrae inmediatamente el precio decrece. De igual manera cuando los precios se encuentran bajos la demanda petrolera tiene a crecer debido a que los costos de producción son menores porque el petróleo constituye un insumo para una gran variedad de industrias, sin embargo, un exceso de demanda tiende a incrementar el precio del barril de petróleo con la finalidad de no generar desabastecimiento en el mercado internacional. Es importante señalar que existen también otros factores excepcionales que pueden alterar la oferta y la demanda del petróleo como lo son los desastres naturales en las zonas de explotación y los conflictos bélicos que tienen a contraer la oferta petrolera e incrementa el precio. Por otro lado, la disminución de la demanda de crudo producto de la contracción económica de los principales importadores de petróleo y la inutilización creciente de este bien como medio para generar energía debido al desarrollo de nuevas tecnologías contribuye a una disminución de la cotización de esta materia prima.

2.1.2.6 Relación entre precios del petróleo y Producto Interno Bruto

Existe una cantidad considerable de literatura que muestra que la fluctuación petrolera tiene un impacto significativo en la actividad económica de los países. Los impactos surgen tanto para los países exportadores como para los importadores de crudo, es decir del lado de la oferta y la demanda. En la demanda los cambios de los precios del petróleo se evidencian en la inversión y en el consumo esto debido a que el consumo depende del ingreso disponible y si dicho ingreso se viera afectado por un shock del crudo el nivel de consumo también sufrirá cambios. Los niveles de inversión también

cambian ante una variación del precio del petróleo debido a que esta variación puede aumentar o disminuir los costos de producción en un país. El aumento del precio encarece la producción y reduce el margen para el sector empresarial lo que lo desincentiva de realizar nuevas inversiones para incrementar su actividad económica. Además, una tendencia alcista incrementa los niveles de inflación del país disminuyendo la capacidad adquisitiva de la población. Por otro lado, una disminución en los precios del petróleo implica para los países importadores un efecto que no suele ser proporcional en los precios internos de los productos puesto que dependen de factores como el tipo impositivo y cambiario. Además, el precio interno de los derivados del petróleo y no el precio internacional del crudo el que influye directamente en la inflación y la actividad económica del país (Yousef & Sultan, 2019).

La teoría económica sostiene que la cotización alcista del precio del petróleo resulta contraproducente para los países importadores de este producto puesto que contribuye al aumento de los costos de producción de varias industrias y del transporte. En muchas ocasiones el incremento es transferido al consumidor final lo que constituye en una contracción del gasto de los hogares. Este efecto desincentiva a los inversores puesto que los márgenes de ganancia se ven comprometidos y se opta por postergar la inversión evitando la generación de nuevas plazas de trabajo. Esta cadena de efectos se refleja en los países importadores de crudo, pero como se ha citado en la investigación, China no mostró este comportamiento debido a la interdependencia que mantiene con Estados Unidos y la Unión Europea en cuanto a su nivel de exportaciones de bienes de consumo final y el control de precios sobre el petróleo que mantiene este país asiático permite que los impactos de los shocks petroleros no sean significativos sobre su producción.

Para aquellos países exportadores del petróleo un shock negativo de los precios del petróleo afectará directamente a la economía de estos países y los efectos serán más severos para aquellos que mantengan una dependencia del petróleo como principal fuente de ingresos a nivel de comercio internacional. Los efectos que se esperan son una disminución de los salarios nacionales, aumento del déficit presupuestario del sector público, decrecimiento del ingreso nacional, disminución del gasto de gobierno,

etc. Pero en caso de que el mercado contribuya a un shock positivo en los precios del crudo los efectos en la economía son positivos para un país exportador de este recurso natural puesto que aumenta su nivel de ingreso y estimula la producción interna (Akalpler & Nuhu, 2018).

Los países exportadores que mantienen una alta dependencia del petróleo se ven sumamente beneficiados por el alto precio del crudo, puesto que el incremento de su nivel de ingresos les permite incrementar la inversión en infraestructura, lo que genera plazas de empleo y por ende incrementa el consumo final de los hogares. Por otro lado, los shocks bajistas para los países exportadores altamente dependientes son devastadores para su economía lo que se traduce en una contracción de su Producto Interno Bruto debido a la disminución de los ingresos, contribuyendo a generar desequilibrios fiscales que obligan a adoptar políticas de ajuste al gobierno y disminuye el caudal de inversiones en el sector privado evitando que se generen plazas de empleo nuevas y como consecuencia el consumo de los hogares no crece. El Ecuador en su condición de país exportador debe considerar los efectos en ambos escenarios del mercado petrolero. Durante las épocas de altos precios debe aprovechar esos recursos excedentes para promover la creación de nuevas industrias tanto de fabricación de bienes de consumo final como de energía para disminuir gradualmente el nivel de dependencia petrolera para cuando el precio disminuya evitar enfrentar procesos de recesión económica y en el largo plazo contar con una industria de generación de energías alternativas próspera.

2.1.2.7 Ecuador y su dependencia petrolera

Tras el decaimiento de las exportaciones de banano en la década de los sesenta los inversores extranjeros dirigieron su mirada a un nuevo producto dentro del mercado internacional de materias primas, el petróleo. Durante esta década el consumo de crudo se intensificó y era necesario disponer de una mayor cantidad de reservas petroleras ante el inminente estallido de la demanda por este producto. Inmediatamente el efecto de la activación del sector petrolero en Ecuador se evidenció en los ingresos por exportaciones que pasaron de 190 millones en 1970 a 2500 millones en 1981. El primer shock de precios del crudo en el país tuvo lugar en 1972 como consecuencia del

conflicto bélico árabe-israelí registrando un ajuste del precio inicial de \$3.83 por barril a \$13.4. Este incremento de renta del sector externo motivó a que se generara más confianza en los prestamistas internacionales por lo que la deuda externa incrementó de \$260.8 millones en 1970 a 5868.2 millones en 1981. A pesar del aumento de recursos económicos disponibles el sector industrial diferente de las materias primas no se desarrolló, es más la dependencia del país con respecto a este mercado se profundizó perdiendo la oportunidad de diversificar las industrias que operaban en el mercado interno. Las inversiones se centraron en la construcción de infraestructura necesaria para el almacenamiento y transporte del petróleo como lo es el Oleoducto Transecuatoriano. La sensación de desarrollo se muestra más fuerte debido a los indicadores económicos de la época puesto que el Producto Interno Bruto entre 1972 y 1981 creció a una tasa promedio del 8%, además el Producto Interno Bruto per cápita ascendió de \$260 en 1970 a \$1668 en 1981. En 1982 concluyó la década de bonanza petrolera para el país debido al continuo descenso del precio del petróleo hasta un valor crítico representado por una cotización de \$9 por barril en el año 1986. Conjuntamente Estados Unidos inició una política que limitaba y encarecía el otorgamiento de créditos para los países subdesarrollados esto produjo un recorte en el flujo de ingresos que obligó al gobierno a realizar múltiples medidas de ajuste para solventar y disminuir su déficit, es decir disminuyó su nivel de gasto público, tardíamente inició un plan de industrialización del país para disminuir la dependencia del sector externo para abastecer los bienes de consumo masivo de la población y tuvo que realizar procesos de renegociación del endeudamiento externo hasta el punto de adquirir nuevos créditos para poder hacer frente al servicio de la deuda contraída durante la bonanza (**Acosta, 2006**).

En los últimos años el nivel de dependencia petrolera ha disminuido, pero no de la forma necesaria para evitar fuertes impactos económicos, partiendo de lo mencionado por **Herrera (2016)** las reformas implementadas en el año 2008 en el artículo 408 de la Constitución de la República del Ecuador señalan que los recursos naturales renovables y no renovables incluyendo los productos del subsuelo son propiedad del estado. Además, se cambió las condiciones de los contratos petroleros en las cuáles se establecía que el estado debería obtener la mayor participación de las rentas petroleras. Los ingresos por exportaciones del sector petrolero para el estado han incrementado a

partir del año 2002 que registraban un valor de 2055 millones de dólares y en el año 2014 alcanzaron un valor de 13302 millones. La contribución del sector petrolero en las exportaciones del país en este período fluctuó entre el 40% y 60% es decir que de cada 10 dólares de ingreso del sector externo 5 derivan de la actividad petrolera. En cuanto al aporte del crudo al Producto Interno Bruto en el año 2013 la industria petrolera registra un 13% de participación superando al sector manufacturero que ocupó el 12.1% y a la construcción con 10.7%. En comparación al año 2002 en el cuál la participación del petróleo ocupaba un 5.86% el ritmo de crecimiento de esta actividad registró un crecimiento promedio del 14% hasta 2014. Es importante resaltar que en Ecuador los ingresos petroleros son considerados como un ingreso no permanente dentro del Presupuesto General del Estado. En el último año que registra datos el Banco Central del Ecuador (2019) indica que la participación del petróleo en el PIB del país asciende al 8.5% siendo una de las actividades que mayor participación concentra y además las exportaciones de este recurso natural representaron el 37% del total de ingresos por la actividad en el sector externo. **(Herrera, 2016)**.

La dependencia petrolera del Ecuador es evidente desde los inicios de esta actividad en el país, particularmente el primer ejemplo de esta dependencia se observó tras el primer boom petrolero de la década de los setenta en los cuáles existía un gobierno militar que autorizó a las empresas extranjeras el inicio de sus operaciones en el país. La masiva entrada de dinero producto de las inversiones para construir la infraestructura necesaria para producir petróleo y los ingresos de la comercialización en el mercado internacional de este producto provocaron una falsa sensación de riqueza en el país. Se esperaba que este recurso natural constituyera la salvación de la dura situación económica tras el fin del auge de las exportaciones de cacao y banano. Efectivamente la nueva industria incrementó el ingreso de las personas que trabajaban en el sector, así como de los comerciantes importadores de productos, pero la renta petrolera no fue aprovechada para incentivar el crecimiento del resto de sectores industriales del país, fueron olvidados. Ante un shock negativo de los precios del barril de crudo y el excesivo endeudamiento provocaron un duro impacto económico para el país y la sensación de nuevo rico había desaparecido. En la actualidad el nivel de dependencia ha disminuido, sin embargo, no al nivel suficiente para evitar grandes efectos económicos ante los cambios bruscos del precio en el mercado. El petróleo aún

concentra el nivel de actividad industrial más grande del país así como también aporta el 40% de los ingresos por exportaciones y sin duda el riesgo más grande se encuentra para el financiamiento del estado puesto que los ingresos petroleros son la principal fuente para financiar el gasto social y de infraestructura por lo que un cambio negativo en el mercado petrolero compromete al gobierno a realizar políticas de ajuste que afectan a la población en general puesto que se disminuyen los recursos para brindar servicios públicos y para programas destinados para combatir los niveles de pobreza del país.

2.2 Hipótesis de investigación

Las hipótesis de investigación permitirán la consecución del objetivo de la investigación y se encuentran elaboradas en función de la pregunta de investigación planteada.

Se busca determinar la existencia y la naturaleza de la relación entre el Producto Interno Bruto y los precios internacionales del petróleo en el período 1976-2018 para lo cual se plantea las siguientes hipótesis.

Relación entre las variables

H_0 : No existe relación entre el Producto Interno Bruto y los precios internacionales del petróleo.

H_1 : Existe relación entre el Producto Interno Bruto y los precios internacionales del petróleo.

Causalidad entre las variables

H_0 : Los precios del petróleo no causan al Producto Interno Bruto.

H_1 : Los precios del petróleo causan al Producto Interno Bruto.

Relación a largo plazo entre las variables

H_0 : No existe relación a largo plazo entre el Producto Interno Bruto y los precios internacionales del petróleo.

H_1 : Existe relación a largo plazo entre el Producto Interno Bruto y los precios internacionales del petróleo.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Recolección de la información

Población, muestra y unidad de análisis

Las variables consideradas como la población objetivo de la investigación son el Producto Interno Bruto de Ecuador expresado en dólares estadounidenses a precios corrientes. La otra variable corresponde a los precios del petróleo bajo el marcador West Texas Intermediate expresados en dólares estadounidenses a precios corrientes. El estudio no requiere del cálculo de una muestra puesto que se utilizarán todos los datos del período 1976-2018 de ambas variables. Con la finalidad de otorgar confiabilidad al estudio se utiliza los valores trimestrales de las variables mencionadas lo que permite acceder a 172 observaciones.

Fuentes primarias y secundarias

El estudio utiliza únicamente fuentes secundarias de información como lo son los artículos de revistas científicas permitiendo establecer los antecedentes de la investigación, libros para sustentar la teoría económica y sitios web de entidades oficiales con el objetivo de contextualizar el problema de la investigación. Por otro lado, los datos requeridos para presentar evidencia empírica corresponden a las siguientes instituciones:

Banco Central del Ecuador (BCE): organismo encargado de la publicación de las cifras macroeconómicas del Ecuador permite acceder a través de su portal web en la sección de cuentas nacionales a los valores del Producto Interno Bruto del período 1976-2018.

BP Group: institución privada involucrada en el negocio de las energías y recursos naturales, realiza constantes publicaciones acerca de la evolución del mercado de energías, de esta se ha recuperado los precios West Texas Intermediate

del petróleo de los años 1976-1985 a través de su reporte BP Statistical Review of World Energy June 2019.

Agencia Internacional de Energía (IEA): entidad conformada por un grupo de 30 países que se especializa en promover energías limpias de la cual se recuperó desde su sitio web en la sección de estadísticas los precios West Texas Intermediate del barril de petróleo a partir del año 1986 hasta el 2018.

Instrumentos y métodos de recolección de información

Instrumento de recolección de información

Ficha de observación

Rojas (2006) establece que las fichas de observación son un instrumento que permite describir el lugar, persona u objeto de estudio en la cual se agrupa por columnas la variable o guía de observación y se recopila la información respectiva. Considerando lo anterior los datos de las variables extraídos desde las fuentes mencionadas anteriormente serán recopilados en una ficha de observación que permite organizar en un orden cronológico ascendente las series temporales del Producto Interno Bruto y del precio West Texas Intermediate del petróleo con una periodicidad anual y trimestral. La ventaja de utilizar este instrumento es su sencilla implementación mediante un cuadro que agrupa por columnas al período y a los valores de la variable, además esta ficha resulta útil para ser procesada por los programas informáticos que serán implementados en la realización del estudio empírico. A continuación, se presenta el modelo del instrumento mismo que se encuentra disponible en su totalidad en el anexo N° 1.

Tabla 1: Muestra de la ficha de observación

Período	Producto Interno Bruto (Millones USD)	Precio del petróleo WTI (USD)
1976	9087.57	1976
1977	11021.06	1977
1978	11916.79	1978
1979	14168.37	1979
n-ésimo	n-ésimo	n-ésimo

Fuentes: Banco Central del Ecuador & BP Group

Elaborado por: Steven Acaro

Método de recolección

La recolección de datos se realiza a partir de las bases de datos de las instituciones señaladas anteriormente y son transcritas a la ficha de observación. Los datos del Producto Interno Bruto de Ecuador del período 1986-1999 son recuperados desde el boletín de retropolación ubicado en la sección de Cuentas Nacionales del Banco Central del Ecuador con periodicidad anual. De la misma forma los datos del precio del petróleo bajo el marcador West Texas Intermediate se extraen desde el reporte mencionado de BP Group que comprenden los años desde 1976 hasta 1985 y los datos de 1986 al año 1990 provienen del sitio estadístico de la Agencia Internacional de Energía dichos datos corresponden a valores anuales.

Posteriormente los datos del PIB para el período 2000-2018 se recolectan desde la publicación de cuentas nacionales del Banco Central considerando los precios corrientes que se encuentran publicados de manera trimestral. Consiguientemente se toman los precios del petróleo WTI de la sección denominada outlooks de la IEA que aloja en su sitio estos precios trimestrales desde 1990 hasta 2018 estos datos se encuentran disponibles en los anexos N°1 y N°2. Finalmente, con el objetivo de obtener los datos trimestrales del período 1986-1999 se utiliza el software de desagregación de datos ECOTRIM. Dicho programa informático fue elaborado en cooperación con la oficina europea de estadística Eurostat que permite mediante arreglos matemáticos que incluye esta herramienta obtener datos trimestrales a partir

de datos anuales puesto que considera los valores antiguos para estimar un modelo de regresión que minimiza los errores y devuelve el nuevo conjunto de datos en formato Excel lo que facilita su registro en la ficha de observación. Una vez registrados los datos se los clasifica de acuerdo al criterio del ítem que se encuentra establecido en la tabla N°6.

Para la variable dependiente el ítem requiere el cálculo de la tasa de variación que **Sarabia & Pascual (2005)** señalan que esta tasa permite estudiar el cambio de una variable en dos momentos del tiempo y establecen la siguiente fórmula:

$$\Delta x = \frac{(x_t - x_{t-1})}{x_{t-1}}$$

Dónde:

Δx = Tasa de variación de la variable

x_t = Valor actual de la variable

x_{t-1} = Valor anterior de la variable

Una vez realizado el cálculo se procede a asignar la categoría correspondiente al valor de cada variable de acuerdo a los ítems planteados. Los resultados de este proceso se encuentran disponibles en el anexo N°4.

Confiabilidad y validez de los instrumentos de investigación utilizados

La confiabilidad de la ficha de observación se sustenta en las fuentes de los datos obtenidos que son instituciones oficiales que realizan publicaciones periódicas que son utilizadas para estudios de índole macroeconómico. En el caso del Banco Central del Ecuador, entidad que cuenta con 92 años de existencia tiene como una de sus principales funciones ofrecer a personas, empresas y autoridades información que permite la toma de decisiones de índole financiero y económico. Mientras que BP Group es una empresa privada dedicada a la comercialización de

petróleo y gas natural con presencia en 70 países y cuenta con más de cien años de historia. Por otro lado, la Agencia Internacional de Energía es una institución adjunta a la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) que cuenta con 45 años de existencia, su principal objetivo es asesorar en temas relacionados con política energética a sus 30 países miembros, además proporciona información acerca de los mercados de commodities a nivel mundial. Cabe señalar que la información recopilada en la ficha de observación se encuentra disponible para todo tipo de usuario de los sitios web de ambas organizaciones de manera gratuita y son accesibles en cualquier momento con la posibilidad de exportar la información en formato Excel.

La validez de este instrumento radica en la conveniencia de registrar los valores monetarios observados del Producto Interno Bruto de Ecuador y los precios West Texas Intermediate del petróleo en una misma unidad de medida que en este caso las variables se encuentran expresadas en dólares estadounidenses ordenadas cronológicamente de manera ascendente permitiendo observar su evolución a lo largo del tiempo, además es importante señalar que el instrumento presenta compatibilidad con los programas informáticos a utilizarse en el desarrollo de la investigación tanto en el análisis descriptivo y en el estudio correlacional. Dicha ficha resulta ser de sencilla elaboración puesto que se implementa el software Microsoft Excel para introducir los datos del periodo estudiado.

3.2 Tratamiento de la Información

El presente estudio es de tipo cuantitativo debido a que se medirán magnitudes numéricas de las variables mediante análisis descriptivo y correlacional de acuerdo con los objetivos planteados en la investigación.

Estudio descriptivo

En primer lugar, con la finalidad de obtener un panorama general de la evolución de los precios del petróleo se genera un gráfico de serie temporal que en palabras de **Parkin, Esquivel & Muñoz (2007)** una gráfica de serie de tiempo permite observar el comportamiento de una variable a lo largo del tiempo y de qué manera se relaciona

el valor de un período con otro. Este gráfico mide el tiempo en el eje x y los valores de la variable en el eje y. Por lo tanto, este gráfico permite establecer el nivel del precio, cómo cambia el precio, la velocidad de cambio y la existencia de tendencias.

El análisis del comportamiento de los precios internacionales del petróleo para establecer su nivel de fluctuación en el período de estudio se recurre a un estudio descriptivo que se lo implementa mediante la estadística descriptiva puesto que como menciona **Triola (2009)** la estadística descriptiva tiene por objetivo describir las características más relevantes de un conjunto de datos y además establece que cuando se explora, describe y compara es fundamental determinar el centro, variación, distribución y cambios a lo largo del tiempo. Por lo tanto, para establecer el conjunto de características mencionadas anteriormente se utiliza las medidas de tendencia central y medidas de variación con la implementación del software Microsoft Excel a partir de los datos introducidos en la ficha de observación.

Medidas de tendencia central

Las medidas de tendencia central son un valor que se encuentra en la mitad de un conjunto de datos. Entre las principales se encuentran la media, mediana y moda. La media aritmética es la medida numérica más significativa para describir un conjunto de datos, frecuentemente es conocida como promedio y se obtiene de la suma de todos los valores divididos para el número total de la muestra. La mediana constituye el valor intermedio de un conjunto de datos ordenados que en el caso de la investigación será creciente y se toma el dato que se encuentre en la posición indicada por la fórmula de cálculo. En caso de tener un conjunto de datos par se obtiene el promedio de los valores centrales indicados. Finalmente, la moda corresponde al valor que mayor número de veces se repite dentro del conjunto de datos por lo que no requiere de una fórmula de cálculo en datos no agrupados. (**Triola,2009**).

Las fórmulas para el cálculo de estas medidas de tendencia central se detallan a continuación.

Tabla 2: Medidas de Tendencia Central

Medida	Fórmula	Significado
Media aritmética	$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{N}$	\bar{X} = Media de la población $\sum X_i$ = Sumatoria todos los valores de la población N = Número de datos
Mediana	N° datos impar : $Me = \frac{n}{2}$ N° datos par : $Me = \frac{n + 1}{2}$	n = Número de datos

Fuente: Martínez (2006)

Elaborado por: Steven Acaro

Medidas de variación

Con la finalidad de establecer el nivel de dispersión de los datos se utiliza las medidas de variación o dispersión que a partir de lo señalado por **Levin & Rubin (2004)** estas medidas indican el nivel de separación de los datos en una distribución. Se da relevancia al rango, varianza y desviación estándar.

Triola (2009) señala que el rango de un conjunto de datos es la diferencia entre el valor máximo y el mínimo. También alude que la varianza es igual al cuadrado de la desviación estándar y esta última es la medida de variación más importante que indica el nivel de dispersión de los datos con respecto a la media. Las fórmulas de estas medidas se especifican a continuación.

Tabla 3: Medidas de variación

Medida	Fórmula	Significado
Rango	$\text{Rango} = V_{\max} - V_{\min} $	V_{\max} = Valor máximo de los datos. V_{\min} = Valor mínimo de los datos.
Varianza	$S^2 = \frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n}$	S^2 = Varianza X_i = Valor de cada dato \bar{x} = Media de los datos n = Número de datos
Desviación estándar	$\sigma = \sqrt{S^2}$	σ = Desviación estándar S^2 = Varianza

Fuentes: Martínez (2006) & Triola (2009)

Elaborado por: Steven Acaro

Medidas de asimetría y apuntamiento

Según **Martínez (2006)** la asimetría indica el alargamiento de la curva de distribución de los datos siendo negativa cuando se alarga hacia la izquierda y positiva cuando se alarga hacia la derecha. Mientras tanto el apuntamiento es representado por la curtosis que indica la agudez de la punta de la curva de distribución de los datos si la curva es plana se denomina platicúrtica, si es más aguda de lo normal es leptocúrtica y si la distribución es normal toma el nombre de mesocúrtica.

Tabla 4: Medidas de asimetría y apuntamiento

Coefficiente de asimetría de Fisher		
Fórmula	Significado	Criterio
$S = E \frac{(x-\mu)^3}{n\sigma^3}$	E = Sumatoria x = Valores observados μ = Media σ = Desviación estándar n = Número de datos S = Coeficiente de asimetría	$S = 0$ (simétrica)
		$S > 0$ (asimétrica positiva) $S < 0$ (asimétrica negativa)
Coefficiente de curtosis		
Fórmula	Significado	Criterio
$K = \frac{E(X - \mu)^4}{n\sigma^4}$	E = Sumatoria x = Valores observados μ = Media n = Número de datos σ = Desviación estándar K = Coeficiente de curtosis	$K = 3$ (Mesocúrtica)
		$K > 3$ (Leptocúrtica) $K < 3$ (Platicúrtica)

Fuentes: Martínez (2006) & Gujarati & Porter (2010)

Elaborado por: Steven Acaro

Estudio correlacional

El segundo objetivo consiste en definir un modelo econométrico que permita comprobar la teoría económica sobre la relación entre el precio del petróleo y el Producto Interno Bruto para lo cual se plantean dos tipos de modelos y de acuerdo al nivel de cumplimiento de los supuestos de cada modelo se selecciona el modelo óptimo para explicar la relación.

Inicialmente se plantea un modelo de mínimos cuadrados ordinarios (MCO) que partiendo de lo señalado por **Levin & Rubin (2004)** este método es una herramienta estadística que permite minimizar el error entre los valores estimados y los valores reales que se utilizaron para elaborar el modelo de regresión lineal. Este modelo según **Gujarati & Porter (2010)** debe satisfacer los diez supuestos de Gauss que buscan obtener un modelo de mejores estimadores lineales insesgados (MELI) condición que

se menciona en el teorema Gauss-Markov que indica que un parámetro es MELI cuando:

- Es lineal, es decir es una función lineal de una variable aleatoria.
- Es insesgado, esto quiere decir que el valor promedio estimado del parámetro es igual al verdadero.
- Tiene varianza mínima que permite reconocerlo como estimador eficiente.

Supuestos de Gauss

En la presente sección se detallan los diez supuestos que debe cumplir el MCO para obtener estimadores MELI indicados por **Gujarati & Porter (2010)**. Se menciona el contraste correspondiente para verificar el cumplimiento del supuesto, mismos que son ejecutados con el programa GRETL.

- 1) El modelo de regresión es lineal en los parámetros o también conocidos como betas y sus variables pueden ser o no lineales. Es decir, los coeficientes deben ser expresados en exponentes iguales a uno. Para comprobar esta condición se recurre al contraste de no linealidad cuadrática que a partir del valor p del estadístico Chi-cuadrado obtenido se acepta o se rechaza la hipótesis nula de no linealidad de los parámetros.
- 2) La variable independiente no tiene covarianza con el término de error y por lo tanto el modelo se encuentra correctamente especificado. Esto se prueba mediante el contraste Reset de Ramsey que implementa una regresión auxiliar donde introduce a la variable estimada como regresora con la finalidad de registrar si el coeficiente de correlación r cuadrado aumenta y en caso de que el p valor sea estadísticamente significativo en base a la prueba F de Fisher el modelo no está correctamente especificado.
- 3) El valor medio de la perturbación es igual a cero. Este supuesto señala que no se cometió un error de especificación de las variables ya sea por omitir alguna

variable relevante para el modelo o por incluir una irrelevante. Se utiliza el software señalado para obtener los estadísticos principales del término de error.

- 4) La varianza del término de error se mantiene constante independientemente de los valores que tome la variable explicativa es decir es homoscedástica. Se recurre al contraste de heteroscedasticidad de White que prueba de la hipótesis nula de no heteroscedasticidad a partir del valor p del estadístico Chi-cuadrado.
- 5) No existe autocorrelación entre los términos de error, es decir que dadas las observaciones de la variable explicativa en dos distintos momentos del tiempo la correlación entre estas perturbaciones es nula. Se recurre al contraste de Breusch-Godfrey para determinar la existencia o no de autocorrelación de primer orden.
- 6) El número de observaciones debe ser mayor al número de betas que se va a estimar. Como se mencionó anteriormente la investigación cuenta con 172 observaciones por lo tanto se verifica el cumplimiento de este supuesto sin la necesidad del programa informático.
- 7) No todos los valores de la variable explicativa deben ser iguales en una muestra determinada y además no deben existir valores atípicos, es decir valores muy altos o bajos que provoquen distorsiones en el modelo.
- 8) No debe existir colinealidad entre los valores de la variable explicativa esto implica que no debe existir una correlación perfecta (igual a uno) entre las variables que explican el modelo. Este supuesto se verifica mediante el coeficiente de correlación r cuadrado y también se puede establecer a través de la velocidad de incremento de la varianza y covarianza en el software implementando el factor inflacionario de la varianza (FIV) en el caso de no existir colinealidad este factor será igual a uno.

El software GRETL no muestra la opción para ejecutar el contraste de colinealidad lo que constituye un indicador de la no existencia de este problema dentro del modelo no obstante se procede como señala **Gujarati & Porter (2010)** un valor alto del coeficiente de determinación r cuadrado indica la presencia de colinealidad y además establece la fórmula del cálculo del Factor Inflacionario de la Varianza (FIV) que es el contraste que utiliza GRETL para detectar la presencia de este conflicto, cabe mencionar que un valor cercano a 10 producto del cálculo del indicador apunta la existencia de colinealidad.

Fórmula del FIV

$$FIV = \frac{1}{(1 - r^2)}$$

Fuente : Gujarati & Porter (2010)

- 9) El modelo es correctamente especificado, esto quiere decir que cumple con los supuestos anteriores y por lo tanto no se ha cometido errores que pueden producir sesgos de especificación.

- 10) Los términos de error se encuentran normalmente distribuidos, es decir su media equivale a cero y su varianza es constante. Mediante el programa se observa gráficamente si los residuos mantienen una distribución normal y además con el contraste de normalidad de Jarque-Bera partiendo de su p valor para evaluar la hipótesis nula de normalidad de los residuos. Adicionalmente se comprueba este supuesto con un método gráfico mencionado por **Gujarati & Porter (2010)** que indica que el histograma de residuos es un dispositivo gráfico que traza en el eje horizontal los valores de la variable expresados en intervalos y sobre cada uno de esos se eleva una barra cuya altura dependerá del número de frecuencia con que se observa ese intervalo de valores. La distribución de estas barras deberá seguir una forma de campana para detectar la presencia o no del supuesto de normalidad.

Tomando en cuenta lo anterior se establece el modelo de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) para establecer la relación entre el Producto Interno Bruto y los

precios West Texas Intermediate del petróleo partiendo de la ecuación indicada por **Gujarati & Porter (2010)**:

$$Y_i = \beta_1 + \beta_2 X_i + \mu$$

Donde:

Y_i = Variable dependiente del modelo

β_1 = Intercepto

β_2 = Pendiente

X_i = Variable independiente del modelo

μ = Término de error

Una vez establecida la especificación del modelo se procede a correr el modelo de mínimos cuadrados en el software econométrico señalado en la sección anterior y se realizan los contrastes respectivos con la finalidad de probar la significancia de los parámetros tanto a nivel individual como en conjunto y así también se ejecutan los contrastes que según el caso sean necesarios para verificar el cumplimiento de los supuestos planteados por Gauss y determinar si este tipo de modelo es estadísticamente útil para el cumplimiento del segundo objetivo de la investigación. Cabe mencionar que las hipótesis de los contrastes tanto de significancia de los parámetros individuales, en conjunto y para los supuestos mencionados se recurre a la interpretación del p valor que **Gujarati & Porter (2010)** señala que el p valor es el nivel de significancia más bajo al que puede rechazarse la hipótesis nula. Para el presente estudio se establece un nivel de confianza del 95%.

Con la finalidad de establecer la forma funcional óptima del modelo de regresión de MCO y cumplir con el primer supuesto de Gauss de linealidad de los parámetros se plantean tres variantes indicadas por **Gujarati & Porter (2010)** siendo estas las siguientes:

Tabla 5: Formas funcionales de los modelos MCO

Modelo	Especificación	Interpretación
Modelo log-lineal	$\ln Y_i = \beta_1 + \beta_2 X_i + \mu$	La pendiente expresa la tasa de crecimiento de la variable dependiente producto de un cambio absoluto en la variable independiente
Modelo lin-log	$Y_i = \beta_1 + \beta_2 \ln X_i + \mu$	La pendiente indica el cambio absoluto en la variable dependiente producto del cambio relativo en la independiente
Modelo log-log	$\ln Y_i = \beta_1 + \beta_2 \ln X_i + \mu$	La pendiente mide el cambio porcentual en la variable dependiente producto de un cambio porcentual en la independiente

Fuente: Gujarati & Porter (2010)

Elaborado por: Steven Acaro

Estas variantes del modelo MCO incluyen el logaritmo natural en su variable dependiente, independiente o en ambas con la finalidad de obtener parámetros lineales. Dicho esto, la selección del mejor modelo incluyendo los modelos logarítmicos se considera la significancia individual de los parámetros, la significancia de los estimadores en conjunto, los criterios de información, estadístico de Durbin-Watson, su coeficiente de determinación y el cumplimiento de los supuestos planteados por Gauss. Cabe señalar que **Gujarati & Porter (2010)** menciona que en econometría los criterios de información son comúnmente utilizados para elegir entre modelos rivales además establece que cuanto más bajo sea el valor del criterio mejor será el modelo. El programa GRETL permite obtener el valor de los criterios de Akaike, Schwarz y Hannan Quinn y se establecerá el modelo que registre el valor más bajo en al menos dos criterios. Por otro lado, el autor también indica que el estadístico d de Durbin Watson disponible en el software es una prueba de autocorrelación de primer orden de las variables que se considera como un valor óptimo cuando el

estadístico equivale a dos. Finalmente, el coeficiente de determinación r cuadrado indica la bondad del ajuste de los datos estimados a la recta de regresión observada, es decir, permite conocer la cercanía del valor de la variable dependiente estimada con su equivalente observada, mientras más cerca de uno se encuentre el valor mejor ajuste presentará. El modelo que cumpla con todos los supuestos Gaussianos y con las condiciones mencionadas en este párrafo será elegido como el mejor modelo MCO para explicar la relación entre el PIB y el precio del petróleo en Ecuador.

Modelo de Vectores Autorregresivos (VAR)

Posteriormente se recurre a las herramientas utilizadas en investigaciones similares como la realizada por **Jiménez & Sánchez (2004)**, por **Marte & Villanueva (2007)**, **Ito (2010)**, **Du, He & Wei (2010)**, **González & Hernández (2016)**, **Gadea, Gómez & Montañés (2016)** y **Alonso & Martínez (2017)** y entre otros. Estos autores plantean la aplicación de un modelo econométrico de vectores autorregresivos para establecer la relación entre el Producto Interno Bruto y el precio del petróleo en casos de países importadores y exportadores de crudo, siendo esta metodología ampliamente utilizada en este tipo de estudios.

Considerando lo anterior se establece un modelo econométrico de vectores autorregresivos que en palabras de **Gujarati & Porter (2010)** aseveran que en este tipo de modelo el valor de una variable se expresa como una función lineal de los valores pasados de dicha variable y de los de las demás variables que se incluyan en el modelo.

Estacionariedad de los datos

Gujarati & Porter (2010) plantea que un modelo de vectores autorregresivos requiere determinar la estacionariedad de los datos, entendiéndose que una serie de tiempo es estacionaria cuando su media y su varianza permanecen constantes en el tiempo. Con la finalidad de determinar esta condición se utiliza el contraste de raíz unitaria Dickey Fuller Aumentado el cual establece que en el caso de existir raíz unitaria significa que los datos son no estacionarios caso contrario serán estacionarios. Es necesario señalar que si los datos presentan raíz unitaria el autor menciona que este problema se

soluciona extrayendo la primera diferencia del conjunto de datos. Conjuntamente se presenta el gráfico de series temporales de ambas variables tanto en precios corrientes como en el caso de ser necesario en primeras diferencias para observar la presencia o ausencia de tendencias.

Orden del modelo

El orden del modelo VAR se refiere al número óptimo de rezagos con que se planteará el modelo para lo cual se recurre a la herramienta denominada selección del orden del VAR y tomando en cuenta los criterios de información de Akaike, Schwarz y Hannan Quinn se toma el número de retardos que se indique en al menos dos de los criterios. Cabe señalar que **Gujarati & Porter (2010)** menciona que un rezago corresponde al valor pasado de una determinada variable y es comúnmente utilizado para explicar el comportamiento de la variable dependiente.

Especificación del modelo VAR

Una vez establecido lo anterior se procede a plantear el modelo de vectores autorregresivos partiendo de las siguientes ecuaciones:

$$Y_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^n \alpha_{1i} Y_{t-i} + \sum_{i=1}^n \alpha_{2i} X_{t-i} + \varepsilon_t$$

$$X_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^n \alpha_{1i} Y_{t-i} + \sum_{i=1}^n \alpha_{2i} X_{t-i} + \varepsilon_t$$

Dónde:

Y_t = Variable endógena 1 del modelo

X_t = Variable endógena 2 del modelo

α_i = Coeficiente o Parámetro

Y_{t-i} = Rezago de la variable endógena 1 del modelo

X_{t-i} = Rezago de la variable endógena 2 del modelo

ε_t = Término de error

Una vez establecido los resultados de la ejecución del modelo en GRETL se procede a interpretar el nivel de significancia que posee los rezagos de las variables, el coeficiente de determinación y los criterios de información del modelo. Se excluye la interpretación de los parámetros estimados del modelo puesto que **Gujarati & Porter (2010)** asevera que la interpretación de dichos coeficientes resulta difícil y confusa por lo que los practicantes del modelo VAR acuden a otras herramientas para explicar la relación entre las variables que de igual manera se presentarán esas herramientas más adelante.

Contrastes del modelo VAR

Contraste de autocorrelación

Con este contraste se busca probar la hipótesis nula de la no existencia de autocorrelación en el modelo, es decir, que dado dos valores cualquiera de la variable endógena la correlación entre dichos valores sea nula. Dicho contraste GRETL lo realiza de acuerdo al número de retardos determinado en el orden del VAR mediante el estadístico de Rao F que busca determinar la correlación entre dos grupos de datos y se interpreta su significancia con la ayuda del p valor.

Contraste de Heteroscedasticidad Condicional Autorregresiva (ARCH)

Este contraste busca determinar si la varianza de la perturbación se encuentra relacionada con el término de error expresado al cuadrado en su rezago. Por lo tanto, prueba la hipótesis nula de no heteroscedasticidad en el modelo para lo cual se interpreta el p valor del estadístico LM que emite el software econométrico.

Contraste de normalidad de los residuos

El contraste de normalidad de los residuos busca probar la hipótesis nula que señala que los residuos se distribuyen normalmente es decir que se concentran en torno a una media cero y mantienen una varianza constante para dicho propósito GRETl hace uso del estadístico Doornik-Hansen que determina la asimetría y la curtosis de los datos para establecer la existencia del supuesto de normalidad que de igual manera se interpreta a través de su p valor.

Test de Causalidad

La causalidad hace referencia según **Gujarati & Porter (2010)** a que los eventos pasados pueden propiciar los sucesos que ocurren en la actualidad pero no en los eventos futuros. Para comprobar la causalidad entre las variables del estudio se recurre a la prueba de Granger que busca determinar si el PIB actual tiene una relación con sus valores pasados y con los rezagos del precio del petróleo. A continuación, se señalan las posibles relaciones de causalidad que pueden surgir considerando lo indicado por el autor.

Posibles relaciones de causalidad

- Se establece la causalidad unidireccional del precio del petróleo hacia el PIB si los parámetros estimados sobre el precio del petróleo rezagado son estadísticamente diferentes de cero y los coeficientes del PIB rezagado no son estadísticamente diferentes de cero.
- Existe causalidad unidireccional del PIB hacia el precio del petróleo cuando los coeficientes rezagados del precio del petróleo no son estadísticamente diferentes de cero y los parámetros del PIB rezagado son estadísticamente diferentes de cero.
- Se determina una causalidad bilateral cuando los coeficientes del PIB y el precio del petróleo son estadísticamente significativos.

Finalmente, la existencia de independencia ocurre cuando los coeficientes del PIB y del precio del petróleo no son estadísticamente significativos.

Cabe señalar que GRETL no permite calcular el test de causalidad de Granger; no obstante, existe una manera indirecta de obtener los resultados de este contraste mediante la interpretación de los resultados del contraste F de restricciones cero en el cual se interpreta el p valor de cada retardo de ambas ecuaciones tomando en cuenta los criterios señalados anteriormente para establecer la posible relación de causalidad del modelo planteado.

Prueba de Cointegración

Posteriormente se realiza el test de cointegración de las variables, como señala **Gujarati & Porter (2010)** dos variables son cointegradas si existe una relación de largo plazo o de equilibrio entre ellas; además la cointegración busca evitar la realización de una regresión espuria. Se implementa el test de cointegración de Engle-Granger que busca establecer la existencia de raíz unitaria en las ecuaciones establecidas en el modelo VAR que en el caso del estudio serán dos y además se incluye la búsqueda de raíz unitaria en los errores del modelo. Se considera que las variables se encuentran cointegradas si se rechaza la hipótesis nula en las dos ecuaciones y en las perturbaciones. Se considera el nivel de significancia del p valor para establecer el resultado que muestra la prueba de Dickey-Fuller Aumentada de raíz unitaria. Además, se aplica una prueba alternativa denominada test de cointegración de Johansen el cuál emite estimadores de Máxima Verosimilitud para determinar la no existencia de vectores de cointegración o la existencia de al menos uno para lo cual se interpreta los resultados de la prueba de la traza y el máximo valor propio para determinar si se rechaza la hipótesis nula de no cointegración (**Quinde, Silvera & Vaca,2019**).

Elección del mejor modelo

Una vez realizado el MCO con todas sus variantes y el VAR se procede a escoger el modelo óptimo que explica la relación entre el PIB y el precio internacional del petróleo para lo cual se realiza una comparación entre todos los modelos

implementados considerando la significancia de sus estimadores, los criterios de información, su coeficiente de determinación y el cumplimiento de los supuestos señalados en los contrastes respectivos de cada modelo. El modelo que satisfaga todos los supuestos, presente coeficientes estadísticamente significativos y registre menores valores de criterios de información será definido como el modelo óptimo que explica la relación entre las variables señaladas.

Incidencia de los shocks de los precios del petróleo en los cambios del PIB

El estudio concluye con el cumplimiento del tercer objetivo que consiste en medir la incidencia los shocks del precio del petróleo en los cambios del Producto Interno Bruto para evidenciar la dependencia petrolera del país en el período estudiado. Para aquello primero se debe determinar que el modelo presente series de tiempo estacionarias y que sea estable el modelo VAR.

Estabilidad del modelo

Se genera el gráfico de raíces inversas de vectores autorregresivos que como señala **Flores (2007)** en el caso de que todos los valores se encuentren dentro del círculo unitario se considera que el modelo cumple la condición de estabilidad y estacionariedad. Debe entenderse como indica **Gujarati & Porter (2010)** a la estacionariedad como aquella serie temporal que mantiene una media y varianza constante mientras que la estabilidad hace referencia a la presencia de un equilibrio en los parámetros en el largo plazo de la relación entre las variables de un modelo.

Posteriormente para señalar el valor que busca el tercer objetivo se recurre a la herramienta que menciona **Gujarati & Porter (2010)** que ante la dificultad de interpretar los parámetros del modelo VAR los practicantes de este modelo recurren a la Función de Impulso-Respuesta (FIR). Esta herramienta estudia los efectos de los choques en los términos de error en las ecuaciones estimadas en el modelo de vectores autorregresivos. Se determinan los efectos de un shock en los precios del petróleo en el PIB con un horizonte temporal de veinte periodos y se incluye el intervalo de confianza bootstrap que indica el intervalo de confianza de la predicción de la FIV. Finalmente se realiza el análisis de la descomposición de la varianza que como señala

Trujillo (2010) esta herramienta permite determinar la potencia de los shocks sobre la variable explicativa en el cambio en la variable dependiente. Considerando esto se utiliza la descomposición de la varianza para medir el nivel que mantiene los valores rezagados del petróleo para explicar los cambios en el PIB.

Verificación de hipótesis de investigación

La verificación de las hipótesis planteadas en la investigación se dirige a determinar la existencia de la relación entre el precio West Texas Intermediate del petróleo y el Producto Interno Bruto de Ecuador durante el período 1976-2018. En el siguiente cuadro se detallan las hipótesis y sus respectivos contrastes.

Tabla 6: Contrastes para verificación de hipótesis de investigación

Pregunta	Hipótesis	Contraste
¿Existe relación entre las variables?	Ho: No existe relación entre el Producto Interno Bruto y los precios internacionales del petróleo.	-Significancia de los parámetros del mejor modelo MCO -Signos de los coeficientes del mejor modelo
	H1: Existe relación entre el Producto Interno Bruto y los precios internacionales del petróleo.	
¿Los precios del petróleo causan al PIB?	Ho: Los precios del petróleo no causan al Producto Interno Bruto.	Prueba de causalidad de Granger del modelo VAR
	H1: Los precios del petróleo causan al Producto Interno Bruto.	
¿Existe relación a largo plazo entre las variables?	Ho: No existe relación a largo plazo entre el Producto Interno Bruto y los precios del petróleo.	Prueba de cointegración de Engle-Granger del modelo VAR
	H1: Existe relación a largo plazo entre el Producto Interno Bruto y los precios del petróleo.	

Elaborado por: Steven Acaro

La significancia de los estimadores del mejor modelo MCO permitirá establecer si existe o no una relación entre las variables. Cabe mencionar que se considera la prueba

de significancia conjunta de los betas del modelo de la cual se interpretará su valor p al 95% de nivel de confianza. La aceptación o rechazo de las hipótesis dependerá de la región dentro de la curva de distribución de Fisher (F) en la que se ubique el valor p siendo que si se registra un valor menor a 0.05 se rechaza la hipótesis nula y de ser mayor se la acepta. Por otra parte, los signos de los estimadores permitirán conocer si la relación es directa o inversa. Es decir, de presentarse un signo negativo se considera inversa y al ser positivo es directa.

La relación de causalidad entre las variables se contrasta mediante el test de causalidad de Granger en el cuál se determina si existe una relación unidireccional entre el precio del petróleo y el Producto Interno Bruto de Ecuador. De igual manera se interpreta el p valor al 95% de nivel de confianza en la distribución F. En el caso de rechazarse la hipótesis nula del contraste se determina que existe causalidad.

Finalmente, para conocer la existencia de una relación a largo plazo entre las variables se recurre al contraste de cointegración de Engle-Granger que mediante su p valor en la distribución F. En el caso de que se rechace la hipótesis nula de la prueba se determina que existe una relación a largo plazo.

3.3 Operacionalización de las variables

Tabla 7: Operacionalización de las variables

Variables	Concepto	Dimensión o categoría	Indicadores	Ítems	Instrumentos
Producto Interno Bruto	Expresión monetaria de los bienes y servicios finales producidos en una economía durante un año	Producto Interno Bruto nominal	Tasa de variación $\Delta PIB = \frac{(PIB_1 - PIB_0)}{PIB_0}$	> 0 Crece = 0 Se mantiene < 0 Decrece	Ficha de observación
Precio del petróleo	Valor monetario por el cual se realizan operaciones de compra-venta del petróleo en el mercado de recursos naturales	Precio West Texas Intermediate del petróleo	Tasa de variación $\Delta Ppwti = \frac{(Ppwti_1 - Ppwti_0)}{Ppwti_0}$	$\Delta Ppwti \geq 0.14$ Shock alcista $0 > \Delta Ppwti \leq 0.13$ Fluctuación creciente $\Delta Ppwti \leq -0.13$ Shock bajista $-0.14 \leq \Delta Ppwti < 0$ Fluctuación decreciente	Ficha de observación

Elaborado por: Steven Acaro

CAPÍTULO IV

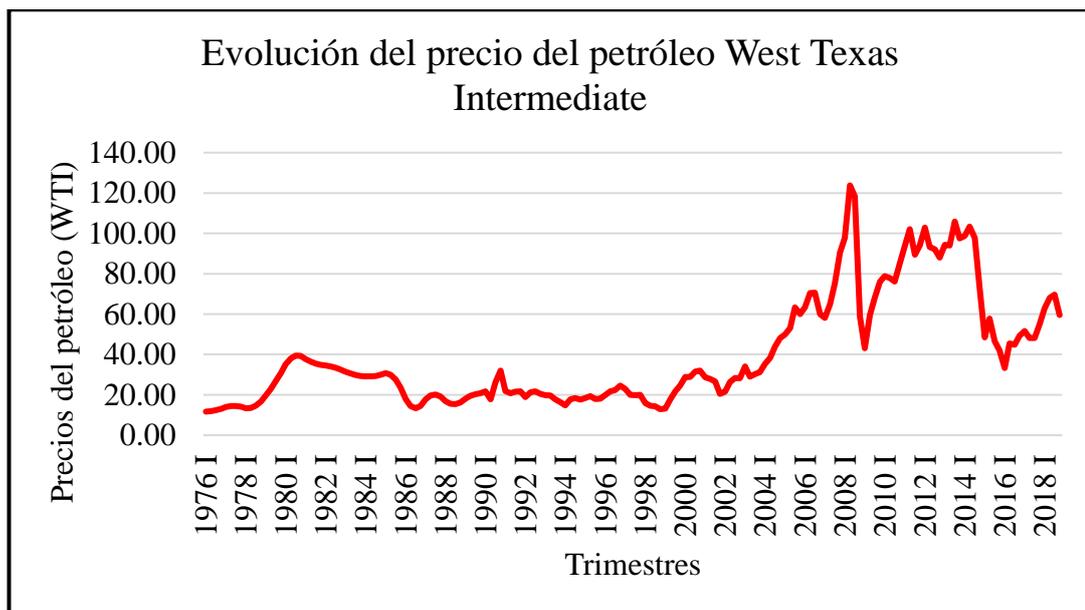
RESULTADOS

4.1 Resultados y Discusión

Análisis de los precios internacionales del petróleo

Con el propósito de cumplir el primer objetivo de la investigación se implementa un estudio descriptivo para analizar el comportamiento de los precios internacionales del petróleo durante el período 1976-2018. Inicialmente se recurre a la generación de un gráfico de serie temporal de los datos petroleros para tener un panorama general de su evolución en el tiempo.

Gráfico 1: Serie temporal del precio WTI del petróleo



Fuente: BP Group & Agencia Internacional de Energía

Elaborado por: Steven Acaro

El gráfico muestra la evolución del precio WTI del petróleo en el período 1976-2018. En el inicio de la serie que implica el año 1976 se observa un comportamiento estable de los precios del crudo en torno a los 14 dólares por barril hasta antes del año 1978 en el cuál se observa una tendencia creciente de los precios cercana a los \$40 por barril

que se explica en lo citado por **Acosta (2006)** que señala que en esta época hasta el año 1982 tuvo lugar un conflicto bélicos entre árabes e israelíes siendo estos países productores de petróleo y a causa del conflicto su infraestructura petrolera se vio afectada disminuyendo la oferta petrolera. Posterior al año mencionado mantienen una tendencia decreciente hasta el año 1987. Dentro de este período el valor más bajo del crudo se registró en el año 1986 al acercarse a los 13 dólares debido a que como señala **Coleman (2012)** Arabia Saudita deja de ser un productor autónomo del recurso y se une a la OPEP para dar inicio a una guerra de precios en el mercado internacional. A partir del año 88 hasta el año 96 se observa una tendencia constante de los precios alrededor de los 20 dólares por barril. No es hasta fines de la década de los noventa que ocurre un nuevo movimiento importante del precio en el cuál los precios decayeron hasta los 13 dólares debido a dos factores que menciona **Coleman (2012)** la crisis financiera en la región de Asia y el ataque terrorista a Estados Unidos en 2001.

Posterior al año 2002 hasta el año 2006 el comportamiento de la serie de tiempo registra una tendencia alcista durante todo el período con precios que sobrepasan los 40 dólares debido a como explican **Fan, Liang & Wei (2008)** el crecimiento económico mundial alcanzó el 3% provocando que los países demandaran más petróleo en especial China que registraba un crecimiento sostenido en los últimos años. Cabe destacar que el shock del precio del petróleo más importante de todo el período estudiado tuvo lugar durante inicios del año 2007 y mediados de 2008 en el cuál el precio alcanzó cifras récords que sobrepasaban los 100 dólares. El **Banco Central del Ecuador (2008)** indica que en este año China registró su mayor tasa de crecimiento y se convertía en uno de los principales países importadores de crudo por lo que el nivel de demanda mundial superaba la capacidad productiva de los países exportadores ocasionando que la escasez del producto diera inicio a una masiva especulación de su valor de comercialización. No obstante, este boom en el precio fue momentáneo hasta fines de 2008 y 2009 tras la crisis hipotecaria en Estados Unidos ocasionó un efecto dominó en todo el mundo los precios descendieron hasta una cifra cercana a 40 dólares. A partir del 2010 hasta 2013 los precios se recuperaron y volvió la tendencia creciente debido a la recuperación de la crisis financiera de Estados Unidos registrando un precio en torno a los 100 dólares que se explica además por en inicio de los conflictos políticos y militares en Medio Oriente que disminuían la capacidad de producción y

comercialización de esta materia prima a los países involucrados. El movimiento negativo más importante de la serie de tiempo se registró en 2014, año en el cuál los precios descendieron más del 50% de la época anterior llegando a mínimos alrededor de los 30 dólares por barril. **La Comisión Económica para América Latina y el Caribe (2015)** establece que tal panorama surgió de la recesión económica que reportó la zona europea y además el gigante asiático, China sufrió una masiva desaceleración económica lo que disminuyó la demanda petrolera. Adicionalmente el fin del conflicto político en Medio Oriente conocido como la Primavera Árabe permitió a estos países reincorporarse al mercado petrolero y de igual manera Rusia, Estados Unidos y Arabia Saudita competían ferozmente por una mayor cuota de mercado ocasionando un exceso de oferta que se vio reflejada en la baja cotización de los precios hasta fines del año 2017.

Continuando con el estudio descriptivo se realiza un análisis de los datos del precio internacional del petróleo mediante la utilización de las medidas de tendencia central que proporcionan los valores más representativos de la serie de tiempo petrolera. Estas medidas se calculan con la utilización del programa Excel y corresponden a la media, mediana y la moda.

Tabla 8: Cálculo de medidas de tendencia central

Medidas de tendencia central	
Medida	Valor
Media	39.70
Mediana	29.39
Moda	No existe

Fuente : Excel

Elaborado por : Steven Acaro

La tabla indica las medidas de tendencia central del precio internacional del petróleo en la cuál se observa que el precio promedio por barril de petróleo en el período estudiado asciende a \$39.70 dólares estadounidenses medido a través de la media

aritmética del conjunto de datos. La mediana que como señalan **Levin & Rubin (2004)** es el mejor indicador del valor medio de una distribución de datos puesto que no considera los valores que atípicos que pueden producir un sesgo como en la media aritmética. En este caso se obtuvo un valor medio de \$29.39 indicando que un 50% de los datos registran precios menores a ese valor y otro 50% muestran valores superiores al valor medio. Finalmente se determina que no existe ningún valor modal puesto que no se ha repetido ningún precio en la serie temporal estudiada.

Posteriormente se obtuvo las medidas de variación con la finalidad de conocer el grado de dispersión de los datos con respecto a su media.

Tabla 9: Cálculo de medidas de variación

Medidas de variación	
Medida	Valor
Rango	112.10
Varianza	733.02
Desviación estándar	27.07

Fuente : Excel

Elaborado por : Steven Acaro

En la tabla se observa las medidas de dispersión o variación del precio del petróleo. El rango registrado de \$112.10 indica el recorrido de los precios desde su valor mínimo que es de \$11.67 hasta su valor máximo de \$123.77. El cálculo de la varianza de los precios del petróleo indica que el promedio de las desviaciones cuadráticas de las observaciones con respecto a la media es de 733.02. Finalmente la desviación estándar indica que la dispersión de los precios del petróleo con respecto a su valor promedio ronda los 27.07 dólares estadounidenses, valor que no constituye una dispersión alta puesto que el valor medio es superior al grado de dispersión oscilando entre los 39 y 40 dólares esto se puede explicar por la presencia mínima de valores atípicos en la serie de tiempo.

El estudio descriptivo concluye con el cálculo de las medidas de asimetría y apuntamiento que buscan analizar el comportamiento de la curva de distribución de los datos del precio del petróleo.

Tabla 10: Cálculo de medidas de asimetría y curtosis

Medidas de asimetría y curtosis	
Medida	Valor
Asimetría	1.19
Curtosis	3.35

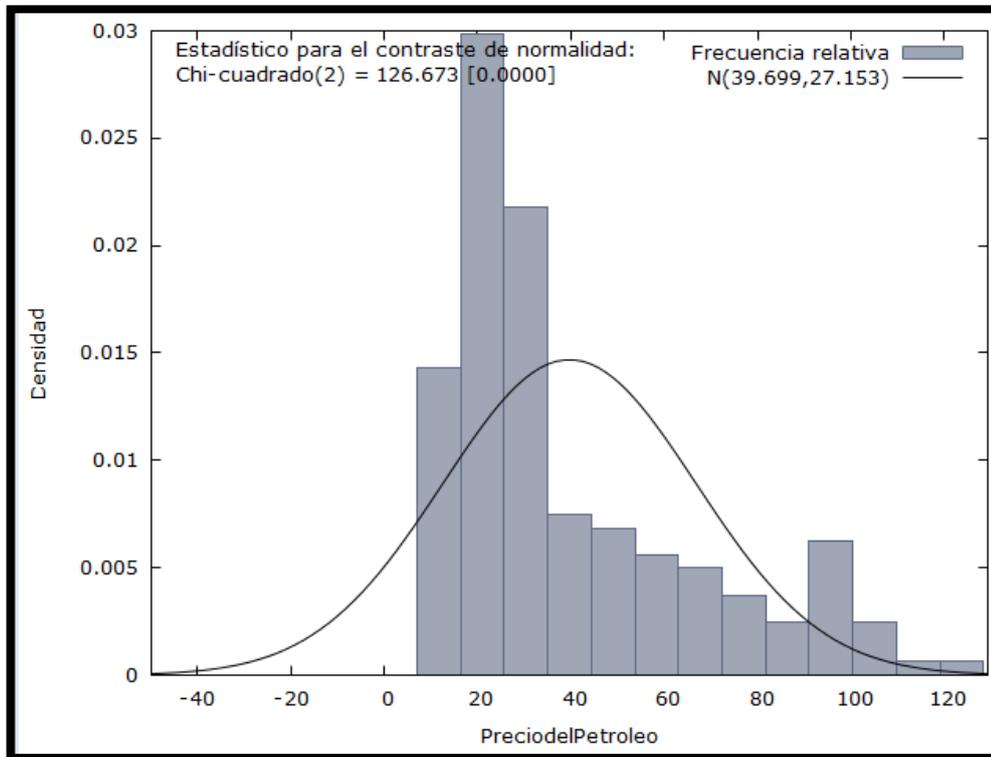
Fuente : Excel

Elaborado por : Steven Acaro

La tabla presenta un coeficiente de asimetría de 1.19 que resulta mayor a cero e indica la presencia de asimetría positiva, es decir la mayor cantidad de datos de la distribución son mayores al valor medio y por lo tanto se establece que no es una distribución uniforme. Por otro lado, el coeficiente de curtosis que señala el grado de apuntamiento de la curva de distribución toma un valor de 3.35 siendo mayor que tres y por tanto se considera como una distribución de tipo leptocúrtica que se traduce en una alta concentración de las observaciones de la distribución hacia el valor medio.

Adicionalmente se genera la gráfica de distribución de las observaciones para comprobar las condiciones de la distribución que los coeficientes de asimetría y curtosis han establecido.

Gráfico 2: Representación de la asimetría y curtosis de la serie del precio del petróleo



Fuente : GRETL

Elaborado por : Steven Acaro

Como se observa en el gráfico la distribución de frecuencias muestra que los valores de las observaciones del precio internacional del petróleo se concentran hacia la derecha del valor medio y por lo tanto se corrobora la presencia de asimetría positiva que advierte la presencia de valores atípicos mayores a la media. Además se observa que la mayor parte de las barras de distribución se concentran en torno a la media y que la forma del gráfico corresponde al tipo leptocúrtica comprobando lo señalado a partir de la interpretación del coeficiente de curtosis anteriormente señalado.

Comprobación de la teoría económica

Con la finalidad de cumplir el segundo objetivo de la investigación se recurrió al estudio correlacional señalado en la metodología para definir el modelo econométrico

óptimo que explique la relación entre el Producto Interno Bruto y los precios internacionales del petróleo.

Modelo de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO)

Como se mencionó en el capítulo anterior en primer lugar se plantea un modelo MCO para determinar si este modelo satisface los supuestos Gaussianos y muestra parámetros estadísticamente significativos. Cabe señalar que este modelo se realiza con los precios corrientes del PIB y los precios internacionales del petróleo.

Especificación del modelo

Considerando la ecuación señalada en el capítulo tres para MCO se define como variable dependiente al Producto Interno Bruto y como variable independiente al precio WTI del petróleo. La ecuación del modelo se conforma de la siguiente manera:

$$PIB_i = \beta_1 + \beta_2 Ppwti_i + \mu$$

Donde:

PIB_i = Producto Interno Bruto de Ecuador (Variable dependiente)

β_1 = Intercepto

β_2 = Pendiente

$Ppwti_i$ = Precio West Texas Intermediate del petróleo (Variable independiente)

μ = Término de error

Una vez establecida la especificación del modelo se procede a correr el modelo mediante la utilización del software GRETl a partir de los datos recolectados en la ficha de observación disponible en los anexos N°2 y N°3.

Tabla 11: Modelo de Mínimos Cuadrados Ordinarios

Modelo de Mínimos Cuadrados Ordinarios					
	Coefficiente	Desv. Típica	Estadístico t	valor p	
Const	105.567	668.337	0.158	0.8747	
Ppwti	234.174	13.9084	16.84	4.65e-38	***
Media de la vble. Dep.		9402.096	D.T. de la vble.dep.		8042.322
Suma de cuad. Residuos		4.15e+09	D.T. de la regresión		4938.569
R-cuadrado		0.62512	R-cuadrado corregido		0.622915
F (1,114)		283.4786	Valor p (de F)		4.65e-38
Log-verosimilitud		-1705.882	Criterio de Akaike		3415.765
Criterio de Schwarz		3422.06	Crit. De Hannan-Quinn		3418.319
rho		0.967512	Durbin Watson		0.105416

Fuente : GRETL

Elaborado por : Steven Acaro

Ecuación estimada del modelo MCO

$$PIB_i = 105.57 + 234.17 Ppwti_i + \mu$$

La tabla muestra los resultados del modelo de mínimos cuadrados ordinarios planteado anteriormente. Se observa que a nivel individual la constante no es estadísticamente significativa y la variable independiente es estadísticamente significativa. Partiendo de este enunciado en el modelo en el intercepto muestra un p valor de 0.8747 que resulta mayor al nivel de confianza de 0.05 y por lo tanto se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa que establece que el parámetro estimado es estadísticamente significativo. Mientras el parámetro estimado del precio del petróleo registra un p valor de 4.65e-38 siendo menor a 0.05 por lo cuál se establece que es significativo. Se debe señalar que la presencia de tres asteriscos junto al valor p indica que el parámetro de la variable explicativa es significativo al 1%, 5% y 10% de nivel de confianza.

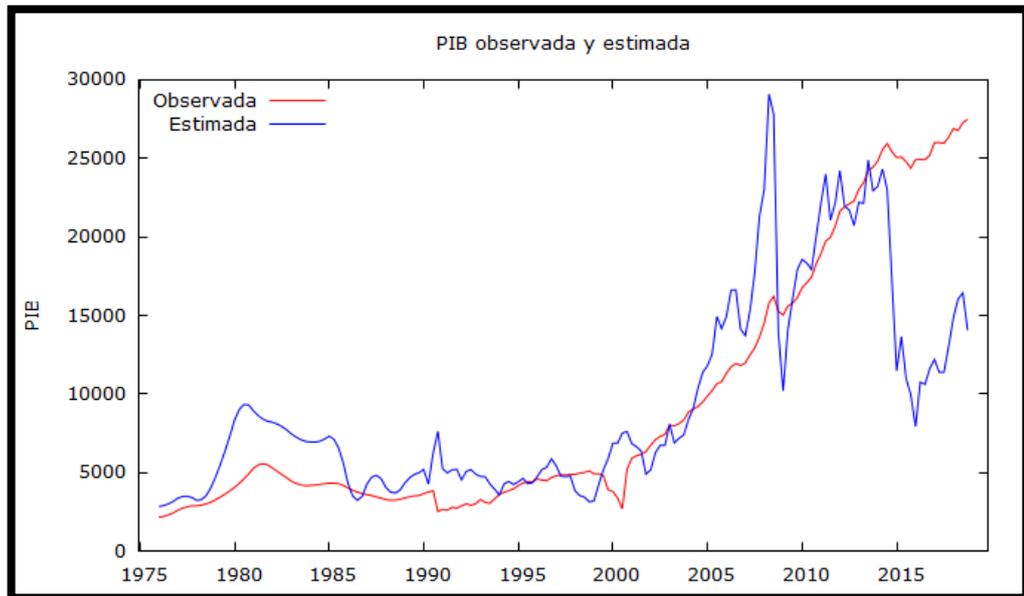
Posteriormente se analiza el test estadístico de F mediante el valor p que indica la significancia de los coeficientes estimados en conjunto para el modelo. Dicho valor

asciende a $4.65e-38$ que cumple con la condición anteriormente mencionada para rechazar la hipótesis nula que establece que los coeficientes no son significativos y por lo tanto se establece que los estimadores en conjunto son estadísticamente significativos. Como se observa en la tabla anterior el valor de r cuadrado es de 0.6251 lo que indica que el modelo planteado explica los cambios en el PIB un 62.51% de las veces. De igual forma se tiene el valor del r cuadrado corregido que Gujarati (2010) menciona que es una medida similar al r cuadrado pero que difiere con la primera debido a que realiza un ajuste sobre la influencia de nuevas variables explicativas sobre el modelo que tienen a inflar el r cuadrado. Dentro del modelo el r cuadrado corregido toma un valor de 0.6229 que indica que los cambios en el PIB explicados por el modelo ocurren un 62.29% de las veces. Es importante señalar que los valores de ambos r cuadrados se consideran medianamente altos e indican que la recta de regresión estimada se ajusta en considerable medida a la observada. Finalmente los valores de los coeficientes que en el caso de la constante toma el valor de 105.57 que indica que cuando los precios del petróleo son cero el PIB registra un valor de 105.57 millones de dólares.

Existe una relación positiva entre las variables debido a que los signos de los coeficientes no son negativos. Debe entenderse por relación positiva o directa cuando un incremento de la variable explicativa ocasiona un incremento en la variable dependiente. Por otro lado el coeficiente del precio del petróleo arroja un valor de 234.17 lo que se interpreta como ante un incremento de un dólar del precio internacional del petróleo el PIB aumentará en 234.17 millones de dólares por trimestre.

Partiendo del resultado obtenido del coeficiente de determinación que se estableció como un valor considerablemente alto y siendo un indicador de que la recta de regresión se ajusta a los valores reales se procede a generar con GRETL un gráfico que permita observar la recta observada y estimada.

Gráfico 3: Recta de regresión observada vs recta de regresión estimada del modelo MCO



Fuente : GRETL

Elaborado por : Steven Acaro

Se aprecia que la recta de regresión de color azul (estimada) y la recta de color rojo (real) no se comportan de la misma manera especialmente se observa que la recta estimada no se ajusta en el período 1975-1995. Mientras que el mejor ajuste de la estimación se aprecia en los años 1996-2005. No obstante el nivel de desajuste de la recta de regresión estimada en comparación con la observada es más evidente desde el período 2006-2018. Esto quiere decir que a pesar de que el coeficiente de determinación es un valor considerablemente alto no es suficiente para aseverar que la recta estimada se ajusta correctamente a la recta observada.

Contrastes del modelo MCO

Posteriormente se recurre a los contrastes señalados en los aspectos metodológicos para determinar si el modelo planteado satisface los supuestos de Gauss-Markov.

Contraste de linealidad

El primer supuesto de Gauss indica que los parámetros estimados deben ser lineales sin importar si las variables explicativas son o no lineales por lo cual se recurre al contraste de no linealidad (cuadrados) del GRETL para determinar el cumplimiento o no de este supuesto.

Tabla 12: Contraste de no linealidad del modelo MCO

Contraste de no linealidad		
Hipótesis del contraste		
Ho : Los parámetros son lineales		
H1 : Los parámetros no son lineales		
Estadístico de contraste		TR ² = 24.5304
Con valor p	P (Chi-cuadrado (1) > 24.5304)	7.31e-07

Fuente : GRETL

Elaborado por : Steven Acaro

El contraste de no linealidad indica que los coeficientes de los betas se encuentran expresados en en potencia equivalente a uno. Teniendo en cuenta el valor p del estadístico que corresponde a 7.31e-07 valor que resulta menor al nivel de significancia del 5% y por lo tanto se puede rechazar la hipótesis nula y se establece que los parámetros no son lineales lo que incumple el primer supuesto de Gauss.

Contraste RESET de Ramsey

El segundo supuesto Gaussiano establece que el modelo debe estar correctamente especificado por lo tanto la variable independiente no debe tener covarianza con el término de error para demostrar esta condición se utiliza el presente test.

Tabla 13: Contraste RESET de Ramsey del modelo MCO

Contraste RESET de Ramsey		
Hipótesis del contraste		
Ho : El modelo está correctamente especificado		
H1 : El modelo no está correctamente especificado		
Estadístico de contraste		F = 16.707965
Con valor p	P (F (2.168) > 16.708)	2.41e-07

Fuente : GRETL

Elaborado por : Steven Acaro

El estadístico F del contraste Reset de Ramsey arroja un p valor de 2.41e-07 que es un valor menor al nivel de confianza de 0.05 por lo tanto se puede rechazar la hipótesis nula y se establece que el modelo no está correctamente especificado puesto que no cumple el segundo supuesto de Gauss que señala que no existe covarianza entre el la variable independiente del modelo y las perturbaciones.

Estadísticos principales de los términos de error

El tercer supuesto señala que el valor medio de la perturbación es cero por lo que se generan los estadísticos principales de los errores mediante GRETL para verificar esta condición.

Tabla 14: Estadísticos principales de los residuos del modelo MCO

Estadísticos principales de los residuos	
Media	1.8401E-12
Mediana	-755.71
Mínimo	-13300
Máximo	16998
Desviación típica	4924.1
Observaciones ausentes	0

Fuente : GRETL

Elaborado por : Steven Acaro

En la tabla se observa los estadísticos principales de los residuos del modelo de regresión que se obtuvo a partir de la diferencia entre el valor observado y el valor estimado dicho proceso fue realizado con el programa GRETL. Se evidencia el cumplimiento del tercer supuesto de Gauss puesto que se tiene una media de $1.8401e-12$ que es equivalente a cero y por lo tanto se establece que no se cometió un error de especificación del modelo puesto que el cumplimiento de este modelo indica que no se omitió ni se excedió la cantidad de variables explicativas.

Contraste de heteroscedasticidad

El cuarto supuesto señala que el modelo no debe presentar heteroscedasticidad por lo tanto se recurre al contraste de heteroscedasticidad de White para determinar esta situación.

Tabla 15: Contraste de heteroscedasticidad del modelo MCO

Contraste de Heteroscedasticidad		
Hipótesis del contraste		
Ho : No existe heteroscedasticidad		
H1 : Existe heteroscedasticidad		
Estadístico de contraste	TR ² = 23.032319	
Con valor p	P (Chi-cuadrado (2) > 23.032319)	0.00001

Fuente : GRETL

Elaborado por : Steven Acaro

El estadístico Chi-cuadrado del contraste de White de heteroscedasticidad emite un p valor equivalente a 0.00001 que resulta ser menor al nivel de confianza establecido en 5% y en consecuencia se puede rechazar la hipótesis nula que señala que no existe heteroscedasticidad lo que significa que no se cumple el cuarto supuesto debido a que la presencia de la heteroscedasticidad implica que la varianza del término de error no se mantiene constante sin importar el valor que tome la variable independiente es decir los residuos no son homoscedásticos.

Contraste de autocorrelación

El quinto supuesto hace referencia a que no debe existir autocorrelación entre las perturbaciones para demostrar aquello se utiliza el contraste de autocorrelación de Breusch-Godfrey hasta el cuarto orden.

Tabla 16: Contraste de autocorrelación del modelo MCO

Contraste de Autocorrelación Breusch-Godfrey		
Hipótesis del contraste		
Ho : No existe autocorrelación		
H1 : Existe autocorrelación		
Estadístico de contraste		LMF = 405.210992
Con valor p	P (F (4.166) > 405.211)	1.69e-84

Fuente : GRETL

Elaborado por : Steven Acaro

La tabla anterior muestra el valor p del estadístico LMF de autocorrelación que arroja un valor de 1.69e-84 que resulta menor al nivel de significancia del 5% e indica que se debe rechazar la hipótesis nula y por tanto aceptar la alternativa que establece que en el modelo existe autocorrelación, es decir, dadas las observaciones de la variable independiente en distintos momentos del tiempo se encuentra una correlación entre esos valores que implica el incumplimiento del quinto supuesto.

Características del conjunto de observaciones

El sexto supuesto indica que el número de observaciones debe ser mayor al número de parámetros que se va a estimar. Esta característica se cumple perfectamente puesto que se tiene un conjunto de 172 observaciones y los coeficientes estimados son 2 tanto el correspondiente a la constante como el de la pendiente. Mientras que el séptimo supuesto señala que no todos los valores de la variable explicativa deben ser iguales lo que se corroboró en el estudio descriptivo al determinar que no existe ningún valor modal del precio del petróleo y la ausencia de valores atípicos se garantiza debido a

que ambas variables se encuentran expresadas en precios corrientes de dólares estadounidenses.

Colinealidad

El octavo supuesto menciona que no debe existir colinealidad entre los valores de la variable explicativa para probar esto se recurre al cálculo del Factor Inflacionario de la Varianza cuya fórmula fue planteada en el capítulo anterior.

Cálculo del FIV

$$FIV = \frac{1}{(1 - r^2)} = \frac{1}{(1 - 0.6251)} = \frac{1}{0.3749} = 2.6674$$

Producto del cálculo del FIV se obtuvo un valor de 2.6674 que resulta ser menor a 10 y por lo tanto se determina que no existe el problema de colinealidad dentro del modelo, es decir no existe una correlación perfecta entre las variables que explican el modelo planteado lo que comprueba el enunciado anterior que señala que un valor bajo de coeficiente de determinación constituye un indicador de la ausencia de la colinealidad.

Sesgo y errores de especificación

El noveno supuesto de Gauss determina que cuando se cumplen todos los supuestos anteriores el modelo es insesgado. Considerando que el primer modelo planteado solamente cumple el tercer y octavo supuesto no se puede aseverar que este modelo se encuentre correctamente especificado ni tampoco se puede asegurar que es insesgado.

Normalidad

Finalmente, el décimo supuesto indica que los términos de error se distribuyen de manera normal para lo cual se recurrió al contraste de normalidad de Jarque-Bera disponible en GRETL.

Tabla 17: Contraste de normalidad del modelo MCO

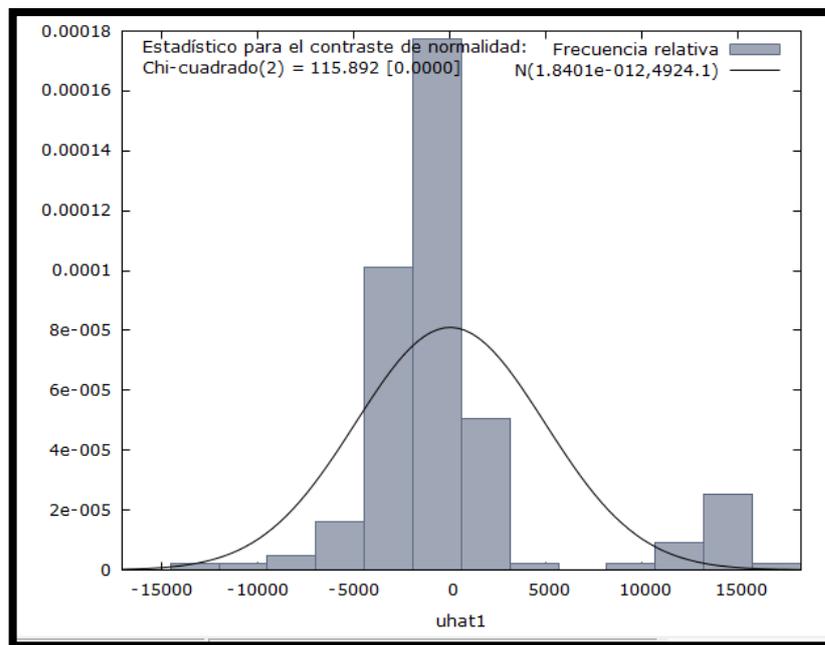
Contraste de Normalidad Jarque-Bera	
Hipótesis del contraste	
Ho : Existe normalidad en los residuos	
H1 : No existe normalidad en los residuos	
Estadístico de contraste	Jarque-Bera = 164.654
Con valor p	1.76e-36

Fuente : GRETL

Elaborado por : Steven Acaro

El contraste de Jarque-Bera a través de su valor p de $1.76e-36$ menor al nivel de confianza del 0.05 indica que se puede rechazar la hipótesis nula de existencia de normalidad en los residuos del modelo y por lo tanto se considera que los residuos no siguen una distribución normal lo que significa que carecen de una media equivalente a cero y una varianza constante. Esto implica que se incumple el décimo y último supuesto de Gauss. De igual manera se comprueba gráficamente la ausencia de distribución normal en los residuos a partir del gráfico de distribución de frecuencias que emite GRETL.

Gráfico 4: Representación de la normalidad de los errores del modelo MCO



Fuente : GRETL

Elaborado por : Steven Acaro

El propósito del gráfico es comprobar lo señalado a partir del test de normalidad de Jarque-Bera cuya interpretación estableció que los residuos del modelo planteado no seguían una distribución normal. Como se observa en el presente gráfico las barras de distribución, es decir los valores de los residuos se encuentran por fuera de la curva de distribución normal tomando una forma leptocúrtica es decir valores que se encuentran por encima de la campana contraria a la forma mesocúrtica que es característica de valores que se distribuyen normalmente.

Considerando que el modelo MCO con precios corrientes del PIB y el precio del petróleo internacional no satisface todos los supuestos Gaussianos se plantea las variantes de forma funcional del modelo MCO aplicando modelos logarítmicos que serán sometidos a los mismos contrastes del primer modelo.

Modelo log-lineal

Este modelo tiene la particularidad de ser semilogarítmico puesto que los valores de la variable dependiente se encuentran expresados en logaritmos y su variable explicativa se introduce a precios corrientes.

Especificación del modelo

$$\ln PIB_i = \beta_1 + \beta_2 Ppwti_i + \mu$$

Donde:

$\ln PIB_i$ = Logaritmo natural del Producto Interno Bruto de Ecuador (Variable dependiente)

β_1 = Intercepto

β_2 = Pendiente

$Ppwti_i$ = Precio West Texas Intermediate del petróleo (Variable independiente)

μ = Término de error

De esta manera se extraen los logaritmos naturales de la serie de tiempo del Producto Interno Bruto mediante GRETl y se introducen las variables planteadas en un modelo MCO. Los valores de la nueva serie se presentan en el anexo n° 4.

Tabla 18: Modelo log-lineal

Modelo log-lin					
	Coefficiente	Desv. Típica	Estadístico t	valor p	
Const	7.86839	0.0586795	134.1	2.35e-174	***
Ppwti	0.0240531	0.00122115	19.7	9.77e-46	***
R-cuadrado		0.695326	Criterio de Schwarz		208.9427
F (1,170)		387.9737	Criterio de Akaike		202.2017
Valor p (de F)		9.77e-46	Crit. De Hannan-Quinn		205.2017
R-cuadrado corregido		0.693534	Durbin Watson		0.179927

Fuente : GRETL

Elaborado por : Steven Acaro

Ecuación estimada del modelo log-lin

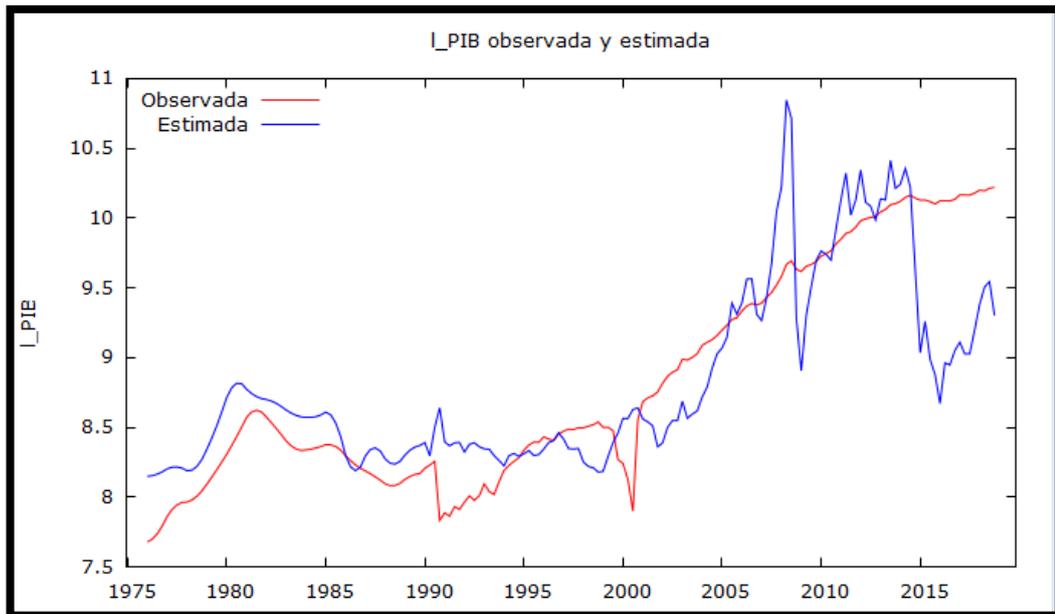
$$\ln PIB_i = 7.87 + 0.024 Ppwti_i + \mu$$

La tabla muestra los resultados de la ejecución del modelo log-lin con GRETL. Se observa que el coeficiente de la constante presenta un p valor de 2.35e-174 que resulta menor al 5% de nivel de confianza y por lo tanto el estimador es estadísticamente significativo. Por otro lado, el p valor del parámetro del precio del petróleo toma un valor de 9.77e-46 que permite aceptar la hipótesis alternativa de significancia estadística del coeficiente. La presencia de los tres asteriscos junto a los valores p indican que ambos coeficientes con significativos a los tres niveles de confianza. Los estimadores en conjunto presentan un p valor del estadístico F de 9.77e-46 que es menor al 5% de nivel de confianza y por lo tanto se establece que en conjunto son estadísticamente significativos para el modelo.

Como se señaló en el capítulo anterior el modelo log-lineal expresa la tasa de crecimiento de la variable independiente producto de un cambio absoluto en la independiente. Considerando esto el valor del coeficiente del precio del petróleo 0.0240531 indica que ante un incremento de un dólar del precio del petróleo el Producto Interno Bruto aumenta en 2.4%. La relación se establece como directa puesto que la pendiente presenta signo positivo. Finalmente, el valor del coeficiente

de determinación r cuadrado muestra el valor de 0.695326 esto quiere decir que el modelo planteado explica la relación entre las variables mencionadas el 69.53% de las ocasiones.

Gráfico 5: Recta de regresión observada vs recta de regresión estimada del modelo log-lin



Fuente : GRETL

Elaborado por : Steven Acaro

El modelo lin-log presenta un coeficiente de determinación ligeramente superior al modelo MCO con los datos originales de las variables. Por lo tanto se procede a analizar el ajuste de la recta de regresión observada frente a la estimada por este modelo. La mejor estimación se produce en el período 1976-1999 mientras que en el período 2000-2018 se produce un nivel significativo de desajuste de los valores estimados a los observados y por tanto este modelo no es suficiente para indicar que estima de manera correcta a la relación entre las variables.

Contrastes del modelo log-lineal

Contraste de linealidad

Tabla 19: Contraste de no linealidad del modelo log-lin

Contraste de no linealidad		
Hipótesis del contraste		
Ho : Los parámetros son lineales		
H1 : Los parámetros no son lineales		
Estadístico de contraste		TR ² = 48.298
Con valor p	P (Chi-cuadrado (1) > 48.298)	3.66e-12

Fuente : GRETL

Elaborado por : Steven Acaro

El contraste de no linealidad aplicado al modelo log-lineal mediante GRETL presenta un p valor del estadístico de 3.66e-12 que es menor al nivel de confianza de 0.05 por lo que se procede a rechazar la hipótesis nula que señala que los parámetros son lineales y como consecuencia se determina que no se cumple el supuesto de linealidad de los coeficientes.

Contraste RESET de Ramsey

Tabla 20: Contraste RESET de Ramsey del modelo log-lin

Contraste Reset de Ramsey		
Hipótesis del contraste		
Ho : El modelo está correctamente especificado		
H1 : El modelo no está correctamente especificado		
Estadístico de contraste		F = 33.524752
Con valor p	P (F (2.168) > 33.5248)	5.61e-13

Fuente : GRETL

Elaborado por : Steven Acaro

El contraste para determinar la correcta especificación del modelo log-lin presentado en la tabla anterior indica un valor p de $5.61e-13$ que es menor al nivel de confianza del 5% y en consecuencia se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alternativa que señala que el modelo no está correctamente especificado puesto que existe covarianza entre el la variable independiente del modelo y las perturbaciones.

Estadísticos principales de los términos de error del modelo log-lin

Tabla 21: Estadísticos principales de las perturbaciones del modelo log-lin

Estadísticos principales de los residuos	
Media	7.2397e-15
Mediana	-0.1055
Mínimo	-1.1784
Máximo	1.4526
Desviación típica	0.432333
Observaciones ausentes	0

Fuente : GRETL

Elaborado por : Steven Acaro

En la tabla se observa los estadísticos principales de los residuos del modelo log-lineal que se obtuvo a partir de la diferencia entre el valor observado y el valor estimado dicho proceso fue realizado con el programa GRETL. Se evidencia el cumplimiento del tercer supuesto de Gauss puesto que se tiene una media de $7.2397e-15$ que es equivalente a cero y por lo tanto se no se omitió ni se excedió la cantidad de variables explicativas.

Contraste de heteroscedasticidad

Tabla 22: Contraste de heteroscedasticidad del modelo log-lin

Contraste de Heteroscedasticidad		
Hipótesis del contraste		
Ho : No existe heteroscedasticidad		
H1 : Existe heteroscedasticidad		
Estadístico de contraste		TR ² = 10.760225
Con valor p	P (Chi-cuadrado (2) > 10.760225)	0.004607

Fuente : GRETL

Elaborado por : Steven Acaro

El estadístico del contraste de White de heteroscedasticidad emite un p valor equivalente a 0.004607 que resulta ser menor al nivel de confianza establecido en 5% y en consecuencia se rechaza la hipótesis nula que señala que no existe heteroscedasticidad lo que significa que no se cumple el cuarto supuesto debido a que la presencia de la heteroscedasticidad implica que la varianza del término de error no se mantiene constante sin importar el valor que tome la variable independiente.

Contraste de autocorrelación

Tabla 23: Contraste de autocorrelación del modelo log-lin

Contraste de Autocorrelación		
Hipótesis del contraste		
Ho : No existe autocorrelación		
H1 : Existe autocorrelación		
Estadístico de contraste		LMF = 209.299206
Con valor p	P (F (4.166) > 209.299)	1.00e-63

Fuente : GRETL

Elaborado por : Steven Acaro

La tabla anterior muestra el valor p del estadístico LMF de autocorrelación que arroja un valor de 1.00e-63 que resulta menor al nivel de significancia del 5% e indica que se debe rechazar la hipótesis nula y por tanto aceptar la alternativa que establece que en el modelo existe autocorrelación, es decir, dadas las observaciones de la variable independiente en distintos momentos del tiempo se encuentra una correlación entre esos valores que implica el incumplimiento del quinto supuesto.

Colinealidad

Cálculo del FIV

$$FIV = \frac{1}{(1 - r^2)} = \frac{1}{(1 - 0.6953)} = \frac{1}{0.3047} = 3.2819$$

Producto del cálculo del FIV se obtuvo un valor de 3.2819 que resulta ser menor a 10 y por lo tanto se determina que no existe el problema de colinealidad dentro del modelo, es decir no existe una correlación perfecta entre las variables que explican el modelo planteado.

Normalidad

Tabla 24: Contraste de normalidad del modelo log-lin

Contraste de Normalidad	
Hipótesis del contraste	
Ho : Existe normalidad en los residuos	
H1 : No existe normalidad en los residuos	
Estadístico de contraste	Jarque-Bera = 54.8797
Con valor p	1.21e-12

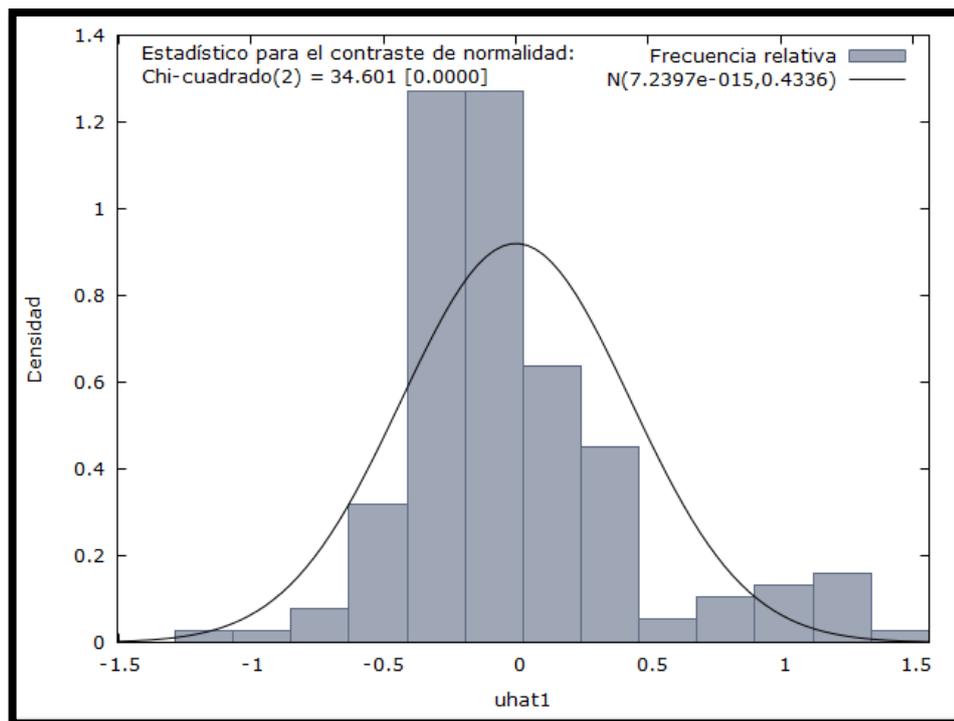
Fuente : GRETL

Elaborado por : Steven Acaro

El contraste de Jarque-Bera a través de su valor p de $1.21e-12$ menor al nivel de confianza del 0.05 indica que se puede rechazar la hipótesis nula de existencia de normalidad en los residuos del modelo y por lo tanto se considera que los residuos no siguen una distribución normal lo que significa que carecen de una media equivalente a cero y una varianza constante. Esto implica que se incumple el décimo y último supuesto de Gauss.

Para comprobar el incumplimiento del supuesto de normalidad se genera la curva de distribución normal de los términos de error del modelo log-lin.

Gráfico 6: Representación de la normalidad de los términos de error del modelo log-lin



Fuente : GRETL

Elaborado por : Steven Acaro

En el gráfico anterior se aprecia que las barras de distribución de los datos han perdido su distribución asimétrica positiva en comparación con el modelo de Mínimos Cuadrado Ordinarios con los valores originales del PIB y el precio del petróleo. No obstante se aprecia que dichas barras toman una forma leptocúrtica y por lo tanto no satisface la condición de normalidad puesto que es necesario que la curva sea mesocúrtica. Por lo tanto se verifica la condición indicada anteriormente por el contraste de normalidad de Jarque-Bera para el modelo log-lin.

Modelo lin-log

Al no satisfacer todos los supuestos Gaussianos el modelo anterior se plantea otra forma funcional que toma los valores a precios corrientes de la variable dependiente y trabaja con los logaritmos de la explicativa.

Especificación del modelo

$$PIB_i = \beta_1 + \beta_2 \ln Ppwti_i + \mu$$

Donde:

PIB_i = Producto Interno Bruto de Ecuador (Variable dependiente)

β_1 = Intercepto

β_2 = Pendiente

$\ln Ppwti_i$ = Logaritmo natural del Precio West Texas Intermediate del petróleo (Variable independiente)

μ = Término de error

De esta manera se extraen los logaritmos naturales de la serie de tiempo del precio del petróleo mediante GRETL y se introducen las variables planteadas en un modelo MCO.

Tabla 25: Modelo lin-log

Modelo lin-log					
	Coefficiente	Desv. Típica	Estadístico t	valor p	
Const	-26390.4	2062.12	-12.8	1.08e-26	***
l_Ppwti	10296.3	583.807	17.64	3.03e-40	***
R-cuadrado		0.646604	Criterio de Schwarz		3411.909
F (1,170)		311.0463	Criterio de Akaike		3405.614
Valor p (de F)		3.03e-40	Crit. De Hannan-Quinn		3408.168
R-cuadrado corregido		0.644525	Durbin Watson		0.076268

Fuente : GRETL

Elaborado por : Steven Acaro

Ecuación estimada del modelo lin-log

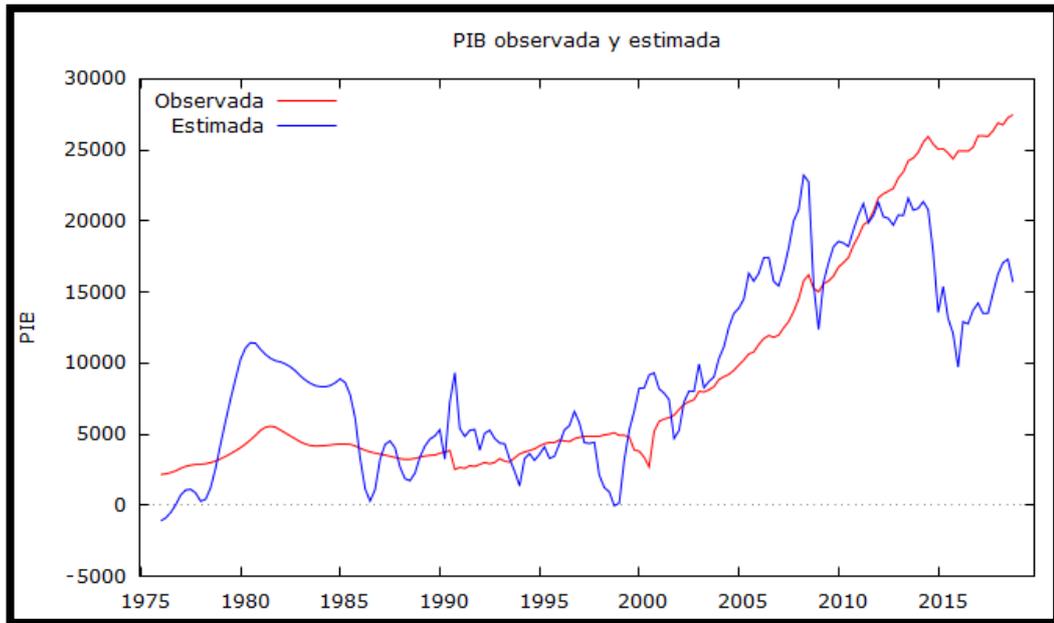
$$PIB_i = -26390.4 + 10296.3 \ln Ppwti_i + \mu$$

En el cuadro anterior se observa que el coeficiente de la constante del modelo lin-log arroja un valor p de 1.08e-26 y la presencia de los tres asteriscos que establecen que se puede rechazar la hipótesis nula de no significancia estadística del estimador para el modelo al 1%, 5% y 10% de nivel de confianza. De igual manera el parámetro del logaritmo del precio del petróleo muestra un valor p de 3.03e-40 y sus respectivos tres asteriscos que permiten aceptar la hipótesis alternativa de significancia estadística del coeficiente. Al establecer la prueba de significancia de los parámetros en conjunto se obtiene un p valor del estadístico F de 3.03e-40 y en consecuencia se rechaza la hipótesis nula de no significancia estadística de los coeficientes en conjunto.

Anteriormente en el capítulo 3 se indicó que el modelo lin-log permite medir el cambio absoluto en la variable explicativa producto de un cambio relativo en la explicada. Considerando esto el valor de la pendiente del modelo 10296.3 se interpreta como el aumento de 1% en los precios del petróleo incrementa el PIB en 102.96 millones de dólares. Se indica que la relación es directa debido al signo positivo de la pendiente. Finalmente se presenta un coeficiente de determinación r cuadrado de

0.646604 lo que se traduce en que el modelo se ajusta a la recta de regresión observada el 64.66% de las veces.

Gráfico 7: Recta de regresión observada vs recta de regresión estimada del modelo lin-log



Fuente : GRETL

Elaborado por : Steven Acaro

El gráfico anterior presenta la comparación entre la recta de regresión estimada con la recta observada del modelo lin-log con la finalidad de analizar la bondad del ajuste. Se observa que a partir del período 1975 hasta el año 1999 la estimación es deficiente y es evidente el desajuste a los valores reales mientras que en el período 2000-2018 la bondad del ajuste mejora puesto que se estima correctamente la tendencia creciente, no obstante, el nivel de ajuste no es suficiente para afirmar que el modelo lin-log estima correctamente a las variables.

Contrastes del modelo lin-log

Contraste de linealidad

Tabla 26: Contraste de no linealidad del modelo lin-log

Contraste de no linealidad		
Hipótesis del contraste		
Ho : Los parámetros son lineales		
H1 : Los parámetros no son lineales		
Estadístico de contraste		TR ² = 5.51562
Con valor p	P (Chi-cuadrado (1) > 5.51562)	0.0188474

Fuente : GRETL

Elaborado por : Steven Acaro

El contraste de linealidad de los coeficientes muestra un valor p de 0.0188 que es menor al nivel de confianza de 0.05 que cae en la zona de rechazo de la hipótesis nula y por lo tanto se acepta la hipótesis alternativa que menciona que los parámetros no son lineales y por ende no se cumple el primer supuesto de Gauss.

Contraste RESET de Ramsey

Tabla 27: Contraste RESET de Ramsey del modelo lin-log

Contraste Reset de Ramsey		
Hipótesis del contraste		
Ho : El modelo está correctamente especificado		
H1 : El modelo no está correctamente especificado		
Estadístico de contraste		F = 15.331649
Con valor p	P (F (2.168) > 15.3316)	7.66e-07

Fuente : GRETL

Elaborado por : Steven Acaro

La tabla anterior muestra los resultados del contraste RESET de Ramsey en el cuál se interpreta el p valor de $7.66e-07$ que recae en la zona de rechazo de la hipótesis nula puesto que es un valor menor al 95% de nivel de confianza y se determina que el modelo no se encuentra correctamente especificado.

Estadísticos principales de los términos de error del modelo lin-log

Tabla 28: Estadísticos principales de los términos de error del modelo lin-log

Estadísticos principales de los residuos	
Media	5.2870e-13
Mediana	-718.87
Mínimo	-7432.8
Máximo	15194
Desviación típica	4780.9
Observaciones ausentes	0

Fuente : GRETL

Elaborado por : Steven Acaro

En la tabla se muestra los estadísticos principales de las perturbaciones del modelo lin-log que se obtuvo a partir de la diferencia entre los datos observados y los datos esimados. Como se puede observar el valor medio de los errores es $5.2870e-13$ que es equivalente a cero y por lo tanto cumple el supuesto que permite afirmar que no se omitieron variables relevantes para el modelo.

Contraste de heteroscedasticidad

Tabla 29: Contraste de heteroscedasticidad del modelo lin-log

Contraste de Heteroscedasticidad		
Hipótesis del contraste		
Ho : No existe heteroscedasticidad		
H1 : Existe heteroscedasticidad		
Estadístico de contraste		TR ² = 28.149909
Con valor p	P (Chi-cuadrado (2) > 28.149909)	0.000001

Fuente : GRETL

Elaborado por : Steven Acaro

El contraste de heteroscedasticidad de White para el modelo lin-log arroja un p valor de 0.000001 que es un valor menor al nivel de confianza establecido en 0.05 lo que indica que se puede rechazar la hipótesis nula de no existencia de heteroscedasticidad esto quiere decir que la varianza de los términos de error no se mantiene constante e incumple con el supuesto.

Contraste de autocorrelación

Tabla 30: Contraste de autocorrelación del modelo lin-log

Contraste de Autocorrelación		
Hipótesis del contraste		
Ho : No existe autocorrelación		
H1 : Existe autocorrelación		
Estadístico de contraste		LMF = 525.360924
Con valor p	P (F (4.166) > 525.360924)	4.48e-93

Fuente : GRETL

Elaborado por : Steven Acaro

El test de autocorrelación muestra un valor p de 4.48e-93 que es un valor que cae en la zona de rechazo de la hipótesis nula puesto que es menor al nivel de confianza del

95% y se acepta la hipótesis alternativa que indica que existe correlación entre los valores de la variable independiente lo que incumple el quinto supuesto.

Colinealidad

Cálculo del FIV

$$FIV = \frac{1}{(1 - r^2)} = \frac{1}{(1 - 0.6466)} = \frac{1}{0.3534} = 2.8297$$

La fórmula del factor inflacionario de la varianza muestra un valor calculado de 2.8297 que es menor a 10 y en consecuencia se puede afirmar que no existe una correlación perfecta, es decir igual a uno entre las variables que explican el modelo.

Normalidad

Tabla 31: Contraste de normalidad del modelo lin-log

Contraste de Normalidad	
Hipótesis del contraste	
Ho : Existe normalidad en los residuos	
H1 : No existe normalidad en los residuos	
Estadístico de contraste	Jarque-Bera = 43.9682
Con valor p	2.83e-10

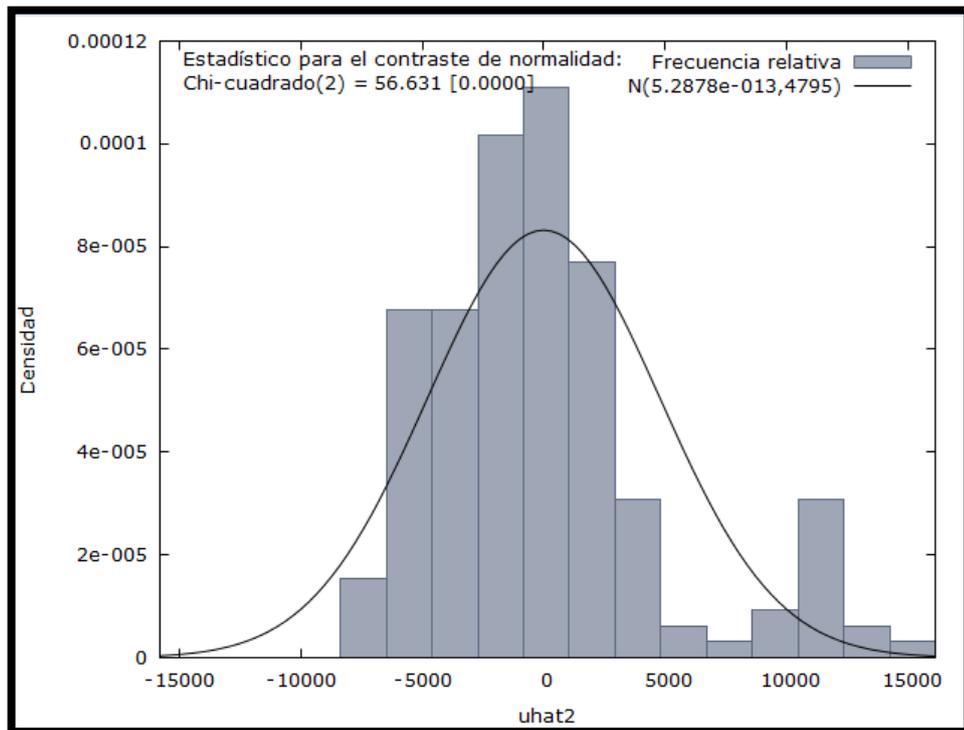
Fuente : GRETL

Elaborado por : Steven Acaro

La tabla anterior muestra el contraste de normalidad de Jarque-Bera que arrojó un valor p de 2.83e-10 que es un valor menor al nivel de significancia del 0.05 que se ubica en la zona de rechazo de la hipótesis nula y por ende se acepta la hipótesis alternativa que señala que no existe normalidad en los residuos del modelo lin-log lo que no satisface el décimo supuesto de Gauss.

Para comprobar el incumplimiento del supuesto de normalidad se genera la curva de distribución normal de los términos de error del modelo lin-log.

Gráfico 8: Representación de la normalidad de las perturbaciones del modelo lin-log.



Fuente : GRETL

Elaborado por : Steven Acaro

El gráfico muestra que las barras de distribución de los datos presentan una ligera asimetría positiva y además dichas barras se encuentran por fuera de la curva de distribución normal presentandose la forma leptocúrtica. Esto permite comprobar lo indicado por la prueba de Jarque-Bera cuyo p valor permitió rechazar la hipótesis nula de existencia de normalidad en los residuos del modelo lin-log.

Modelo log-log

Los modelos semilogarítmicos planteados anteriormente no cumplen los supuestos Gaussianos y se recurre en última instancia a un modelo netamente logarítmico.

Especificación del modelo

$$\ln PIB_i = \beta_1 + \beta_2 \ln Ppwti_i + \mu$$

Donde:

$\ln PIB_i$ = Logaritmo natural del Producto Interno Bruto de Ecuador (Variable dependiente)

β_1 = Intercepto

β_2 = Pendiente

$\ln Ppwti_i$ = Logaritmo natural del Precio WTI del petróleo (Variable independiente)

μ = Término de error

Tabla 32: Modelo logarítmico

Modelo log-log					
	Coeficiente	Desv. Típica	Estadístico t	valor p	
Const	5.06229	0.168004	30.13	4.37e-70	***
l_Ppwti	1.08191	0.0475635	22.75	1.87e-53	***
R-cuadrado		0.752696	Criterio de Schwarz		173.0596
F (1,170)		517.4124	Criterio de Akaike		166.7646
Valor p (de F)		1.87e-53	Crit. De Hannan-Quinn		169.3187
R-cuadrado corregido		0.751241	Durbin Watson		0.164306

Fuente : GRETL

Elaborado por : Steven Acaro

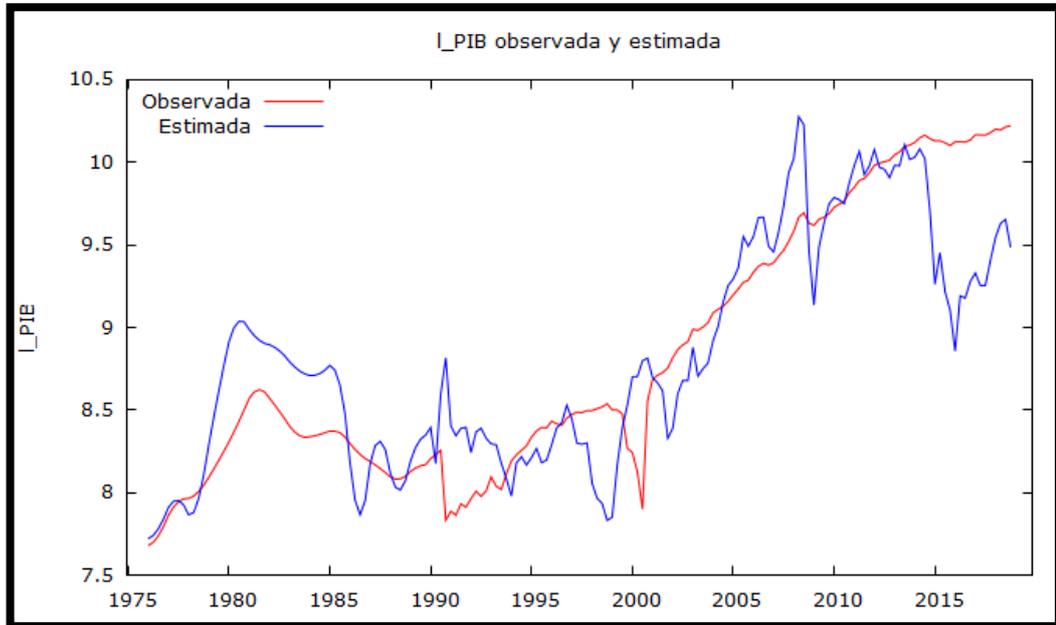
Ecuación estimada del modelo log-log

$$\ln PIB_i = 5.06 + 1.08 \ln Ppwti_i + \mu$$

En la tabla se observa que el coeficiente de la constante del modelo log-log muestra un p valor de $4.37e-70$ junto con tres asteriscos que indican que el parámetro estimado es estadísticamente significativo. Por otro lado, el coeficiente del logaritmo del precio internacional del petróleo muestra un p valor de $1.87e-53$ que resulta menor a los tres niveles de confianza y por tanto se rechaza la hipótesis nula que indica que el parámetro estimado es equivalente a cero. La prueba para establecer la significancia en conjunto de los parámetros muestra un valor p de $1.87e-53$ que permite aceptar la hipótesis alternativa de significancia de los estimadores.

En el tercer capítulo se indicó que el modelo log-log indica el cambio porcentual de la variable dependiente producto de un cambio porcentual de la independiente por lo tanto se asevera que el modelo determina mediante el valor de 1.08 del coeficiente de la pendiente que ante una variación de 1% en los precios internacionales del petróleo el PIB crece en 1.08% de manera trimestral. Se indica la relación directa debido a la presencia del signo positivo en los estimadores. Por último, se muestra un valor del coeficiente de determinación r cuadrado de 0.7527 que define que la recta de regresión estimada se ajusta a la observada en el 75.27% de las ocasiones.

Gráfico 9: Recta de regresión estimada vs recta de regresión observada del modelo log-log



Fuente : GRETL

Elaborado por : Steven Acaro

El gráfico muestra la recta de regresión observada y la estimada del logaritmo del Producto Interno Bruto con la aplicación del modelo logarítmico. Se observa que la recta de color azul presenta un desajuste en el período 1979-2000. El mejor ajuste se aprecia durante el periodo 2001-2014. En los últimos años de la estimación la recta se desajusta completamente de los valores reales. A pesar de los desajustes mencionados de todos los modelos MCO planteados es el logarítmico que presenta mejores valores estimados.

Contrastes del modelo log-log

Contraste de linealidad

Tabla 33: Contraste de no linealidad del modelo log-log

Contraste de no linealidad		
Hipótesis del contraste		
Ho : Los parámetros son lineales		
H1 : Los parámetros no son lineales		
Estadístico de contraste		TR ² = 0.915898
Con valor p	P (Chi-cuadrado (1) > 0.915898)	0.3385540

Fuente : GRETL

Elaborado por : Steven Acaro

La tabla muestra los resultados de no linealidad obtenidos desde GRETL para el modelo log-log. El valor p del test es de 0.3385540 que es mayor al nivel de confianza de 0.05 y por ende cae en la zona de aceptación de la hipótesis nula que indica que los parámetros estimados del modelo son lineales lo que satisface la condición de linealidad siendo el primer modelo MCO que cumple el primer supuesto de Gauss.

Contraste RESET de Ramsey

Tabla 34: Contraste RESET de Ramsey del modelo log-log

Contraste Reset de Ramsey		
Hipótesis del contraste		
Ho : El modelo está correctamente especificado		
H1 : El modelo no está correctamente especificado		
Estadístico de contraste		F = 14.584292
Con valor p	P (F (2.168) > 14.5843)	1.44e-06

Fuente : GRETL

Elaborado por : Steven Acaro

El contraste RESET de Ramsey del modelo log-log presenta un p valor de 1.44e-06 que es menor al nivel de confianza del 95% y por lo tanto se debe rechazar la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa que señala que el modelo no se encuentra correctamente especificado.

Estadísticos principales de los términos de error del modelo log-log

Tabla 35: Estadísticos principales de las perturbaciones del modelo log-log

Estadísticos principales de los residuos	
Media	6.0210e-15
Mediana	-0.026497
Mínimo	-0.98215
Máximo	1.2665
Desviación típica	0.38951
Observaciones ausentes	0

Fuente : GRETL

Elaborado por : Steven Acaro

La tabla anterior muestra los estadísticos principales de los términos de error del modelo log-log que se obtuvo a partir de la diferencia entre los valores observados y los estimados. Se aprecia que la media de los errores es de 6.0210e-15 que es un valor equivalente a cero y en consecuencia se cumple el supuesto que permite establecer que no se omitieron variables en la especificación del modelo.

Contraste de heteroscedasticidad

Tabla 36: Contraste de heteroscedasticidad del modelo log-log

Contraste de Heteroscedasticidad		
Hipótesis del contraste		
Ho : No existe heteroscedasticidad		
H1 : Existe heteroscedasticidad		
Estadístico de contraste		TR ² = 18413097
Con valor p	P (Chi-cuadrado (2) > 18.413097)	0.0001

Fuente : GRETL

Elaborado por : Steven Acaro

En la tabla se aprecia el resultado del test de heteroscedasticidad de White en la cual se muestra un valor p de 0.0001 que es un dato menor al nivel de confianza de 0.05 y por lo tanto se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alternativa que indica la existencia de heteroscedasticidad esto quiere decir que la varianza de los términos de error no se mantiene constante.

Contraste de autocorrelación

Tabla 37: Contraste de autocorrelación del modelo log-log

Contraste de Autocorrelación		
Hipótesis del contraste		
Ho : No existe autocorrelación		
H1 : Existe autocorrelación		
Estadístico de contraste		LMF = 236.272380
Con valor p	P (F (4.166) > 236.272)	2.12e-67

Fuente : GRETL

Elaborado por : Steven Acaro

El contraste de autocorrelación del modelo log-log presenta un valor p de 2.12e-67 que es menor al nivel de significancia establecido en 0.05 por lo tanto recae en la zona de rechazo de la hipótesis nula que indica que no existe autocorrelación esto quiere decir que se incumple el quinto supuesto al presentarse una correlación entre los valores de la variable independiente.

Colinealidad

Cálculo del FIV

$$FIV = \frac{1}{(1 - r^2)} = \frac{1}{(1 - 0.7527)} = \frac{1}{0.2473} = 4.04$$

El cálculo del factor inflacionario de la varianza que arrojó un p valor de 4.04 que es menor a 10 y por lo tanto se asevera que no existe una correlación perfecta entre las variables que explican el modelo y en consecuencia no hay colinealidad.

Normalidad

Tabla 38: Contraste de normalidad del modelo log-log

Contraste de Normalidad	
Hipótesis del contraste	
Ho : Existe normalidad en los residuos	
H1 : No existe normalidad en los residuos	
Estadístico de contraste	Jarque-Bera = 16.4804
Con valor p	2.64e-04

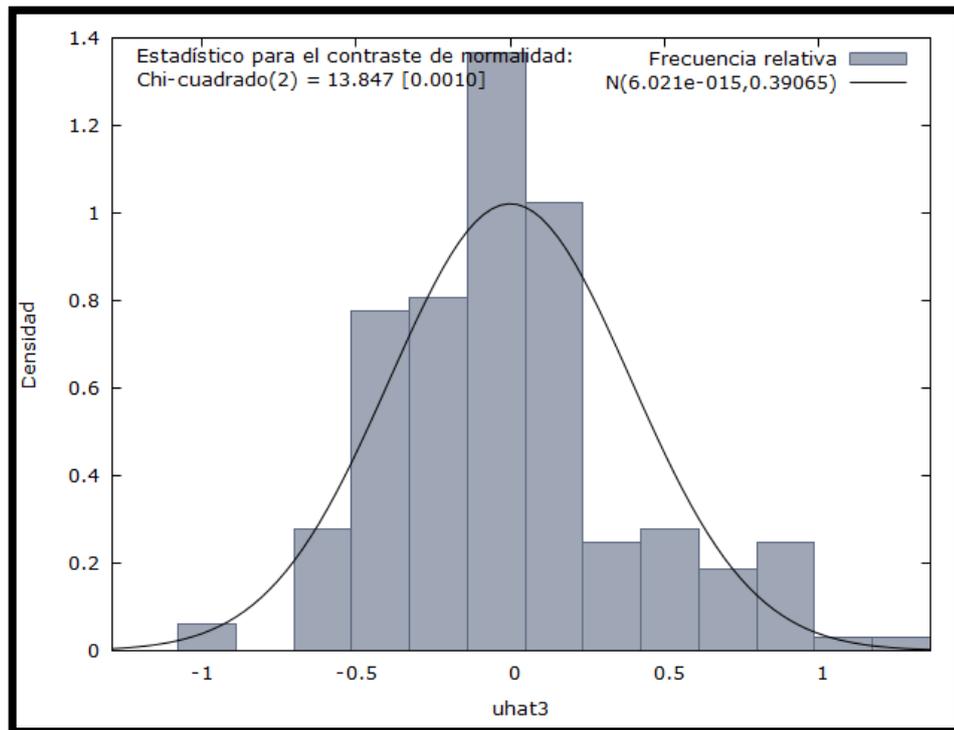
Fuente : GRETL

Elaborado por : Steven Acaro

En la tabla anterior se observa el resultado del contraste de normalidad de Jarque-Bera que presenta un p valor de 2.64e-04 que es menor al nivel de confianza del 95% y por lo tanto se acepta la hipótesis alternativa que indica que no existe normalidad en los residuos.

Con la finalidad de comprobar el incumplimiento del supuesto de normalidad se genera la curva de distribución normal de los términos de error del modelo log-log.

Gráfico 10: Representación de la normalidad de las perturbaciones del modelo log-log



Fuente : GRETL

Elaborado por : Steven Acaro

El gráfico anterior muestra que las barras de distribución de los datos presenta un nivel mucho menor de asimetría positiva en comparación a todas las formas funcionales de los modelos anteriormente planteados y además dichas barras se mantienen por fuera de la curva normal siendo de carácter leptocúrtica y por lo tanto se comprueba que el modelo log-log no satisface el supuesto de normalidad de los residuos.

Comparación de los modelos MCO planteados

Tabla 39: Comparación de los modelos MCO

	Modelo MCO	Modelo log-lin	Modelo lin-log	Modelo log-log
Intercepto	0.8747	2.35e-174	1.08e-26	4.37e-70
Pendiente	4.65e-38	9.77e-46	3.03e-40	1.87e-53
Valor p (F)	4.65e-38	9.77e-46	3.03e-40	1.87e-53
R cuadrado	0.62512	0.695326	0.646604	0.752696
Criterio de Schwarz	3422.06	208.9427	3411.909	173.0596
Criterio de Akaike	3415.765	202.2017	3405.614	166.7646
Crit. De Hannan-Quinn	3418.319	205.2017	3408.168	169.3187
Durbin Watson	0.105416	0.179927	0.076268	0.164306
Cumplimiento de supuestos				
Linealidad	No	No	No	Si
Correcta especificación	No	No	No	No
Media residuos = 0	Si	Si	Si	Si
Heteroscedasticidad	No	No	No	No
Autocorrelación	No	No	No	No
Colinealidad	Si	Si	Si	Si
Normalidad	No	No	No	No

Elaborado por : Steven Acaro

Los datos de la tabla anterior muestran los principales resultados de todos los modelos MCO planteados. Considerando que tanto a nivel individual con excepción de la constante del intercepto del primer modelo todos los parámetros son significativos a nivel individual y en conjunto por lo que no se considera una característica diferenciadora del modelo óptimo. El modelo que mejor bondad de ajuste a la recta de regresión observada presenta es el modelo log-log con un r cuadrado de 0.752696. Considerando los criterios de información de Schwarz, Akaike y Hannan-Quinn el tipo de modelo que presenta los valores más bajos en los tres criterios ocurre en el modelo log-log. Mientras que el valor del estadístico de Durbin Watson del modelo log-lin de 0.179927 resulta ser el valor más cercano a 2 para establecer que no existe el problema de autocorrelación sin embargo, todos los modelos presentan valores inferiores a 2 lo que se entiende como la existencia de autocorrelación positiva.

Finalmente, en el aspecto del cumplimiento de los supuestos todos los modelos cumplen el supuesto de media de residuos equivalente a cero y de no colinealidad entre las variables con excepción del modelo log-log que además de estos dos supuestos cumple con el primero que indica que los parámetros son lineales. Considerando esto se establece que si bien los modelos presentan parámetros estadísticamente significativos y un considerable ajuste a la recta observada de regresión los problemas de autocorrelación, heteroscedasticidad, no normalidad e incorrecta especificación indican que no cumplen con la condición de ser un modelo con los mejores estimadores lineales insesgados MELI que se definió que debe cumplir uno de los modelos MCO para ser considerado como el modelo óptimo que explique la relación entre el Producto Interno Bruto y los precios West Texas Intermediate del petróleo. Se concluye de la tabla anterior que de los modelos MCO planteados la forma funcional log-log es el que presenta mejores resultados

Modelo de Vectores Autorregresivos (VAR)

Al rechazar el modelo MCO como modelo óptimo para explicar la relación entre las variables estudiadas se recurre a este modelo que utiliza los valores pasados de las variables para explicar su comportamiento y a partir de los contrastes señalados en el capítulo tres se considera si resulta ser el modelo óptimo.

Estacionariedad de los datos

En primer lugar, antes de plantear el modelo es necesario determinar si las variables presentan raíz unitaria mediante el test de Dickey-Fuller Aumentado en GRETL puesto que en el capítulo tres se indicó que el modelo autorregresivo requiere que la varianza de los datos se mantenga constante.

Tabla 40: Contraste Dickey-Fuller Aumentado de las variables

Contraste Dickey-Fuller de raíz unitaria		
Hipótesis del contraste		
Ho : Existe raíz unitaria		
H1 : No existe raíz unitaria		
	Criterio AIC	Estacionariedad
	Valor p con constante	
PIB	1	No
Ppwti	0.3846	No

Fuente : GRETL

Elaborado por : Steven Acaro

En la tabla se observa el contraste de raíz unitaria de Dickey-Fuller Aumentado ejecutado con el número de retardos que incluye por defecto GRETL siendo de 13. Se obtiene que el PIB presenta un p valor de 1 que es un valor mayor al nivel de significancia de 5% por lo que no se puede rechazar la hipótesis nula y por lo tanto la serie de tiempo no es estacionaria. Por otro lado, se aprecia que los precios internacionales del petróleo muestran un p valor de 0.3846 que de igual manera resulta mayor al nivel de confianza y se determina que su serie temporal no es estacionaria. Partiendo de esta situación se procede a corregir la serie de tiempo mediante la extracción de la primera diferencia de las variables para convertirlas a estacionarias y se ejecuta nuevamente la prueba de raíz unitaria. Los nuevos datos se encuentran disponibles en el anexo N°35.

Tabla 41: Contraste de Dickey Fuller a las primeras diferencias de las variables

Contraste Dickey-Fuller de raíz unitaria		
Hipótesis del contraste		
Ho : Existe raíz unitaria		
H1 : No existe raíz unitaria		
	Criterio AIC	Estacionariedad
	Valor p con constante	
d_PIB	2.29e-06	Si
d_Ppwti	1.84e-21	Si

Fuente : GRETL

Elaborado por : Steven Acaro

Los resultados del test de raíz unitaria de Dickey-Fuller Aumentado que se aprecian en la tabla anterior muestran que la primera diferencia del PIB tiene un p valor de 2.29e-06 valor que es menor a 0.05 de nivel de significancia y por tanto se puede rechazar la hipótesis nula y aceptar la alternativa que indica la no existencia de raíz unitaria y en consecuencia la estacionariedad de la serie temporal. Mientras que la primera diferencia del precio internacional del petróleo arroja un p valor de 1.84e-21 que es menor al nivel de confianza y por lo tanto los datos de esta serie son estacionarios. Estos resultados son semejantes a los de la investigación realizada por **Ito (2010)** realizada en Rusia, un país exportador en la cual las series temporales del precio del petróleo y el Producto Interno Bruto expresados en unidades monetarias presentan el problema de raíz unitaria y mediante la aplicación de la primera diferencia a cada serie de tiempo se logró rechazar la hipótesis nula.

Selección del orden del VAR

En este apartado se obtiene el número óptimo de retardos con el que se va a plantear el modelo VAR partiendo de la herramienta del mismo nombre disponible en GRETL.

Tabla 42: Criterios de información para el orden del VAR

Criterio de información	Número óptimo de retardos
Akaike (AIC)	3
Bayesiano Schwartz (BIC)	1
Hannan-Quinn(HQC)	3

Fuente : GRETL

Elaborado por : Steven Acaro

La tabla muestra el número óptimo de rezagos con el que se debe plantear el modelo de Vectores Autorregresivos mediante el software econométrico que por defecto establece 8 retardos como máximo. Los criterios de información AIC, BIC y HQC consideran que el orden óptimo del VAR es un retardo por lo que se especifica el modelo incluyendo un periodo anterior de las variables.

Especificación del modelo

El modelo VAR se establece con la primera diferencia del Producto Interno Bruto y de la misma forma del precio WTI del petróleo y se incluye como variables endógenas al período inmediatamente anterior de las variables.

$$\begin{aligned}
 d_PIB = & \alpha_0 + \sum_{i=1}^n \alpha_1 d_PIB_{t-1} + \sum_{i=1}^n \alpha_2 d_PIB_{t-2} + \sum_{i=1}^n \alpha_3 d_PIB_{t-3} + \\
 & + \sum_{i=1}^n \alpha_4 d_Ppwti_{t-1} + \\
 & + \sum_{i=1}^n \alpha_5 d_Ppwti_{t-2} + \sum_{i=1}^n \alpha_6 d_Ppwti_{t-3} + \varepsilon_t
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
d_Ppwti = & \alpha_0 + \sum_{i=1}^n \alpha_1 d_PIB_{t-1} + \sum_{i=1}^n \alpha_2 d_PIB_{t-2} + \sum_{i=1}^n \alpha_3 d_PIB_{t-3} + \\
& + \sum_{i=1}^n \alpha_4 d_Ppwti_{t-1} + \\
& + \sum_{i=1}^n \alpha_5 d_Ppwti_{t-2} + \sum_{i=1}^n \alpha_6 d_Ppwti_{t-3} + \varepsilon_t
\end{aligned}$$

Dónde:

d_PIB = Primera diferencia del logaritmo del PIB

d_Ppwti = Primera diferencia de los precios WTI del petróleo

α_0 = Constante

α_i = Parámetros

d_PIB_{t-1} = Primer rezago de la primera diferencia del PIB

d_PIB_{t-2} = Segundo rezago de la primera diferencia del PIB

d_PIB_{t-3} = Tercero rezago de la primera diferencia del PIB

d_Ppwti_{t-1} = Primer rezago de la primera diferencia del precio WTI del petróleo

d_Ppwti_{t-2} = Segundo rezago de la primera diferencia del precio WTI del petróleo

d_Ppwti_{t-3} = Tercer rezago de la primera diferencia del precio WTI del petróleo

ε_t = Término de error

Una vez especificado el modelo se introduce las variables implicadas en GRETl con un retardo de las variables mencionadas.

Tabla 43: Ecuación estimada del PIB con el modelo VAR

Ecuación 1 : d_PIB					
	Coefficiente	Desv. Típica	Estadístico t	valor p	
Const	89.2497	31.8883	2.799	0.0058	***
d_PIB_1	0.232443	0.0855073	2.718	0.0073	***
d_PIB_2	0.0080796	0.0875563	0.09228	0.9266	
d_PIB_3	0.143665	0.0863861	1.663	0.0982	*
d_Ppwti_1	9.01813	4.47255	2.016	0.0454	**
d_Ppwti_2	-7.06313	4.37166	-1.616	0.1081	
d_Ppwti_3	7.30598	4.35029	1.679	0.095	*
Media de la vble. Dep.	149.0775	D.T. de la vble.dep.	378.6908		
Suma de cuad. Residuos	20325832	D.T. de la regresión	355.3131		
R-cuadrado	0.151284	R-cuadrado corregido	0.119655		
F (6.161)	4.783052	Valor p (de F)	0.000163		
rho	-0.00023	Durbin Watson	1.999708		
Contrastes F de restricciones cero					
Todos los retardos de d_PIB			F(3.161)	4.4332	0.005
Todos los retardos de d_Ppwti			F(3.161)	2.2169	0.0882
Todas las variables, retardo 3			F(2.161)	4.5718	0.0117

Fuente : GRETL

Elaborado por : Steven Acaro

Primera Ecuación estimada del VAR

$$\begin{aligned}
 d_PIB = & 89.25 + 0.2324 d_PIB_{t-1} + 0.0080 d_PIB_{t-2} + 0.1437 d_PIB_{t-3} \\
 & + 9.0181 d_Ppwti_{t-1} - 7.0631 d_Ppwti_{t-2} + 7.3060 d_Ppwti_{t-3} \\
 & + \varepsilon_t
 \end{aligned}$$

La anterior tabla muestra los resultados de la primera ecuación del modelo VAR en la cual se aprecia que la constante es estadísticamente significativa a los tres niveles de confianza puesto que su p valor es de 0.0058 y por lo tanto se puede rechazar la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa de significancia del parámetro

estimado. Además, se puede observar que el primer rezago del PIB presenta un coeficiente significativo de igual forma al 1%, 5% y 10% de nivel de confianza con un p valor de 0.0073. En cuanto al segundo rezago el p valor del parámetro asciende a 0.9266 que resulta mayor a los tres niveles de confianza y por lo tanto no se puede rechazar la hipótesis nula que dictamina que el estimador no es significativo. El tercer rezago del PIB muestra un valor p 0.0982 que únicamente es significativo al 10% de nivel de confianza. En cuanto a los rezagos del precio del petróleo en la ecuación uno el primer rezago tiene un valor p de 0.0454 que indica que se puede rechazar la hipótesis nula de no significancia al 10% y 5% de nivel de confianza. Por otro lado, el segundo rezago al igual que el del PIB no es estadísticamente significativo puesto que su valor p de 0.1081 es mayor a todos los niveles de significancia. El tercer rezago del precio del petróleo arroja un p valor de 0.095 que exclusivamente al 10% de nivel de confianza permite aceptar la hipótesis alterna de significancia del estimador. Adicionalmente se registra un coeficiente de determinación r cuadrado de 0.151284 que significa que las variables explican el modelo en un 15.13% de las ocasiones.

El estadístico de Durbin Watson toma el valor de 1.999708 que equivale a 2 y en consecuencia se asevera que la ecuación no presenta problemas de autocorrelación. Finalmente, la significancia en conjunto de los retardos del PIB presenta un p valor de 0.005 que es menor al nivel de confianza y por lo tanto son estadísticamente significativos. Mientras que los retardos del precio internacional del petróleo en conjunto son solamente significativos al 10% de nivel de confianza puesto que su p valor es de 0.0882. Adicionalmente todos los terceros retardos de las variables muestran un p valor de 0.0117 que resulta ser menor al nivel de confianza de 5% y por tanto se acepta la hipótesis alternativa de significancia estadística de los coeficientes.

Tabla 44: Ecuación estimada del precio del petróleo del VAR

Ecuación 2 : d_Ppwti					
	Coefficiente	Desv. Típica	Estadístico t	valor p	
Const	0.612305	0.629481	0.9727	0.3322	
d_PIB_1	0.00126	0.00168793	0.7464	0.4565	
d_PIB_2	-0.0020154	0.00172838	-1.166	0.2453	
d_PIB_3	-0.0016496	0.00170528	-0.9674	0.3348	
d_Ppwti_1	0.258717	0.0882888	2.93	0.0039	***
d_Ppwti_2	-0.245359	0.086973	-2843	0.005	***
d_Ppwti_3	0.0289384	0.0858755	0.337	0.7366	
Media de la vble. Dep.	0.277226	D.T. de la vble.dep.	7.458186		
Suma de cuad. Residuos	7920.456	D.T. de la regresión	7.013942		
R-cuadrado	0.147357	R-cuadrado corregido	0.115581		
F (6.161)	4.637434	Valor p (de F)	0.000225		
rho	-0.002982	Durbin-Watson	1.993109		
Contrastes F de restricciones cero					
Todos los retardos de d_PIB			F(3.161)	1.0366	0.378
Todos los retardos de d_Ppwti			F(3.161)	4.6668	0.0037
Todas las variables, retardo 3			F(2.161)	0.4688	0.6266

Fuente : GRETL

Elaborado por : Steven Acaro

Segunda Ecuación estimada del VAR

$$\begin{aligned}
 d_Ppwti = & 061.23 + 0.0013 d_PIB_{t-1} - 0.0020 d_{PIB_{t-2}} - 0.0016 d_{PIB_{t-3}} \\
 & + 0.2587 d_{Ppwti_{t-1}} - 0.2454 d_{Ppwti_{t-2}} + 0.02894 d_{Ppwti_{t-3}} \\
 & + \varepsilon_t
 \end{aligned}$$

Los resultados de la ecuación dos se muestran en la tabla anterior en la que se observa que la constante registra un p valor de 0.3322 que es mayor a 0.05 de nivel de confianza y por lo tanto no se puede rechazar la hipótesis nula que indica que el estimador no es estadísticamente significativo. De igual manera se aprecia que los estimadores del

Producto Interno Bruto no presentan coeficientes significativos en ningún nivel puesto que todos sus p valores son mayores a los tres niveles de confianza. El primer rezago del precio del petróleo muestra un p valor de 0.0039 que es menor al 5% de nivel de confianza y por tanto se acepta la hipótesis alternativa que señala que el coeficiente es estadísticamente significativo a nivel individual. Igualmente, el segundo rezago del precio del petróleo presenta un p valor de 0.005 menor a los tres niveles de confianza y por tanto es estadísticamente significativo. El tercer rezago del precio del petróleo es la excepción en la significancia para el modelo puesto que su p valor de 0.7366 es mayor a todos los niveles y por tanto se acepta la hipótesis nula que indica que el parámetro no es estadísticamente significativo. El coeficiente de determinación r cuadrado de 0.147357 indica que las variables explican el modelo en un 14.47% de las oportunidades.

El valor del estadístico de Durbin Watson arroja 1.993109 que es equivalente a 2 y por consiguiente se afirma que la ecuación dos no presenta problemas de autocorrelación. Finalmente, la prueba F para todos los retardos del PIB indica un p valor de 0.378 que advierte que estos no son significativos en conjunto. Por otro lado, todos los retardos el precio del petróleo muestran un p valor de 0.0037 que resulta estadísticamente significativos a los tres niveles de confianza. No obstante, el contraste para todas las variables en retardo tres muestra un p valor de 0.6266 que se interpreta como no significativo en conjunto.

Contrastes del VAR

Autocorrelación

Tabla 45: Contraste de autocorrelación del modelo VAR

Contraste de Autocorrelación			
Hipótesis del contraste			
Ho : No existe autocorrelación			
H1 : Existe autocorrelación			
p valor	Rezago 1	Rezago 2	Rezago 3
	0.7378	0.6607	0.7058

Fuente : GRETL

Elaborado por : Steven Acaro

La tabla muestra el resultado del contraste de autocorrelación de tercer orden debido al número de retardos seleccionado para el VAR. El p valor de este contraste para los tres retardos muestra ser mayor al nivel de confianza de 0.05 y por tanto no se puede rechazar la hipótesis nula y se determina que no existe autocorrelación en el modelo. Cabe recalcar que anteriormente el valor de Durbin-Watson indicó que no existía este problema y se corrobora con este nuevo contraste.

Contraste de Heteroscedasticidad Condicional Autorregresiva (ARCH)

Tabla 46: Contraste de heteroscedasticidad del modelo VAR

Contraste de efecto ARCH			
Hipótesis del contraste			
Ho : No existe efecto ARCH			
H1 : Existe efecto ARCH			
p valor	Rezago 1	Rezago 2	Rezago 3
	0.0335	0.0000	0.0000

Fuente : GRETL

Elaborado por : Steven Acaro

La tabla anterior muestra los resultados del contraste de heteroscedasticidad condicional autorregresiva que muestra un p valor de 0.0335 que resulta menor al nivel de confianza del 5% pero mayor al nivel de confianza del 10% por tanto al 0.05 se rechaza la hipótesis nula y al 0.10 se acepta la nula que indica que no existe efecto ARCH en el modelo es decir que la varianza del término de error no se encuentra relacionada con con el término de error de su rezago elevado al cuadrado. Mientras tanto en el tercer rezago se rechaza la hipótesis nula y señala la presencia del problema de heteroscedasticidad.

Normalidad de los residuos

Tabla 47: Contraste de normalidad del modelo VAR

Contraste de normalidad
Hipótesis del contraste
Ho : Existe normalidad
H1 : No existe normalidad
P valor : 0.00000

Fuente : GRETL

Elaborado por : Steven Acaro

La presente tabla muestra el resultado del contraste de normalidad de los residuos del modelo VAR que registra un p valor menor a todos los niveles de significancia y por lo tanto se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alternativa que sugiere que no existe normalidad es decir que los residuos del modelo no mantienen una media en torno a cero ni su varianza constante. Cabe resaltar que **Gujarati & Porter (2010)** mencionan que cuando se obtienen muestras grandes de datos como la que se utiliza en la investigación que corresponde a 172 observaciones no es conveniente sostener el supuesto de normalidad puesto que la gran cantidad diferente de datos dispersará la curva de distribución normal.

Test de Causalidad

Tabla 48: Contraste de Causalidad del modelo VAR

Contraste de causalidad de Granger				
Hipótesis nula	Número de rezagos	Valor F	Valor p	Decisión
Ppwti no causa al PIB	3	2.2169	0.0882	Aceptar
Hipótesis nula	Número de rezagos	Valor F	Valor p	Decisión
PIB no causa al Ppwti	3	1.0366	0.378	Aceptar

Fuente : GRETL

Elaborado por : Steven Acaro

En esta tabla se presenta el resultado del test de causalidad de Granger que como se estableció en el capítulo anterior se puede calcular de manera indirecta en GRETL con la interpretación de los resultados de los contrastes F de restricciones cero de cada ecuación. Se encuentra que para la prueba en la que se supone que los precios WTI del petróleo no causan al Producto Interno Bruto se obtiene un p valor de 0.0882 mayor al nivel de significancia del 5% por lo tanto no se puede rechazar la hipótesis nula. Mientras que al suponer que en la hipótesis que sugiere que el PIB causa al precio internacional del petróleo se obtiene un p valor de 0.378 que resulta mayor al nivel de confianza y por lo tanto no se puede rechazar la hipótesis nula. Considerando estos resultados se establece que los precios WTI del petróleo y el Producto Interno Bruto son independientes y no tienen ninguna relación de causalidad en el sentido de Granger para Ecuador en el período estudiado.

Este resultado resulta ser contrario a lo hallado por **Jiménez & Sánchez (2004)** puesto que estableció una relación bidireccional con otras variables macroeconómicas, pero destaca el hecho que para el Reino Unido en su condición de exportador no se encontró ningún tipo de relación en el sentido de Granger entre el PIB y el precio del petróleo. Además, cabe señalar que el resultado tampoco coincide con la investigación de **Du, He & Wei (2010)** en la cual se indica que existe una sola dirección de la relación en la que el PIB es afectado por el comportamiento del precio internacional del petróleo,

pero en este caso China es un país importador. Finalmente, un resultado semejante al de la presente investigación se halló por **Alonso & Martínez (2017)** en el cuál el país exportador de crudo Colombia muestra una independencia entre el precio del petróleo y su PIB.

Test de cointegración

Tabla 49: Contraste de cointegración del modelo VAR

Contraste de cointegración Engle-Granger		
Hipótesis del contraste		
Ho : Existe raíz unitaria		
H1 : No existe raíz unitaria		
Contrastes individuales		
Variable	p valor	¿Existe raíz unitaria?
d_PIB	2.30e-06	No
d_Ppwti	8.12e-14	No
uhat (término de error)	6.42e-05	No

Fuente : GRETL

Elaborado por : Steven Acaro

La tabla anterior muestra el resultado del contraste de cointegración de Engle-Granger el cual muestra que el p valor 2.30E-06 del contraste de raíz unitaria de Dickey-Fuller Aumentado para el PIB es menor al nivel de confianza de 0.05 y por tanto se rechaza la hipótesis de existencia de raíz unitaria. De la misma forma los precios del petróleo muestran un p valor de 8.12E-14 menor al nivel de confianza y se rechaza la hipótesis nula. Finalmente, el contraste sobre las perturbaciones del modelo arroja un p valor 6.42e-05 que permite rechazar la hipótesis nula de existencia de raíz unitaria.

Tabla 50: Test de cointegración de Johansen del modelo VAR

Contraste de cointegración de Johansen					
Hipótesis del contraste					
Ho: No existen vectores de cointegración					
H1: Existen vectores de cointegración					
Rango	Valor propio	Estad. Traza	Valor p	Estad. Lmax	Valor p
0	0.33474	96.417	0.0000	68.473	0.0000
1	0.15323	27.943	0.0000	27.943	0.0000

Fuente : GRETL

Elaborado por : Steven Acaro

En la tabla anterior se observa que el p valor del estadístico de la traza y el estadístico l max es menor a 0.05 por lo tanto se rechaza la hipótesis nula de no existencia de ningún vector de cointegración. No obstante para la hipótesis nula que señala que existe al menos un vector cointegrante se tiene un valor menor al 95% de nivel de confianza y por lo tanto se rechaza dicha hipótesis por lo cual se concluye que no existe una relación de equilibrio a largo plazo entre las variables.

Tabla 51: Beta normalizado

Beta normalizado		
d_PIB	1	-0.065057
d_Ppwti	-325.89	1

Fuente : GRETL

Elaborado por : Steven Acaro

Con la finalidad de facilitar la ordenación e interpretación del modelo se multiplicó por menos uno los estimadores de la tabla anterior y se obtuvo la ecuación de cointegración señalada a continuación.

$$d_PIB = 0.065 + 325.89 d_Ppwti$$

$$d_Ppwti = 325.89 + 0.065 d_PIB$$

La primera ecuación indica que ante un incremento de un dólar en el precio del petróleo el Producto Interno Bruto de Ecuador incrementará en 325.89 millones de dólares estadounidenses. Mientras que la segunda ecuación señala que ante un incremento de un millón de dólares del PIB de Ecuador el precio del petróleo aumentará en 0.065 dólares.

Partiendo de esto se asegura que no existe cointegración entre las variables debido a que para que las variables sean cointegrantes requieren que las hipótesis nulas de las variables no sean rechazadas y además se debe aceptar la hipótesis nula en el test para los residuos. Considerando que las series de tiempo de las variables no se encuentran cointegradas se determina que no existe una relación de equilibrio en el largo plazo entre ellas. Este resultado resulta contrario a lo encontrado por **Katsuya (2010)** quien encontró dos relaciones de cointegración en sus cuatro variables analizadas dentro de ellas el PIB. Cabe mencionar que el resultado coincide con lo encontrado por **Edirnelegil & Mucuk (2014)** para Turquía un país importador de crudo donde los contrastes de cointegración señalan que no existe una relación a largo plazo entre el precio del petróleo y el PIB.

Elección del modelo óptimo

Tabla 52: Comparación del modelo logarítmico y VAR

		MCO log-log	VAR orden 1
¿Cumple los supuestos básicos?	Autocorrelación	No	SI
	Normalidad	No	No
	Heteroscedasticidad	No	Si (Al 10%)
	Significancia conjunta	Si	Si
Criterios de información	AIC	166.7646	-3.8519
	BIC	173.0596	-3.7087
	HQC	169.3187	-3.7938

Fuente : GRETL

Elaborado por : Steven Acaro

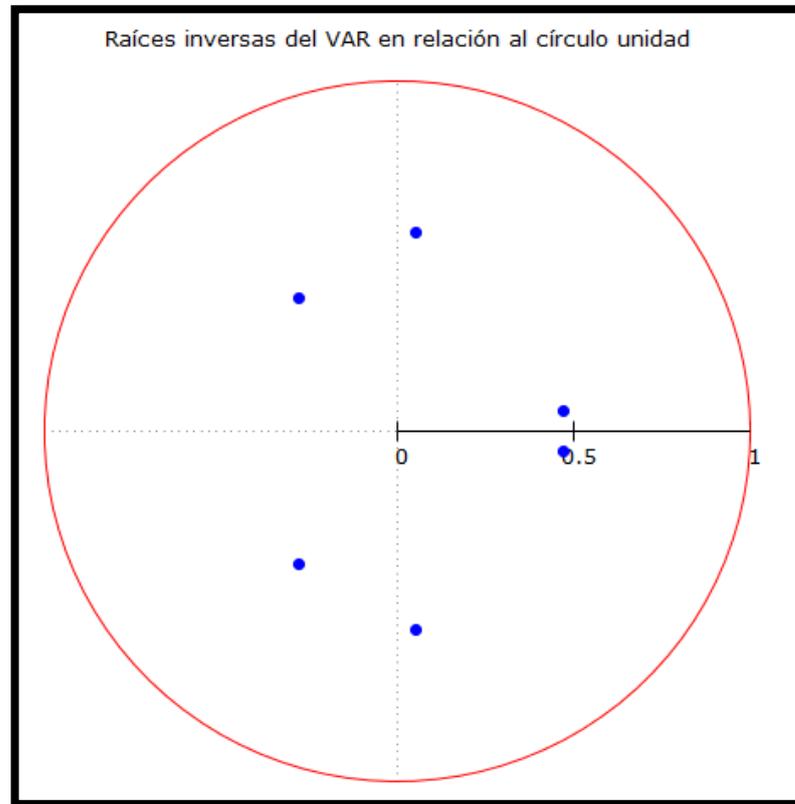
En la presente tabla se muestra que el modelo MCO logarítmico no cumple ninguno de los tres supuestos comparables de ambos modelos. No obstante el modelo presentó resultados que determinaron que sus parámetros son estadísticamente significativos en conjunto. Mientras que el modelo autorregresivo cumple el supuesto de no autocorrelación y de homoscedasticidad que para este último se cumple al 10% de nivel de confianza pero no cumple el supuesto de normalidad que como se había señalado anteriormente ante muestras grandes, en este caso se tiene 172 observaciones no es imprescindible el cumplimiento de este supuesto. Además los estimadores de cada ecuación resultan ser estadísticamente significativos en conjunto de igual forma que el MCO. Por tanto se considera que los criterios de información con el valor más bajo dictamina el mejor modelo. Considerando esto los criterios AIC, BIC y HQC registran el menor valor en cada criterio en el modelo VAR y por lo tanto se define que este modelo es el modelo óptimo para explicar la relación entre el Producto Interno Bruto y el precio internacional del petróleo.

Incidencia de los shocks de los precios del petróleo en los cambios del PIB

Finalmente, para cumplir el tercer objetivo de la investigación que consiste en medir la incidencia de los shocks del precio del petróleo en los cambios del Producto Interno Bruto se hace uso de la Función Impulso Respuesta para determinar dicho cambio. Cabe señalar que antes de recurrir a esta herramienta se busca determinar si las series del modelo son estacionarias y si dicho modelo tiene estabilidad. Se considera el modelo de vectores autorregresivos planteado anteriormente para cumplir este objetivo.

Raíces inversas del VAR

Gráfico 11: Raíces inversas del VAR



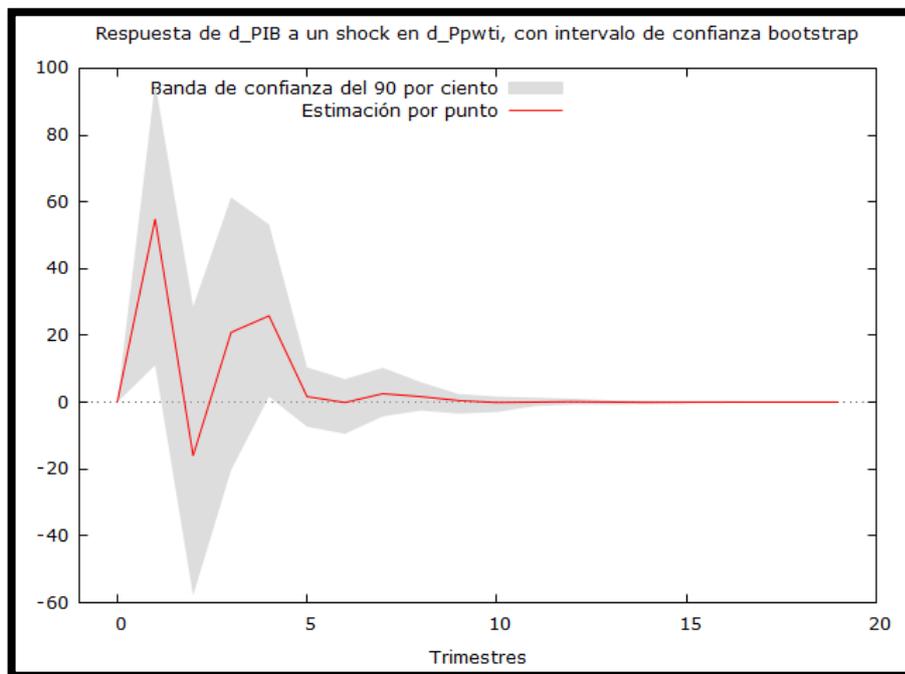
Fuente : GRETL

Elaborado por : Steven Acaro

Como se aprecia en el gráfico todos los puntos del círculo unitario se distribuyen dentro del mismo sin llegar al límite de 1. Esto quiere decir que las series de tiempo del Producto Interno Bruto y los precios internacionales del petróleo no presentan problemas de raíz unitaria como se lo corroboró con el test de Dickey Fuller Aumentado y por lo tanto son series estacionarias. La presencia de los puntos del círculo unitario dentro de la figura indica además que el modelo VAR planteado es estable es decir, que los parámetros estimados se mantienen constantes.

Función impulso respuesta

Gráfico 12: Función impulso-respuesta



Fuente : GRETL

Elaborado por : Steven Acaro

Se muestra el gráfico generado a partir de la Función Impulso Respuesta cuyo propósito es determinar la reacción del Producto Interno Bruto de Ecuador ante un shock en los precios West Texas Intermediate del petróleo. Además cabe mencionar que **Basnet** y **Upadhyayab (2015)** citados por **Alonso & Martínez (2017)** mencionan que para los países exportadores de crudo se espera que el shock provoque un efecto positivo en el PIB en el corto plazo y que posteriormente tienda a estabilizarse con el tiempo. Efectivamente se observa que un shock petrolero tiene un gran efecto positivo en el Producto Interno Bruto ecuatoriano efecto que se mantiene creciente hasta el final del primer trimestre posterior al shock. Inmediatamente se observa un descenso continuo del efecto sobre el PIB hasta el segundo trimestre del primer año y nuevamente el efecto retoma su tendencia creciente hasta el cuarto trimestre del mismo año.

A partir del segundo año del shock en los precios petroleros el PIB comienza a estabilizarse y pierde el efecto del shock. Por lo tanto se comprueba la teoría económica que indica que los países exportadores de petróleo muestran un efecto positivo ante el alza de los precios petroleros lo que además corrobora la dependencia económica del país ante la cotización de esta materia prima en el mercado internacional puesto que los choques positivos influyen en su PIB. No obstante choques negativos también afectan a la producción lo que compromete el crecimiento económico del país al verse comprometida una de las principales fuentes de ingresos por exportaciones al país.

Tabla 53: Respuesta del PIB al shock en el precio del petróleo

Respuestas a un shock de tamaño de una desviación típica en d_Ppwti		
Período	d_PIB	d_Ppwti
1	0	6.0822
2	54.85	1.5736
3	-16.019	-1.0161
4	20.878	-0.6037
5	25.833	0.1068
6	1.6751	0.1632
7	-0.095013	-0.0858
8	2.5558	-0.1053
9	1.6834	-0.0008
10	0.50755	0.0203

11	-0.081938	-0.0046
12	0.036618	-0.0101
13	0.17021	-0.0015
14	0.052119	0.0022
15	-0.024092	0.0003
16	-0.0046845	-0.0009
17	0.011861	-0.0003
18	0.0054411	0.0002
19	-0.0019502	9.44E-05
20	-0.0015948	-7.19E-05

Fuente : GRETL

Elaborado por : Steven Acaro

En la tabla anterior se muestran los resultados de la función impulso-respuesta. Se observa que en el primer trimestre un shock en el precio internacional del petróleo no tiene ningún efecto sobre el PIB puesto que la respuesta es cero. No obstante en el segundo trimestre el efecto del shock muestra un crecimiento en el Producto Interno Bruto puesto que se obtiene un valor de 54.85 como respuesta. En el tercer período la reacción de la producción vuelve a disminuir en -16.019. Mientras que para el último trimestre del año se establece una recuperación del PIB producto del shock puesto que se registra un valor como respuesta de 20.878. A partir del sexto trimestre a la generación del shock el impacto toma valores más pequeños que resultan encontrarse fuera del intervalo de confianza de la gráfica de la función impulso-respuesta por lo que su interpretación no se hace necesaria. Cabe recalcar que el hecho de que el valor sea decreciente indica que en el corto plazo el efecto del shock causa un impacto positivo en el PIB, pero en el largo plazo el efecto tiende a estabilizarse.

Este resultado coincide con lo encontrado por **Jiménez & Sánchez (2004)** en la cual el país exportador Noruega mediante la generación de la función impulso respuesta presentó una respuesta positiva en su PIB producto de los shocks en el precio internacional del petróleo que se mantiene durante los dos primeros trimestres y muestra efectos negativos en los dos siguientes trimestres. De igual manera **Ito (2010)** determinó que en otro país exportador como Rusia un choque en los precios internacionales del petróleo ocasiona un efecto positivo en el Producto Interno Bruto con la diferencia de que este efecto se mantiene durante cuatro trimestres. En contraparte el resultado es contrario al encontrado por **Edirnelegil & Mucuk (2014)** puesto que la función impulso respuesta indica un impacto negativo en el PIB producto de un shock positivo en el precio del crudo.

Descomposición de la varianza

Tabla 54: Descomposición de la varianza

Descomposición de la varianza para d_PIB			
Período	Desv. Típica	d_PIB	d_Ppwti
1	347.832	100.0000	0.0000
2	368.788	97.7879	2.2121
3	369.535	97.6089	2.3911
4	374.96	97.3676	2.6324
5	377.469	96.9341	3.0659
6	377.63	96.9347	3.0653
7	377.659	96.9352	3.0648
8	377.679	96.9310	3.0690
9	377.693	96.9292	3.0708

10	377.696	96.9291	3.0709
11	377.696	96.9291	3.0709
12	377.696	96.9291	3.0709
13	377.696	96.9290	3.0710
14	377.696	96.9290	3.0710
15	377.696	96.9290	3.0710
16	377.696	96.9290	3.0710
17	377.696	96.9290	3.0710
18	377.696	96.9290	3.0710
19	377.696	96.9290	3.0710
20	377.696	96.9290	3.0710

Fuente : GRETL

Elaborado por : Steven Acaro

Para concluir el estudio se determinó la descomposición de la varianza mediante GRETL. La tabla anterior señala el porcentaje de influencia del shock en los precios internacionales en el Producto Interno Bruto. Como se puede ver en el primer trimestre los retardos del PIB explican en un 100% la reacción ante un shock del precio del petróleo mientras que el precio del crudo tiene un efecto nulo que coincide con la representación gráfica de la función impulso respuesta. Posteriormente en el segundo trimestre se observa que el cambio en el PIB se encuentra explicado en un 2.21% por el shock petrolero que de igual manera se observa en la función impulso respuesta que este período registra el mayor impacto del choque en la variable explicativa. En el tercer trimestre en el que en el gráfico anterior se observó una disminución de la producción el precio WTI del petróleo explica esta reacción en 2.39% mientras que los valores anteriores del PIB la explican en 97.61%.

Finalmente en el primer trimestre del segundo año a partir de la generación del choque en el precio del petróleo que corresponde al primer período en el cuál el efecto tiende a estabilizarse se registró que el shock petrolero explica el comportamiento del PIB en 3.06%. Los periodos subsiguientes no requieren de interpretación puesto que sus efectos en el gráfico de la función impulso respuesta se encuentran fuera del intervalo de nivel de confianza del 95%. Este resultado es similar a lo encontrado por Du (2010) a partir de la descomposición de la varianza que indica que los cambios en el PIB producto de la fluctuación petrolera ocurren entre un 2% y 4%. De igual manera en un estudio realizado en Turquía por **Edirnelegil & Mucuk (2014)** se presentaron resultados equivalentes puesto que los cambios en el PIB están explicados por el precio del petróleo pero en mayor magnitud en torno al 6%.

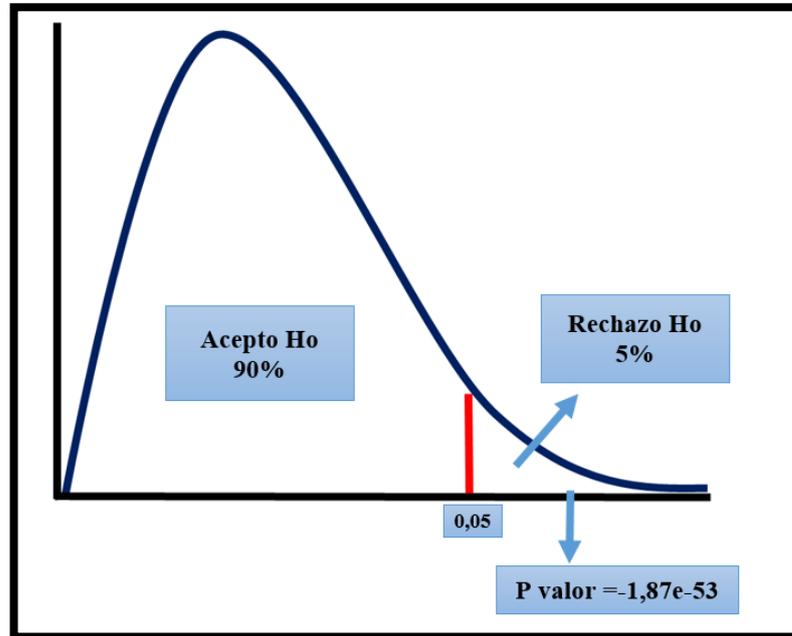
4.2 Verificación de la hipótesis o fundamentación de las preguntas de investigación

La verificación de las hipótesis de la investigación se realiza mediante los contrastes aplicados a los modelos de MCO y VAR con un nivel de confianza del 95%.

Relación entre las variables

Para determinar si se acepta o se rechaza la hipótesis nula que indica la no existencia de una relación entre el PIB y el precio internacional del petróleo se recurre a la prueba de significancia de los parámetros en conjunto del modelo MCO.

Gráfico 13: Prueba de hipótesis de la relación entre el PIB y el precio del petróleo



Fuente: Gujarati & Porter (2010)

Elaborado por : Steven Acaro

Se presenta el resultado de la prueba de hipótesis de significancia conjunta de los parámetros estimados del modelo MCO log-log cuyas hipótesis son :

$$H_0: \hat{\beta}_0 = \hat{\beta}_1 = 0$$

$$H_1: \hat{\beta}_0 \neq \hat{\beta}_1 \neq 0$$

La hipótesis nula indica que los coeficientes son iguales a cero mientras que la alternativa establece que son diferentes de cero. Considerando el p valor del estadístico F que muestra un valor de $-1.87e-53$ que es menor al nivel de confianza de 0.05 y por lo tanto se encuentra en la zona de rechazo de la hipótesis nula se define que los parámetros son diferentes de cero que quiere decir que existe una relación entre el Producto Interno Bruto y el precio internacional del petróleo.

Naturaleza de la relación

Tabla 55: Interpretación de los coeficientes

Coeficientes	Valor	Signo
$\hat{\beta}_0$	5.0623	+
$\hat{\beta}_1$	1.0819	+

Fuente: GRETL

Elaborado por : Steven Acaro

La naturaleza de la relación entre el Producto Interno Bruto y los precios internacionales del petróleo se categoriza como relación directa puesto que los signos de los coeficientes individuales estimados son positivos lo que quiere decir que si aumenta el precio del crudo también aumenta el PIB.

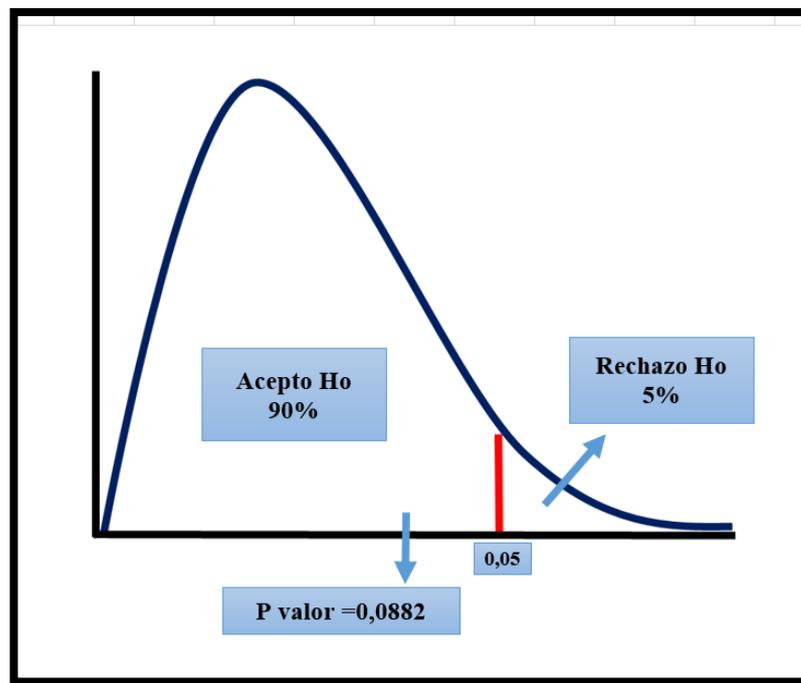
Causalidad entre las variables

Se recurre al contraste de causalidad de Granger para determinar la dirección de la relación entre el PIB y el precio del petróleo estableciendo las siguientes hipótesis.

H_0 : El precio WTI del petróleo no causa al PIB

H_1 : El precio WTI del petróleo causa al PIB

Gráfico 14: Prueba de hipótesis de la causalidad de las variables



Fuente: Gujarati & Porter (2010)

Elaborado por : Steven Acaro

El gráfico anterior muestra la representación del p valor del contraste de causalidad de Granger recuperado desde el modelo VAR implementado en la investigación. Dicho p valor asciende a 0.0882 que es mayor al nivel de confianza de 0.05 y por lo tanto no se puede rechazar la hipótesis nula y se define que el precio WTI del petróleo no causa al PIB.

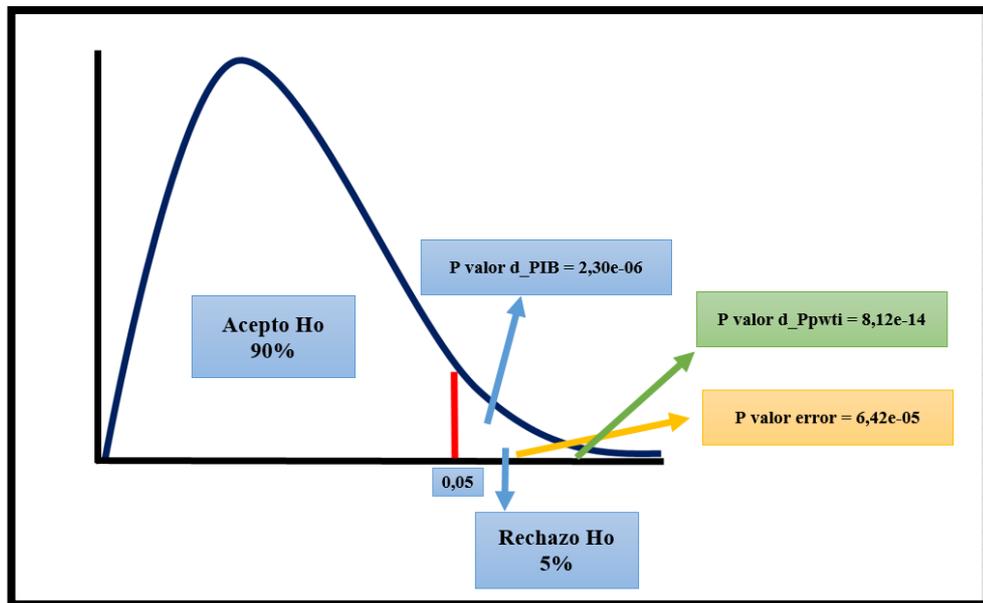
Relación a largo plazo de las variables

Para determinar si existe una relación en el largo plazo entre las variables de estudio se opta por recuperar los resultados del test de cointegración de Engle-Granger el cual establece las siguientes hipótesis.

H_0 : Existe raíz unitaria

H_1 : No existe raíz unitaria

Gráfico 15: Prueba de hipótesis de la relación a largo plazo entre las variables



Fuente: Gujarati & Porter (2010)

Elaborado por : Steven Acaro

En la anterior gráfica se muestra los resultados del contraste de hipótesis de Engle-Granger. Se observa que los p valores de las series del PIB, del petróleo y de sus términos de error caen en la zona de rechazo de la hipótesis nula por tanto no existe raíz unitaria. Considerando lo anterior se establece que las series no están cointegradas y por consiguiente no existe una relación a largo plazo entre las variables puesto que para determinar la existencia de cointegración es necesario que exista raíz unitaria en las series de tiempo del PIB y del petróleo pero se debe rechazar la hipótesis de raíz unitaria en los términos de error.

4.3 Limitaciones del estudio

La literatura existente acerca de la relación entre el Producto Interno Bruto y el precio internacional del petróleo en el idioma castellano es escasa por lo que se recurrió a investigaciones científicas en el idioma inglés en el cual se encontró abundante cantidad de revistas científicas relevantes para el estudio. No obstante el proceso de traducción dificultó y realentizó el proceso de la investigación.

La recopilación de datos del precio del petróleo West Texas Intermediate no se pudo recuperar de una base de datos de una misma institución puesto que la Agencia Internacional de Energía presenta datos desde 1986 hasta el 2018 y por lo tanto se recurrió a la base de datos de BP Group para extraer los datos del período 1976-1985. La limitación radica en la variación de los precios debido al método de registro del precio anual del petróleo de cada institución. No obstante dicha variación no es significativa para descartar su utilización pero es importante mencionarla.

Los datos trimestrales del precio del petróleo y del Producto Interno Bruto fueron generados a partir del software de desagregación de datos ECOTRIM que mediante un modelo lineal considerando los datos reales con periodicidad anual de las variables emitió los valores estimados por cada trimestre en el período 1976-1989. A partir de 1990 hasta el 2018 se utilizó los datos reales de cada trimestre emitidos por la Agencia Internacional de Energía y el Banco Central del Ecuador.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

La economía de los recursos naturales abarca la determinación de un modelo sostenible de explotación de recursos naturales para los países que disponen de ellos. El petróleo siendo un recurso agotable y altamente consumido es un producto que provoca impactos ambientales y económicos de acuerdo a su nivel de extracción presente y futuro. La relevancia de mantener un modelo de extracción responsable se indicó en la teoría económica citada en la investigación en la cual Solow indica que se debe mantener un equilibrio intergeneracional al acceso al recurso, es decir que tanto las generaciones actuales como las futuras deben contar con los beneficios económicos y ambientales. Además, recalca la importancia de elaborar políticas que establezcan niveles óptimos de explotación procurando agotar el recurso en el momento en el que pierda su valor monetario con la finalidad de evitar la pérdida de esos recursos para generar riqueza y bienestar en la población.

Las hipótesis de investigación fueron respondidas mediante la aplicación de modelos econométricos de Mínimos Cuadrados Ordinarios y de Vectores Autorregresivos en los cuales se estableció contrastes para los estimadores en conjunto, se interpretó los signos de los coeficientes individuales y se analizó el valor del coeficiente de determinación en el caso del primer modelo, mientras que para el segundo los contrastes utilizados obedecen a determinar la naturaleza de la relación cuyos contrastes obedecen al de causalidad de Granger para determinar cuál variable causa a la otra y además se recurrió al test de cointegración de Engle-Granger y de Johansen para determinar la existencia de una relación de largo plazo entre las variables.

El primer objetivo se cumplió mediante el estudio descriptivo en el cuál a partir del gráfico de series temporales se determina que el precio del petróleo durante el período 1976 hasta el año 2002 presenta un nivel de fluctuación menor y el precio apenas superó los \$40 dólares por barril. Los movimientos importantes se registraron en la década del 2000 período en el que se observa como evidencia empírica lo señalado por la teoría económica que señala que los cambios en los precios se deben al

comportamiento de la oferta y la demanda del mercado internacional del petróleo. Por ejemplo, en el 2006 se registró una tendencia alcista del precio del petróleo debido al crecimiento económico mundial que bordeaba el 3% siendo China el país que mayor cantidad de petróleo demandó fruto de su dinámica económica positiva.

Por contrario en 2008 y 2009 el precio del petróleo presentó un comportamiento negativo debido a la crisis inmobiliaria de Estados Unidos que derivó en un efecto dominó al resto de economías del mundo provocando una disminución de la demanda de crudo. Factores como los conflictos bélicos en Medio Oriente y las crisis económicas en los países desarrollados son los principales causantes del movimiento del precio del petróleo. Las estadísticas principales del precio WTI del petróleo mostraron que el precio promedio por cada barril durante el período 1976-2018 se concentró en torno a los \$39.70 registrando un precio mínimo de \$11.67 y un máximo de \$123.77. La serie de tiempo de esta variable presentó una distribución asimétrica positiva y un coeficiente de curtosis típico de la forma de curva de distribución leptocúrtica que advirtió posibles problemas de no normalidad para los modelos econométricos.

El cumplimiento del segundo objetivo se obtuvo gracias a la implementación de dos tipos de modelos econométricos con el software GRETL. El primero de tipo MCO que indicó resultados que no permitieron indicarlo como un modelo óptimo puesto que no cumplió todos los supuestos de Gauss necesarios para obtener un modelo con mejores estimadores lineales insesgados. Partiendo de esto se implementó distintas formas funcionales de este modelo aplicando logaritmos a las variables logrando obtener modelos que a diferencia del primero presentaron ambos coeficientes significativos en los tres niveles de confianza. No obstante, solo cumplían dos supuestos, el que indicaba que la media de las perturbaciones debe ser equivalente a cero y la no existencia de colinealidad entre las variables. Cabe recalcar que el modelo log-log cumplía un supuesto adicional que es el de linealidad en los parámetros y que resultó el mejor modelo MCO de los cuatro planteados. Esto fue establecido considerando que este modelo registró los menores valores en los tres criterios de información, registró un coeficiente de determinación elevado que ascendió a 0.75 con coeficientes positivos significativos tanto a nivel individual como en conjunto. La existencia de parámetros

estimados con signo positivo permitió establecer que la relación entre el Producto Interno Bruto y el precio WTI del petróleo es directa, es decir cuando el precio aumenta también lo hace el PIB. A partir del modelo log-log se concluye que ante un aumento de un punto porcentual en el precio internacional del petróleo el PIB crece en 1.08% con periodicidad trimestral.

Continuando con el desarrollo del segundo objetivo se recurrió a un modelo VAR que es el tipo de modelo más utilizado en las investigaciones citadas en el presente estudio. Se determinó que las series de tiempo de ambas variables no son estacionarias. La estacionariedad de los datos es una condición fundamental en los sistemas VAR por lo que se aplicó las primeras diferencias a las variables y se logró cumplir con esta condición. Posteriormente se determinó el orden de retardos óptimos con el que se trabajó el modelo partiendo de los tres criterios de información se estableció que los valores significativos para los criterios de Akaike y de Hannan-Quinn recaían en el tercer rezago. Una vez definido esto se corrió el modelo obteniendo que en la primera ecuación correspondiente al PIB resultaron estadísticamente significativos el coeficiente de la constante, el primer y tercer rezago del PIB y el primer y tercer retardo del precio del petróleo. En conjunto se determinó que todos los retardos implementados en la ecuación 1 son estadísticamente significativos.

Mientras que en la segunda ecuación perteneciente al precio internacional del petróleo únicamente los dos rezagos de esta variable presentan parámetros significativos a nivel individual pero no resultaron ser significativos en conjunto. Los contrastes básicos de este modelo obedecen a los supuestos de autocorrelación, heteroscedasticidad y normalidad. Estos contrastes determinaron que el modelo VAR planteado no presenta problemas de autocorrelación puesto que se pudo aceptar la hipótesis nula del test. Mientras que la prueba de heteroscedasticidad mostró un resultado adverso puesto que se rechazó la hipótesis nula sin embargo hay que resaltar una particularidad en este contraste que a un nivel de confianza del 90% se tuvo un resultado que permitió aceptar la hipótesis nula de existencia de homoscedasticidad que satisface el supuesto planteado. Por otro lado, el supuesto de normalidad como se observó en los modelos MCO tampoco se cumple en el modelo autorregresivo por lo que se optó por descartar la relevancia de este contraste debido a que **Gujarati & Porter (2010)** mencionó que

ante muestras grandes que en el caso de la investigación son 172 observaciones no se debe considerar imprescindible el cumplimiento del supuesto de normalidad puesto que la gran cantidad de valores tiende a desconcentrar la distribución de su valor medio.

Además, se estableció otros contrastes típicos de los modelos VAR que contribuyen a interpretar el modelo puesto que la interpretación de los valores de sus coeficientes no refleja la naturaleza de la relación entre las variables. De esta forma el test de causalidad de Granger indicó que el precio internacional del petróleo y el Producto Interno Bruto en Ecuador son independientes lo que no es coherente con lo encontrado en Ghana por **Vitor, Samanhyia & Bonney (2018)** siendo un país exportador de crudo. Cabe mencionar que no coincide con el resultado obtenido por **Du, He & Wei (2010)** para China que es un país importador de crudo. El investigador señala que este comportamiento contrario a lo esperado para un país consumidor de petróleo se puede explicar por la estructura económica del país puesto que depende más de las exportaciones de bienes y servicios finales antes que del sector petrolero.

Posteriormente se ejecutó el contraste de cointegración de Engle-Granger y de Johansen para determinar si existe una relación de equilibrio en el largo plazo entre las variables. Los resultados de los contrastes mostraron que las series de tiempo de ambas variables y las perturbaciones del modelo no presentaban raíz unitaria. Es importante señalar que bajo este contraste se requiere que exista raíz unitaria en las variables y que no exista en los términos de error no obstante esto no se cumplió y por lo tanto no se puede establecer que las series de tiempo de las variables tengan al menos una relación de cointegración y por tanto no existe una relación en el largo plazo. Es posible que el proceso de diferenciación haya incidido en la imposibilidad de tener raíces unitarias en el PIB y el precio del petróleo, pero como se mencionó anteriormente es un requisito del modelo VAR la estacionariedad de los datos y por ello se procedió de esa manera. Los resultados no coinciden con los de **Vitor, Samanhyia & Bonney (2018)** quienes hallaron la existencia de al menos una ecuación de cointegración en sus respectivos modelos. No obstante, el resultado si es coherente con lo establecido por **Alonso & Martínez (2017)** en el caso de Colombia y México los cuáles demostraron no tener una relación a largo plazo entre el precio del petróleo y el Producto Interno Bruto. Este

tipo de resultado advirtió que los efectos de la fluctuación petrolera solo se evidencian en el corto plazo mientras que a largo plazo tiende a estabilizarse.

Considerando que el modelo VAR cumple con dos de los tres supuestos básicos y habiendo señalado el motivo por el que se omite el contraste de normalidad se consideró al modelo autorregresivo como aquel que cumple el segundo objetivo de la investigación puesto que sus estimadores son significativos, sus valores en los criterios de información son menores que los del modelo MCO log-log y sus resultados reflejan de manera empírica la relación establecida entre las variables por la teoría económica para un país exportador de petróleo la cual menciona que los precios del petróleo afectan al PIB de manera positiva.

El tercer objetivo se cumplió mediante la generación del gráfico de la función impulso respuesta a partir del modelo VAR planteado. En primer lugar, se obtuvo el gráfico de raíces inversas del VAR que permitió indicar que las series de tiempo del modelo son estacionarias y que sus parámetros se mantienen constantes en el período estimado. Posteriormente se generó la función impulso respuesta que a través de la generación de un shock en el precio internacional del petróleo se evidenció un efecto positivo en el Producto Interno Bruto a partir del segundo trimestre y se presenta un efecto negativo en el tercer trimestre para nuevamente incrementarse en el cuarto y a partir del quinto trimestre el efecto tiende a estabilizarse. Estos resultados son similares a los encontrados por **Jiménez & Sánchez (2004)** en Noruega donde el efecto del shock se presenta positivo en los primeros periodos y posteriormente se obtuvo un efecto negativo. Por otro lado, también coincide con la investigación de **Ito (2010)** quien señaló que un shock en el precio del petróleo provoca una reacción positiva en el PIB para Rusia en su condición de país exportador.

El nivel de influencia del shock del precio del petróleo en el PIB se midió a través de la descomposición de la varianza que presentó resultados que establecieron que entre el 2% y el 3% de los cambios en el Producto Interno Bruto se encuentran explicados por los shocks del precio del petróleo manteniéndose constante este nivel desde el décimo período analizado no obstante cabe recalcar que esto no se considera relevante puesto que dentro de la función impulso respuesta estos últimos períodos se encuentran

por fuera del intervalo de confianza por lo que no son estadísticamente significativos. Esto es coherente con lo encontrado por **Ito (2010)** para el caso del país exportador de crudo Rusia. Se determinó que en este país la función impulso respuesta muestra un efecto positivo en el PIB ante la generación de un shock en el precio del petróleo. Curiosamente el resultado de la presente investigación es concordante con el de **Du, Hei & Wei (2010)** en China que mediante la descomposición de la varianza encontró que entre un 2 % y 4% los shocks petroleros explican los cambios del PIB en este país. Esto quiere decir que a pesar de su condición de importador los choques en el precio del crudo no le afectan negativamente ya que su economía no es dependiente del sector petrolero.

Finalmente, los resultados obtenidos en la investigación reflejan que el comportamiento de los precios del petróleo es ajeno a Ecuador y por ende desde esta perspectiva la política pública no tiene dominio sobre los factores que mueven al mercado petrolero internacional por lo que los efectos que provocan los shocks petroleros son inevitables. Sin embargo, el país puede adoptar medidas para disminuir el impacto de los shocks negativos del precio del crudo puesto que el 37.5% de los ingresos del sector externo dependieron de las exportaciones petroleras en el 2018 y además este sector contribuyó con el 8.5% al PIB durante ese año siendo esta la razón por la cual se debe disminuir el nivel de dependencia de la actividad petrolera. De esta manera se evita repetir los errores del pasado puesto que como se mencionó en lo recuperado de **Acosta (2006)** desde los inicios de la actividad petrolera el país tiende a gastar todos los recursos de este recurso natural en actividades que no implican un cambio estructural y además se adquiere deudas que sobrepasan la capacidad de pago del país y que se agravan cuando los precios disminuyen súbitamente ocasionando la contracción del Producto Interno Bruto y comprometiendo el crecimiento económico del país.

5.2 Recomendaciones

Para el desarrollo de nuevas investigaciones a partir de los resultados del actual estudio se recomienda introducir nuevas variables en el modelo econométrico que permitan establecer la relación de las fluctuaciones del precio del petróleo en la macroeconomía ecuatoriana para extender el alcance de los shocks petroleros en el país.

Además, se puede implementar modelos con períodos de estudio separados con la finalidad de medir la evolución del nivel de dependencia del precio internacional del petróleo del Producto Interno Bruto de Ecuador y observar en qué periodo se generaron los choques más fuertes que incidieran en el PIB.

Se recomienda implementar modelos econométricos que permitan establecer el nivel óptimo de explotación de barriles de petróleo que garanticen un equilibrio intergeneracional y evitar agotar el recurso antes de tiempo o de manera tardía cuando pierda su valor en el mercado internacional.

El presente estudio puede ser mejorado al incluir variables ficticias en los modelos econométricos que reflejen los shocks provocados por los cambios inesperados en la oferta y la demanda del petróleo como lo son los conflictos políticos y militares, las crisis económicas y los fenómenos naturales de gran escala.

Finalmente se recomienda que el actual y los futuros gobiernos desarrollen programas para implementar modelos de explotación sostenibles que permitan al país disminuir los impactos ambientales y generar los recursos económicos que proporciona el sector petrolero en la actualidad. Una parte considerable de los recursos de debe invertir en la generación de nuevas industrias de energía que garanticen la seguridad energética del país en el largo plazo que conjuntamente deberán ser acompañadas de inversiones en la implementación de nuevas industrias de elaboración de bienes y prestación de servicios con la finalidad de diversificar la economía y reducir la dependencia en el sector externo de materias primas. Es necesario explotar todas las reservas petroleras de forma responsable garantizando el equilibrio intergeneracional del medio ambiente y de los recursos económicos antes de que la demanda del petróleo en el mundo producto de las innovaciones tecnológicas cese. La sobreexplotación o subexplotación

del crudo puede generar un impacto ambiental perjudicial en el primer caso y en el segundo puede generar un coste de oportunidad negativo para el bienestar de la población y el desarrollo económico del país.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, A. (2006). *Breve historia económica del Ecuador*. Quito. Ecuador: Corporación Editora Nacional.
- Agencia Internacional de Energía. (2019). *Glosario*. Washington DC, EU.: U.S. Energy Information Administration. Recuperado de <https://www.eia.gov/tools/glossary/index.php?id=W>
- Agencia Internacional de Energía. (2019). *Oil 2019 Executive Summary Analysis and Forecast to 2024*. Recuperado de <https://webstore.iea.org/download/summary/2446?fileName=English-Oil-2019-ES.pdf>
- Akalpler, E. y Nuhu, A. (2018). The impact of oil price instability on economic growth: Evidence form Nigeria. *Business, Economics and Management Research Journal*, 1(1), 39-53.
- Alonso, J. y Martínez, D. (2017). Impacto del precio del petróleo sobre el PIB de los países de la Alianza del Pacífico. *Revista Finanzas y Política Económica*, 9(2), 249-264.
- Azqueta, D., Alviar, M., Domínguez, L. y O’Ryan, R. (2007). *Introducción a la economía ambiental*. Madrid. España: Mc Graw Hill.
- Banco Central del Ecuador. (2008). *Análisis del sector petrolero III Trimestre 2008* (9). Recuperado de <https://contenido.bce.fin.ec/documentos/Estadisticas/Hidrocarburos/ASP200809.pdf>
- Banco Central del Ecuador. (2019). *Reporte del Sector Petrolero IV Trimestre de 2018*. Recuperado de <https://contenido.bce.fin.ec/documentos/Estadisticas/Hidrocarburos/ASP201812.pdf>
- Coleman, L. (2012). Explaining crude oil prices using fundamental measures. *Energy Policy*, 40, 318-324.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2015). *Impacto fiscal de la volatilidad del precio del petróleo en América Latina y el Caribe*. Recuperado de https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/39706/1/S1501020_es.pdf

- Du, L., He, Y. y Wei, C. (2010). The relationship between oil price shocks and China's macro-economy: An empirical analysis. *Energy Policy*, 38, 4142-4151.
- Edirnelegil, A. y Mucuk, M. (2014). The effects of oil price on Turkish economic growth. *International Academic Conference*. 12, 360-370.
- Fan, Y., Liang, Q. y Wei, Y. (2008). A generalized pattern matching approach for multi-step prediction of crude oil price. *Energy Economics*, 30, 889-904.
- Flores, A. (2007). *Impactos de los precios del petróleo sobre el PIB real, gasto de consumo personal real, inversión bruta real y la política monetaria de los Estados Unidos de América, en el período comprendido del tercer trimestre de 1995 al segundo trimestre de 2006* (tesis de pregrado). Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Nicaragua.
- Gadea, M., Gómez, A. y Montañés, A. (2016). Oil price and economic growth: A long story?. *Econometrics*, 4(41), 1-28.
- González, S. y Hernández, E. (2016). Impactos indirectos de los precios del petróleo en el crecimiento económico colombiano. *Lecturas de Economía*, 84, 103-141.
- Gujarati, D. y Porter, D. (2010). *Econometría*. Ciudad de México, México: Mc Graw Hill.
- Hamilton, D. (2003). What is an oil shock?. *Journal of Econometrics*, 113, 363-398.
- Herrera, J. (2016). *Análisis de la dependencia real hacia la renta petrolera en Ecuador y las brechas existentes en el reporte de su información* (Tesis de maestría). Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, Ecuador.
- Hotelling, H. (1931). The Economics of Exhaustible Resources. *Journal of Political Economy*, 39(2), 137-155.
- Ito, K. (2010). The impact of oil price volatility on the macroeconomy in Rusia. *Original Paper*, 48, 695-702.
- Jiménez, R. y Sánchez, M. (2004). Oil Price shocks and real GDP growth Empirical evidence for some OECD countries. *Working Paper Series*, 362, 4-66.
- Labandeira, X., León, C. y Vázquez, M. (2007). *Economía Ambiental*. Madrid. España: Pearson.
- Levin, R. y Rubin, D. (2004). *Estadística para administración y economía*. Ciudad de México, México: Pearson.
- Mankiw, G. (2014). *Macroeconomía*. Barcelona. España: Antoni Bosch.

- Marte, O., y Villanueva, B. (2007). Los precios internacionales del petróleo, el pib real y los precios en la economía dominicana. *Ciencia y Sociedad*, 32(2), 190-216.
- Martínez, C. (2006). *Estadística básica aplicada*. Bogotá, Colombia: Ecoe.
- Organización de Países Exportadores de Petróleo. (2019). *2018 Anual Report*. Recuperado de https://www.opec.org/opec_web/static_files_project/media/downloads/publications/AR%202018.pdf
- Parkin, M., Esquivel, G. y Muñoz, M. (2004). *Macroeconomía*. Ciudad de México, México: Pearson.
- Quinde, V., Silvera, C., & Vaca, G. (2019). Análisis de cointegración entre el gasto en ciencia y tecnología y el Producto Interno Bruto. Caso Ecuador. *Universidad y Sociedad*, 11(2), 31-36.
- Reyes, A., & Aguirre, D. (2016). *Crecimiento de la economía ecuatoriana: Efectos de la balanza comercial no petrolera y de la dolarización* (tesis de maestría). Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador.
- Rojas, R. (2006). *Guía para realizar investigaciones sociales*. Ciudad de México. México: Plaza y Valdés.
- Samuelson, P. y Nordhaus, W. (2010). *Macroeconomía con aplicaciones a lationamérica*. Ciudad de México. México: Mc Graw Hill.
- Sarabia, J. y Pascual, M. (2005). *Curso básico de estadística para economía y administración de empresas*. Santander, España: Textos universitarios.
- Solow, R. (1974). The Economics of Resources or the Resources of Economics. *American Economic Review*, 64(2), 1-14.
- Triola, M. (2009). *Estadística*. Ciudad de México, México: Pearson.
- Trujillo, G. (2010). La metodología del Vector Autorregresivo: Presentación y Algunas Aplicaciones. *Ciencias Empresariales*, 2(2), 103-108.
- Vitor, D., Samanhyia, S. y Bonney, E. (2018). Do oil prices influence economic growth in Ghana? An empirical analysis. *Cogent Economics & Finance*, 6, 1-14.

- Yousef, T. y Sultan, Z. (2019). Oil price and economic growth: The case of Indian economy. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 9(3), 274-279.
- Zaher, Z. y Maayan, S. (2015). The impact of global oil prices on the Israel's GDP Per Capita: An emipirical analysis. *Journal of Global Economics*, 3(2), 1-7.
- Zhang, D. (2008). Oil shock and economic growth in Japan: A nonlinear approach. *Energy Economics*, 30, 2374-2390.

ANEXOS

Anexo 1: Ficha de observación de los datos anuales del PIB de Ecuador y precio del petróleo del periodo 1976-1989

Período	PIB (millones de dólares)
1976	9087.57
1977	11021.06
1978	11916.79
1979	14168.37
1980	17872.94
1981	21800.31
1982	19920.30
1983	17144.26
1984	16904.41
1985	17140.87
1986	15306.80
1987	13938.75
1988	13045.63
1989	13884.17

Fuentes: Banco Central del Ecuador & BP Group

Elaborado por: Steven Acaro

Anexo 2: Ficha de observación de datos trimestrales del PIB de Ecuador y de los precios del petróleo del período 1990-2018

Período	PIB (Millones de USD)	Precio WTI petróleo (USD)
1990 I	3663	21.75
1990 II	3752	17.77
1990 III	3852	26.23
1990 IV	2522	32.09
1991 I	2663	21.95

1991 II	2599	20.77
1991 III	2785	21.65
1991 IV	2730	21.77
1992 I	2874	18.9
1992 II	3007	21.22
1992 III	2914	21.67
1992 IV	3013	20.48
1993 I	3278	19.85
1993 II	3100	19.75
1993 III	3039	17.81
1993 IV	3331	16.37
1994 I	3612	14.82
1994 II	3744	17.83
1994 III	3853	18.47
1994 IV	3958	17.64
1995 I	4170	18.38
1995 II	4330	19.34
1995 III	4422	17.87
1995 IV	4413	18.13
1996 I	4594	19.77
1996 II	4521	21.71
1996 III	4478	22.34
1996 IV	4680	24.63
1997 I	4783	22.81
1997 II	4853	19.92
1997 III	4841	19.8
1997 IV	4898	19.96
1998 I	4900	15.94
1998 II	4954	14.64
1998 III	5008	14.22
1998 IV	5108	12.93
1999 I	4915	13.17

1999 II	4917	17.65
1999 III	4799	21.69
1999 IV	3899	24.64
2000 I	3797	28.87
2000 II	3376	28.92
2000 III	2697	31.6
2000 IV	5190	32.06
2001 I	5904	28.76
2001 II	6070	27.92
2001 III	6160	26.7
2001 IV	6335	20.47
2002 I	6738	21.64
2002 II	7087	26.27
2002 III	7294	28.3
2002 IV	7431	28.27
2003 I	8011	34.04
2003 II	7965	28.98
2003 III	8120	30.22
2003 IV	8336	31.18
2004 I	8849	35.33
2004 II	9042	38.31
2004 III	9207	43.84
2004 IV	9493	48.14
2005 I	9858	49.9
2005 II	10221	53.11
2005 III	10646	63.31
2005 IV	10782	59.99
2006 I	11313	63.3
2006 II	11727	70.46
2006 III	11942	70.54
2006 IV	11821	59.93
2007 I	11972	58.08

2007 II	12483	64.97
2007 III	12923	75.22
2007 IV	13630	90.58
2008 I	14506	97.86
2008 II	15789	123.77
2008 III	16213	118.29
2008 IV	15254	58.68
2009 I	15022	43.14
2009 II	15589	59.61
2009 III	15780	68.08
2009 IV	16129	76
2010 I	16763	78.81
2010 II	17071	77.82
2010 III	17429	76.07
2010 IV	18293	85.22
2011 I	18923	94.07
2011 II	19728	102.02
2011 III	19968	89.49
2011 IV	20657	94.09
2012 I	21623	102.94
2012 II	21909	93.29
2012 III	22107	92.17
2012 IV	22286	88.01
2013 I	23020	94.33
2013 II	23441	94.05
2013 III	24239	105.83
2013 IV	24430	97.5
2014 I	24829	98.68
2014 II	25541	103.35
2014 III	25940	97.87
2014 IV	25416	73.21
2015 I	25053	48.48

2015 II	25086	57.85
2015 III	24780	46.55
2015 IV	24372	41.94
2016 I	24914	33.35
2016 II	24926	45.46
2016 III	24911	44.85
2016 IV	25187	49.18
2017 I	26000	51.64
2017 II	25994	48.15
2017 III	25961	48.16
2017 IV	26341	55.27
2018 I	26894	62.9
2018 II	26768	68.07
2018 III	27267	69.69
2018 IV	27469	59.59

Fuentes: Banco Central del Ecuador & Agencia Internacional de Energía

Elaborado por: Steven Acaro

Anexo 3: Desagregación trimestral de los datos del PIB y precios del petróleo del período 1976-1989 con ECOTRIM

Período	PIB (Millones de USD)	Precio WTI petróleo (USD)
1976 I	2163	11.67
1976 II	2207	11.89
1976 III	2294	12.34
1976 IV	2424	13.02
1977 I	2598	13.91
1977 II	2731	14.40
1977 III	2821	14.46
1977 IV	2870	14.11
1978 I	2878	13.34

1978 II	2921	13.52
1978 III	3001	14.64
1978 IV	3117	16.70
1979 I	3270	19.72
1979 II	3440	23.07
1979 III	3627	26.76
1979 IV	3832	30.78
1980 I	4054	35.15
1980 II	4308	38.02
1980 III	4596	39.40
1980 IV	4916	39.28
1981 I	5269	37.66
1981 II	5482	36.38
1981 III	5557	35.44
1981 IV	5492	34.84
1982 I	5289	34.57
1982 II	5084	34.09
1982 III	4878	33.41
1982 IV	4670	32.52
1983 I	4461	31.43
1983 II	4307	30.54
1983 III	4209	29.86
1983 IV	4167	29.38
1984 I	4180	29.11
1984 II	4204	29.11
1984 III	4238	29.39
1984 IV	4283	29.95
1985 I	4339	30.78
1985 II	4340	30.00
1985 III	4286	27.59
1985 IV	4176	23.56
1986 I	4012	17.92

1986 II	3872	14.51
1986 III	3757	13.35
1986 IV	3665	14.43
1987 I	3598	17.75
1987 II	3526	19.65
1987 III	3449	20.14
1987 IV	3366	19.21
1988 I	3278	16.86
1988 II	3236	15.57
1988 III	3241	15.34
1988 IV	3291	16.16
1989 I	3387	18.03
1989 II	3459	19.44
1989 III	3507	20.38
1989 IV	3531	20.85

Fuentes: ECOTRIM

Elaborado por: Steven Acaro

Anexo 4: Categorización de los datos de las variables

Período	PIB (Millones de USD)	Tasa de variación PIB	Categoría PIB	Precio WTI petróleo (USD)	Tasa de variación precio del petróleo	Categoría Precio del petróleo
1976 I	2163	-	-	11.67	-	-
1976 II	2207	0.02	Crece	11.89	0.02	Fluctuación creciente
1976 III	2294	0.04	Crece	12.34	0.04	Fluctuación creciente
1976 IV	2424	0.06	Crece	13.02	0.05	Fluctuación creciente
1977 I	2598	0.07	Crece	13.91	0.07	Fluctuación creciente

1977 II	2731	0.05	Crece	14.40	0.03	Fluctuación creciente
1977 III	2821	0.03	Crece	14.46	0.00	Fluctuación creciente
1977 IV	2870	0.02	Crece	14.11	-0.02	Fluctuación decreciente
1978 I	2878	0.00	Crece	13.34	-0.05	Fluctuación decreciente
1978 II	2921	0.02	Crece	13.52	0.01	Fluctuación creciente
1978 III	3001	0.03	Crece	14.64	0.08	Fluctuación creciente
1978 IV	3117	0.04	Crece	16.70	0.14	Shock alcista
1979 I	3270	0.05	Crece	19.72	0.18	Shock alcista
1979 II	3440	0.05	Crece	23.07	0.17	Shock alcista
1979 III	3627	0.05	Crece	26.76	0.16	Shock alcista
1979 IV	3832	0.06	Crece	30.78	0.15	Shock alcista
1980 I	4054	0.06	Crece	35.15	0.14	Shock alcista
1980 II	4308	0.06	Crece	38.02	0.08	Fluctuación creciente
1980 III	4596	0.07	Crece	39.40	0.04	Fluctuación creciente
1980 IV	4916	0.07	Crece	39.28	0.00	Fluctuación decreciente
1981 I	5269	0.07	Crece	37.66	-0.04	Fluctuación decreciente
1981 II	5482	0.04	Crece	36.38	-0.03	Fluctuación decreciente
1981 III	5557	0.01	Crece	35.44	-0.03	Fluctuación decreciente
1981 IV	5492	-0.01	Decrece	34.84	-0.02	Fluctuación decreciente

1982 I	5289	-0.04	Decrece	34.57	-0.01	Fluctuación decreciente
1982 II	5084	-0.04	Decrece	34.09	-0.01	Fluctuación decreciente
1982 III	4878	-0.04	Decrece	33.41	-0.02	Fluctuación decreciente
1982 IV	4670	-0.04	Decrece	32.52	-0.03	Fluctuación decreciente
1983 I	4461	-0.04	Decrece	31.43	-0.03	Fluctuación decreciente
1983 II	4307	-0.03	Decrece	30.54	-0.03	Fluctuación decreciente
1983 III	4209	-0.02	Decrece	29.86	-0.02	Fluctuación decreciente
1983 IV	4167	-0.01	Decrece	29.38	-0.02	Fluctuación decreciente
1984 I	4180	0.00	Crece	29.11	-0.01	Fluctuación decreciente
1984 II	4204	0.01	Crece	29.11	0.00	Fluctuación creciente
1984 III	4238	0.01	Crece	29.39	0.01	Fluctuación creciente
1984 IV	4283	0.01	Crece	29.95	0.02	Fluctuación creciente
1985 I	4339	0.01	Crece	30.78	0.03	Fluctuación creciente
1985 II	4340	0.00	Crece	30.00	-0.03	Fluctuación decreciente
1985 III	4286	-0.01	Decrece	27.59	-0.08	Fluctuación decreciente
1985 IV	4176	-0.03	Decrece	23.56	-0.15	Shock bajista
1986 I	4012	-0.04	Decrece	17.92	-0.24	Shock bajista

1986 II	3872	-0.03	Decrece	14.51	-0.19	Shock bajista
1986 III	3757	-0.03	Decrece	13.35	-0.08	Fluctuación decreciente
1986 IV	3665	-0.02	Decrece	14.43	0.08	Fluctuación creciente
1987 I	3598	-0.02	Decrece	17.75	0.23	Shock alcista
1987 II	3526	-0.02	Decrece	19.65	0.11	Fluctuación creciente
1987 III	3449	-0.02	Decrece	20.14	0.02	Fluctuación creciente
1987 IV	3366	-0.02	Decrece	19.21	-0.05	Fluctuación decreciente
1988 I	3278	-0.03	Decrece	16.86	-0.12	Fluctuación decreciente
1988 II	3236	-0.01	Decrece	15.57	-0.08	Fluctuación decreciente
1988 III	3241	0.00	Crece	15.34	-0.02	Fluctuación decreciente
1988 IV	3291	0.02	Crece	16.16	0.05	Fluctuación creciente
1989 I	3387	0.03	Crece	18.03	0.12	Fluctuación creciente
1989 II	3459	0.02	Crece	19.44	0.08	Fluctuación creciente
1989 III	3507	0.01	Crece	20.38	0.05	Fluctuación creciente
1989 IV	3531	0.01	Crece	20.85	0.02	Fluctuación creciente
1990 I	3663	0.04	Crece	21.75	0.04	Fluctuación creciente
1990 II	3752	0.02	Crece	17.77	-0.18	Fluctuación decreciente

1990 III	3852	0.03	Crece	26.23	0.48	Shock alcista
1990 IV	2522	-0.35	Decrece	32.09	0.22	Shock alcista
1991 I	2663	0.06	Crece	21.95	-0.32	Shock bajista
1991 II	2599	-0.02	Decrece	20.77	-0.05	Fluctuación decreciente
1991 III	2785	0.07	Crece	21.65	0.04	Fluctuación creciente
1991 IV	2730	-0.02	Decrece	21.77	0.01	Fluctuación creciente
1992 I	2874	0.05	Crece	18.9	-0.13	Fluctuación decreciente
1992 II	3007	0.05	Crece	21.22	0.12	Fluctuación creciente
1992 III	2914	-0.03	Decrece	21.67	0.02	Fluctuación creciente
1992 IV	3013	0.03	Crece	20.48	-0.05	Fluctuación decreciente
1993 I	3278	0.09	Crece	19.85	-0.03	Fluctuación decreciente
1993 II	3100	-0.05	Decrece	19.75	-0.01	Fluctuación decreciente
1993 III	3039	-0.02	Decrece	17.81	-0.10	Fluctuación decreciente
1993 IV	3331	0.10	Crece	16.37	-0.08	Fluctuación decreciente
1994 I	3612	0.08	Crece	14.82	-0.09	Fluctuación decreciente
1994 II	3744	0.04	Crece	17.83	0.20	Shock alcista
1994 III	3853	0.03	Crece	18.47	0.04	Fluctuación creciente
1994 IV	3958	0.03	Crece	17.64	-0.04	Fluctuación decreciente

1995 I	4170	0.05	Crece	18.38	0.04	Fluctuación creciente
1995 II	4330	0.04	Crece	19.34	0.05	Fluctuación creciente
1995 III	4422	0.02	Crece	17.87	-0.08	Fluctuación decreciente
1995 IV	4413	0.00	Decrece	18.13	0.01	Fluctuación creciente
1996 I	4594	0.04	Crece	19.77	0.09	Fluctuación creciente
1996 II	4521	-0.02	Decrece	21.71	0.10	Fluctuación creciente
1996 III	4478	-0.01	Decrece	22.34	0.03	Fluctuación creciente
1996 IV	4680	0.05	Crece	24.63	0.10	Fluctuación creciente
1997 I	4783	0.02	Crece	22.81	-0.07	Fluctuación decreciente
1997 II	4853	0.01	Crece	19.92	-0.13	Fluctuación decreciente
1997 III	4841	0.00	Decrece	19.8	-0.01	Fluctuación decreciente
1997 IV	4898	0.01	Crece	19.96	0.01	Fluctuación creciente
1998 I	4900	0.00	Crece	15.94	-0.20	Shock bajista
1998 II	4954	0.01	Crece	14.64	-0.08	Fluctuación decreciente
1998 III	5008	0.01	Crece	14.22	-0.03	Fluctuación decreciente
1998 IV	5108	0.02	Crece	12.93	-0.09	Fluctuación decreciente

1999 I	4915	-0.04	Decrece	13.17	0.02	Fluctuación creciente
1999 II	4917	0.00	Crece	17.65	0.34	Shock alcista
1999 III	4799	-0.02	Decrece	21.69	0.23	Shock alcista
1999 IV	3899	-0.19	Decrece	24.64	0.14	Fluctuación creciente
2000 I	3797	-0.03	Decrece	28.87	0.17	Shock alcista
2000 II	3376	-0.11	Decrece	28.92	0.00	Fluctuación creciente
2000 III	2697	-0.20	Decrece	31.6	0.09	Fluctuación creciente
2000 IV	5190	0.92	Crece	32.06	0.01	Fluctuación creciente
2001 I	5904	0.14	Crece	28.76	-0.10	Fluctuación decreciente
2001 II	6070	0.03	Crece	27.92	-0.03	Fluctuación decreciente
2001 III	6160	0.01	Crece	26.7	-0.04	Fluctuación decreciente
2001 IV	6335	0.03	Crece	20.47	-0.23	Shock bajista
2002 I	6738	0.06	Crece	21.64	0.06	Fluctuación creciente
2002 II	7087	0.05	Crece	26.27	0.21	Shock alcista
2002 III	7294	0.03	Crece	28.3	0.08	Fluctuación creciente
2002 IV	7431	0.02	Crece	28.27	-0.001	Fluctuación decreciente
2003 I	8011	0.08	Crece	34.04	0.20	Shock alcista
2003 II	7965	-0.01	Decrece	28.98	-0.15	Shock bajista
2003 III	8120	0.02	Crece	30.22	0.04	Fluctuación creciente

2003 IV	8336	0.03	Crece	31.18	0.03	Fluctuación creciente
2004 I	8849	0.06	Crece	35.33	0.13	Fluctuación creciente
2004 II	9042	0.02	Crece	38.31	0.08	Fluctuación creciente
2004 III	9207	0.02	Crece	43.84	0.14	Shock alcista
2004 IV	9493	0.03	Crece	48.14	0.10	Fluctuación creciente
2005 I	9858	0.04	Crece	49.9	0.04	Fluctuación creciente
2005 II	10221	0.04	Crece	53.11	0.06	Fluctuación creciente
2005 III	10646	0.04	Crece	63.31	0.19	Shock alcista
2005 IV	10782	0.01	Crece	59.99	-0.05	Fluctuación decreciente
2006 I	11313	0.05	Crece	63.3	0.06	Fluctuación creciente
2006 II	11727	0.04	Crece	70.46	0.11	Fluctuación creciente
2006 III	11942	0.02	Crece	70.54	0.00	Fluctuación creciente
2006 IV	11821	-0.01	Decrece	59.93	-0.15	Shock bajista
2007 I	11972	0.01	Crece	58.08	-0.03	Fluctuación decreciente
2007 II	12483	0.04	Crece	64.97	0.12	Fluctuación creciente
2007 III	12923	0.04	Crece	75.22	0.16	Shock alcista
2007 IV	13630	0.05	Crece	90.58	0.20	Shock alcista
2008 I	14506	0.06	Crece	97.86	0.08	Fluctuación creciente
2008 II	15789	0.09	Crece	123.77	0.26	Shock alcista

2008 III	16213	0.03	Crece	118.29	-0.04	Fluctuación decreciente
2008 IV	15254	-0.06	Decrece	58.68	-0.50	Shock bajista
2009 I	15022	-0.02	Decrece	43.14	-0.26	Shock bajista
2009 II	15589	0.04	Crece	59.61	0.38	Shock alcista
2009 III	15780	0.01	Crece	68.08	0.14	Shock alcista
2009 IV	16129	0.02	Crece	76	0.12	Fluctuación creciente
2010 I	16763	0.04	Crece	78.81	0.04	Fluctuación creciente
2010 II	17071	0.02	Crece	77.82	-0.01	Fluctuación decreciente
2010 III	17429	0.02	Crece	76.07	-0.02	Fluctuación decreciente
2010 IV	18293	0.05	Crece	85.22	0.12	Fluctuación creciente
2011 I	18923	0.03	Crece	94.07	0.10	Fluctuación creciente
2011 II	19728	0.04	Crece	102.02	0.08	Fluctuación creciente
2011 III	19968	0.01	Crece	89.49	-0.12	Fluctuación decreciente
2011 IV	20657	0.03	Crece	94.09	0.05	Fluctuación creciente
2012 I	21623	0.05	Crece	102.94	0.09	Fluctuación creciente
2012 II	21909	0.01	Crece	93.29	-0.09	Fluctuación decreciente
2012 III	22107	0.01	Crece	92.17	-0.01	Fluctuación decreciente
2012 IV	22286	0.01	Crece	88.01	-0.05	Fluctuación decreciente

2013 I	23020	0.03	Crece	94.33	0.07	Fluctuación creciente
2013 II	23441	0.02	Crece	94.05	-0.003	Fluctuación decreciente
2013 III	24239	0.03	Crece	105.83	0.13	Fluctuación creciente
2013 IV	24430	0.01	Crece	97.5	-0.08	Fluctuación decreciente
2014 I	24829	0.02	Crece	98.68	0.01	Fluctuación creciente
2014 II	25541	0.03	Crece	103.35	0.05	Fluctuación creciente
2014 III	25940	0.02	Crece	97.87	-0.05	Fluctuación decreciente
2014 IV	25416	-0.02	Decrece	73.21	-0.25	Shock bajista
2015 I	25053	-0.01	Decrece	48.48	-0.34	Shock bajista
2015 II	25086	0.00	Crece	57.85	0.19	Shock alcista
2015 III	24780	-0.01	Decrece	46.55	-0.20	Shock bajista
2015 IV	24372	-0.02	Decrece	41.94	-0.10	Fluctuación decreciente
2016 I	24914	0.02	Crece	33.35	-0.20	Shock bajista
2016 II	24926	0.00	Crece	45.46	0.36	Shock alcista
2016 III	24911	0.00	Decrece	44.85	-0.01	Fluctuación decreciente
2016 IV	25187	0.01	Crece	49.18	0.10	Fluctuación creciente
2017 I	26000	0.03	Crece	51.64	0.05	Fluctuación creciente
2017 II	25994	0.00	Decrece	48.15	-0.07	Fluctuación decreciente
2017 III	25961	0.00	Decrece	48.16	0.00	Fluctuación creciente

2017 IV	26341	0.01	Crece	55.27	0.15	Shock alcista
2018 I	26894	0.02	Crece	62.9	0.14	Shock alcista
2018 II	26768	0.00	Decrece	68.07	0.08	Fluctuación creciente
2018 III	27267	0.02	Crece	69.69	0.02	Fluctuación creciente
2018 IV	27469	0.01	Crece	59.59	-0.14	Shock bajista

Fuente: Excel

Elaborado por: Steven Acaro

Anexo 5: Modelo de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO)

gretl: modelo 1

Archivo Editar Contrastes Guardar Gráficos Análisis LaTeX

Modelo 1: MCO, usando las observaciones 1976:1-2018:4 (T = 172)
Variable dependiente: PIB

	Coefficiente	Desv. típica	Estadístico t	valor p
const	105.567	668.337	0.1580	0.8747
Ppwti	234.174	13.9084	16.84	4.65e-038 ***

Media de la vble. dep. 9402.096 D.T. de la vble. dep. 8042.322
Suma de cuad. residuos 4.15e+09 D.T. de la regresión 4938.569
R-cuadrado 0.625120 R-cuadrado corregido 0.622915
F(1, 170) 283.4786 Valor p (de F) 4.65e-38
Log-verosimilitud -1705.882 Criterio de Akaike 3415.765
Criterio de Schwarz 3422.060 Crit. de Hannan-Quinn 3418.319
rho 0.967512 Durbin-Watson 0.105416

Anexo 6: Contraste de linealidad del modelo MCO

gretl: contraste LM(no linealidad)

Regresión auxiliar para el contraste de no linealidad (términos al cuadrado)
MCO, usando las observaciones 1976:1-2018:4 (T = 172)
Variable dependiente: uhat

	Coefficiente	Desv. típica	Estadístico t	valor p
const	-5534.35	1214.40	-4.557	9.90e-06 ***
Epwti	291.207	56.4216	5.161	6.82e-07 ***
sq_Ppwti	-2.60987	0.492237	-5.302	3.54e-07 ***

R-cuadrado = 0.142619

Estadístico de contraste: $TR^2 = 24.5304$,
con valor p = $P(\text{Chi-cuadrado}(1) > 24.5304) = 7.31449e-007$

Anexo 7: Contraste RESET de Ramsey del modelo MCO

gretl: Contraste RESET

Regresión auxiliar para el contraste de especificación RESET
MCO, usando las observaciones 1976:1-2018:4 (T = 172)
Variable dependiente: PIB

	Coefficiente	Desv. típica	Estadístico t	valor p
const	-1438.95	2199.13	-0.6543	0.5138
Ppwti	213.254	155.721	1.369	0.1727
yhat^2	6.57971e-05	5.31052e-05	1.239	0.2171
yhat^3	-2.68370e-09	1.23919e-09	-2.166	0.0317 **

Estadístico de contraste: $F = 16.707965$,
con valor p = $P(F(2,168) > 16.708) = 2.41e-007$

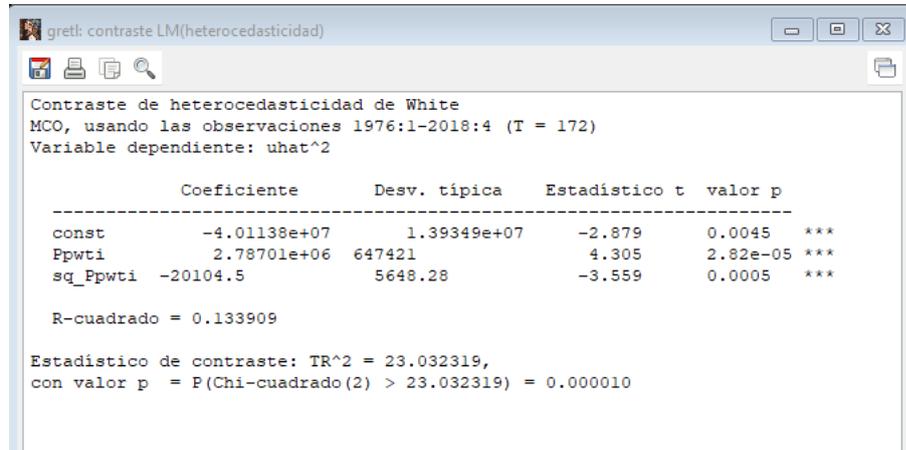
Anexo 8: Estadísticos principales de los errores del modelo MCO

gretl: Estad. principales: uhat1

Estadísticos principales, usando las observaciones 1976:1 - 2018:4
para la variable 'uhat1' (172 observaciones válidas)

Media	1.8401e-012
Mediana	-755.71
Mínimo	-13300.
Máximo	16998.
Desviación típica	4924.1
C.V.	2.6759e+015
Asimetría	1.6857
Exc. de curtosis	3.4072
Percentil del 5%	-4757.0
Percentil del 95%	13657.
Rango intercuartílico	3012.5
Observaciones ausentes	0

Anexo 9: Contraste de heteroscedasticidad del modelo MCO



gretl: contraste LM(heteroscedasticidad)

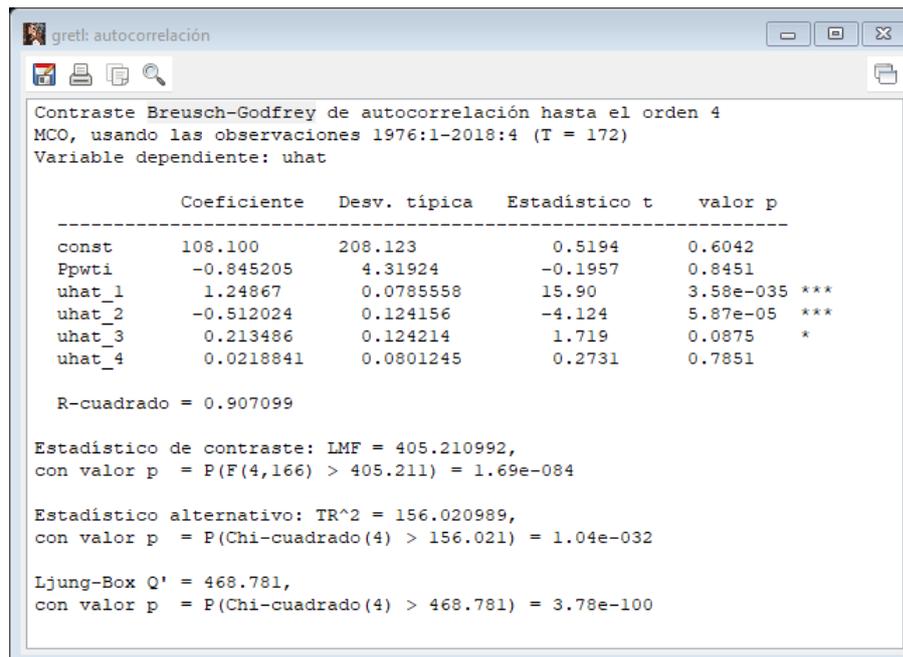
Contraste de heteroscedasticidad de White
MCO, usando las observaciones 1976:1-2018:4 (T = 172)
Variable dependiente: uhat^2

	Coefficiente	Desv. típica	Estadístico t	valor p
const	-4.01138e+07	1.39349e+07	-2.879	0.0045 ***
Ppwti	2.78701e+06	647421	4.305	2.82e-05 ***
sq_Ppwti	-20104.5	5648.28	-3.559	0.0005 ***

R-cuadrado = 0.133909

Estadístico de contraste: $TR^2 = 23.032319$,
con valor p = $P(\text{Chi-cuadrado}(2) > 23.032319) = 0.000010$

Anexo 10: Contraste de autocorrelación del modelo MCO



gretl: autocorrelación

Contraste Breusch-Godfrey de autocorrelación hasta el orden 4
MCO, usando las observaciones 1976:1-2018:4 (T = 172)
Variable dependiente: uhat

	Coefficiente	Desv. típica	Estadístico t	valor p
const	108.100	208.123	0.5194	0.6042
Ppwti	-0.845205	4.31924	-0.1957	0.8451
uhat_1	1.24867	0.0785558	15.90	3.58e-035 ***
uhat_2	-0.512024	0.124156	-4.124	5.87e-05 ***
uhat_3	0.213486	0.124214	1.719	0.0875 *
uhat_4	0.0218841	0.0801245	0.2731	0.7851

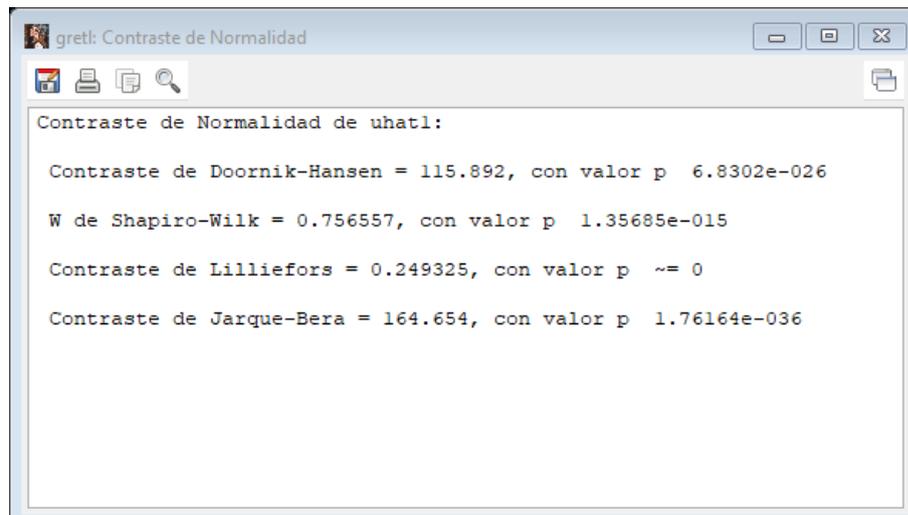
R-cuadrado = 0.907099

Estadístico de contraste: LMF = 405.210992,
con valor p = $P(F(4,166) > 405.211) = 1.69e-084$

Estadístico alternativo: $TR^2 = 156.020989$,
con valor p = $P(\text{Chi-cuadrado}(4) > 156.021) = 1.04e-032$

Ljung-Box $Q' = 468.781$,
con valor p = $P(\text{Chi-cuadrado}(4) > 468.781) = 3.78e-100$

Anexo 11: Contraste de normalidad del modelo MCO



```
gretl: Contraste de Normalidad
Contraste de Normalidad de uhat1:
Contraste de Doornik-Hansen = 115.892, con valor p 6.8302e-026
W de Shapiro-Wilk = 0.756557, con valor p 1.35685e-015
Contraste de Lilliefors = 0.249325, con valor p ~ = 0
Contraste de Jarque-Bera = 164.654, con valor p 1.76164e-036
```

Anexo 12: Logaritmos del PIB y del precio del petróleo

Período	l_PIB	l_Ppwti
1976 I	7.67928	2.456898
1976 II	7.6992	2.475961
1976 III	7.7379	2.513032
1976 IV	7.79328	2.566181
1977 I	7.86266	2.63292
1977 II	7.91235	2.666945
1977 III	7.94501	2.671441
1977 IV	7.9622	2.646809
1978 I	7.96469	2.590794
1978 II	7.9797	2.603932
1978 III	8.00669	2.683635
1978 IV	8.0447	2.815686
1979 I	8.0925	2.981434
1979 II	8.14317	3.138369
1979 III	8.19618	3.286724
1979 IV	8.25105	3.426952
1980 I	8.30734	3.559595
1980 II	8.36827	3.63811

1980 III	8.43284	3.673651
1980 IV	8.50019	3.670605
1981 I	8.56951	3.628611
1981 II	8.60928	3.59408
1981 III	8.62281	3.567866
1981 IV	8.61113	3.550664
1982 I	8.57336	3.542955
1982 II	8.53384	3.529132
1982 III	8.49241	3.508936
1982 IV	8.44889	3.481979
1983 I	8.4031	3.447707
1983 II	8.36807	3.418993
1983 III	8.34505	3.396359
1983 IV	8.3349	3.380243
1984 I	8.33802	3.370971
1984 II	8.34368	3.371147
1984 III	8.35184	3.380764
1984 IV	8.36243	3.399556
1985 I	8.37539	3.427014
1985 II	8.37558	3.401136
1985 III	8.36303	3.317507
1985 IV	8.33722	3.159744
1986 I	8.29712	2.885774
1986 II	8.26163	2.674987
1986 III	8.23131	2.591424
1986 IV	8.20669	2.669119
1987 I	8.18821	2.876251
1987 II	8.16792	2.978143
1987 III	8.14571	3.002623
1987 IV	8.12146	2.955359
1988 I	8.09502	2.825077
1988 II	8.08219	2.74544

1988 III	8.08348	2.730222
1988 IV	8.09885	2.782335
1989 I	8.12766	2.892187
1989 II	8.14874	2.967318
1989 III	8.16255	3.014442
1989 IV	8.16938	3.037197
1990 I	8.20611	3.079614
1990 II	8.22999	2.877512
1990 III	8.25641	3.266904
1990 IV	7.83281	3.468544
1991 I	7.88721	3.088767
1991 II	7.86288	3.03351
1991 III	7.932	3.075005
1991 IV	7.91206	3.080533
1992 I	7.96346	2.939162
1992 II	8.0087	3.054944
1992 III	7.97728	3.075929
1992 IV	8.01069	3.019449
1993 I	8.09499	2.988204
1993 II	8.03916	2.983153
1993 III	8.01928	2.87976
1993 IV	8.11103	2.79545
1994 I	8.19202	2.695978
1994 II	8.22791	2.880882
1994 III	8.25661	2.916148
1994 IV	8.28349	2.870169
1995 I	8.33567	2.911263
1995 II	8.37332	2.962175
1995 III	8.39435	2.883123
1995 IV	8.39231	2.897568
1996 I	8.43251	2.984166
1996 II	8.41649	3.077773

1996 III	8.40693	3.106379
1996 IV	8.45105	3.203965
1997 I	8.47282	3.127199
1997 II	8.48735	2.991724
1997 III	8.48488	2.985682
1997 IV	8.49658	2.99373
1998 I	8.49699	2.768832
1998 II	8.50795	2.683758
1998 III	8.51879	2.654649
1998 IV	8.53856	2.55955
1999 I	8.50005	2.577942
1999 II	8.50045	2.870736
1999 III	8.47616	3.076851
1999 IV	8.26848	3.204371
2000 I	8.24197	3.362803
2000 II	8.12445	3.364533
2000 III	7.8999	3.453157
2000 IV	8.55455	3.467609
2001 I	8.6834	3.358986
2001 II	8.71105	3.329343
2001 III	8.72577	3.284664
2001 IV	8.75385	3.01896
2002 I	8.81545	3.074543
2002 II	8.86597	3.268428
2002 III	8.89483	3.342862
2002 IV	8.91337	3.341801
2003 I	8.98862	3.527536
2003 II	8.98282	3.366606
2003 III	9.00214	3.408504
2003 IV	9.02832	3.439777
2004 I	9.08809	3.564732
2004 II	9.10959	3.645711

2004 III	9.12777	3.780547
2004 IV	9.15834	3.874113
2005 I	9.19606	3.910021
2005 II	9.2322	3.972365
2005 III	9.27294	4.148043
2005 IV	9.28562	4.094178
2006 I	9.33367	4.147885
2006 II	9.36966	4.255045
2006 III	9.38779	4.25618
2006 IV	9.37759	4.093177
2007 I	9.39033	4.061821
2007 II	9.43213	4.173926
2007 III	9.46677	4.320417
2007 IV	9.52	4.506233
2008 I	9.58231	4.583538
2008 II	9.66706	4.818425
2008 III	9.6936	4.773139
2008 IV	9.63262	4.072099
2009 I	9.61727	3.764451
2009 II	9.65431	4.087823
2009 III	9.6665	4.220683
2009 IV	9.68836	4.330733
2010 I	9.72691	4.36704
2010 II	9.74512	4.354398
2010 III	9.76591	4.331654
2010 IV	9.81425	4.445236
2011 I	9.84813	4.544039
2011 II	9.8898	4.625169
2011 III	9.90191	4.494127
2011 IV	9.93582	4.544252
2012 I	9.98151	4.634146
2012 II	9.99465	4.535713

2012 III	10.00365	4.523635
2012 IV	10.01171	4.47745
2013 I	10.04411	4.546799
2013 II	10.06226	4.543827
2013 III	10.0957	4.661834
2013 IV	10.10357	4.579852
2014 I	10.11978	4.591882
2014 II	10.14804	4.638121
2014 III	10.16356	4.58364
2014 IV	10.14312	4.293332
2015 I	10.12874	3.881151
2015 II	10.13007	4.057853
2015 III	10.11778	3.840527
2015 IV	10.10118	3.73624
2016 I	10.12317	3.507058
2016 II	10.12367	3.816833
2016 III	10.12305	3.803324
2016 IV	10.13409	3.895487
2017 I	10.16586	3.944297
2017 II	10.1656	3.874321
2017 III	10.16435	3.874529
2017 IV	10.17889	4.01223
2018 I	10.19965	4.141546
2018 II	10.19495	4.220537
2018 III	10.21345	4.244057
2018 IV	10.22082	4.087488

Fuente: GRETL

Elaborado por: Steven Acaro

Anexo 13: Modelo MCO log-lin

```
gretl: modelo 2
Archivo  Editar  Contrastes  Guardar  Gráficos  Análisis  LaTeX
Modelo 2: MCO, usando las observaciones 1976:1-2018:4 (T = 172)
Variable dependiente: l_PIB

-----
                Coeficiente   Desv. típica   Estadístico t   valor p
-----
const          7.86839         0.0586795      134.1           2.35e-174 ***
Ppwti          0.0240531         0.00122115     19.70           9.77e-046 ***

Media de la vble. dep.  8.823281   D.T. de la vble. dep.  0.783251
Suma de cuad. residuos 31.96194   D.T. de la regresión   0.433603
R-cuadrado       0.695326   R-cuadrado corregido   0.693534
F(1, 170)       387.9737   Valor p (de F)         9.77e-46
Log-verosimilitud -99.32384   Criterio de Akaike     202.6477
Criterio de Schwarz 208.9427   Crit. de Hannan-Quinn  205.2017
rho              0.917622   Durbin-Watson          0.179927
```

Anexo 14: Contraste de linealidad del modelo log-lin

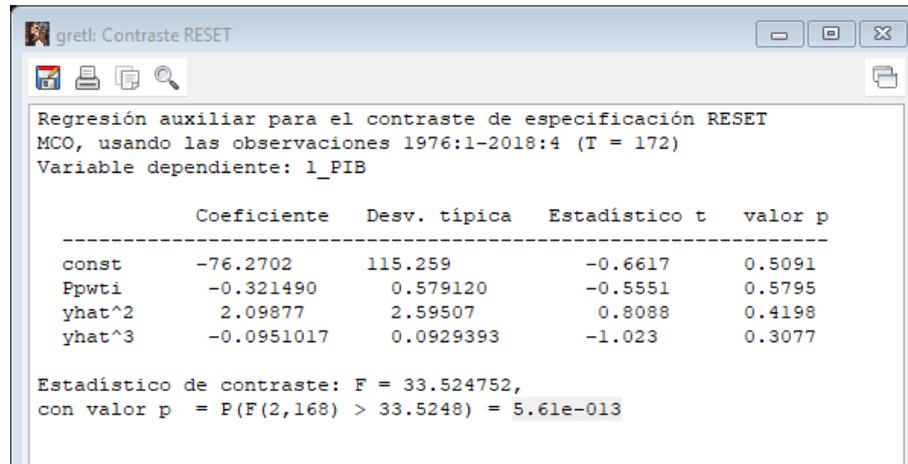
```
gretl: contraste LM(no linealidad)
Regresión auxiliar para el contraste de no linealidad (términos al cuadrado)
MCO, usando las observaciones 1976:1-2018:4 (T = 172)
Variable dependiente: uhat

-----
                Coeficiente   Desv. típica   Estadístico t   valor p
-----
const          -0.681819    0.0976542      -6.982          6.36e-011 ***
Ppwti           0.0358760    0.00453705      7.907           3.26e-013 ***
sq_Ppwti       -0.000321531  3.95825e-05     -8.123          9.13e-014 ***

R-cuadrado = 0.280802

Estadístico de contraste: TR^2 = 48.298,
con valor p = P(Chi-cuadrado(1) > 48.298) = 3.66128e-012
```

Anexo 15: Contraste RESET de Ramsey del modelo log-lin



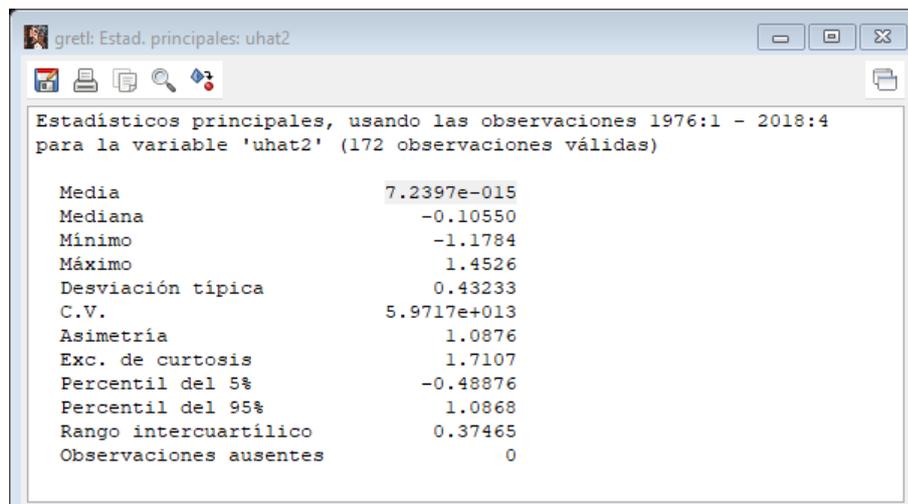
gretl: Contraste RESET

Regresión auxiliar para el contraste de especificación RESET
MCO, usando las observaciones 1976:1-2018:4 (T = 172)
Variable dependiente: l_PIB

	Coefficiente	Desv. típica	Estadístico t	valor p
const	-76.2702	115.259	-0.6617	0.5091
Ppwti	-0.321490	0.579120	-0.5551	0.5795
yhat^2	2.09877	2.59507	0.8088	0.4198
yhat^3	-0.0951017	0.0929393	-1.023	0.3077

Estadístico de contraste: F = 33.524752,
con valor p = P(F(2,168) > 33.5248) = 5.61e-013

Anexo 16: Estadísticos principales de los residuos del modelo log-lin

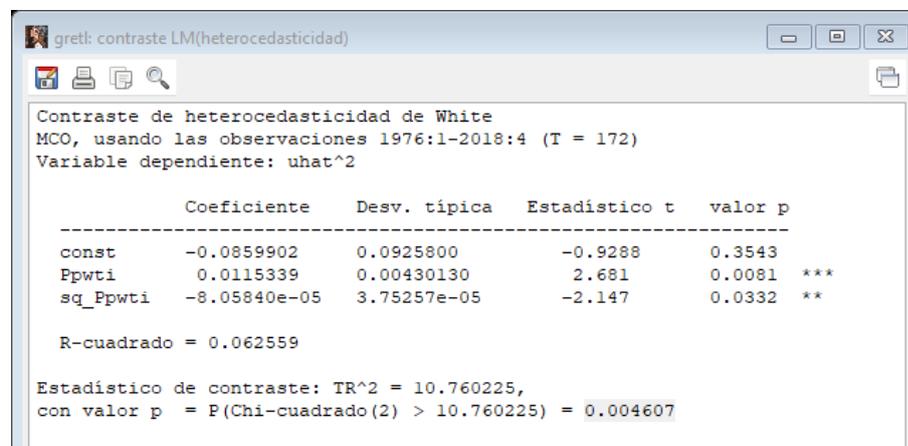


gretl: Estad. principales: uhat2

Estadísticos principales, usando las observaciones 1976:1 - 2018:4
para la variable 'uhat2' (172 observaciones válidas)

Media	7.2397e-015
Mediana	-0.10550
Mínimo	-1.1784
Máximo	1.4526
Desviación típica	0.43233
C.V.	5.9717e+013
Asimetría	1.0876
Exc. de curtosis	1.7107
Percentil del 5%	-0.48876
Percentil del 95%	1.0868
Rango intercuartílico	0.37465
Observaciones ausentes	0

Anexo 17: Contraste de heteroscedasticidad del modelo log-lin



gretl: contraste LM(heteroscedasticidad)

Contraste de heteroscedasticidad de White
MCO, usando las observaciones 1976:1-2018:4 (T = 172)
Variable dependiente: uhat^2

	Coefficiente	Desv. típica	Estadístico t	valor p
const	-0.0859902	0.0925800	-0.9288	0.3543
Ppwti	0.0115339	0.00430130	2.681	0.0081 ***
sq_Ppwti	-8.05840e-05	3.75257e-05	-2.147	0.0332 **

R-cuadrado = 0.062559

Estadístico de contraste: TR^2 = 10.760225,
con valor p = P(Chi-cuadrado(2) > 10.760225) = 0.004607

Anexo 18: Contraste de autocorrelación del modelo log-lin

```
gretl: autocorrelación
Contraste Breusch-Godfrey de autocorrelación hasta el orden 4
MCO, usando las observaciones 1976:1-2018:4 (T = 172)
Variable dependiente: uhat

      Coeficiente  Desv. típica  Estadístico t  valor p
-----
const    0.0193276  0.0245900     0.7860        0.4330
Ppwti   -0.000368058  0.000512419  -0.7183        0.4736
uhat_1    1.15721      0.0785987    14.72         6.28e-032 ***
uhat_2   -0.415482     0.119160    -3.487        0.0006 ***
uhat_3    0.171812     0.119041     1.443         0.1508
uhat_4    0.00518364   0.0794373     0.06525      0.9480

R-cuadrado = 0.834529

Estadístico de contraste: LMF = 209.299206,
con valor p = P(F(4,166) > 209.299) = 1e-063

Estadístico alternativo: TR^2 = 143.538985,
con valor p = P(Chi-cuadrado(4) > 143.539) = 4.93e-030

Ljung-Box Q' = 381.553,
con valor p = P(Chi-cuadrado(4) > 381.553) = 2.69e-081
```

Anexo 19: Contraste de normalidad del modelo log-lin

```
gretl: Contraste de Normalidad
Contraste de Normalidad de uhat2:

Contraste de Doornik-Hansen = 34.6013, con valor p 3.06496e-008

W de Shapiro-Wilk = 0.897404, con valor p 1.5098e-009

Contraste de Lilliefors = 0.134991, con valor p ~ = 0

Contraste de Jarque-Bera = 54.8797, con valor p 1.21068e-012
```

Anexo 20: Modelo MCO lin-log

Modelo 3: MCO, usando las observaciones 1976:1-2018:4 (T = 172)
Variable dependiente: PIB

	Coefficiente	Desv. típica	Estadístico t	valor p
const	-26390.4	2062.12	-12.80	1.08e-026 ***
l_Ppwti	10296.3	583.807	17.64	3.03e-040 ***

Media de la vble. dep. 9402.096 D.T. de la vble. dep. 8042.322
Suma de cuad. residuos 3.91e+09 D.T. de la regresión 4794.972
R-cuadrado 0.646604 R-cuadrado corregido 0.644525
F(1, 170) 311.0463 Valor p (de F) 3.03e-40
Log-verosimilitud -1700.807 Criterio de Akaike 3405.614
Criterio de Schwarz 3411.909 Crit. de Hannan-Quinn 3408.168
rho 0.977442 Durbin-Watson 0.076268

Anexo 21: Contraste de linealidad del modelo lin-log

Regresión auxiliar para el contraste de no linealidad (términos al cuadrado)
MCO, usando las observaciones 1976:1-2018:4 (T = 172)
Variable dependiente: uhat

	Coefficiente	Desv. típica	Estadístico t	valor p
const	29320.0	12557.1	2.335	0.0207 **
l_Ppwti	-16802.5	7124.35	-2.358	0.0195 **
sq_l_Ppwti	2331.56	985.356	2.366	0.0191 **

R-cuadrado = 0.032068
Estadístico de contraste: $TR^2 = 5.51562$,
con valor p = $P(\text{Chi-cuadrado}(1) > 5.51562) = 0.0188474$

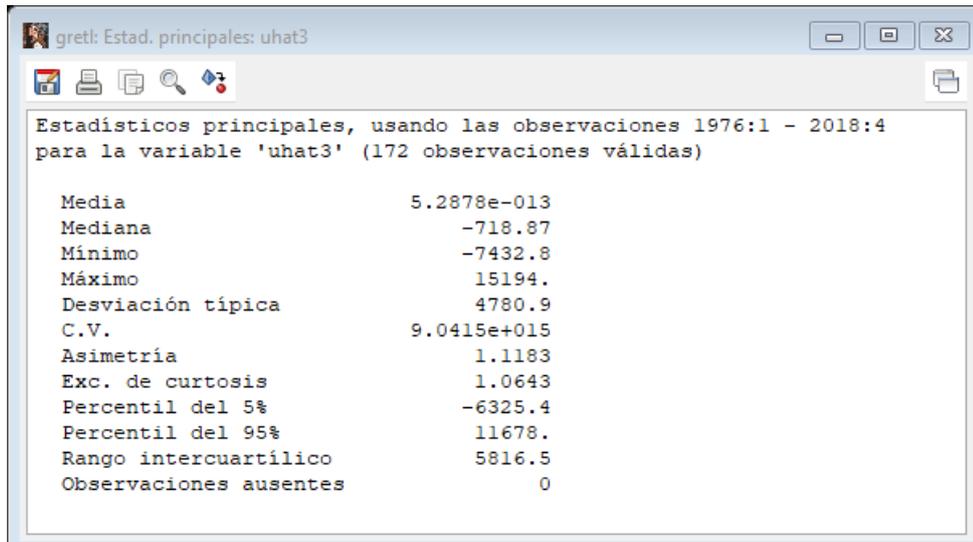
Anexo 22: Contraste RESET de Ramsey del modelo lin-log

Regresión auxiliar para el contraste de especificación RESET
MCO, usando las observaciones 1976:1-2018:4 (T = 172)
Variable dependiente: PIB

	Coefficiente	Desv. típica	Estadístico t	valor p
const	38890.6	11943.9	3.256	0.0014 ***
l_Ppwti	-13446.6	4321.73	-3.111	0.0022 ***
yhat^2	0.000248536	4.67822e-05	5.313	3.39e-07 ***
yhat^3	-7.12331e-09	1.44525e-09	-4.929	1.97e-06 ***

Estadístico de contraste: $F = 15.331649$,
con valor p = $P(F(2,168) > 15.3316) = 7.66e-007$

Anexo 23: Estadísticos principales de los residuos del modelo lin-log

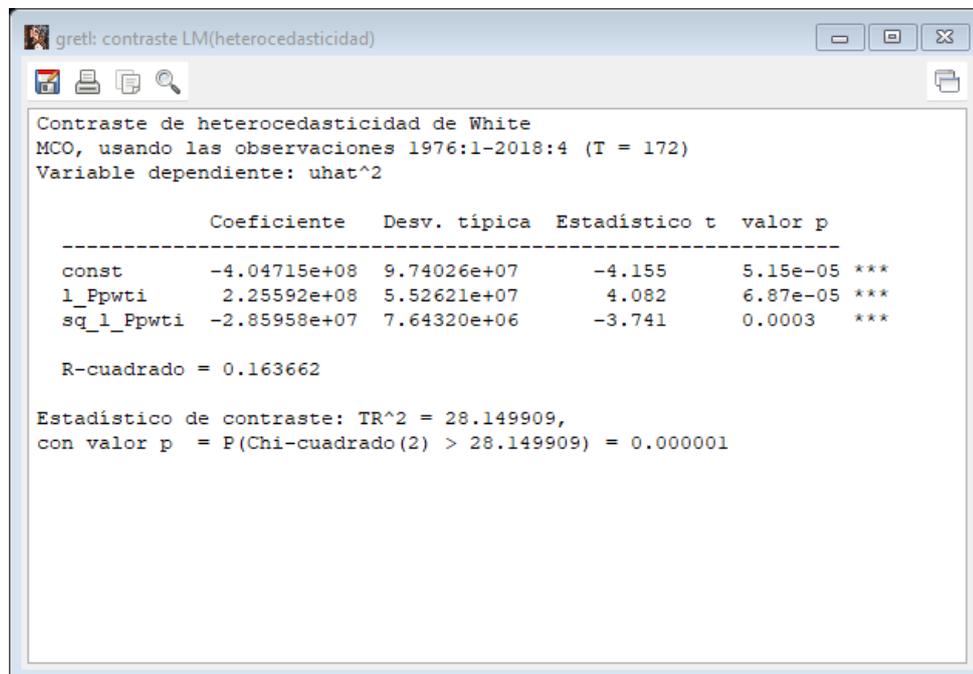


gretl: Estad. principales: uhat3

Estadísticos principales, usando las observaciones 1976:1 - 2018:4 para la variable 'uhat3' (172 observaciones válidas)

Media	5.2878e-013
Mediana	-718.87
Mínimo	-7432.8
Máximo	15194.
Desviación típica	4780.9
C.V.	9.0415e+015
Asimetría	1.1183
Exc. de curtosis	1.0643
Percentil del 5%	-6325.4
Percentil del 95%	11678.
Rango intercuartílico	5816.5
Observaciones ausentes	0

Anexo 24: Contraste de heteroscedasticidad del modelo lin-log



gretl: contraste LM(heteroscedasticidad)

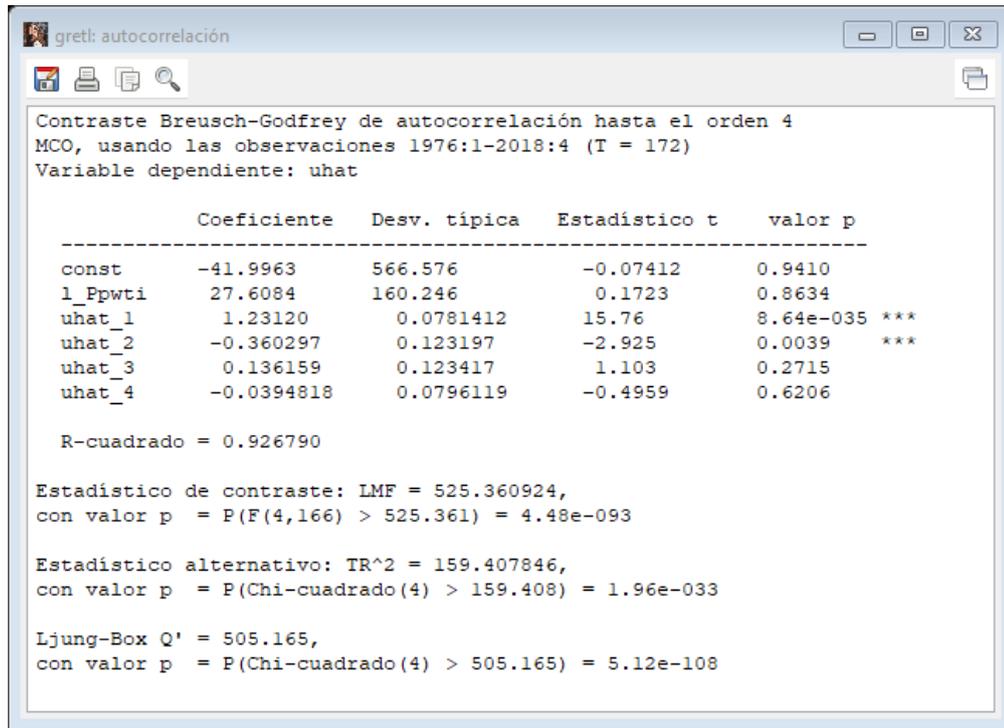
Contraste de heteroscedasticidad de White
MCO, usando las observaciones 1976:1-2018:4 (T = 172)
Variable dependiente: uhat^2

	Coefficiente	Desv. típica	Estadístico t	valor p	
const	-4.04715e+08	9.74026e+07	-4.155	5.15e-05	***
l_Ppwti	2.25592e+08	5.52621e+07	4.082	6.87e-05	***
sq_l_Ppwti	-2.85958e+07	7.64320e+06	-3.741	0.0003	***

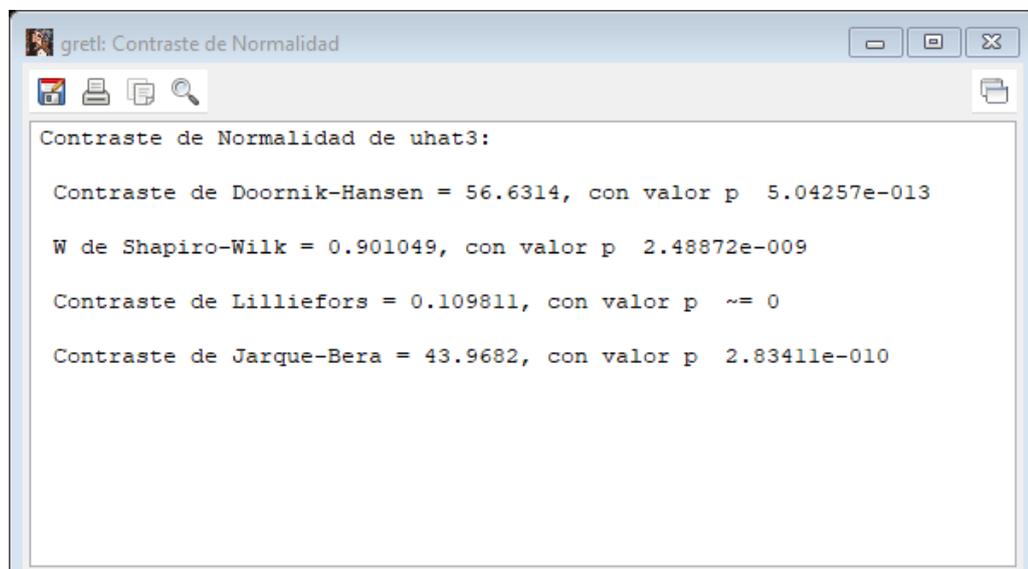
R-cuadrado = 0.163662

Estadístico de contraste: $TR^2 = 28.149909$,
con valor p = $P(\text{Chi-cuadrado}(2) > 28.149909) = 0.000001$

Anexo 25: Contraste de autocorrelación del modelo lin-log



Anexo 26: Contraste de normalidad del modelo lin-log



Anexo 27: Modelo MCO log-log

Modelo 4: MCO, usando las observaciones 1976:1-2018:4 (T = 172)
Variable dependiente: l_PIB

	Coefficiente	Desv. típica	Estadístico t	valor p
const	5.06229	0.168004	30.13	4.37e-070 ***
l_Ppwti	1.08191	0.0475635	22.75	1.87e-053 ***

Media de la vble. dep. 8.823281 D.T. de la vble. dep. 0.783251
Suma de cuad. residuos 25.94356 D.T. de la regresión 0.390652
R-cuadrado 0.752696 R-cuadrado corregido 0.751241
F(1, 170) 517.4124 Valor p (de F) 1.87e-53
Log-verosimilitud -81.38231 Criterio de Akaike 166.7646
Criterio de Schwarz 173.0596 Crit. de Hannan-Quinn 169.3187
rho 0.926730 Durbin-Watson 0.164306

Anexo 28: Contraste de linealidad del modelo log-log

Regresión auxiliar para el contraste de no linealidad (términos al cuadrado)
MCO, usando las observaciones 1976:1-2018:4 (T = 172)
Variable dependiente: uhat

	Coefficiente	Desv. típica	Estadístico t	valor p
const	0.973407	1.03708	0.9386	0.3493
l_Ppwti	-0.557834	0.588393	-0.9481	0.3445
sq_l_Ppwti	0.0774065	0.0813796	0.9512	0.3429

R-cuadrado = 0.005325
Estadístico de contraste: $TR^2 = 0.915898$,
con valor p = $P(\text{Chi-cuadrado}(1) > 0.915898) = 0.338554$

Contraste RESET de Ramsey del modelo log-log

Regresión auxiliar para el contraste de especificación RESET
MCO, usando las observaciones 1976:1-2018:4 (T = 172)
Variable dependiente: l_PIB

	Coefficiente	Desv. típica	Estadístico t	valor p
const	-267.337	51.2389	-5.217	5.29e-07 ***
l_Ppwti	-140.111	26.4146	-5.304	3.53e-07 ***
yhat^2	14.5693	2.73582	5.325	3.19e-07 ***
yhat^3	-0.540201	0.101873	-5.303	3.55e-07 ***

Estadístico de contraste: $F = 14.584292$,
con valor p = $P(F(2,168) > 14.5843) = 1.44e-006$

Anexo 29: Estadísticos principales de las perturbaciones del modelo log-log

gretl: Estad. principales: uhat4

Estadísticos principales, usando las observaciones 1976:1 - 2018:4 para la variable 'uhat4' (172 observaciones válidas)

Media	6.0210e-015
Mediana	-0.026497
Mínimo	-0.98215
Máximo	1.2665
Desviación típica	0.38951
C.V.	6.4691e+013
Asimetría	0.68775
Exc. de curtosis	0.63844
Percentil del 5%	-0.53301
Percentil del 95%	0.86077
Rango intercuartilico	0.45419
Observaciones ausentes	0

Anexo 30: Contraste de heteroscedasticidad del modelo log-log

gretl: contraste LM(heterocedasticidad)

Contraste de heterocedasticidad de White
MCO, usando las observaciones 1976:1-2018:4 (T = 172)
Variable dependiente: uhat^2

	Coefficiente	Desv. típica	Estadístico t	valor p
const	-2.55021	0.619880	-4.114	6.06e-05 ***
l_Ppwti	1.49703	0.351693	4.257	3.43e-05 ***
sq_l_Ppwti	-0.200617	0.0486421	-4.124	5.82e-05 ***

R-cuadrado = 0.107053

Estadístico de contraste: $TR^2 = 18.413097$,
con valor p = $P(\text{Chi-cuadrado}(2) > 18.413097) = 0.000100$

Anexo 31: Contraste de autocorrelación del modelo log-log

gretl: autocorrelación

Contraste Breusch-Godfrey de autocorrelación hasta el orden 4
MCO, usando las observaciones 1976:1-2018:4 (T = 172)
Variable dependiente: uhat

	Coefficiente	Desv. típica	Estadístico t	valor p
const	0.0218494	0.0664824	0.3286	0.7428
l_Ppwti	-0.00539732	0.0188061	-0.2870	0.7745
uhat_1	1.15296	0.0780601	14.77	4.64e-032 ***
uhat_2	-0.328147	0.118436	-2.771	0.0062 ***
uhat_3	0.153032	0.118489	1.292	0.1983
uhat_4	-0.0705338	0.0789406	-0.8935	0.3729

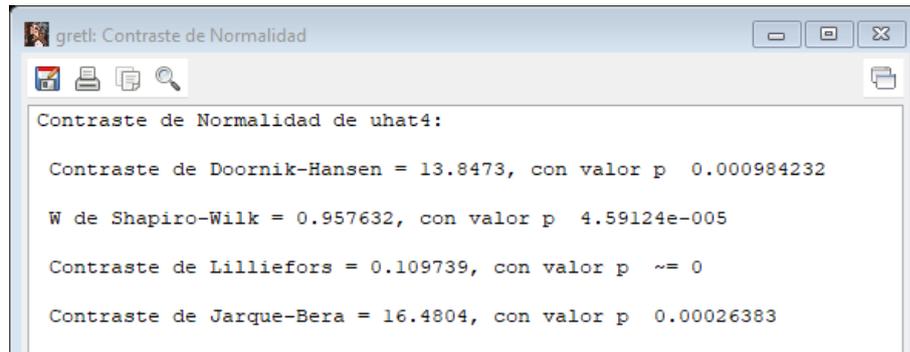
R-cuadrado = 0.850597

Estadístico de contraste: LMF = 236.272380,
con valor p = $P(F(4,166) > 236.272) = 2.12e-067$

Estadístico alternativo: $TR^2 = 146.302701$,
con valor p = $P(\text{Chi-cuadrado}(4) > 146.303) = 1.26e-030$

Ljung-Box Q' = 399.827,
con valor p = $P(\text{Chi-cuadrado}(4) > 399.827) = 3.03e-085$

Anexo 32: Contraste de normalidad del modelo log-log



```
gretl: Contraste de Normalidad

Contraste de Normalidad de uhat4:

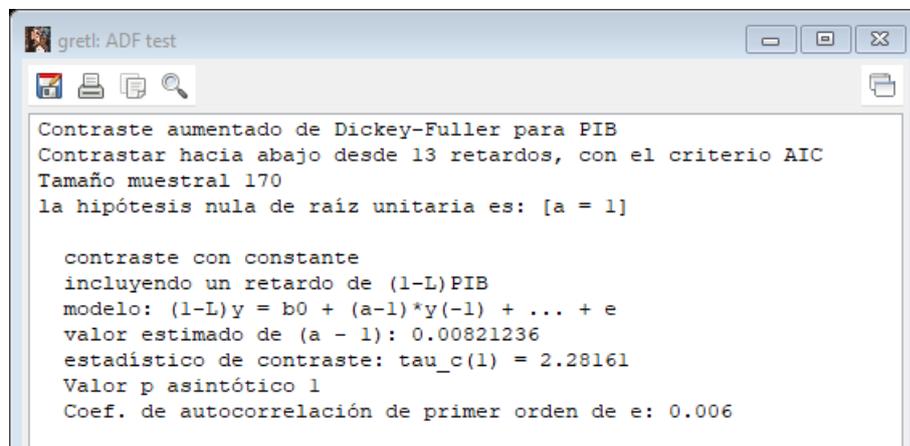
Contraste de Doornik-Hansen = 13.8473, con valor p 0.000984232

W de Shapiro-Wilk = 0.957632, con valor p 4.59124e-005

Contraste de Lilliefors = 0.109739, con valor p ~ = 0

Contraste de Jarque-Bera = 16.4804, con valor p 0.00026383
```

Anexo 33: Prueba de raíz unitaria Dickey Fuller Aumentada del PIB

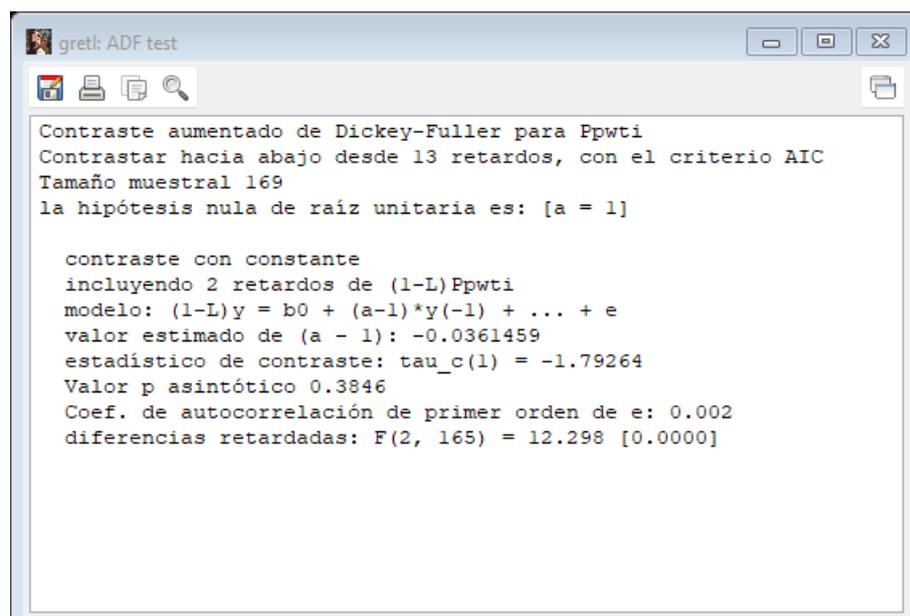


```
gretl: ADF test

Contraste aumentado de Dickey-Fuller para PIB
Contrastar hacia abajo desde 13 retardos, con el criterio AIC
Tamaño muestral 170
la hipótesis nula de raíz unitaria es: [a = 1]

contraste con constante
incluyendo un retardo de (1-L)PIB
modelo: (1-L)y = b0 + (a-1)*y(-1) + ... + e
valor estimado de (a - 1): 0.00821236
estadístico de contraste: tau_c(1) = 2.28161
Valor p asintótico 1
Coef. de autocorrelación de primer orden de e: 0.006
```

Anexo 34: Prueba de raíz unitaria Dickey-Fuller Aumentada del precio del petróleo

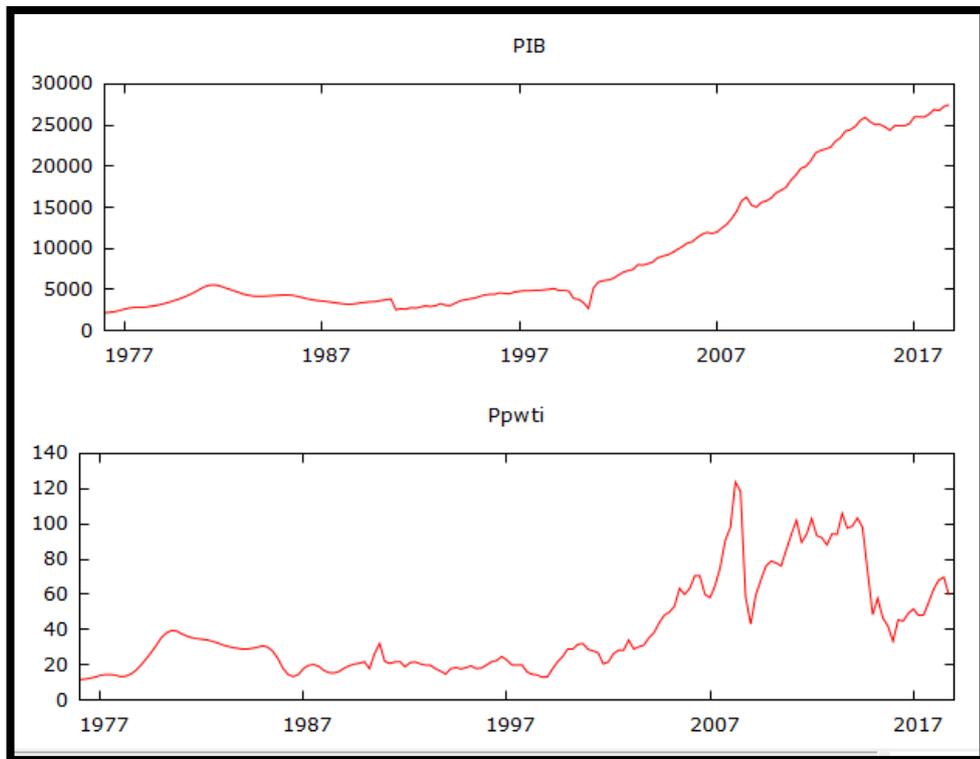


```
gretl: ADF test

Contraste aumentado de Dickey-Fuller para Ppwti
Contrastar hacia abajo desde 13 retardos, con el criterio AIC
Tamaño muestral 169
la hipótesis nula de raíz unitaria es: [a = 1]

contraste con constante
incluyendo 2 retardos de (1-L)Ppwti
modelo: (1-L)y = b0 + (a-1)*y(-1) + ... + e
valor estimado de (a - 1): -0.0361459
estadístico de contraste: tau_c(1) = -1.79264
Valor p asintótico 0.3846
Coef. de autocorrelación de primer orden de e: 0.002
diferencias retardadas: F(2, 165) = 12.298 [0.0000]
```

Anexo 35: Gráfico de seires temporales del precio del petróleo y el PIB



Anexo 36: Primeras diferencias del PIB y el precio del petróleo

Período	d_PIB	d_Ppwti
1976 I	-	-
1976 II	43.536	0.22458
1976 III	87.072	0.44916
1976 IV	130.608	0.67373
1977 I	174.144	0.89831
1977 II	132.399	0.48159
1977 III	90.653	0.06487
1977 IV	48.908	-0.35185
1978 I	7.162	-0.76858
1978 II	43.53	0.17642
1978 III	79.897	1.12142
1978 IV	116.264	2.06642
1979 I	152.632	3.01142

1979 II	169.947	3.35015
1979 III	187.262	3.68887
1979 IV	204.576	4.02759
1980 I	221.891	4.36631
1980 II	254.637	2.87094
1980 III	287.384	1.37556
1980 IV	320.13	-0.11981
1981 I	352.876	-1.61518
1981 II	213.758	-1.27826
1981 III	74.639	-0.94135
1981 IV	-64.479	-0.60443
1982 I	-203.597	-0.26751
1982 II	-204.961	-0.47458
1982 III	-206.325	-0.68164
1982 IV	-207.689	-0.8887
1983 I	-209.053	-1.09576
1983 II	-153.536	-0.8896
1983 III	-98.02	-0.68345
1983 IV	-42.503	-0.47729
1984 I	13.013	-0.27113
1984 II	23.723	0.0051
1984 III	34.433	0.28134
1984 IV	45.143	0.55757
1985 I	55.852	0.8338
1985 II	0.845	-0.78644
1985 III	-54.162	-2.40667
1985 IV	-109.17	-4.02691
1986 I	-164.177	-5.64715
1986 II	-139.908	-3.40527
1986 III	-115.639	-1.16339
1986 IV	-91.37	1.07849
1987 I	-67.101	3.32036

1987 II	-72.276	1.90368
1987 III	-77.452	0.487
1987 IV	-82.627	-0.92969
1988 I	-87.803	-2.34637
1988 II	-41.806	-1.29077
1988 III	4.192	-0.23518
1988 IV	50.189	0.82041
1989 I	96.186	1.87601
1989 II	72.14	1.40701
1989 III	48.093	0.938
1989 IV	24.047	0.469
1990 I	132.106	0.90328
1990 II	88.529	-3.98
1990 III	100.464	8.46
1990 IV	-1330.258	5.86
1991 I	141	-10.14
1991 II	-64	-1.18
1991 III	186	0.88
1991 IV	-55	0.12
1992 I	144	-2.87
1992 II	133	2.32
1992 III	-93	0.45
1992 IV	99	-1.19
1993 I	265	-0.63
1993 II	-178	-0.1
1993 III	-61	-1.94
1993 IV	292	-1.44
1994 I	281	-1.55
1994 II	132	3.01
1994 III	109	0.64
1994 IV	105	-0.83
1995 I	212	0.74

1995 II	160	0.96
1995 III	92	-1.47
1995 IV	-9	0.26
1996 I	181	1.64
1996 II	-73	1.94
1996 III	-43	0.63
1996 IV	202	2.29
1997 I	103	-1.82
1997 II	70	-2.89
1997 III	-12	-0.12
1997 IV	57	0.16
1998 I	2	-4.02
1998 II	54	-1.3
1998 III	54	-0.42
1998 IV	100	-1.29
1999 I	-193	0.24
1999 II	2	4.48
1999 III	-118	4.04
1999 IV	-900	2.95
2000 I	-102	4.23
2000 II	-421	0.05
2000 III	-679	2.68
2000 IV	2493.34	0.46
2001 I	713.74	-3.3
2001 II	165.54	-0.84
2001 III	89.99	-1.22
2001 IV	175.4	-6.23
2002 I	402.54	1.17
2002 II	349.08	4.63
2002 III	207.5	2.03
2002 IV	136.51	-0.03
2003 I	580.79	5.77

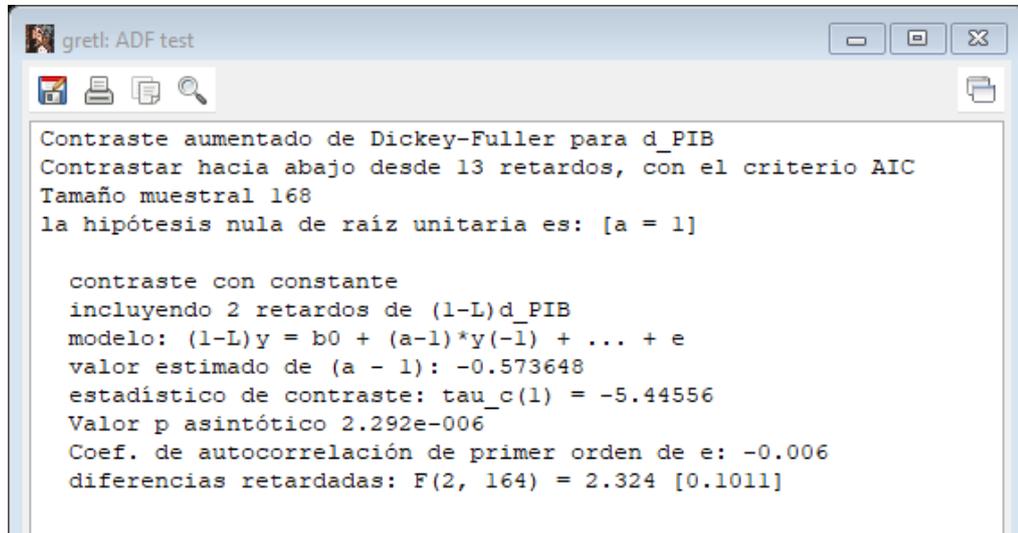
2003 II	-46.35	-5.06
2003 III	155.39	1.24
2003 IV	215.4	0.96
2004 I	513.4	4.15
2004 II	192.33	2.98
2004 III	165.87	5.53
2004 IV	285.85	4.3
2005 I	364.89	1.76
2005 II	362.81	3.21
2005 III	424.95	10.2
2005 IV	135.91	-3.32
2006 I	530.71	3.31
2006 II	414.59	7.16
2006 III	214.55	0.08
2006 IV	-121.19	-10.61
2007 I	151.56	-1.85
2007 II	510.94	6.89
2007 III	440	10.25
2007 IV	706.56	15.36
2008 I	876.27	7.28
2008 II	1283.05	25.91
2008 III	424.55	-5.48
2008 IV	-959.09	-59.61
2009 I	-232.377	-15.54
2009 II	566.867	16.47
2009 III	191.11	8.47
2009 IV	348.86	7.92
2010 I	633.79	2.81
2010 II	308.17	-0.99
2010 III	358.56	-1.75
2010 IV	863.23	9.15
2011 I	630.37	8.85

2011 II	805.15	7.95
2011 III	240.36	-12.53
2011 IV	688.66	4.6
2012 I	965.81	8.85
2012 II	285.9	-9.65
2012 III	198.1	-1.12
2012 IV	178.89	-4.16
2013 I	733.96	6.32
2013 II	421.53	-0.28
2013 III	797.26	11.78
2013 IV	191.39	-8.33
2014 I	399.46	1.18
2014 II	711.46	4.67
2014 III	399.51	-5.48
2014 IV	-524.79	-24.66
2015 I	-362.87	-24.73
2015 II	33.46	9.37
2015 III	-306.46	-11.3
2015 IV	-408.03	-4.61
2016 I	541.86	-8.59
2016 II	12.62	12.11
2016 III	-15.45	-0.61
2016 IV	276.46	4.33
2017 I	813.06	2.46
2017 II	-6.71	-3.49
2017 III	-32.64	0.01
2017 IV	380.23	7.11
2018 I	552.61	7.63
2018 II	-126.21	5.17
2018 III	499.95	1.62
2018 IV	201.8	-10.1

Fuente: GRETL

Elaborado por: Steven Acaro

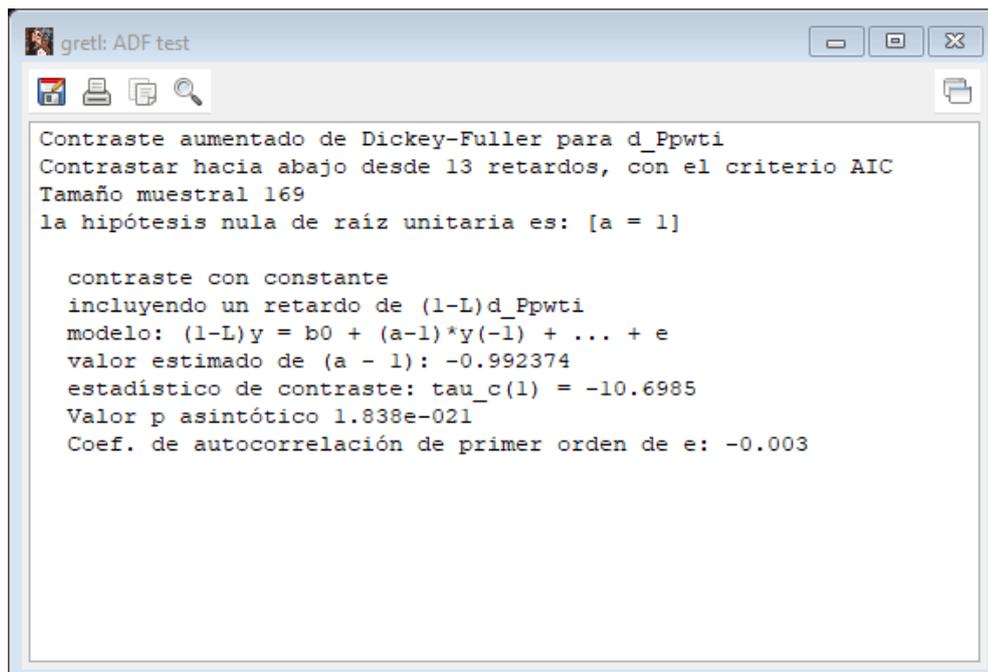
Anexo 37: Prueba de raíz unitaria Dickey-Fuller Aumentada de la primera diferencia del PIB



```
gretl: ADF test
Contraste aumentado de Dickey-Fuller para d_PIB
Contrastar hacia abajo desde 13 retardos, con el criterio AIC
Tamaño muestral 168
la hipótesis nula de raíz unitaria es: [a = 1]

contraste con constante
incluyendo 2 retardos de (1-L)d_PIB
modelo: (1-L)y = b0 + (a-1)*y(-1) + ... + e
valor estimado de (a - 1): -0.573648
estadístico de contraste: tau_c(1) = -5.44556
Valor p asintótico 2.292e-006
Coef. de autocorrelación de primer orden de e: -0.006
diferencias retardadas: F(2, 164) = 2.324 [0.1011]
```

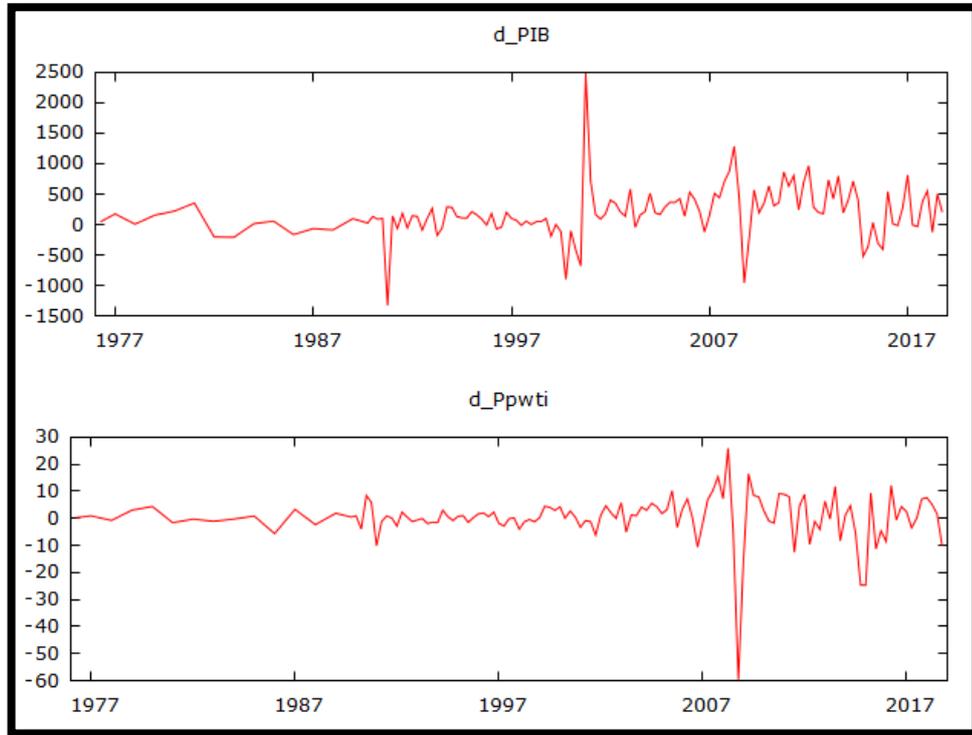
Anexo 38: Prueba de raíz unitaria Dickey-Fuller Aumentada de la primera diferencia del precio del petróleo



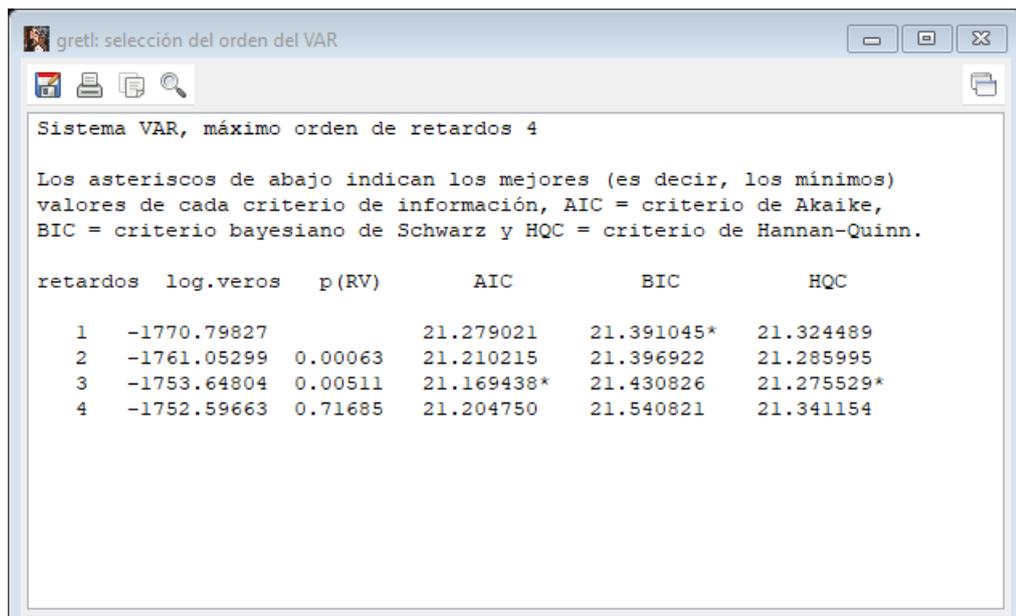
```
gretl: ADF test
Contraste aumentado de Dickey-Fuller para d_Ppwti
Contrastar hacia abajo desde 13 retardos, con el criterio AIC
Tamaño muestral 169
la hipótesis nula de raíz unitaria es: [a = 1]

contraste con constante
incluyendo un retardo de (1-L)d_Ppwti
modelo: (1-L)y = b0 + (a-1)*y(-1) + ... + e
valor estimado de (a - 1): -0.992374
estadístico de contraste: tau_c(1) = -10.6985
Valor p asintótico 1.838e-021
Coef. de autocorrelación de primer orden de e: -0.003
```

Anexo 39: Gráfico de series temporales de las primeras diferencias del precio del petróleo y el PIB



Anexo 40: Selección del orden del VAR



Anexo 41: Primera ecuación del modelo VAR

gretl: autorregresión vectorial

Archivo Editar Contrastes Guardar Gráficos Análisis

Ecuación 1: d_PIB

	Coefficiente	Desv. típica	Estadístico t	valor p	
const	89.2497	31.8883	2.799	0.0058	***
d_PIB_1	0.232443	0.0855073	2.718	0.0073	***
d_PIB_2	0.00807961	0.0875563	0.09228	0.9266	
d_PIB_3	0.143665	0.0863861	1.663	0.0982	*
d_Ppwti_1	9.01813	4.47255	2.016	0.0454	**
d_Ppwti_2	-7.06313	4.37166	-1.616	0.1081	
d_Ppwti_3	7.30598	4.35029	1.679	0.0950	*
Media de la vble. dep.	149.0775	D.T. de la vble. dep.	378.6908		
Suma de cuad. residuos	20325832	D.T. de la regresión	355.3131		
R-cuadrado	0.151284	R-cuadrado corregido	0.119655		
F(6, 161)	4.783052	Valor p (de F)	0.000163		
rho	-0.000230	Durbin-Watson	1.999708		

Contrastes F de restricciones cero:

Todos los retardos de d_PIB	F(3, 161) =	4.4332 [0.0050]
Todos los retardos de d_Ppwti	F(3, 161) =	2.2169 [0.0882]
Todas las variables, retardo 3	F(2, 161) =	4.5718 [0.0117]

Anexo 42: Segunda ecuación del modelo VAR

gretl: autorregresión vectorial

Archivo Editar Contrastes Guardar Gráficos Análisis

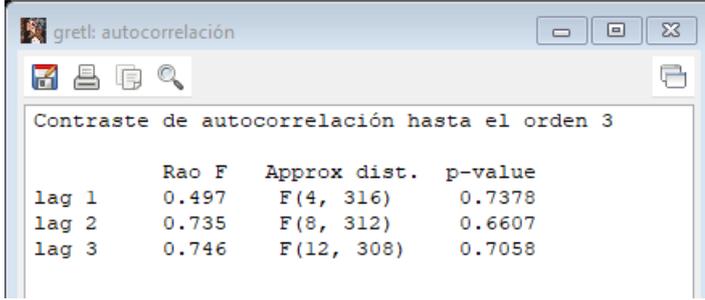
Ecuación 2: d_Ppwti

	Coefficiente	Desv. típica	Estadístico t	valor p	
const	0.612305	0.629481	0.9727	0.3322	
d_PIB_1	0.00125995	0.00168793	0.7464	0.4565	
d_PIB_2	-0.00201536	0.00172838	-1.166	0.2453	
d_PIB_3	-0.00164960	0.00170528	-0.9674	0.3348	
d_Ppwti_1	0.258717	0.0882888	2.930	0.0039	***
d_Ppwti_2	-0.245359	0.0862973	-2.843	0.0050	***
d_Ppwti_3	0.0289384	0.0858755	0.3370	0.7366	
Media de la vble. dep.	0.277226	D.T. de la vble. dep.	7.458186		
Suma de cuad. residuos	7920.456	D.T. de la regresión	7.013942		
R-cuadrado	0.147357	R-cuadrado corregido	0.115581		
F(6, 161)	4.637434	Valor p (de F)	0.000225		
rho	-0.002982	Durbin-Watson	1.993109		

Contrastes F de restricciones cero:

Todos los retardos de d_PIB	F(3, 161) =	1.0366 [0.3780]
Todos los retardos de d_Ppwti	F(3, 161) =	4.6668 [0.0037]
Todas las variables, retardo 3	F(2, 161) =	0.46880 [0.6266]

Anexo 43: Contraste de autocorrelación del modelo VAR

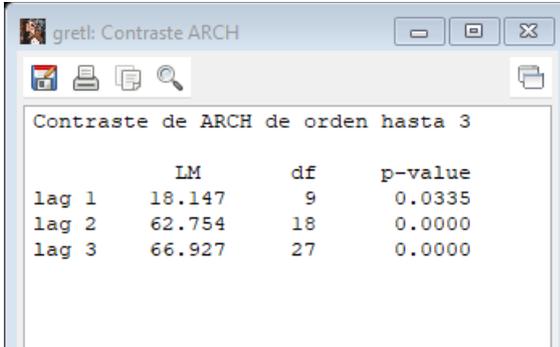


gretl: autocorrelación

Contraste de autocorrelación hasta el orden 3

	Rao F	Approx dist.	p-value
lag 1	0.497	F(4, 316)	0.7378
lag 2	0.735	F(8, 312)	0.6607
lag 3	0.746	F(12, 308)	0.7058

Anexo 44: Contraste de heteroscedasticidad del modelo VAR

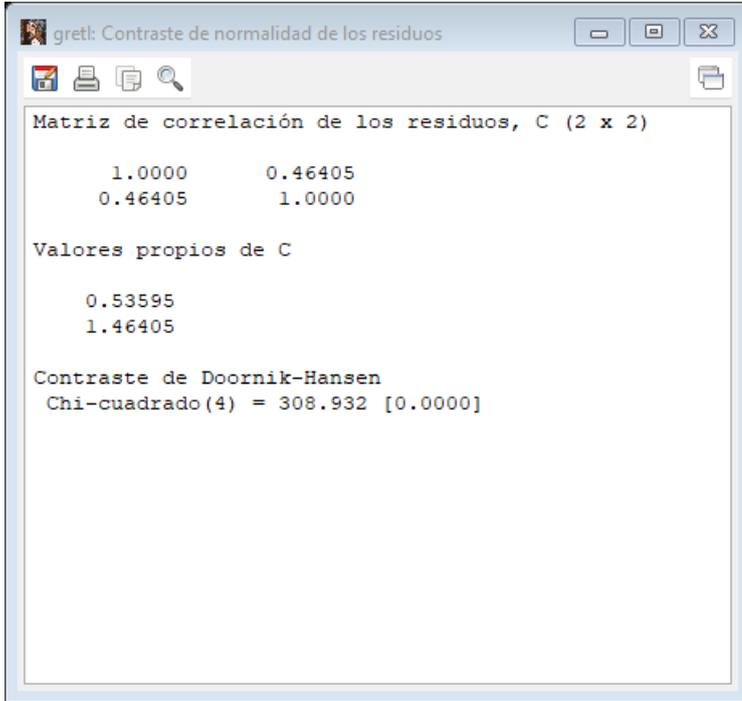


gretl: Contraste ARCH

Contraste de ARCH de orden hasta 3

	LM	df	p-value
lag 1	18.147	9	0.0335
lag 2	62.754	18	0.0000
lag 3	66.927	27	0.0000

Anexo 45: Contraste de normalidad del modelo VAR



gretl: Contraste de normalidad de los residuos

Matriz de correlación de los residuos, C (2 x 2)

1.0000	0.46405
0.46405	1.0000

Valores propios de C

0.53595
1.46405

Contraste de Doornik-Hansen
Chi-cuadrado(4) = 308.932 [0.0000]

Anexo 46: Contraste de cointegración de Engle-Granger del modelo VAR

Etapla 1: contrastando la existencia de una raíz unitaria en d_PIB

Contraste aumentado de Dickey-Fuller para d_PIB

incluyendo 2 retardos de $(1-L)d_PIB$

Tamaño muestral 168

la hipótesis nula de raíz unitaria es: $[a = 1]$

contraste con constante

modelo: $(1-L)y = b_0 + (a-1)*y(-1) + \dots + e$

valor estimado de $(a - 1)$: -0.573648

estadístico de contraste: $\tau_c(1) = -5.44556$

Valor p asintótico 2.292e-006

Coef. de autocorrelación de primer orden de e: -0.006

diferencias retardadas: $F(2, 164) = 2.324 [0.1011]$

Etapla 2: contrastando la existencia de una raíz unitaria en d_Ppwti

Contraste aumentado de Dickey-Fuller para d_Ppwti

incluyendo 2 retardos de $(1-L)d_Ppwti$

Tamaño muestral 168

la hipótesis nula de raíz unitaria es: $[a = 1]$

contraste con constante

modelo: $(1-L)y = b_0 + (a-1)*y(-1) + \dots + e$

valor estimado de $(a - 1)$: -1.00335

estadístico de contraste: $\tau_c(1) = -8.26692$

Valor p asintótico 8.123e-014

Coef. de autocorrelación de primer orden de e: -0.001

diferencias retardadas: $F(2, 164) = 7.410 [0.0008]$

Etapla 3: regresión cointegrante

Regresión cointegrante -

MCO, usando las observaciones 1976:2-2018:4 (T = 171)

Variable dependiente: d_PIB

Coeficiente	Desv. típica	Estadístico t	valor p
const	141.712	25.8632	5.479 1.53e-07 ***
d_Ppwti	22.4003	3.50648	6.388 1.57e-09 ***

Media de la vble. dep. 147.9897 D.T. de la vble. dep. 375.4530
Suma de cuad. residuos 19302817 D.T. de la regresión 337.9613
R-cuadrado 0.194509 R-cuadrado corregido 0.189743
Log-verosimilitud -1237.354 Criterio de Akaike 2478.708
Criterio de Schwarz 2484.991 Crit. de Hannan-Quinn 2481.257
rho 0.277054 Durbin-Watson 1.443447

Etapa 4: contrastando la existencia de una raíz unitaria en uhat

Contraste aumentado de Dickey-Fuller para uhat

incluyendo 2 retardos de (1-L)uhat

Tamaño muestral 168

la hipótesis nula de raíz unitaria es: $[a = 1]$

contraste sin constante

modelo: $(1-L)y = (a-1)*y(-1) + \dots + e$

valor estimado de $(a - 1)$: -0.542751

estadístico de contraste: $\tau_c(2) = -5.18364$

Valor p asintótico 6.423e-005

Coef. de autocorrelación de primer orden de e: -0.008

diferencias retardadas: $F(2, 165) = 3.057 [0.0497]$

Hay evidencia de una relación cointegrante si:

- (a) La hipótesis de existencia de raíz unitaria no se rechaza para las variables individuales y
- (b) La hipótesis de existencia de raíz unitaria se rechaza para los residuos (uhat) de la regresión cointegrante.

Fuente: GRETL

Anexo 47: Contraste de cointegración de Johansen del modelo VAR

```

gretl: contraste de cointegración
Contraste de Johansen:
Número de ecuaciones = 2
Orden del retardo = 3
Periodo de estimación: 1977:1 - 2018:4 (T = 168)
Caso 3: Constante no restringida

Log-verosimilitud = -1286.39 (Incluyendo un término constante: -1763.15)

Rango Valor propio Estad. traza valor p Estad. Lmáx valor p
  0  0.33474  96.417 [0.0000]  68.473 [0.0000]
  1  0.15323  27.943 [0.0000]  27.943 [0.0000]

Corregido por el tamaño muestral (g1 = 161)
Rango Estad. traza valor p
  0  96.417 [0.0000]
  1  27.943 [0.0000]

Valor propio  0.33474  0.15323

Beta (vectores cointegrantes)
d_PIB  0.00074106  0.0041663
d_Ppwti -0.24150  -0.064041

Alfa (vectores de ajuste)
d_PIB  0.88954  -147.97
d_Ppwti  4.3225  -1.3461

Beta renormalizado
d_PIB  1.0000  -0.065057
d_Ppwti -325.89  1.0000

Alfa renormalizado
d_PIB  0.00065920  9.4758
d_Ppwti  0.0032033  0.086205

Matriz de largo plazo (alfa * beta')
          d_PIB  d_Ppwti
d_PIB  -0.61581  9.2610
d_Ppwti -0.0024050  -0.95770

```

Anexo 48: Respuestas a un shock de tamaño una desviación típica en d_PIB

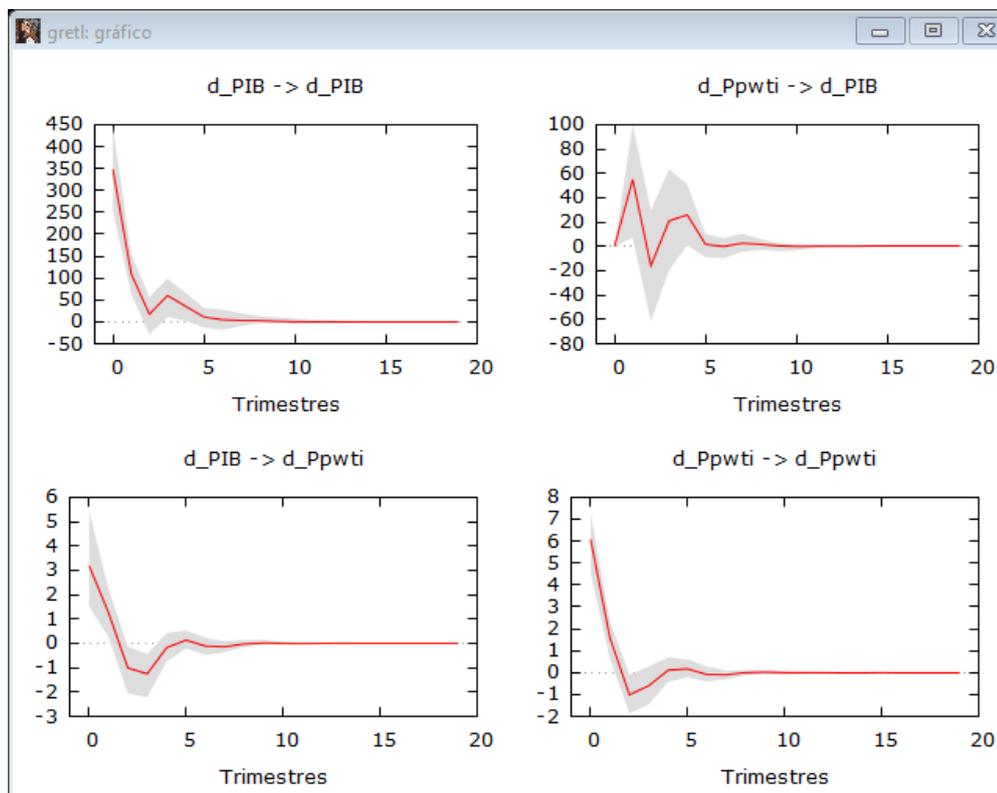
Periodo	d_PIB	d_Ppwti
1	347.83	3.1863
2	109.59	1.2626
3	17.164	-1.0181
4	60.027	-1.254
5	34.942	-0.17783
6	10.888	0.12694

7	4.6762	-0.11553
8	2.9571	-0.13988
9	2.7715	-0.027827
10	1.2328	0.013595
11	0.031007	-0.002613
12	0.092437	-0.011834
13	0.20991	-0.0040069
14	0.082357	0.0018184
15	-0.0076422	0.0006394
16	-0.0073064	-0.0009186
17	0.010557	-0.0004716
18	0.0082036	0.0001625
19	-0.0009724	0.0001323
20	-0.0020432	-5.45E-05

Anexo 49: Respuestas a un shock de tamaño una desviación típica en d_Ppwti

Periodo	d_PIB	d_Ppwti
1	0	6.0822
2	54.85	1.5736
3	-16.019	-1.0161
4	20.878	-0.60369
5	25.833	0.10677
6	1.6751	0.16324
7	-0.095013	-0.085828
8	2.5558	-0.10528
9	1.6834	-0.0008059
10	0.50755	0.020265
11	-0.081938	-0.0045751
12	0.036618	-0.010082
13	0.17021	-0.0015254
14	0.052119	0.0022225
15	-0.024092	0.0003198
16	-0.004685	-0.0009229
17	0.011861	-0.0002962
18	0.005441	0.0002232
19	-0.00195	9.44E-05
20	-0.001595	-7.19E-05

Anexo 50: Gráficos de respuesta al impulso



Anexo 51: Descomposición de la varianza para d_PIB

Periodo	Desv. Típica	d_PIB	d_Ppwti
1	347.832	100	0
2	368.788	97.7879	2.2121
3	369.535	97.6089	2.3911
4	374.96	97.3676	2.6324
5	377.469	96.9341	3.0659
6	377.63	96.9347	3.0653
7	377.659	96.9352	3.0648
8	377.679	96.931	3.069
9	377.693	96.9292	3.0708
10	377.696	96.9291	3.0709
11	377.696	96.9291	3.0709
12	377.696	96.9291	3.0709
13	377.696	96.929	3.071
14	377.696	96.929	3.071
15	377.696	96.929	3.071
16	377.696	96.929	3.071

17	377.696	96.929	3.071
18	377.696	96.929	3.071
19	377.696	96.929	3.071
20	377.696	96.929	3.071

Anexo 52: Descomposición de la varianza para d_Ppwti

Periodo	Desv. Típica	d_PIB	d_Ppwti
1	6.86626	21.5342	78.4658
2	7.15652	22.9354	77.0646
3	7.29964	23.99	76.01
4	7.43113	25.9962	74.0038
5	7.43402	26.0331	73.9669
6	7.4369	26.0422	73.9578
7	7.43829	26.0565	73.9435
8	7.44035	26.0774	73.9226
9	7.4404	26.0785	73.9215
10	7.44044	26.0785	73.9215
11	7.44045	26.0785	73.9215
12	7.44046	26.0787	73.9213
13	7.44046	26.0787	73.9213
14	7.44046	26.0787	73.9213
15	7.44046	26.0787	73.9213
16	7.44046	26.0787	73.9213
17	7.44046	26.0787	73.9213
18	7.44046	26.0787	73.9213
19	7.44046	26.0787	73.9213
20	7.44046	26.0787	73.9213