

Relación entre el precio del petróleo y el tipo de cambio en Colombia

Ivan Felipe Librado González

Trabajo de grado para optar al título de Economista

Universidad de Ibagué

Facultad de ciencias económicas y administrativas

Programa de Economía

Ibagué 2018

Relación entre el precio del petróleo y el tipo de cambio en Colombia

Ivan Felipe Librado González

Código: 1320141007

Trabajo de grado para optar por el título de Economista

Tutor:

Héctor Javier Castro Torres

Director programa de Economía Universidad de Ibagué

Universidad de Ibagué

Facultad de ciencias económicas y administrativas

Programa de Economía

Ibagué

2018

Para mi abuela Oliva y mis padres...

Agradecimientos

Este trabajo de grado es el resultado de un esfuerzo en el cual, directa o indirectamente participaron distintas personas con su opinión, apoyo, paciencia y sabiduría en momentos de duda y desconocimiento. El desarrollo de este trabajo me ha permitido aprovechar la experiencia de cada una de esas personas, el cual deseo agradecer en este apartado.

En primer lugar quiero agradecer a mi tutor, el profesor Héctor Javier Castro Torres, quién desde el momento en que inicie mis estudios como economista fue el encargado de guiarme en el recorrido durante estos años, por su paciencia, dedicación e integridad como docente, como tutor y como ser humano, Le agradezco por los momentos dedicados para aclarar cualquier tipo de duda que surgió, por la claridad y exactitud con la que enseña en sus clases y materias. Mis más sinceros agradecimientos.

En segundo lugar agradezco a mi universidad, la Universidad de Ibagué, la cual dispuso de todas las herramientas al alcance de todos los estudiantes para poder obtener una educación idónea de alta calidad. A sus directivos, su planta de maestros, sus funcionarios y ayudantes en cada una de las áreas, muchas gracias.

A mis padres les agradezco por su apoyo incondicional, por ser un ejemplo de vida, por su motivación a ser mejor todos los días y por infinitas cosas más que han sido las principales responsables en mi formación como ser humano y lo será en mi formación profesional. Los amo.

A mi novia Alejandra, que fue la mejor compañera en este camino, su apoyo fue fundamental para la elaboración de este trabajo, gracias por las palabras, el conocimiento, las opiniones, los llamados de atención, el amor, la paciencia y la agradable compañía. Te amo y te doy gracias por tu ayuda.

Tabla de contenido

Glosario	8
Resumen	11
Introducción.	12
Regímenes cambiarios en Colombia.	15
Marco teórico.	18
Revisión de literatura.	19
Metodología	22
Datos.	24
Resultados.	56
Conclusiones	59
Bibliografía	61
Anexos	65

Lista de gráficas

Gráfica 1. Exportaciones colombianas 2000-2017.....	13
Gráfica 2. Trm en colombia 2.000 - 2.018	16
Gráfica 3. Precio petróleo wti – trm 2.000 - 2.017	17
Gráfica 4. Prueba gráfica filtro hodrick-prescott en trm	25
Gráfica 5. Prueba de correlograma trm.	26
Gráfica 6. Prueba de raíz unitaria trm.....	27
Gráfica 7. Prueba gráfica filtro hodrick-prescott en wti.....	28
Gráfica 8. Prueba de correlograma wti.....	29
Gráfica 9. Prueba de raíz unitaria wti.....	30
Gráfica 10. Prueba gráfica filtro hodrick-prescott en dlogtrm.	31
Gráfica 11. Prueba de correlograma dlogtrm.	32
Gráfica 12. Prueba de raíz unitaria dlogtrm	33
Gráfica 13. Prueba gráfica filtro hodrick-prescott en dlogwti.....	34
Gráfica 14. Prueba de correlograma dlogwti.....	35
Gráfica 15. Prueba de raíz unitaria dlogwti.....	36
Gráfica 16. Correlograma dlogtrm.	37
Gráfica 17- correlograma dlogwti	38
Gráfica 18. Hoja de salida modelo ls dlog(trm) c ar(1) ma(1)	39
Gráfica 19. Correlograma de residuos modelo ls dlog(trm) c ar(1) ma(1)	40
Gráfica 20. Correlograma de residuos al cuadrado modelo ls dlog(trm) c ar(1) ma(1)	41
Gráfica 21. Valores criterio modelo ls dlog(trm) c ar(1) ma(1).....	41
Gráfica 22. Hoja de salida modelo ls dlog(trm) c ar(1).....	42
Gráfica 23. Correlograma de residuos modelo ls dlog(trm) c ar(1).....	43
Gráfica 24. Correlograma de residuos al cuadrado modelo ls dlog(trm) c ar(1).....	44
Gráfica 25. Valores criterio correlograma de residuos al cuadrado modelo ls dlog(trm) c ar(1).....	45
Gráfica 26. Hoja de salida modelo ls dlog (trm) c ma(1).....	45
Gráfica 27. Correlograma de residuos modelo ls dlog (trm) c ma(1).....	46
Gráfica 28. Correlograma de residuos al cuadrado modelo ls dlog (trm) c ma(1).....	47

Gráfica 29, valores criterio modelo ls dlog (trm) c ma(1).....	48
Gráfica 30. Hoja de salida modelo ls dlog (trm) c.....	48
Gráfica 31. Correlograma de residuos modelo ls dlog(trm) c.....	49
Gráfica 32. Correlograma de residuos al cuadrado modelo ls dlog (trm) c.....	50
Gráfica 33. Valores criterio modelo ls dlog (trm) c.....	51
Gráfica 34. Hoja de salida modelo ls dlog (wti) c.....	51
Gráfica 35. Correlograma de residuos modelo ls dlog (wti) c.....	52
Gráfica 36. Correlograma de residuos al cuadrado modelo ls dlog (wti) c.....	53
Gráfica 37. Valores criterio ls dlog (wti) c.....	54
Gráfica 38. Forecast modelo ls dlog(trm) c ar(1).....	54
Gráfica 39. Forecast modelo ls dlog (wti) c.....	55

Lista de tablas.

Tabla 1. Resultados del modelo.....	56
Tabla 2. Resultados pruebas de verificación.	57

Lista de anexos

Anexo 1. Serie BRENT 2006-2017.....	65
-------------------------------------	----

Glosario

Apreciación: es el aumento en el precio de una moneda con respecto a otra u otras bajo un régimen de tipo de cambio flexible.

Arima: Modelo Autorregresivo Integrado de Media Móvil, es un método de predicción que se basa en el análisis de las propiedades probabilísticas o estocásticas de las series de tiempo económicas en sí mismas, pues una variable Y_t puede ser expresada como una función de sus valores pasados, razón por la que algunas veces se les denomina modelos ateóricos, donde no existe relación causal alguna a diferencia de los modelos clásicos de regresión.

Autocorrelación: En ocasiones en una serie de tiempo acontece, que los valores que toma una variable en el tiempo no son independientes entre sí, sino que un valor determinado depende de los valores anteriores.

Balanza comercial: es un registro de importaciones y exportaciones de un país en determinado período.

Brent: es un tipo de crudo con mayor cantidad de contenido de azufre y densidad, es extraído en el Mar del Norte, en Europa, y es el indicador de referencia para la cotización petrolera en el IPE (International Petroleum Exchange) en Londres, y por tal motivo, el más utilizado en el viejo continente.

Caminata aleatoria (Random Walk): Es camino aleatorio o camino al azar es un proceso estocástico, donde la primera diferencia de este proceso estocástico es un ruido blanco.

Commodities: Los commodities o materias primas son bienes transables en el mercado de valores. Los hay de carácter energético (petróleo, carbón, gas natural), de metales (cobre, níquel, zinc, oro y plata) y de alimentos o insumos (trigo, maíz o soya).

Depreciación: se refiere a una disminución periódica del valor de un bien material o inmaterial.

Devaluación: Disminución del valor de una moneda.

Exportaciones: son los bienes o servicios que se producen en un país, los cuales son vendidos y enviados a clientes de otros países. En otras palabras, la exportación es el tráfico de bienes y servicios propios de un país con el fin de ser usados o consumidos en otro país.

Flujo de capitales: es la cantidad de dinero invertido en un país por individuos o empresas extranjeras.

Importaciones: son las compras que los ciudadanos, las empresas o el gobierno de un país hacen de bienes y servicios producidos por otros países y que son llevados al país comprador, por lo tanto, se introducen productos o costumbres extranjeras en un país.

Índice de precios al consumidor (IPC): refleja las variaciones que en conjunto sufren los precios de los bienes que adquieren normalmente los consumidores del país. Es un número que resume las variaciones de los precios de una canasta de bienes, la cual se supone que es representativa del consumo de una familia promedio. El índice es un promedio ponderado de los precios de todos los bienes que componen la canasta.

Inflación: Proceso económico provocado por el desequilibrio existente entre la producción y la demanda; causa una subida continuada de los precios de la mayor parte de los productos y servicios, y una pérdida del valor del dinero para poder adquirirlos o hacer uso de ellos.

JDBR: Junta Directiva del Banco de la República.

Proceso Estocástico: es un conjunto de variables aleatorias que depende de un parámetro o de un argumento. En el análisis de series temporales, ese parámetro es el tiempo y se define como una familia de variables aleatorias Y indicadas por el tiempo, t . Tales que para cada valor de t , Y tiene una distribución de probabilidad dada.

Revaluación: hace referencia a un aumento del valor de una moneda.

Ruido blanco: es una sucesión de variables aleatorias (proceso estocástico) con esperanza (media) cero, varianza constante e independientes para distintos valores de t (covarianza nula).

Serie estacionaria: Una serie es estacionaria cuando es estable a lo largo del tiempo, es decir, cuando la media y varianza son constantes en el tiempo. Esto se refleja gráficamente en que

los valores de la serie tienden a oscilar alrededor de una media constante y la variabilidad con respecto a esa media también permanece constante en el tiempo.

Tasa de cambio real: es el precio relativo de los bienes entre diferentes países. Se define usualmente como la relación entre el poder de compra de una divisa en relación a otra divisa.

Tasa de cambio: Es la relación de equivalencia entre dos monedas de diferentes países que sirve de referencia para las transacciones comerciales.

Términos de intercambio (TI): se definen como la razón entre el precio de las exportaciones de un país y el precio de sus importaciones. Esta relación refleja la capacidad de compra que tienen los productos domésticos vendidos en el extranjero.

Trm: La tasa de cambio representativa del mercado (TRM) es la cantidad de pesos colombianos por un dólar de los Estados Unidos.

Wti: El petróleo WTI (West Texas Intermediate) es un crudo extraído en Cushing, Oklahoma, que debido a su poco contenido de azufre, es catalogado como petróleo dulce, y por la baja densidad se le considera liviano. Su precio es utilizado como indicador de referencia en la Bolsa Mercantil de Nueva York (NYMEX) y por tanto es un índice válido en el continente americano.

Resumen

Este trabajo utiliza un modelo Autorregresivo Integrado de Media Móvil (ARIMA) para probar la relación existente entre las variaciones del precio pronosticado para el petróleo y el tipo de cambio Colombiano COP/USD durante el periodo entre el 1 de enero de 2000 y el 31 de diciembre de 2017. Los resultados muestran que el modelo ARIMA acierta en el pronóstico del precio de las variables de acuerdo a su comportamiento pasado. La relación evidenciada a partir de las variaciones en el precio de las variables en el corto plazo pronosticadas, no corresponde a planteamientos teóricos de la relación esperada entre el tipo de cambio de economías productoras de commodities como la Colombiana y el movimiento de los precios de estas materias primas.

Palabras clave: Tipo de cambio; commodities; ARIMA.

Parte I

Introducción.

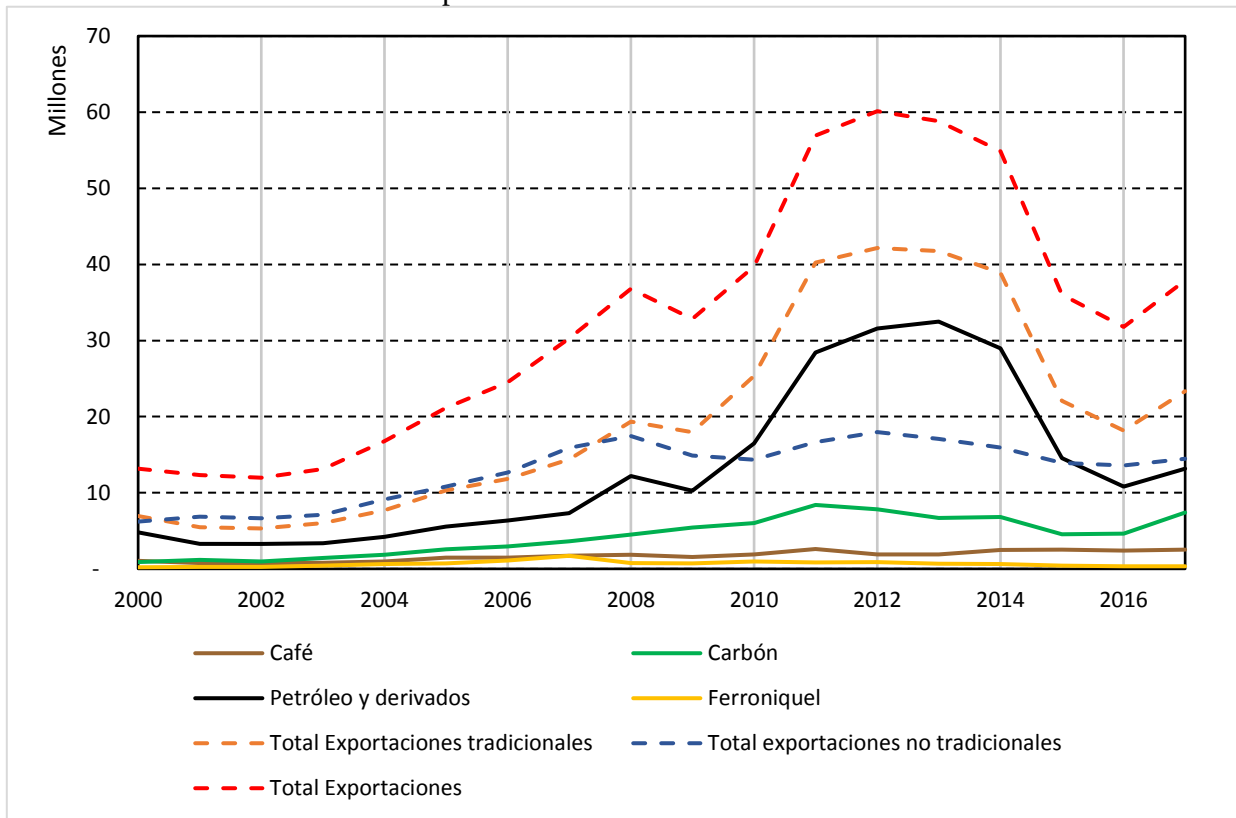
La variación del precio de la tasa de cambio en las economías con régimen cambiario de libre flotación, depende en gran medida del comportamiento de factores que afectan la oferta y demanda de su moneda, así como factores macroeconómicos del país. Comprender el comportamiento de dichos factores, permite establecer la relación directa o inversamente proporcional de estos sobre la tasa de cambio.

Los ingresos provenientes del comercio internacional para los países productores de materias primas o *commodities* como Colombia, se ven afectados significativamente por las variaciones en sus precios, dado que sus principales productos de exportación son el café, carbón, petróleo (y sus derivados) y el oro, los cuales correspondieron al 59,9% de la totalidad de las exportaciones en el año 2016, de acuerdo a los datos en el observatorio de complejidad económica (OEC). Mientras que sus importaciones de *commodities* para ese mismo año fueron bajas, se destacan las importaciones de metales equivalentes al 6,8%, y del petróleo y sus refinados con un 8,8%. Situación reflejada en el comportamiento del tipo de cambio (Urrutía, 2017). Los vehículos, maquinarias y componentes electrónicos con un 23% y los productos químicos con 16% son los bienes que más importa el país.

Para el caso Colombiano, como se observa en la gráfica 1, los ingresos del comercio internacional dependen en un alto porcentaje de la renta proveniente de la exportación de materias primas, en especial el petróleo crudo que representa el 25% del total de las exportaciones en el 2016 (The observatory of economic complexity, s.f.).

Las variaciones en los precios de las *commodities* además de afectar la balanza comercial Colombiana afectan las condiciones de equilibrio del precio de los productos dentro del mercado colombiano, los términos de intercambio (TI) y el tipo de cambio. La variación de los precios es transmitida de los importadores a los consumidores al afectar los precios de los productos importados, induciendo un aumento en el nivel de precios de la economía (inflación). Y a su vez, provoca un efecto demanda sobre los bienes producidos en el país debido al encarecimiento de los bienes extranjeros por aquellos que puedan ser sustituidos dentro de la industria nacional (Fernández Mejía, 2015).

Gráfica 1 Exportaciones Colombianas 2000-2017.



Fuente: Datos DANE

*Exportaciones tradicionales solo incluye las exportaciones de Café, Petróleo y derivados, Carbón y Ferroníquel.

La tasa de cambio real (TCR) como indicador permite medir de qué manera se desempeña la economía Colombiana en el mercado internacional en relación a la oferta y demanda de sus productos. La tasa de cambio real es un precio relativo relevante en las economías abiertas de libre mercado, y sus variaciones afectan los flujos de comercio, la cuenta corriente de la balanza de pagos, la inflación, el nivel de composición de la producción y el consumo, la asignación de recursos y el empleo. Siendo un precio relativo, la tasa de cambio real es susceptible y responde a las variaciones de las variables que explican su comportamiento (Franco & Montoya, 2006).

Así mismo, en el Informe Económico Regional de Octubre de 2011, el FMI destacaba que Latinoamérica continúa expuesta a riesgos relacionados con los productos básicos, haciéndola más vulnerable a una fuerte caída en los precios internacionales de estos productos. A su vez, en el informe de Abril de 2014 este mismo organismo publicó las

perspectivas regionales donde América Latina y el Caribe permanecen ensombrecidas por una serie de riesgos a la baja. El principal riesgo es una caída más pronunciada de lo previsto de los precios de las materias primas causada por el debilitamiento de la demanda de algunas de las principales economías importadoras de materias primas, especialmente China (FMI, 2011).

En estudios recientes se ha encontrado que el comportamiento de la tasa de cambio en países productores de commodities, como Colombia, está altamente relacionado con el comportamiento del precio de estas materias primas que produce (Lizardo & Mollick, 2010) (Basher, Haug, & Sardorsky, 2012). Explicando así que, cuando el precio del petróleo sube, el tipo de cambio de las economías productoras de este commodity tiende a apreciarse y viceversa. Este canal de transmisión se asocia al comportamiento del flujo de capitales, el cual explica que, durante el auge de precios de las materias primas entra inversión extranjera directa de forma dinámica a la economía aumentando el valor de los activos locales, incluyendo el valor del tipo de cambio (Chen Y. , 2004) (Chen, Rogoff, & Rossi, 2008)

En este trabajo se estudia la relación existente entre las variaciones del tipo de cambio del peso colombiano frente al dólar (COP/USD) y las variaciones en el precio del petróleo WTI. En la primera sección del documento se presentará el planteamiento del problema y los objetivos de la investigación. Seguido de los diferentes mecanismos de política cambiaria que se han implementado en la economía colombiana y cómo han influido sobre el comportamiento de la tasa de cambio En la segunda sección se enmarcará la investigación en torno a un marco referencial apropiado, con el cual se espera establecer la relación que se ha presentado entre las variaciones del precio de las commodities y la tasa de cambio de las economías productoras de materias primas, como es el caso de la economía Colombiana.

En la tercera sección se expondrá el modelo econométrico ARIMA que tiene como objetivo predecir el comportamiento de la variable explicada por las observaciones de ella misma correspondientes a períodos anteriores. Además se realizarán pruebas de efectividad al modelo escogido para brindar confiabilidad a los resultados de su implementación.

En la cuarta parte del documento se presentarán los resultados de las estimaciones obtenidas con la implementación del modelo seleccionado para conocer la relación existente entre las variables, y en la quinta parte se presentarán las conclusiones como cierre del documento.

Regímenes cambiarios en Colombia.

La tasa de cambio en Colombia se ha administrado a través de diversos regímenes cambiarios como el *crawling peg* conocido también como el sistema de “mini devaluaciones”, implementado entre 1982 y 1991, en el cual todas las transacciones de divisas se debían hacer a través del Banco de la República y la tasa de cambio se anunciaba con un día de anticipación siguiendo una tasa de devaluación gota a gota, llegando a devaluar hasta un 50% la moneda respecto al dólar, beneficiando las actividades de exportación pero provocando una alta inflación en el país. A partir de 1990 se dio inicio al proceso de liberación de la tasa de cambio con la implementación del sistema de *certificados de cambio*, descentralizando las transacciones cambiarias, permitiendo la reducción de aranceles, la apertura del mercado para inversiones extranjeras, y la eliminación a la restricción de posesión de moneda extranjera.

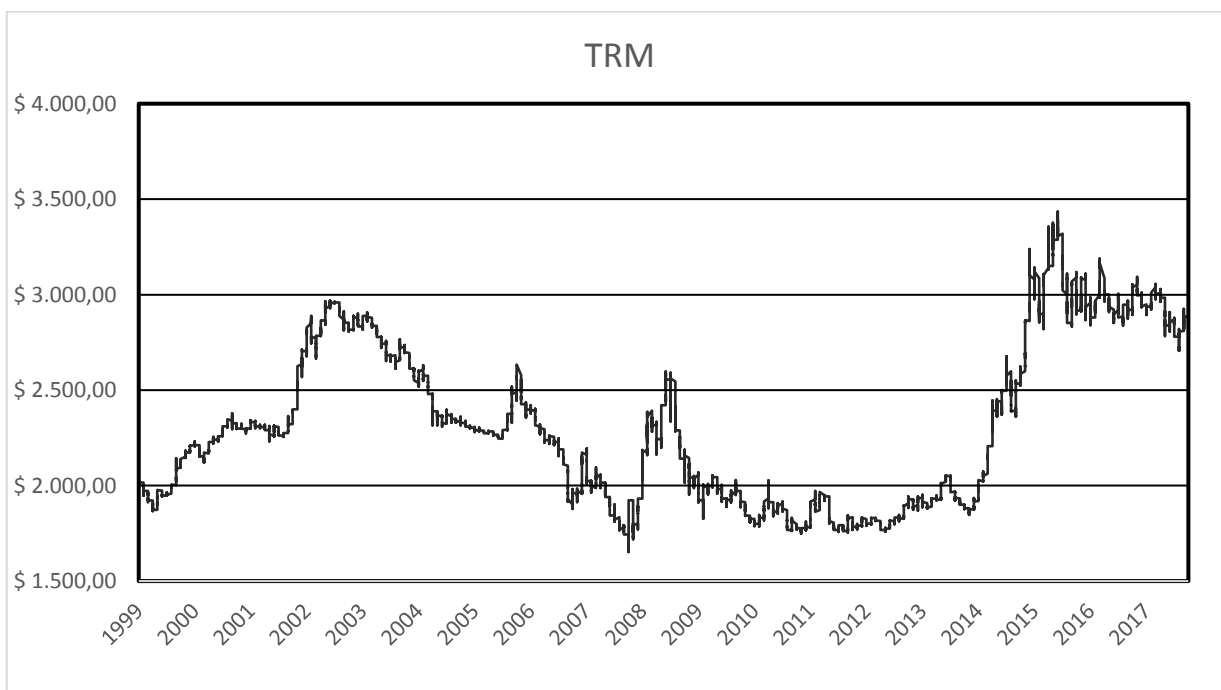
A principios de 1994 la política cambiaria colombiana se basó en un sistema formal de *bandas cambiarias*, mediante el cual el Banco Central se comprometía a intervenir en el mercado, comprando o vendiendo divisas, cuando el tipo de cambio llegara a unos determinados niveles mínimo y máximo, definidos anteriormente y conocidos por los demás participantes del mercado (Carrasquilla & Galindo, 1995). Este modelo se vio presionado entre 1.998 y 1.999 por choques externos como el deterioro de los términos de intercambio y la inestabilidad en los mercados financieros internacionales, así como por desequilibrios internos de la economía.

En respuesta, a partir del 25 de septiembre de 1.999 la JDBR decidió eliminar la banda cambiaria y permitir la libre flotación del peso, coincidiendo con el anuncio de las bases de un acuerdo con el Fondo Monetario Internacional (FMI), en el que se establece un programa de ajuste macroeconómico para los tres años siguientes. En este acuerdo bilateral, el Banco de la República como institución responsable del manejo de la política monetaria en Colombia, establece que serán las fuerzas del mercado las encargadas de determinar el valor del tipo de cambio y espera de esta manera poder absorber mejor los choques externos. (Banco de la república, 1999)

Adicionalmente y posterior al acuerdo con el FMI, la Junta Directiva del Banco de la república (JDBR) adoptó en noviembre de 2001 un esquema de inflación objetivo (IO) como marco para la conducción de la política monetaria, con la que se busca mantener las

variaciones en el índice de precios del consumidor (IPC) en el largo plazo, cercana al 3% con un margen admisible de desviación de +/- 1%. El principal instrumento monetario que utiliza el Banco de la República para intervenir e implementar las decisiones de política monetaria y alcanzar la meta de inflación objetivo es la tasa de interés de referencia o tasa de operaciones “Repo”. Los movimientos de esta tasa, afectan las relaciones de precio de los activos a través de varios canales de transmisión, como el canal de la tasa de cambio donde, variaciones en la tasa de interés de referencia se reflejan en cambios en la rentabilidad relativa entre los activos financieros externos e internos, afectando la oferta y demanda de la divisa extranjera, lo que provoca un movimiento de respuesta en el tipo de cambio. (Banco de la República, 2013).

Gráfica 2 TRM en Colombia 2.000 - 2.018



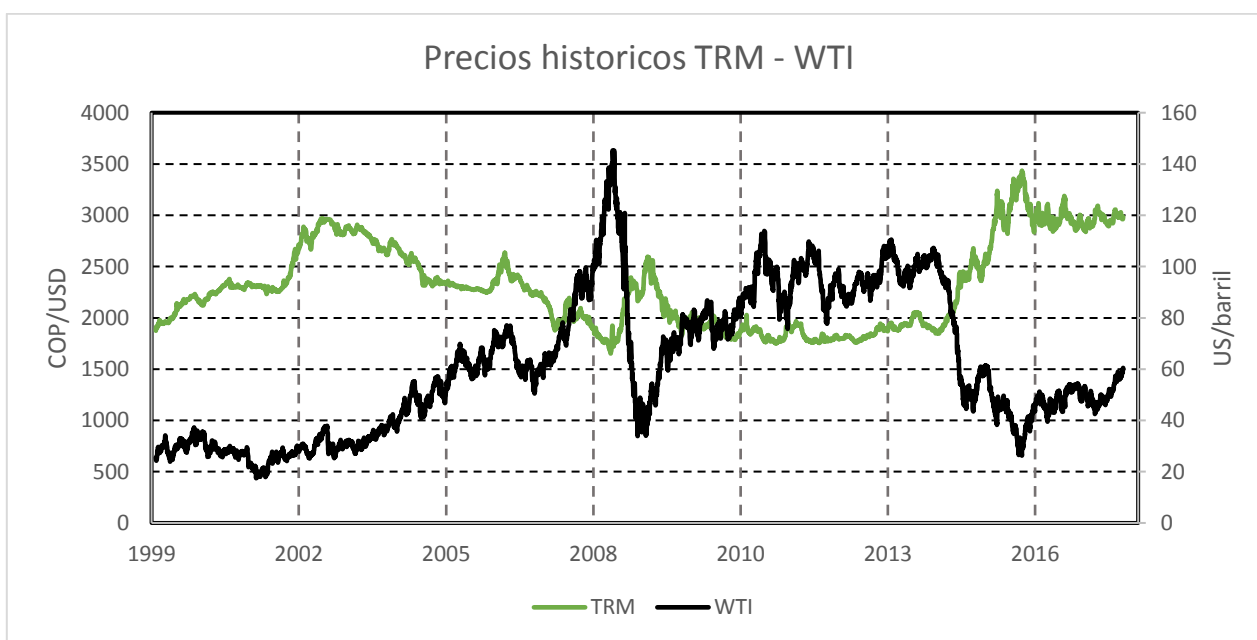
Fuente: Datos Banco de la república

Desde la implementación del régimen cambiario de libre flotación del peso, la economía Colombiana ha enfrentado crisis internacionales que afectaron la cuenta corriente y los términos de intercambio, al afectar las tasas de crecimiento de sus diferentes socios comerciales. Mientras se implementaban los acuerdos firmados con el FMI, en el periodo entre 2000 y 2003, el país lograba salir de la crisis de los 90 generada por el exceso de gasto

público y privado aumentando el déficit en la cuenta corriente, periodo en el cual la moneda local se devaluó. La apreciación posterior del peso frente al dólar (2003-2013) visible en la gráfica 2, se da en simultaneidad con el aumento en los precios internacionales del petróleo para este mismo periodo presente en la gráfica 3.

Seguida de una de las crisis más fuertes para el sistema económico colombiano, especialmente para su tasa de cambio, la crisis entre 2014-2016 con la caída de los precios de los productos básicos, especialmente la caída del precio del petróleo, como se observa en el gráfico 2 en el periodo mencionado, en el cual, el tipo de cambio se llegó a devaluar cerca del 81% (Rincón-Castro & Rodríguez-Niño, 2016).

Gráfica 3 Precio petróleo WTI – TRM 2.000 - 2.017



Fuente: Datos Bloomberg, Banco de la república.

En ese sentido, es relevante analizar la incidencia de las variaciones en el precio de las commodities, más específicamente el petróleo en el tipo de cambio del país. Una de las principales razones, es que la tasa de cambio es un precio más en la economía, cuyas fluctuaciones influyen sobre las decisiones de consumo, inversión y producción por parte de los empresarios y las familias. Todo ello tendrá efectos a nivel macroeconómico en términos de la inflación, el empleo y el crecimiento económico, variables que determinan algunas de las medidas de bienestar de la sociedad.

Parte II

Marco teórico.

Investigaciones desarrolladas en 1983 por Meese y Rogoff (1983), evalúan el desempeño de modelos teóricos monetarios de precios rígidos y flexibles, así como también modelos de precios rígidos que consideran el efecto sobre la balanza de pagos formulados para describir el comportamiento de la tasa de cambio. Los resultados obtenidos en estos trabajos, demuestran que, al evaluar la capacidad predictiva por fuera de muestra (out-of-sample) de estos modelos basados en el error cuadrático medio (RSME), un modelo de caminata aleatoria genera con frecuencia mejores predicciones que las realizadas por los modelos teóricos. A este planteamiento se le denominó “*The Meese & Rogoff puzzle*” (Moosa & Burns, 2014).

A razón de estos resultados, se han planteado nuevos modelos que intentan predecir de una manera más acertada las variaciones presentes en la tasa de cambio, como las estimaciones con el modelo de corrección de error (Mark, 1995), el modelo de predicción no lineal (Schinasi & Swamy, 1989), los modelos multivariados con factores y modelos de tipo panel con corrección de error (Engel, Mark, & West, 2007), por resaltar algunos. Otras investigaciones tomaron diferentes inclinaciones y agregaron a sus variables los fundamentales económicos tradicionales de la tasa de cambio (inflación, diferencial en tasa de interés, PIB, oferta monetaria, etc.) en sus estimaciones, como el modelo Chen y Rogoff (2003) en el que los autores incluyen la variable de precios de commodities (Chen Y. , 2004).

Los precios de los commodities han sido incluidos en un vasto número de modelos teóricos con el fin de encontrar la relación presente entre el tipo de cambio y el precio de estos bienes primarios, enfocándose principalmente en países en vía de desarrollo cuyas economías se basan principalmente en la exportación de materias primas. (Krugman, 1983). Es uno de los pioneros en el campo de análisis de relación entre el tipo de cambio y el precio de los commodities, en el documento “*Oil and the dollar*”, Krugman desarrolla seis modelos estilizados para mostrar que el impacto de los altos precios del petróleo sobre las tasas de cambio es complejo y depende de factores como la balanza comercial, la elasticidad de la demanda de petróleo, flujos de capital y especulación. Así mismo plantea que los países

exportadores de petróleo presentarán una apreciación de su moneda como respuesta a los aumentos en los precios del petróleo

Siguiendo estos planteamientos, el precio de los commodities como variable determinante del comportamiento del tipo de cambio en economías exportadoras principalmente de materias primas, toma relevancia en modelos como el modelo de balance de portafolio. Esta clase de modelos trata los activos nacionales y extranjeros como sustitutos imperfectos, planteando que el tipo de cambio depende de la oferta y la demanda de todos los activos extranjeros y domésticos, no solo dinero (Chen Y. , 2004). Para una economía cuyo ingreso internacional depende en gran medida de la exportación de commodities, un auge en el precio de mercado mundial de productos básicos normalmente conduciría a una balanza de pagos superavitaria y a un aumento en acumulación de reservas internacionales, ejerciendo presión sobre la demanda relativa de su moneda local, esto llevaría a una apreciación de la moneda nacional. (Chen, Rogoff, & Rossi, 2008).

Así mismo, investigaciones realizadas por diversos autores (Amano & Van Norden, 1998), (Chen & Chen, 2007), (Chen & Rogoff, 2003), (Golub, 1983), (Lizardo & Mollick, 2010), (Basher, Haug, & Sardorsky, 2012), (Zhang, 2013), entre otros, encuentran soportes empíricos que refuerzan la hipótesis mencionada en la literatura que los movimientos en los precios del petróleo están relacionados con las variaciones en el precio del tipo de cambio de las economías con alta dependencia en su comercialización.

Teniendo lo anterior en consideración, se reconoce la importancia de conocer la relación existente entre las variaciones en el precio del petróleo como commodity y las variaciones del tipo de cambio de la economía Colombiana dada su alta concentración en este tipo de bien para el comercio internacional.

Revisión de literatura.

Krugman (1983) y Golub (1983) explican los efectos de las variaciones del precio del petróleo sobre la tasa de cambio del dólar a través de la balanza de pagos. Ellos argumentan que un aumento en el precio del petróleo traerá una transferencia de riqueza de los países importadores de petróleo a los países exportadores y que su impacto en la tasa de cambio dependerá de las preferencias de cartera de los países exportadores de petróleo en el corto

plazo, pero en el largo plazo dependerá de sus preferencias de importación. Además encontraron que los países exportadores, en especial los miembros de la OPEC tienen preferencias por los activos denominados en dólares. Así, cuando el precio del petróleo sube, su ingreso se ve aumentado. Luego, en el corto plazo, estos países usan ese ingreso adicional para comprar más activos denominados en dólares, lo cual, provoca que el dólar se aprecie. Y como consecuencia, en el largo plazo, un mayor ingreso se convierte en un mayor gasto. Por ejemplo, supongamos que estos países usan los mayores ingresos para comprar productos europeos. Luego tienen que cambiar dólares americanos por euros, lo que finalmente conduce a una depreciación del dólar estadounidense.

Olomola y Adejumo (2006) por su parte investigaron la relación entre el precio del petróleo y el tipo de cambio real en Nigeria comparándolo con el dólar estadounidense (NGN/USD), incluyendo variables macroeconómicas como inflación, PIB y la oferta monetaria. Utilizando un modelo cointegrado de vectores autorregresivos (VAR). Encontraron que variaciones en el precio del petróleo tienen un efecto significativo en el tipo de cambio así como en la oferta monetaria en el largo plazo, pero no en la inflación ni en el PIB.

Lizardo y Mollick (2010) utilizaron el mismo modelo cointegrado (VAR) para conocer la relación entre el precio del petróleo y el tipo de cambio de países importadores y exportadores de este commodity. Encontraron que incrementos en el precio real del petróleo causan que se deprecie el dólar frente a la moneda de países exportadores, como Canadá, México y Rusia, y en contraste, se aprecie frente a las monedas de los países importadores de petróleo como Japón.

Zhang (2013) en su investigación “*the links between the price of oil and the value of US dollar*” utilizando un test de co-integración de base residual desarrollado por Engle- Granger (1978), encontró que existe una relación positiva y estable entre el precio del petróleo y el valor real del dólar estadounidense en el periodo comprendido entre 1973 y 2010, y además encontró que esta relación es susceptible a quiebres estructurales¹ en el tiempo.

¹ Zhang hace referencia a la guerra Yom Kippur en 1973 y el embargo petrolero por miembros de la OPEC en el mismo año que elevó el precio del barril de petróleo de US \$14 a US \$50. La revolución Iraní y la guerra entre Irán e Iraq en el periodo 1979-1981 que elevó el precio del barril por encima de los US \$90. Cambios en la metodología de establecimiento de precios entre 1981-1983 que depreció el barril a US \$ 28. La invasión de Kuwait en 1990 que aumento su precio a US \$33. La crisis asiática en 1997 que provocó una disminución del

Curcio y Vilker (2014) analizaron el impacto que la variación de los precios de las principales commodities exportadas por Argentina, Chile, Colombia y Ecuador tiene sobre su nivel de actividad. Desarrollando un modelo de vectores autorregresivos (VAR). Como resultado de la observación para el caso Colombiano, analizando el índice mensual desestacionalizados IPIR (Índice de Producción Industrial Real), las variaciones en el precio del petróleo en un periodo anterior ($t-1$) tienen una baja relación positiva con el nivel de producto actividad, mientras que con la variable tipo de cambio real tiene una relación negativa.

Murcia y Rojas (2013) analizaron la dinámica del tipo de cambio en Colombia siguiendo un modelo de microestructura propuesto por Kyle (1985) basados en información recogida de los agentes de mercado cambiario, encontraron que en el corto plazo la tasa de cambio responde a estímulos de microestructura, mientras que a mediano y largo plazo, las variables fundamentales de la economía como la tasa de interés interna, la tasa de interés externa, la inflación interna y la externa, la balanza comercial, la balanza en cuenta corriente, los precios de los commodities, variaciones en el PIB, la productividad relativa y la demanda de bienes transables y no transables, son las variables que determinan el nivel de la tasa de cambio.

Franco y Montoya (2006) aplicando el modelo de desbordamiento propuesto por Buiter y Miller (1981) descubren para el caso Colombiano que existe una relación inversa entre el tipo de cambio real y el PIB, explicando que el crecimiento basado en competitividad puede ser posible en etapa de revaluación gracias a las ventajas competitivas de las industrias exportadoras y además dan evidencia de como aumentos en la tasa de interés externa produce fuga de capitales y por consiguiente una devaluación de la moneda

Garzón (2016) mediante el uso de un modelo de correlación correccional dinámica, prueba la existencia de incrementos anómalos en las correlaciones dinámicas entre la tasa de cambio y los precios de los commodities, utilizando como objeto de estudio el mercado cambiario de las economías latinoamericanas productoras de commodities como Brasil, Chile, Colombia y México, incluyendo los precios de las commodities petróleo WTI y cobre para su estudio.

precio a US \$10. Y la crisis especulativa financiera de 2008, que provocó un aumento en el precio por barril hasta los US \$140.

Para el caso Colombiano se encontró una fuerte correlación entre la variación del precio del petróleo y la tasa de cambio.

Parte III

Metodología

Para determinar si existe correlación alguna entre el precio del petróleo y la tasa de cambio de Colombia, este trabajo utilizara el modelo Autorregresivo Integrado de Media Móvil, ARIMA. Este enfoque desarrollado por Box & Jenkins (1976) en su publicación “*Time series analysis: Forecasting and control*”, pretende pronosticar los movimientos de una variable, basándose en el análisis de las propiedades estocásticas de las series de tiempo económicas, interpretando que una variable puede ser expresada como una función de sus valores históricos.

Un modelo ARIMA tiene tres componentes, cada uno de los cuales ayuda a modelar un cierto tipo de patrón. El componente autorregresivo (AR) intenta contabilizar los patrones entre cualquier período de tiempo y períodos anteriores. El componente promedio móvil (MA) o término de error, mide la adaptación de los nuevos pronósticos a los errores previos de pronóstico. Y el componente integrado (I), connota una tendencia u otro proceso integrativo en los datos. Un modelo de Box-Jenkins no estacional a menudo se simboliza como ARIMA (p, d, q) donde "p" indica el orden del término AR, "q" el orden del término MA y "d" el número de veces que los datos debe diferenciarse para eliminar la tendencia o facilitar el modelado ARIMA (Tashman & Stellwagen, 2013).

Su uso en diversos análisis económicos relacionados con variaciones en los precios de las commodities, ha sugerido que en comparación con los modelos de regresión vectoriales (VAR), las medidas que permiten realizar evaluaciones de efectividad del pronóstico *out-of-sample* realizado por cada modelo, son superiores para el modelo ARIMA, y que este mismo, explica de una mejor manera la inestabilidad de los precios (Brandt & Bessler, 1984).

Los modelos ARIMA son considerados uno de los instrumentos eficientes para la elaboración de pronósticos, dado que utilizan toda la información que logra identificar patrones sistemáticos identificados dentro de las series temporales, de modo que el modelo asume a los valores que se caractericen por ser inexplicables y que no contienen información que

pueda mejorar las predicciones como ruido blanco (Tashman & Stellwagen, 2013). Para algunos investigadores puede parecer que la predicción de un modelo basado en precios históricos no es de confiar, ya que no hay forma de incorporar la información respectiva a variables fundamentales en él. Sin embargo, bajo el supuesto de mercados eficientes que considera que los precios de cierre con los cuales se corre el modelo reflejan la información disponible públicamente en el mercado, por lo tanto la información de variables fundamentales se encuentra inmersa en los datos históricos (Gupta & Mayer, 1981).

A su vez, el modelo ARIMA en comparación con los modelos de suavizado exponencial, además de poder identificar tendencias y patrones estacionales, ser automatizados y adaptativos a nueva información, este modelo considera información adicional llamada autocorrelación, la cual surge cuando la información muestra que los términos de error del modelo no son independientes entre sí. En este sentido, si el modelo estimado es utilizado para la predicción debe suponerse que las características de la serie son constantes en el tiempo, especialmente para los periodos futuros. Por lo tanto, la predicción se efectúa sobre una base válida considerando que el modelo es estacionario o estable. (Tashman & Stellwagen, 2013)

El procedimiento bajo el cual se elabora un modelo ARIMA se define en 4 etapas: Identificación, Estimación, Verificación y Pronóstico. En la primera etapa previo a identificar el modelo, se detectará que tipo de proceso estocástico es el que da como resultado el análisis de los datos históricos para encontrar los valores del modelo a evaluar utilizando herramientas como: la prueba gráfica, la prueba de correlograma y la prueba de raíz unitaria para conocer la estacionariedad de la serie y de encontrarse necesario se transformará eliminando su volatilidad y tendencia, identificando el orden de integración (I) del modelo de acuerdo al número de diferencias que se deban realizar. Seguido de esto, se procederá a identificar el modelo por medio de las correlaciones resultantes, definiendo los valores correspondientes de orden (AR) y (MA).

Una vez identificado el modelo, se procederá a realizar su estimación y verificación para cada uno de los resultados obtenidos. En la segunda etapa se estiman los coeficientes de los términos autorregresivos y de media móvil incluidos en el modelo, cuyo número de rezagos

p y q ya han sido identificados en la etapa anterior. La estimación para esta investigación se realizará por el método de mínimos cuadrados.

Dentro de las pruebas de verificación en la tercera etapa se espera que el modelo cumpla con las condiciones de estacionariedad y que exista significancia entre los rezagos incorporados. Así mismo, teniendo en cuenta las propiedades asintóticas de la estimación por mínimos cuadrados, los estadísticos t-student puedan demostrar la significancia para cada una de las variables. En este trabajo se realizarán las pruebas de hipótesis individuales, prueba de raíces invertidas, prueba de ruido blanco en errores y la prueba de ruido blanco en errores al cuadrado como medidas de verificación del modelo o modelos resultantes. Posteriormente, una vez se verifique el modelo, se procederá a realizar el pronóstico.

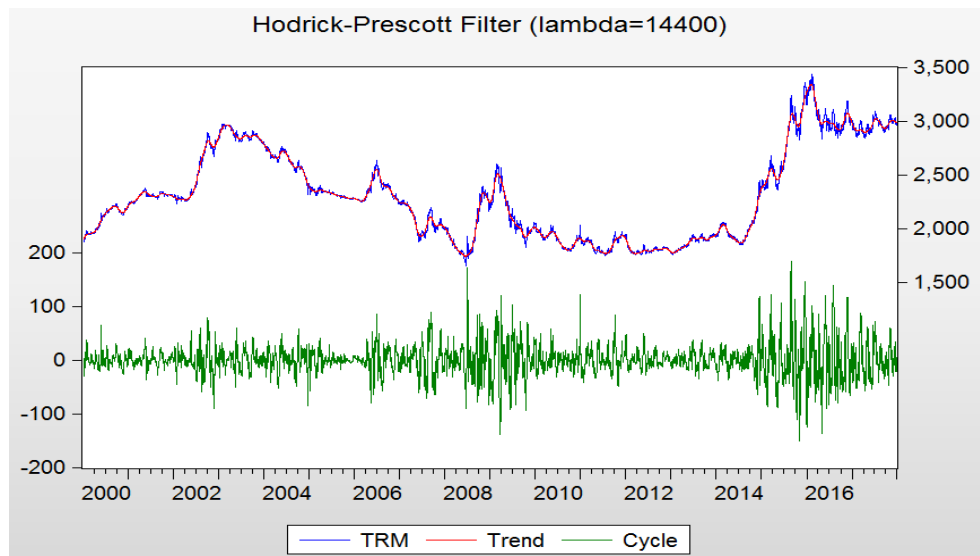
Datos.

Para este trabajo se utilizará la herramienta de modelación econométrica Eviews 7. En la cual se trabaja con 5.465 observaciones correspondientes a datos fechados entre el 1 de enero del año 2.000 hasta el 31 de diciembre del año 2.017, para las variables precio de cierre del mercado para el commodity petróleo crudo de referencia WTI, obtenido del portal económico investing.com y la tasa representativa del mercado (TRM) del peso colombiano frente al dólar estadounidense, obtenidos de la página web del Banco de la República de Colombia.

Siguiendo la metodología propuesta, para identificar si las variables son estacionarias de las series, se comenzará por identificarlas con la prueba gráfica a través del filtro Hodrick-Prescott, seguido de la prueba de correlograma y la prueba de raíz unitaria.

- *Serie TRM*

Gráfica 4. Prueba gráfica filtro Hodrick-Prescott en TRM



Fuente: Eviews, Elaboración propia.

En el filtro gráfico se observa que la serie presenta tendencia y por lo tanto se determina que TRM se trata de una serie no estacionaria.

Gráfica 5. Prueba de correlograma TRM.

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	0.999	0.999	4686.3	0.000
		2	0.998	-0.086	9361.2	0.000
		3	0.996	0.020	14025.	0.000
		4	0.995	-0.005	18677.	0.000
		5	0.994	-0.015	23318.	0.000
		6	0.992	0.007	27948.	0.000
		7	0.991	0.025	32566.	0.000
		8	0.990	-0.015	37174.	0.000
		9	0.988	0.005	41771.	0.000
		10	0.987	-0.031	46356.	0.000
		11	0.986	-0.009	50929.	0.000
		12	0.984	0.015	55491.	0.000
		13	0.983	-0.012	60041.	0.000
		14	0.982	-0.005	64580.	0.000
		15	0.980	-0.025	69106.	0.000
		16	0.979	-0.004	73619.	0.000
		17	0.977	-0.008	78120.	0.000
		18	0.976	0.007	82609.	0.000
		19	0.974	0.020	87086.	0.000
		20	0.973	-0.014	91550.	0.000
		21	0.971	-0.032	96001.	0.000
		22	0.970	-0.031	100439	0.000
		23	0.968	0.000	104864	0.000
		24	0.967	0.001	109274	0.000
		25	0.965	0.002	113672	0.000
		26	0.964	0.006	118055	0.000
		27	0.962	-0.004	122426	0.000
		28	0.960	-0.016	126783	0.000
		29	0.959	-0.011	131126	0.000
		30	0.957	0.046	135456	0.000
		31	0.956	0.003	139773	0.000
		32	0.954	-0.001	144077	0.000
		33	0.953	0.017	148369	0.000
		34	0.951	0.006	152649	0.000
		35	0.950	0.003	156917	0.000
		36	0.948	-0.028	161172	0.000

Fuente: Eviews, Elaboración propia.

En la prueba de autocorrelación se observa un descenso suave en los valores residuales, razón por la cual se determina que TRM se trata de una serie con problemas de autocorrelación y por lo tanto es una serie no estacionaria.

Gráfica 6. Prueba de raíz unitaria TRM.

Augmented Dickey-Fuller Unit Root Test on TRM				
Null Hypothesis: TRM has a unit root				
Exogenous: Constant				
Lag Length: 1 (Automatic - based on SIC, maxlag=31)				
			t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic			-1.235628	0.6612
Test critical values:	1% level		-3.431561	
	5% level		-2.861960	
	10% level		-2.567036	
*MacKinnon (1996) one-sided p-values.				
Augmented Dickey-Fuller Test Equation				
Dependent Variable: D(TRM)				
Method: Least Squares				
Date: 09/25/18 Time: 17:15				
Sample (adjusted): 1/06/2000 12/29/2017				
Included observations: 4692 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
TRM(-1)	-0.000687	0.000556	-1.235628	0.2167
D(TRM(-1))	0.145583	0.014449	10.07589	0.0000
C	1.778607	1.299981	1.368179	0.1713
R-squared	0.021397	Mean dependent var		0.231890
Adjusted R-squared	0.020979	S.D. dependent var		16.01020
S.E. of regression	15.84137	Akaike info criterion		8.363766
Sum squared resid	1176700.	Schwarz criterion		8.367892
Log likelihood	-19618.40	Hannan-Quinn criter.		8.365217
F-statistic	51.26122	Durbin-Watson stat		1.991390
Prob(F-statistic)	0.000000			

Fuente: Eviews, Elaboración propia.

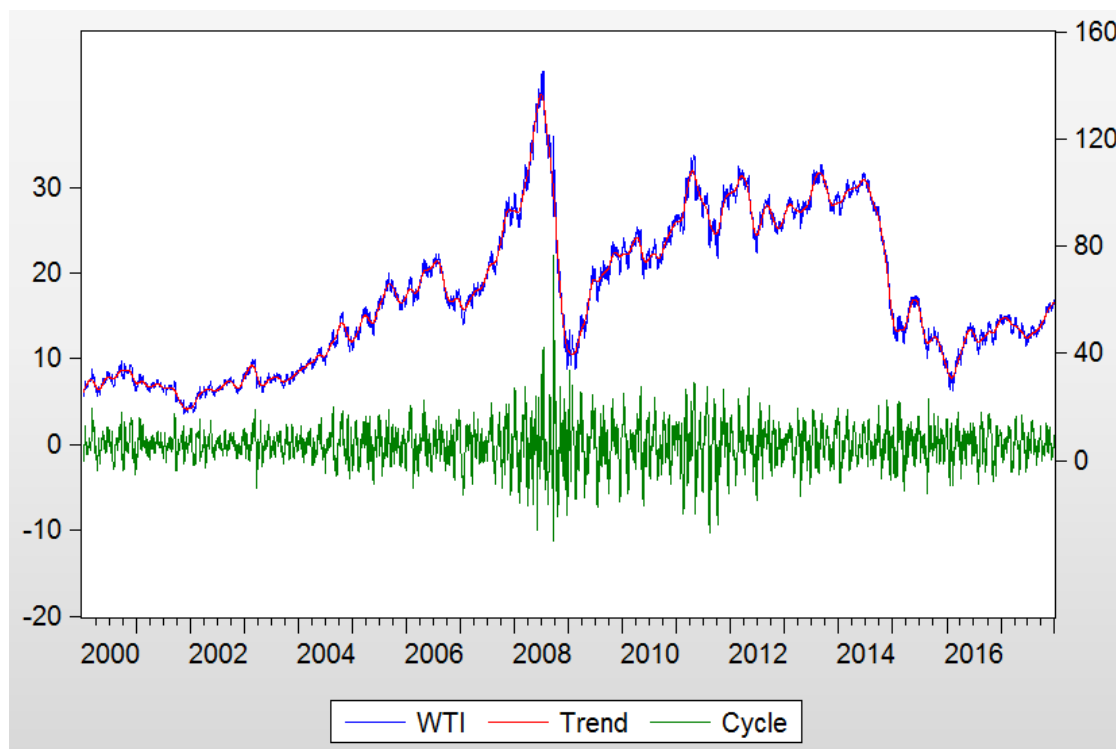
Ho: La serie TRM tiene raíz unitaria.

H1: La serie TRM no tiene raíz unitaria.

Probabilidad: 66.12%, está por encima del 1%, por lo tanto no se rechaza la hipótesis nula y se determina que la serie TRM tiene raíz unitaria, por lo tanto se confirma que es una serie no estacionaria.

- Serie WTI

Gráfica 7. Prueba gráfica filtro Hodrick-Prescott en WTI.



Fuente: Eviews, Elaboración propia.

En el filtro gráfico se observa que la serie presenta tendencia y por lo tanto se determina que WTI se trata de una serie no estacionaria.

Gráfica 8. Prueba de correlograma WTI.

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	0.999	0.999	4683.1	0.000
		2	0.997	0.040	9354.4	0.000
		3	0.996	0.021	14015.	0.000
		4	0.995	-0.008	18663.	0.000
		5	0.993	-0.036	23299.	0.000
		6	0.992	0.050	27925.	0.000
		7	0.990	-0.017	32539.	0.000
		8	0.989	-0.006	37141.	0.000
		9	0.988	0.001	41732.	0.000
		10	0.986	0.004	46311.	0.000
		11	0.985	0.004	50880.	0.000
		12	0.984	-0.003	55437.	0.000
		13	0.982	-0.023	59982.	0.000
		14	0.981	-0.018	64515.	0.000
		15	0.980	-0.011	69035.	0.000
		16	0.978	0.000	73543.	0.000
		17	0.977	-0.011	78038.	0.000
		18	0.975	-0.005	82521.	0.000
		19	0.974	-0.005	86991.	0.000
		20	0.972	-0.005	91447.	0.000
		21	0.970	-0.034	95890.	0.000
		22	0.969	0.004	100319	0.000
		23	0.967	0.003	104735	0.000
		24	0.966	0.010	109138	0.000
		25	0.964	0.013	113528	0.000
		26	0.963	-0.025	117904	0.000
		27	0.961	-0.009	122266	0.000
		28	0.959	-0.014	126615	0.000
		29	0.958	-0.024	130949	0.000
		30	0.956	-0.018	135268	0.000
		31	0.954	0.011	139572	0.000
		32	0.953	0.015	143862	0.000
		33	0.951	-0.032	148137	0.000
		34	0.949	0.029	152398	0.000
		35	0.947	-0.022	156644	0.000
		36	0.946	-0.013	160875	0.000

Fuente: Eviews, Elaboración propia.

En la prueba del correlograma se observa que los valores descienden suavemente, razón por la cual se determina que la serie WTI se trata de una serie no estacionaria.

Gráfica 9. Prueba de raíz unitaria WTI

Augmented Dickey-Fuller Unit Root Test on WTI				
Null Hypothesis: WTI has a unit root				
Exogenous: Constant				
Lag Length: 1 (Automatic - based on SIC, maxlag=31)				
		t-Statistic	Prob.*	
Augmented Dickey-Fuller test statistic		-1.932423	0.3175	
Test critical values:	1% level	-3.431561		
	5% level	-2.861960		
	10% level	-2.567036		
*Mackinnon (1996) one-sided p-values.				
Augmented Dickey-Fuller Test Equation				
Dependent Variable: D(WTI)				
Method: Least Squares				
Date: 09/25/18 Time: 17:18				
Sample (adjusted): 1/06/2000 12/29/2017				
Included observations: 4692 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
WTI(-1)	-0.001435	0.000743	-1.932423	0.0534
D(WTI(-1))	-0.048851	0.014583	-3.349809	0.0008
C	0.096842	0.050346	1.923548	0.0545
R-squared	0.003241	Mean dependent var	0.007568	
Adjusted R-squared	0.002816	S.D. dependent var	1.401869	
S.E. of regression	1.399894	Akaike info criterion	3.511310	
Sum squared resid	9189.052	Schwarz criterion	3.515436	
Log likelihood	-8234.533	Hannan-Quinn criter.	3.512761	
F-statistic	7.622571	Durbin-Watson stat	2.002429	
Prob(F-statistic)	0.000495			

Fuente: Eviews, Elaboración propia.

Ho: La serie WTI tiene raíz unitaria.

H1: La serie WTI no tiene raíz unitaria.

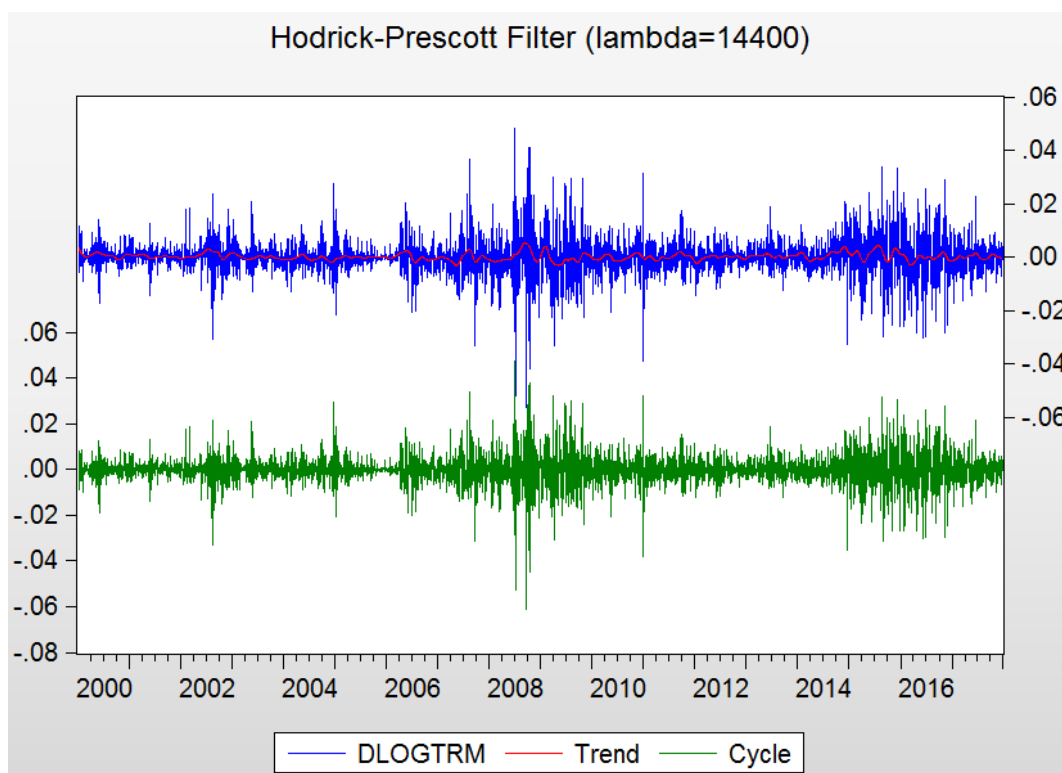
Probabilidad: 31.75%, está por encima del 1%, por lo tanto no se rechaza la hipótesis nula y se determina que la serie WTI tiene raíz unitaria, por lo tanto se trata de una serie no estacionaria.

Resultado pruebas de estacionariedad.

Dado que las pruebas de identificación iniciales han dado como resultado que las series no son estacionarias, es necesario proceder a transformar las series en primeras diferencias logarítmicas para eliminar su tendencia y su volatilidad. Se repiten las pruebas de estacionariedad para comprobar que las series estén transformadas.

- Serie DLOGTRM

Gráfica 10. Prueba gráfica filtro Hodrick-Prescott en DLOGTRM.



Fuente: Eviews, Elaboración propia.

Después de transformada la serie TRM con las primeras diferencias logarítmicas, se observa en la prueba gráfica que se eliminó la presencia de tendencia y volatilidad de la serie, por lo que se determina que se logró transformar en una serie estacionaria.

Gráfica 11. Prueba de correlograma DLOGTRM.

Correlogram of DLOGTRM						
Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	0.146	0.146	100.16	0.000
		2	0.009	-0.013	100.52	0.000
		3	0.004	0.005	100.60	0.000
		4	0.013	0.012	101.44	0.000
		5	-0.009	-0.013	101.83	0.000
		6	-0.041	-0.039	109.77	0.000
		7	0.004	0.016	109.84	0.000
		8	-0.009	-0.012	110.20	0.000
		9	0.036	0.041	116.32	0.000
		10	0.022	0.012	118.68	0.000
		11	-0.024	-0.031	121.36	0.000
		12	0.024	0.032	124.18	0.000
		13	0.023	0.015	126.77	0.000
		14	0.037	0.032	133.34	0.000
		15	0.020	0.015	135.30	0.000
		16	0.009	0.003	135.70	0.000
		17	0.002	-0.002	135.71	0.000
		18	-0.028	-0.027	139.39	0.000
		19	0.017	0.024	140.71	0.000
		20	0.041	0.041	148.68	0.000
		21	0.042	0.032	157.18	0.000
		22	0.008	-0.004	157.49	0.000
		23	0.005	0.002	157.59	0.000
		24	0.007	0.001	157.83	0.000
		25	-0.015	-0.015	158.91	0.000
		26	0.016	0.023	160.19	0.000
		27	-0.003	-0.006	160.23	0.000
		28	0.017	0.017	161.63	0.000
		29	-0.046	-0.058	171.64	0.000
		30	-0.025	-0.013	174.49	0.000
		31	0.003	0.008	174.53	0.000
		32	-0.010	-0.009	175.03	0.000
		33	0.006	0.006	175.20	0.000
		34	-0.003	-0.006	175.24	0.000
		35	0.034	0.027	180.79	0.000
		36	0.025	0.012	183.70	0.000

Fuente: Eviews, Elaboración propia.

Después de transformadas las series se observa que se logró eliminar la presencia de autocorrelación en la serie DLOGTRM, por lo tanto da como resultado que es una serie estacionaria.

Gráfica 12. Prueba de raíz unitaria DLOGTRM

Augmented Dickey-Fuller Unit Root Test on DLOGTRM				
Null Hypothesis: DLOGTRM has a unit root				
Exogenous: Constant				
Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=31)				
			t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic			-59.13159	0.0001
Test critical values:				
	1% level		-3.431561	
	5% level		-2.861960	
	10% level		-2.567036	
*MacKinnon (1996) one-sided p-values.				
Augmented Dickey-Fuller Test Equation				
Dependent Variable: D(DLOGTRM)				
Method: Least Squares				
Date: 09/27/18 Time: 11:51				
Sample (adjusted): 1/06/2000 12/29/2017				
Included observations: 4692 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
DLOGTRM(-1)	-0.853941	0.014441	-59.13159	0.0000
C	8.23E-05	9.53E-05	0.864120	0.3876
R-squared	0.427109	Mean dependent var		-1.56E-06
Adjusted R-squared	0.426987	S.D. dependent var		0.008619
S.E. of regression	0.006524	Akaike info criterion		-7.226127
Sum squared resid	0.199639	Schwarz criterion		-7.223376
Log likelihood	16954.49	Hannan-Quinn criter.		-7.225160
F-statistic	3496.545	Durbin-Watson stat		1.996700
Prob(F-statistic)	0.000000			

Fuente: Eviews, Elaboración propia.

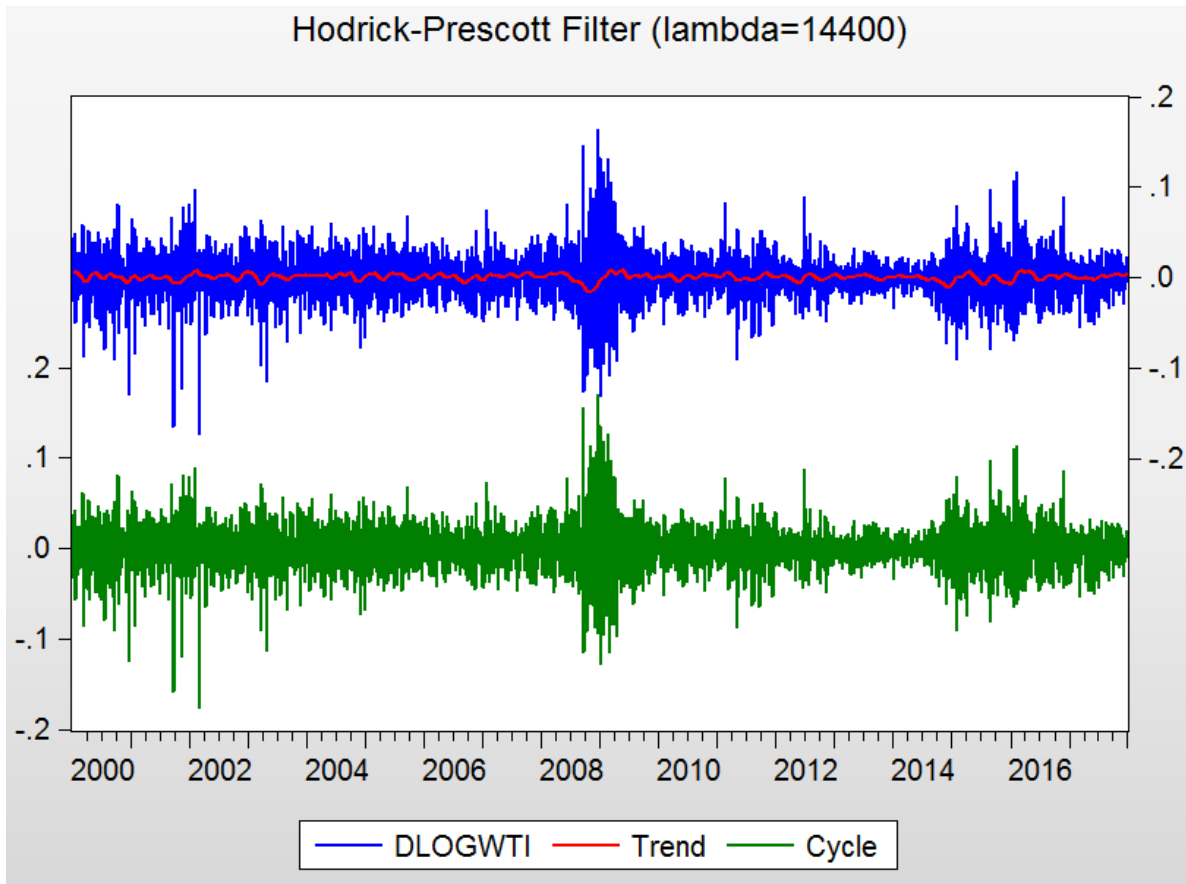
Ho: DLOGTRM tiene raíz unitaria.

H1: DLOGTRM no tiene raíz unitaria.

Probabilidad: 0.01%, está por debajo del 1%, por lo tanto se acepta la hipótesis nula y se determina que la serie transformada DLOGTRM tiene raíz unitaria, por lo tanto se trata de una serie estacionaria.

- *Serie DLOGWTI*

Gráfica 13. Prueba gráfica filtro Hodrick-Prescott en DLOGWTI.



Fuente: Eviews, Elaboración propia.

Después de transformar la serie WTI con las primeras diferencias logarítmicas, se observa en la prueba gráfica que se eliminó la presencia de tendencia y volatilidad de la serie, por lo que se determinó que se logró transformar en una serie estacionaria.

Gráfica 14. Prueba de correlograma DLOGWTI.

Correlogram of DLOGWTI					
Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1 -0.035	-0.035	5.8508	0.016
		2 -0.025	-0.026	8.8082	0.012
		3 0.018	0.016	10.336	0.016
		4 0.027	0.028	13.735	0.008
		5 -0.047	-0.044	24.052	0.000
		6 -0.022	-0.024	26.352	0.000
		7 0.011	0.006	26.942	0.000
		8 -0.021	-0.021	29.005	0.000
		9 -0.016	-0.014	30.193	0.000
		10 0.011	0.008	30.738	0.001
		11 -0.000	-0.002	30.738	0.001
		12 -0.012	-0.010	31.464	0.002
		13 0.027	0.025	34.787	0.001
		14 0.028	0.027	38.543	0.000
		15 0.009	0.013	38.909	0.001
		16 -0.008	-0.006	39.224	0.001
		17 0.024	0.020	41.894	0.001
		18 -0.001	0.001	41.895	0.001
		19 -0.011	-0.007	42.506	0.002
		20 0.020	0.020	44.343	0.001
		21 -0.008	-0.008	44.633	0.002
		22 -0.026	-0.022	47.722	0.001
		23 -0.004	-0.005	47.812	0.002
		24 0.007	0.003	48.032	0.003
		25 0.011	0.015	48.601	0.003
		26 0.022	0.026	50.977	0.002
		27 0.014	0.012	51.958	0.003
		28 0.001	0.001	51.967	0.004
		29 0.008	0.008	52.261	0.005
		30 -0.007	-0.009	52.467	0.007
		31 -0.026	-0.026	55.616	0.004
		32 0.024	0.025	58.390	0.003
		33 -0.058	-0.058	74.310	0.000
		34 0.029	0.028	78.209	0.000
		35 -0.001	0.000	78.216	0.000
		36 -0.027	-0.026	81.697	0.000

Fuente: Eviews, Elaboración propia.

Después de transformadas las series se observa que se logró eliminar la presencia de auto correlación en la serie DLOGWTI, por lo tanto da como resultado que es una serie estacionaria.

Gráfica 15. Prueba de raíz unitaria DLOGWTI

Augmented Dickey-Fuller Unit Root Test on DLOGWTI				
Null Hypothesis: DLOGWTI has a unit root				
Exogenous: Constant				
Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=31)				
			t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic			-70.95275	0.0001
Test critical values:	1% level		-3.431561	
	5% level		-2.861960	
	10% level		-2.567036	
*MacKinnon (1996) one-sided p-values.				
Augmented Dickey-Fuller Test Equation				
Dependent Variable: D(DLOGWTI)				
Method: Least Squares				
Date: 09/27/18 Time: 12:07				
Sample (adjusted): 1/06/2000 12/29/2017				
Included observations: 4692 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
DLOGWTI(-1)	-1.035299	0.014591	-70.95275	0.0000
C	0.000195	0.000346	0.563796	0.5729
R-squared	0.517703	Mean dependent var		7.46E-06
Adjusted R-squared	0.517600	S.D. dependent var		0.034152
S.E. of regression	0.023721	Akaike info criterion		-4.644522
Sum squared resid	2.638902	Schwarz criterion		-4.641771
Log likelihood	10898.05	Hannan-Quinn criter.		-4.643554
F-statistic	5034.292	Durbin-Watson stat		2.001935
Prob(F-statistic)	0.000000			

Fuente: Eviews, Elaboración propia.

Ho: DLOGWTI tiene raíz unitaria.

H1: DLOGWTI no tiene raíz unitaria.

Probabilidad: 0.01%, está por debajo del 1%, por lo tanto se acepta la hipótesis nula y se determina que la serie transformada DLOGWTI tiene raíz unitaria, por lo tanto se trata de una serie estacionaria.

Resultados pruebas de estacionariedad después de transformar las series.

Una vez transformadas las series, al realizar las respectivas pruebas de estacionariedad se obtiene como resultado que las series WTI y TRM con primeras diferencias logarítmicas, son series estacionarias y se puede proceder a identificar el modelo.

Identificación del modelo

Para identificar los posibles modelos se parte de la información obtenida en el correlograma de cada una de las series. Ver gráfica 16 y 17.

- Serie DLOGTRM:

Gráfica 16. Correlograma DLOGTRM.

Autocorrelation			Partial Correlation			AC	PAC	Q-Stat	Prob	
	*			*		1	0.146	0.146	100.16	0.000
						2	0.009	-0.013	100.52	0.000
						3	0.004	0.005	100.60	0.000
						4	0.013	0.012	101.44	0.000
						5	-0.009	-0.013	101.83	0.000
						6	-0.041	-0.039	109.77	0.000
						7	0.004	0.016	109.84	0.000
						8	-0.009	-0.012	110.20	0.000
						9	0.036	0.041	116.32	0.000
						10	0.022	0.012	118.68	0.000
						11	-0.024	-0.031	121.36	0.000
						12	0.024	0.032	124.18	0.000
						13	0.023	0.015	126.77	0.000
						14	0.037	0.032	133.34	0.000
						15	0.020	0.015	135.30	0.000
						16	0.009	0.003	135.70	0.000
						17	0.002	-0.002	135.71	0.000
						18	-0.028	-0.027	139.39	0.000
						19	0.017	0.024	140.71	0.000
						20	0.041	0.041	148.68	0.000
						21	0.042	0.032	157.18	0.000
						22	0.008	-0.004	157.49	0.000
						23	0.005	0.002	157.59	0.000
						24	0.007	0.001	157.83	0.000
						25	-0.015	-0.015	158.91	0.000
						26	0.016	0.023	160.19	0.000
						27	-0.003	-0.006	160.23	0.000
						28	0.017	0.017	161.63	0.000
						29	-0.046	-0.058	171.64	0.000
						30	-0.025	-0.013	174.49	0.000
						31	0.003	0.008	174.53	0.000
						32	-0.010	-0.009	175.03	0.000
						33	0.006	0.006	175.20	0.000
						34	-0.003	-0.006	175.24	0.000
						35	0.034	0.027	180.79	0.000
						36	0.025	0.012	183.70	0.000

Fuente: Eviews, Elaboración propia.

Para el caso de la serie DLOG TRM se identifican los posibles modelos:

1. LS DLOG(TRM) C AR(1) MA(1)
 2. LS DLOG(TRM) C AR(1)
 3. LS DLOG(TRM) C MA(1)
 4. LS DLOG(TRM) C
- Serie DLOGWTI.

Gráfica 17- Correlograma DLOGWTI

Autocorrelation			Partial Correlation			AC	PAC	Q-Stat	Prob	
						1	-0.035	-0.035	5.8508	0.016
						2	-0.025	-0.026	8.8082	0.012
						3	0.018	0.016	10.336	0.016
						4	0.027	0.028	13.735	0.008
						5	-0.047	-0.044	24.052	0.000
						6	-0.022	-0.024	26.352	0.000
						7	0.011	0.006	26.942	0.000
						8	-0.021	-0.021	29.005	0.000
						9	-0.016	-0.014	30.193	0.000
						10	0.011	0.008	30.738	0.001
						11	-0.000	-0.002	30.738	0.001
						12	-0.012	-0.010	31.464	0.002
						13	0.027	0.025	34.787	0.001
						14	0.028	0.027	38.543	0.000
						15	0.009	0.013	38.909	0.001
						16	-0.008	-0.006	39.224	0.001
						17	0.024	0.020	41.894	0.001
						18	-0.001	0.001	41.895	0.001
						19	-0.011	-0.007	42.506	0.002
						20	0.020	0.020	44.343	0.001
						21	-0.008	-0.008	44.633	0.002
						22	-0.026	-0.022	47.722	0.001
						23	-0.004	-0.005	47.812	0.002
						24	0.007	0.003	48.032	0.003
						25	0.011	0.015	48.601	0.003
						26	0.022	0.026	50.977	0.002
						27	0.014	0.012	51.958	0.003
						28	0.001	0.001	51.967	0.004
						29	0.008	0.008	52.261	0.005
						30	-0.007	-0.009	52.467	0.007
						31	-0.026	-0.026	55.616	0.004
						32	0.024	0.025	58.390	0.003
						33	-0.058	-0.058	74.310	0.000
						34	0.029	0.028	78.209	0.000
						35	-0.001	0.000	78.216	0.000
						36	-0.027	-0.026	81.697	0.000

Fuente: Eviews, Elaboración propia.

Para la serie DLOG WTI se identifica el posible modelo:

1. LS DLOG(WTI) C

Una vez identificados los posibles modelos a correr para cada una de las series transformadas, se procede a validar cada uno de estos.

Validación de los modelos.

La validación se hará bajo cuatro pruebas con las que se busca conocer cuál de los modelos es el que más se ajusta a los datos, estas pruebas son: prueba de hipótesis individuales, prueba de raíces invertidas, prueba de ruido blanco y prueba de errores al cuadrado ruido blanco. En adición, se tomarán en consideración los valores criterios de cada modelo como método de validación en caso tal que ninguno de los modelos pase todas las pruebas iniciales.

Modelo LS DLOG(TRM) C AR(1) MA(1)

Gráfica 18. Hoja de salida modelo LS DLOG(TRM) C AR(1) MA(1)

Dependent Variable: DLOG(TRM)					
Method: Least Squares					
Date: 09/27/18 Time: 13:05					
Sample (adjusted): 1/06/2000 12/29/2017					
Included observations: 4692 after adjustments					
Convergence achieved after 7 iterations					
MA Backcast: 1/05/2000					
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.	
C	9.67E-05	0.000110	0.875375	0.3814	
AR(1)	0.075522	0.097882	0.771559	0.4404	
MA(1)	0.072316	0.097933	0.738428	0.4603	
R-squared	0.021452	Mean dependent var		9.67E-05	
Adjusted R-squared	0.021034	S.D. dependent var		0.006594	
S.E. of regression	0.006525	Akaike info criterion		-7.225810	
Sum squared resid	0.199618	Schwarz criterion		-7.221684	
Log likelihood	16954.75	Hannan-Quinn criter.		-7.224359	
F-statistic	51.39621	Durbin-Watson stat		2.000130	
Prob(F-statistic)	0.000000				
Inverted AR Roots	.08				
Inverted MA Roots	-.07				

Fuente: Eviews, Elaboración propia.

Prueba de hipótesis individuales.

Dado que los coeficientes β_1 , β_2 y β_3 no son estadísticamente significativos. Este modelo no pasa esta prueba de hipótesis individuales.

Prueba de raíces invertida

- Inverted AR roots 0.08
- Inverted MA roots 0.07

Dado que los valores para las raíces invertidas son menores que 1, este modelo pasa esta prueba de raíces invertidas lo cual indica que este modelo tendría la tendencia en el largo plazo a su valor promedio.

Prueba de ruido blanco.

Gráfica 19. Correlograma de residuos modelo LS DLOG(TRM) C AR(1) MA(1).

Correlogram of Residuals					
Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1 -0.000	-0.000	0.0003	
		2 -0.003	-0.003	0.0356	
		3 0.002	0.002	0.0563	0.812
		4 0.014	0.014	1.0118	0.603
		5 -0.005	-0.005	1.1426	0.767
		6 -0.042	-0.042	9.4927	0.050
		7 0.012	0.011	10.119	0.072
		8 -0.015	-0.016	11.238	0.081
		9 0.035	0.036	17.110	0.017
		10 0.021	0.023	19.276	0.013
		11 -0.032	-0.033	24.080	0.004
		12 0.026	0.025	27.374	0.002
		13 0.015	0.015	28.470	0.003
		14 0.032	0.031	33.391	0.001
		15 0.015	0.019	34.410	0.001
		16 0.006	0.005	34.564	0.002
		17 0.005	0.002	34.668	0.003
		18 -0.031	-0.030	39.334	0.001
		19 0.016	0.014	40.544	0.001
		20 0.034	0.039	45.915	0.000
		21 0.037	0.038	52.439	0.000
		22 0.002	0.001	52.464	0.000
		23 0.003	0.001	52.499	0.000
		24 0.009	0.003	52.907	0.000
		25 -0.019	-0.018	54.676	0.000
		26 0.020	0.022	56.639	0.000
		27 -0.009	-0.006	57.053	0.000
		28 0.026	0.025	60.144	0.000
		29 -0.047	-0.053	70.604	0.000
		30 -0.019	-0.022	72.307	0.000
		31 0.008	0.007	72.609	0.000
		32 -0.012	-0.009	73.329	0.000
		33 0.009	0.006	73.678	0.000
		34 -0.009	-0.009	74.069	0.000
		35 0.032	0.023	79.038	0.000
		36 0.023	0.019	81.606	0.000

Fuente: Eviews, Elaboración propia.

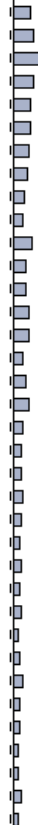
Ho: los errores son ruido blanco

H1: los errores no son ruido blanco

Para esta prueba se observa que la mayoría de los errores tienen una probabilidad menor a 1%, por lo tanto se rechaza la hipótesis nula y se acepta que los errores no son ruido blanco y no son modelables. El modelo no pasa esta prueba,

Prueba de errores al cuadrado ruido blanco.

Gráfica 20. Correlograma de residuos al cuadrado modelo LS DLOG(TRM) C AR(1) MA(1)

Correlogram of Residuals Squared						
Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	0.201	0.201	190.38	
		2	0.232	0.199	442.18	
		3	0.306	0.248	881.31	0.000
		4	0.243	0.141	1158.0	0.000
		5	0.194	0.061	1334.8	0.000
		6	0.205	0.059	1531.7	0.000
		7	0.183	0.038	1689.3	0.000
		8	0.162	0.026	1813.4	0.000
		9	0.129	-0.008	1892.1	0.000
		10	0.105	-0.025	1944.0	0.000
		11	0.205	0.113	2142.2	0.000
		12	0.141	0.044	2236.3	0.000
		13	0.154	0.058	2347.7	0.000
		14	0.178	0.058	2496.6	0.000
		15	0.184	0.064	2655.2	0.000
		16	0.101	-0.039	2703.5	0.000
		17	0.155	0.018	2816.7	0.000
		18	0.179	0.051	2967.9	0.000
		19	0.114	-0.011	3028.9	0.000
		20	0.089	-0.040	3065.9	0.000
		21	0.093	-0.027	3107.0	0.000
		22	0.114	0.017	3168.7	0.000
		23	0.083	0.005	3201.4	0.000
		24	0.079	-0.001	3230.9	0.000
		25	0.098	0.014	3276.3	0.000
		26	0.074	-0.017	3302.0	0.000
		27	0.088	0.027	3338.2	0.000
		28	0.064	-0.019	3357.5	0.000
		29	0.067	-0.022	3378.8	0.000
		30	0.103	0.035	3428.9	0.000
		31	0.078	0.016	3457.3	0.000
		32	0.080	0.013	3487.5	0.000
		33	0.065	-0.017	3507.5	0.000
		34	0.057	-0.006	3522.8	0.000
		35	0.082	0.026	3554.6	0.000
		36	0.060	-0.008	3571.9	0.000

Fuente: Eviews, Elaboración propia.

Ho: los errores al cuadrado son Ruido blanco

H1: los errores al cuadrado no son ruido blanco

Para esta prueba se observa que los errores cuadrados tienen una probabilidad menor a 1%, por lo tanto se acepta la hipótesis nula y se acepta que los errores al cuadrado son ruido blanco y son modelables. El modelo pasa esta prueba.

Gráfica 21 Valores criterio modelo LS DLOG(TRM) C AR(1) MA(1)

Akaike info criterion	-7.225810
Schwarz criterion	-7.221684
Hannan-Quinn criter.	-7.224359

Fuente: Eviews, Elaboración propia.

Modelo LS DLOG (TRM) C AR(1)

Gráfica 22 Hoja de salida modelo LS DLOG(TRM) C AR(1)

Dependent Variable: DLOG(TRM)

Method: Least Squares

Date: 09/27/18 Time: 13:11

Sample (adjusted): 1/06/2000 12/29/2017

Included observations: 4692 after adjustments

Convergence achieved after 3 iterations

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	9.64E-05	0.000112	0.864216	0.3875
AR(1)	0.146059	0.014441	10.11393	0.0000
R-squared	0.021345	Mean dependent var		9.67E-05
Adjusted R-squared	0.021136	S.D. dependent var		0.006594
S.E. of regression	0.006524	Akaike info criterion		-7.226127
Sum squared resid	0.199639	Schwarz criterion		-7.223376
Log likelihood	16954.49	Hannan-Quinn criter.		-7.225160
F-statistic	102.2916	Durbin-Watson stat		1.996700
Prob(F-statistic)	0.000000			
Inverted AR Roots	.15			

Fuente: Eviews, Elaboración propia.

Prueba de hipótesis individuales.

Dado que el coeficiente β_1 es estadísticamente significativo. Este modelo pasa esta prueba de hipótesis individuales.

Prueba de raíces invertida

- Inverted AR roots 0.15

Dado que los valores para las raíces invertidas son menores que 1, este modelo pasa esta prueba de raíces invertidas lo cual indica que este modelo tendría la tendencia en el largo plazo a su valor promedio.

Prueba de ruido blanco.

Gráfica 23 Correlograma de residuos modelo LS DLOG(TRM) C AR(1)

Correlogram of Residuals						
Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob.	
		1	0.001	0.001	0.0105	
		2	-0.013	-0.013	0.8395	0.360
		3	0.001	0.001	0.8489	0.654
		4	0.015	0.014	1.8574	0.603
		5	-0.005	-0.005	1.9978	0.736
		6	-0.042	-0.042	10.361	0.066
		7	0.011	0.011	10.940	0.090
		8	-0.015	-0.016	12.013	0.100
		9	0.036	0.036	17.956	0.022
		10	0.021	0.022	20.091	0.017
		11	-0.032	-0.032	25.028	0.005
		12	0.026	0.025	28.170	0.003
		13	0.015	0.014	29.299	0.004
		14	0.032	0.031	34.145	0.001
		15	0.015	0.019	35.139	0.001
		16	0.006	0.006	35.292	0.002
		17	0.004	0.002	35.378	0.004
		18	-0.032	-0.030	40.166	0.001
		19	0.016	0.014	41.312	0.001
		20	0.034	0.039	46.811	0.000
		21	0.037	0.039	53.307	0.000
		22	0.002	0.002	53.325	0.000
		23	0.002	0.002	53.354	0.000
		24	0.009	0.003	53.737	0.000
		25	-0.019	-0.018	55.488	0.000
		26	0.020	0.022	57.376	0.000
		27	-0.009	-0.006	57.723	0.000
		28	0.025	0.025	60.787	0.000
		29	-0.047	-0.053	71.237	0.000
		30	-0.019	-0.022	72.976	0.000
		31	0.008	0.006	73.304	0.000
		32	-0.012	-0.009	73.985	0.000
		33	0.008	0.006	74.298	0.000
		34	-0.009	-0.010	74.692	0.000
		35	0.033	0.023	79.713	0.000
		36	0.023	0.019	82.280	0.000

Fuente: Eviews, Elaboración propia.

Ho: los errores son ruido blanco.

H1: los errores no son ruido blanco.

Para esta prueba se observa que la mayoría de los errores tienen una probabilidad menor a 1%, por lo tanto se rechaza la hipótesis nula y se acepta que los errores no son ruido blanco y no son modelables. El modelo no pasa esta prueba.

Prueba de errores al cuadrado ruido blanco.

Gráfica 24 Correlograma de residuos al cuadrado modelo LS DLOG(TRM) C AR(1)

Correlogram of Residuals Squared					
Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat Prob
		1	0.201	0.201	190.56
		2	0.230	0.198	439.98 0.000
		3	0.306	0.248	879.98 0.000
		4	0.242	0.140	1154.4 0.000
		5	0.193	0.059	1328.6 0.000
		6	0.206	0.060	1527.7 0.000
		7	0.182	0.038	1683.7 0.000
		8	0.163	0.027	1807.9 0.000
		9	0.130	-0.008	1887.0 0.000
		10	0.105	-0.025	1938.8 0.000
		11	0.206	0.114	2138.4 0.000
		12	0.142	0.044	2232.9 0.000
		13	0.153	0.057	2342.7 0.000
		14	0.179	0.059	2493.1 0.000
		15	0.184	0.064	2652.0 0.000
		16	0.101	-0.038	2700.3 0.000
		17	0.156	0.019	2815.2 0.000
		18	0.180	0.051	2967.4 0.000
		19	0.113	-0.012	3027.5 0.000
		20	0.090	-0.039	3065.4 0.000
		21	0.093	-0.028	3106.5 0.000
		22	0.115	0.017	3168.5 0.000
		23	0.083	0.005	3201.4 0.000
		24	0.079	-0.001	3230.8 0.000
		25	0.097	0.013	3275.6 0.000
		26	0.073	-0.018	3300.9 0.000
		27	0.087	0.027	3337.0 0.000
		28	0.064	-0.019	3356.1 0.000
		29	0.067	-0.021	3377.5 0.000
		30	0.103	0.035	3427.6 0.000
		31	0.077	0.016	3455.8 0.000
		32	0.080	0.014	3486.3 0.000
		33	0.065	-0.018	3506.4 0.000
		34	0.057	-0.005	3521.9 0.000
		35	0.082	0.025	3553.7 0.000
		36	0.061	-0.008	3571.0 0.000

Fuente: Eviews, Elaboración propia.

Ho: los errores al cuadrado son ruido blanco.

H1: los errores al cuadrado no son ruido blanco.

Para esta prueba se observa que los errores cuadrados tienen una probabilidad menor a 1%, por lo tanto se acepta la hipótesis nula, lo que indica que los errores al cuadrado son ruido blanco y son modelables. El modelo pasa esta prueba.

Valores criterio.

Gráfica 25 Valores criterio Correlograma de residuos al cuadrado modelo LS DLOG(TRM) C AR(1)

Akaike info criterion	-7.226127
Schwarz criterion	-7.223376
Hannan-Quinn criter.	-7.225160

Fuente: Eviews, Elaboración propia.

Modelo LS DLOG (TRM) C MA(1)

Gráfica 26 Hoja de salida modelo LS DLOG (TRM) C MA(1)

Dependent Variable: DLOG(TRM)				
Method: Least Squares				
Date: 09/27/18 Time: 13:50				
Sample (adjusted): 1/05/2000 12/29/2017				
Included observations: 4693 after adjustments				
Convergence achieved after 4 iterations				
MA Backcast: 1/04/2000				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	9.95E-05	0.000109	0.910455	0.3626
MA(1)	0.146892	0.014442	10.17104	0.0000
R-squared	0.021456	Mean dependent var		9.91E-05
Adjusted R-squared	0.021247	S.D. dependent var		0.006596
S.E. of regression	0.006525	Akaike info criterion		-7.225820
Sum squared resid	0.199743	Schwarz criterion		-7.223069
Log likelihood	16957.39	Hannan-Quinn criter.		-7.224853
F-statistic	102.8550	Durbin-Watson stat		1.997096
Prob(F-statistic)	0.000000			
Inverted MA Roots	-.15			

Fuente: Eviews, Elaboración propia.

Prueba de hipótesis individuales.

Dado que el coeficiente β_1 es estadísticamente significativo. Este modelo pasa la prueba de hipótesis individuales.

Prueba de raíces invertida

- Inverted MA roots 0.15

Dado que los valores para las raíces invertidas son menores que 1, este modelo pasa la prueba de raíces invertidas lo cual indica que este modelo tendría la tendencia en el largo plazo a su valor promedio.

Prueba de ruido blanco.

Gráfica 27 Correlograma de residuos modelo LS DLOG (TRM) C MA(1)

Correlogram of Residuals					
Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	0.001	0.001	0.0058
		2	0.008	0.008	0.3333
		3	0.001	0.001	0.3378
		4	0.014	0.014	1.2535
		5	-0.005	-0.005	1.3757
		6	-0.042	-0.042	9.7186
		7	0.012	0.012	10.412
		8	-0.016	-0.015	11.560
		9	0.035	0.035	17.375
		10	0.022	0.023	19.606
		11	-0.031	-0.032	24.097
		12	0.027	0.025	27.465
		13	0.015	0.015	28.511
		14	0.033	0.031	33.669
		15	0.015	0.019	34.693
		16	0.006	0.005	34.878
		17	0.005	0.003	35.015
		18	-0.031	-0.030	39.567
		19	0.016	0.015	40.833
		20	0.033	0.039	46.091
		21	0.037	0.038	52.663
		22	0.002	0.000	52.689
		23	0.003	0.001	52.730
		24	0.010	0.004	53.161
		25	-0.019	-0.018	54.948
		26	0.021	0.022	56.965
		27	-0.010	-0.006	57.423
		28	0.025	0.024	60.468
		29	-0.047	-0.052	70.886
		30	-0.019	-0.023	72.576
		31	0.007	0.008	72.838
		32	-0.013	-0.009	73.593
		33	0.009	0.006	73.976
		34	-0.009	-0.009	74.356
		35	0.032	0.023	79.259
		36	0.023	0.019	81.842

Fuente: Eviews, Elaboración propia.

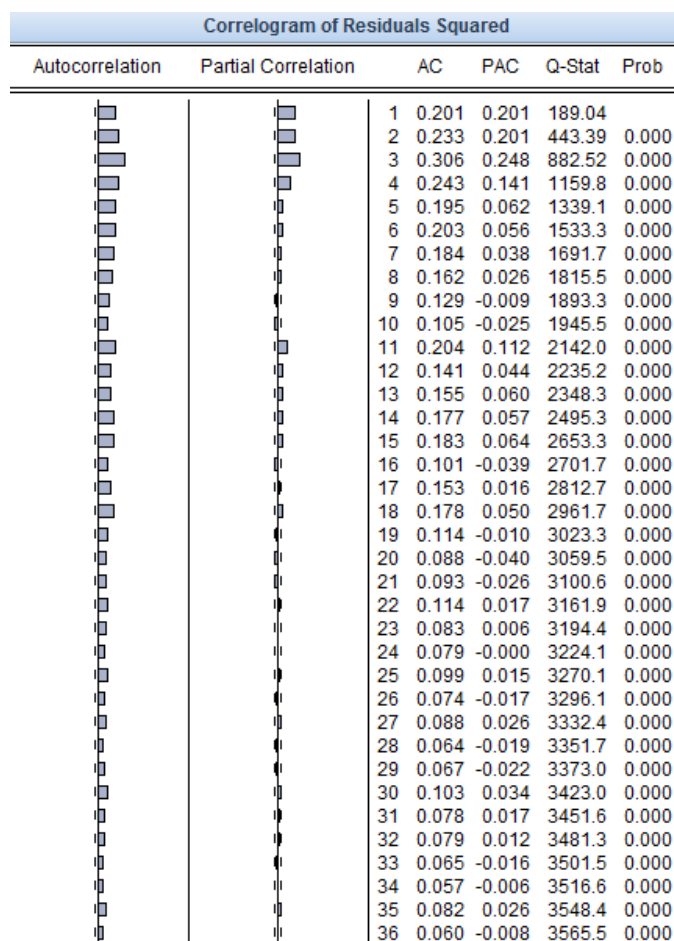
Ho: los errores son ruido blanco.

H1: los errores no son ruido blanco.

Para esta prueba se observa que la mayoría de los errores tienen una probabilidad menor a 1%, por lo tanto se rechaza la hipótesis nula y se acepta que los errores no son ruido blanco y no son modelables. El modelo no pasa esta prueba.

Prueba de errores al cuadrado ruido blanco.

Gráfica 28 Correlograma de residuos al cuadrado modelo LS DLOG (TRM) C MA(1)



Fuente: Eviews, Elaboración propia.

Ho: los errores al cuadrado son Ruido blanco

H1: los errores al cuadrado no son ruido blanco

Para esta prueba se observa que los errores cuadrados tienen una probabilidad menor a 1%, por lo tanto se acepta la hipótesis nula que indica que los errores al cuadrado son ruido blanco y son modelables.

Valores criterio

Gráfica 29 Valores criterio modelo LS DLOG (TRM) C MA(1)

Akaike info criterion	-7.225820
Schwarz criterion	-7.223069
Hannan-Quinn criter.	-7.224853

Fuente: Eviews, Elaboración propia.

Modelo LS DLOG(TRM) C

Gráfica 30 Hoja de salida modelo LS DLOG (TRM) C

Dependent Variable: DLOG(TRM)
 Method: Least Squares
 Date: 09/27/18 Time: 13:53
 Sample (adjusted): 1/05/2000 12/29/2017
 Included observations: 4693 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	9.91E-05	9.63E-05	1.029114	0.3035
R-squared	0.000000	Mean dependent var		9.91E-05
Adjusted R-squared	0.000000	S.D. dependent var		0.006596
S.E. of regression	0.006596	Akaike info criterion		-7.204557
Sum squared resid	0.204123	Schwarz criterion		-7.203182
Log likelihood	16906.49	Hannan-Quinn criter.		-7.204073
Durbin-Watson stat	1.707192			

Fuente: Eviews, Elaboración propia.

Prueba de hipótesis individuales.

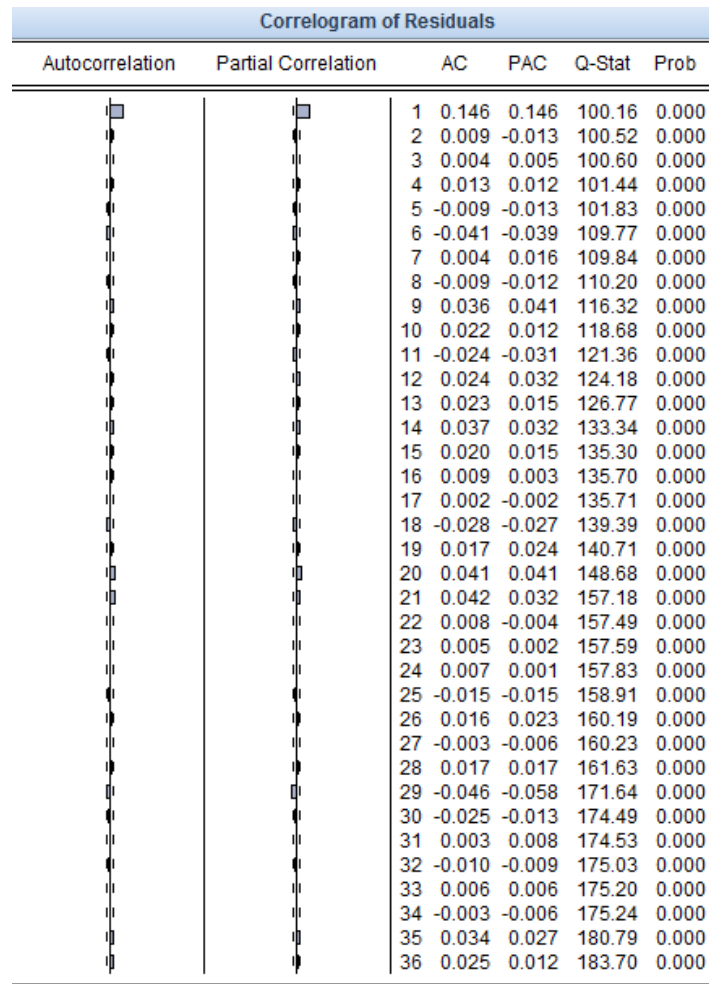
Dado que el este modelo no tiene coeficientes a los que se puedan evaluar si son estadísticamente significativo. Este modelo no pasa la prueba de hipótesis individuales.

Prueba de raíces invertida

Dado que en este modelo no se presentan valores de raíces invertidas, este modelo no pasa la prueba de raíces invertidas.

Prueba de ruido blanco.

Gráfica 31 Correlograma de residuos modelo LS DLOG(TRM) C



Fuente: Eviews, Elaboración propia.

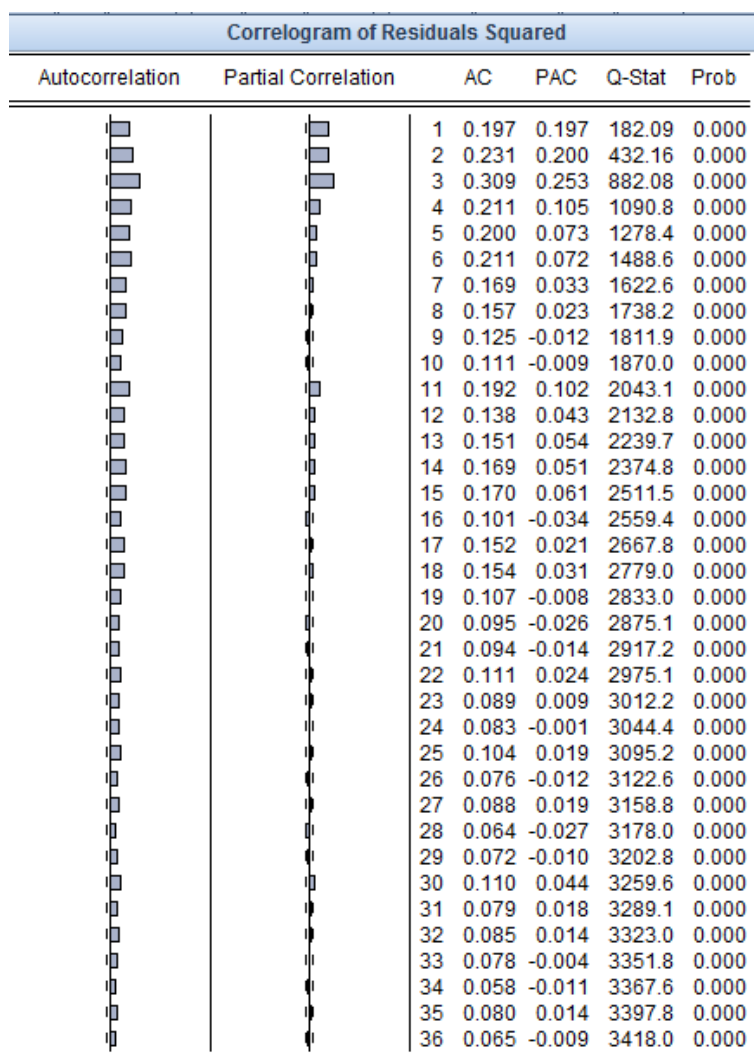
Ho: los errores son ruido blanco.

H1: los errores no son ruido blanco.

Para esta prueba se observa que la mayoría de los errores tienen una probabilidad menor a 1%, por lo tanto se rechaza la hipótesis nula y se acepta que los errores no son ruido blanco y no son modelables. El modelo no pasa esta prueba.

Prueba de errores al cuadrado ruido blanco.

Gráfica 32 Correlograma de residuos al cuadrado modelo LS DLOG (TRM) C



Fuente: Eviews, Elaboración propia.

Ho: los errores al cuadrado son ruido blanco.

H1: los errores al cuadrado no son ruido blanco.

Para esta prueba se observa que los errores cuadrados tienen una probabilidad menor a 1%, por lo tanto se acepta la hipótesis nula, lo que indica que los errores al cuadrado son ruido blanco y son modelables. El modelo pasa esta prueba.

Valores criterio

Gráfica 33 Valores criterio modelo LS DLOG (TRM) C

Akaike info criterion	-7.204557
Schwarz criterion	-7.203182
Hannan-Quinn criter.	-7.204073

Fuente: Eviews, Elaboración propia.

Modelo LS DLOG(WTI) C

Gráfica 34 Hoja de salida modelo LS DLOG (WTI) C

Dependent Variable: DLOG(WTI)
 Method: Least Squares
 Date: 09/27/18 Time: 13:56
 Sample (adjusted): 1/05/2000 12/29/2017
 Included observations: 4693 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.000183	0.000346	0.529372	0.5966
R-squared	0.000000	Mean dependent var		0.000183
Adjusted R-squared	0.000000	S.D. dependent var		0.023733
S.E. of regression	0.023733	Akaike info criterion		-4.643667
Sum squared resid	2.642848	Schwarz criterion		-4.642292
Log likelihood	10897.36	Hannan-Quinn criter.		-4.643183
Durbin-Watson stat	2.070314			

Fuente: Eviews, Elaboración propia.

Prueba de hipótesis individuales.

Dado que el este modelo no tiene coeficientes a los que se puedan evaluar si son estadísticamente significativo. Este modelo no pasa la prueba de hipótesis individuales.

Prueba de raíces invertida

Dado que en este modelo no se presentan valores de raíces invertidas, este modelo no pasa la prueba de raíces invertidas.

Prueba de ruido blanco.

Gráfica 35 Correlograma de residuos modelo LS DLOG (WTI) C

Correlogram of Residuals					
Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1 -0.035	-0.035	5.8508	0.016
		2 -0.025	-0.026	8.8082	0.012
		3 0.018	0.016	10.336	0.016
		4 0.027	0.028	13.735	0.008
		5 -0.047	-0.044	24.052	0.000
		6 -0.022	-0.024	26.352	0.000
		7 0.011	0.006	26.942	0.000
		8 -0.021	-0.021	29.005	0.000
		9 -0.016	-0.014	30.193	0.000
		10 0.011	0.008	30.738	0.001
		11 -0.000	-0.002	30.738	0.001
		12 -0.012	-0.010	31.464	0.002
		13 0.027	0.025	34.787	0.001
		14 0.028	0.027	38.543	0.000
		15 0.009	0.013	38.909	0.001
		16 -0.008	-0.006	39.224	0.001
		17 0.024	0.020	41.894	0.001
		18 -0.001	0.001	41.895	0.001
		19 -0.011	-0.007	42.506	0.002
		20 0.020	0.020	44.343	0.001
		21 -0.008	-0.008	44.633	0.002
		22 -0.026	-0.022	47.722	0.001
		23 -0.004	-0.005	47.812	0.002
		24 0.007	0.003	48.032	0.003
		25 0.011	0.015	48.601	0.003
		26 0.022	0.026	50.977	0.002
		27 0.014	0.012	51.958	0.003
		28 0.001	0.001	51.967	0.004
		29 0.008	0.008	52.261	0.005
		30 -0.007	-0.009	52.467	0.007
		31 -0.026	-0.026	55.616	0.004
		32 0.024	0.025	58.390	0.003
		33 -0.058	-0.058	74.310	0.000
		34 0.029	0.028	78.209	0.000
		35 -0.001	0.000	78.216	0.000
		36 -0.027	-0.026	81.697	0.000

Fuente: Eviews, Elaboración propia.

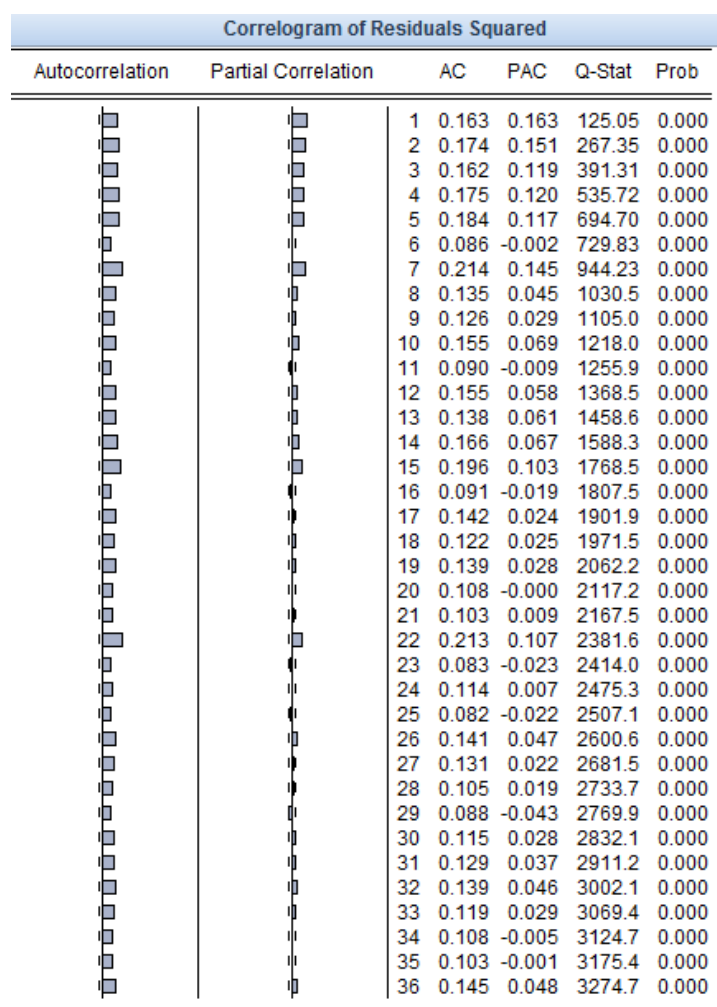
Ho: los errores son ruido blanco.

H1: los errores no son ruido blanco.

Para esta prueba se observa que la mayoría de los errores tienen una probabilidad menor a 1%, por lo tanto se rechaza la hipótesis nula y se acepta que los errores no son ruido blanco y no son modelables. El modelo no pasa esta prueba.

Prueba de errores al cuadrado ruido blanco.

Gráfica 36 correlograma de residuos al cuadrado modelo LS DLOG (WTI) C



Fuente: Eviews, Elaboración propia.

Ho: los errores al cuadrado son ruido blanco.

H1: los errores al cuadrado no son ruido blanco.

Para esta prueba se observa que los errores cuadrados tienen una probabilidad menor a 1%, por lo tanto se acepta la hipótesis nula, lo que indica que los errores al cuadrado son ruido blanco y son modelables. El modelo pasa esta prueba.

Valores criterio

Gráfica 37 Valores criterio LS DLOG (WTI) C

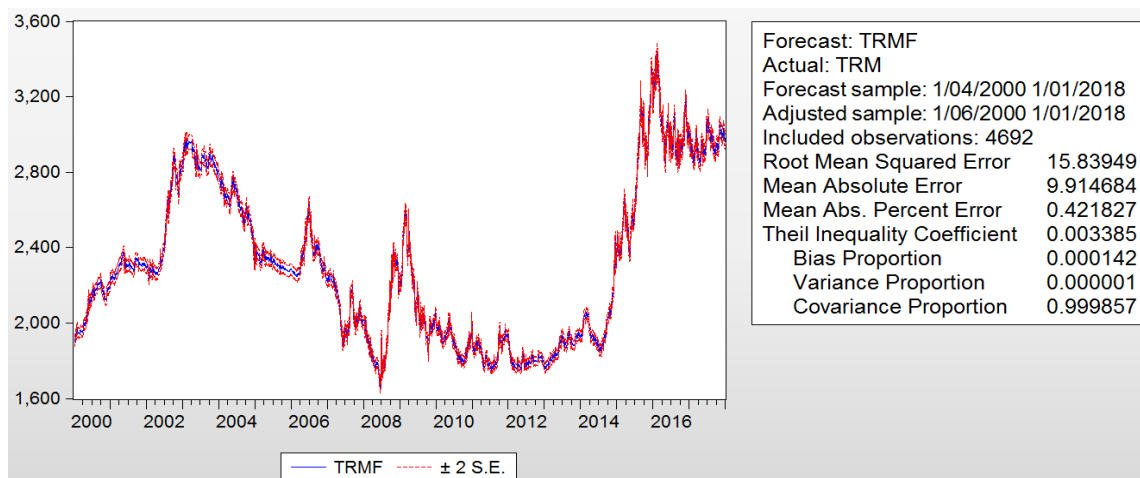
Akaike info criterion	-4.643667
Schwarz criterion	-4.642292
Hannan-Quinn criter.	-4.643183

Fuente: Eviews, Elaboración propia.

Ninguno de los modelos logró pasar las pruebas de validación de hipótesis individuales, raíces invertidas ruido blanco y la prueba de errores al cuadrado ruido blanco. Por esta razón el criterio para escoger el modelo a pronosticar se define mediante los mínimos valores criterio. En el caso de la serie TRM el modelo con los mínimos valores criterio es el modelo LS DLOG (TRM) C AR (1), y para el caso de la serie WTI, el modelo con los menores valores criterio es el modelo LS DLOG (WTI) C. Una vez identificados los modelos se procede a realizar el pronóstico respectivo para cada serie de datos.

Pronostico

Gráfica 38 Forecast modelo LS DLOG(TRM) C AR(1)



Fuente: Eviews, Elaboración propia.

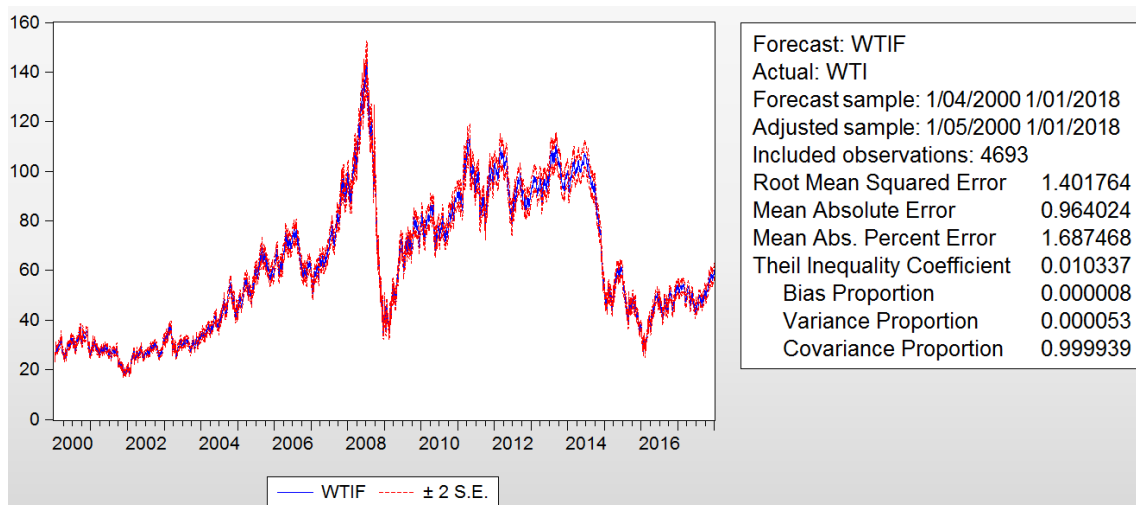
RMSE: 15,834949

TRMF: $2.985,813 + 15,83949 = \$3.011,65249$

TRMF: $2.985,813 - 15,83949 = \$2.969,97351$

El pronóstico para la serie TRM indica que, para para el periodo siguiente, lunes 1 de enero de 2018, el precio del tipo de cambio COP/USD debe ubicarse entre \$3.011,65 y \$2.969,97 pesos colombianos por dólar.

Gráfica 39 Forecast modelo LS DLOG (WTI) C



Fuente: Eviews, Elaboración propia.

RMSE: 1,401764

WTIF: $60,43108 + 1,401764 = 61,832844$

WTIF: $60,43108 - 1,401764 = 59,029316$

El pronóstico para la serie WTI indica que, para el periodo siguiente, lunes 1 de enero de 2018, el precio del barril de petróleo tipo WTI debe ubicarse entre \$61,83 y \$59,03 dólares por barril.

Parte IV

Resultados.

Los resultados de la implementación del modelo ARIMA para identificar la relación existente entre el precio del petróleo y el tipo de cambio en Colombia se presentan en la Tabla 1. Donde se relacionan cada una de las etapas de su implementación con el resultado obtenido para cada una de las series. La serie BRENT se incluye para fortalecer el análisis, ya que este es el precio de referencia para la empresa colombiana de petróleos ECOPETROL en el último decenio.

Tabla 1. Resultados del modelo.

ARIMA	WTI	BRENT	TRM
Identificación de serie	No estacionaria	No estacionaria	No estacionaria
Transformación	1ras diferencias	1ras diferencias	1ras diferencias
Estimación de modelo	LS DLOG (WTI) C	LS DLOG (BRENT) C	LS DLOG (TRM) C AR (1)
Verificación (MCO)	Valores Criterio	Valores Criterio	Valores Criterio
Pronostico	<\$59,03 : \$61,83>	<\$65,34 : \$68,40>	<\$2.969,97 : \$3.011,65 >
Comportamiento precio	\$60.37	\$66.57	\$2.984.00

Fuente: Elaboración propia.

En la primera etapa del modelo se encontró que las series TRM, WTI y BRENT son series no estacionarias que presentan presencia de tendencia y volatilidad, de acuerdo a los resultados arrojados por la prueba gráfica, el correlograma y la prueba de raíz unitaria. Este resultado se corrigió con primeras diferencias logarítmicas para poder proceder a la estimación y verificación del modelo.

Una vez diferenciadas, se procedió a identificar los posibles modelos por medio de las correlaciones correspondientes para cada una de las series. Aquí, se definieron los coeficientes de los términos autorregresivos (AR) y de media móvil (MA) que fueron incluidos en el modelo para ser verificados y así obtener el modelo más confiable de cada serie. Por medio de las pruebas de hipótesis individuales, raíces invertidas, ruido blanco, errores al cuadrado ruido blanco y valores criterio, se seleccionaron los modelos *LS DLOG (WTI) C* para la serie WTI, *LS DLOG (BRENT) C* para la serie BRENT y *LS DLOG (TRM)*

C AR (1) para la serie TRM, como aquellos con mayor probabilidad de acierto una vez aplicadas las pruebas de verificación, siendo estos los modelos que tuvieron los menores valores criterio al momento de hacer la comparación y posterior selección para su estimación por el método de mínimos cuadrados. Ver tabla 2.

Tabla 2. Resultados pruebas de verificación.

Prueba \ Serie	LS DLOG (WTI) C	LS DLOG (BRENT) C	LS DLOG (TRM) C AR (1)
Hipótesis Individuales	No tiene coeficientes	No tiene coeficientes	Estadísticamente significativo
Raíces Invertidas	No tiene raíces	No tiene raíces	Tendencia en largo plazo a valor promedio
Ruido Blanco	No son modelables	No son modelables	No son modelables
Errores al cuadrado ruido blanco	Los errores son modelables	Los errores son modelables	Los errores son modelables
Valores criterio	Akaike -4,643667	Akaike -4,863668	Akaike -4,863668
	Schwars -4,642292	Schwars -4,861724	Schwars -4,861724
	Hannan-Quinn -4,643183	Hannan-Quinn -4,862970	Hannan-Quinn -4,862970

Fuente: Elaboración propia.

Una vez verificados los modelos resultantes se procedió a pronosticar el precio para cada una de las series, en el caso del petróleo tipo WTI, se pronosticó que su precio para el periodo siguiente sería un valor en el rango entre \$59,03 y \$61,83 dólares por barril. Para el petróleo tipo BRENT se pronosticó que su precio estaría en el rango entre \$65,34 y \$68,40 dólares por barril. Y en el caso del tipo de cambio COP/USD el pronóstico arrojó que su valor para el periodo siguiente estaría entre \$2.969,97 y \$3.011,65 pesos por dólar.

Para confirmar los datos obtenidos en la predicción del modelo ARIMA para la serie TRM se comparó el resultado con los datos de la Superintendencia Financiera de Colombia como entidad encargada de calcular y certificar la TRM y divulgarla al mercado y al público en general, conforme a lo dispuesto en el artículo 40 de la Resolución Externa No. 1 de 2018, expedida por la Junta Directiva del Banco de la República.

De acuerdo a los datos encontrados en la base de datos de dicha entidad, el valor del tipo de cambio COP/USD para el lunes 1 de enero de 2018 fue de **\$2.984.00**, valor que se encuentra dentro del rango pronosticado por el modelo con una efectividad del 99% y que no presenta variación alguna respecto al valor anterior de **\$2.984.00**, es decir no se presenta apreciación ni depreciación en el tipo de cambio para el peso Colombiano frente al Dólar Americano.

Por otra parte, para confirmar el pronóstico del precio del barril de petróleo de referencia WTI obtenido por medio de la implementación del modelo ARIMA se utilizaron los datos referentes del portal de información económico Bloomberg. De acuerdo a los datos encontrados en la base de datos de este portal, el precio del barril de petróleo de tipo WTI para el lunes 1 de enero de 2018 fue de **\$60.37**, valor que se encuentra dentro del rango pronosticado por el modelo con una efectividad del 99% y que representa una disminución respecto al precio anterior de **\$60.42**, es decir, se presentó una depreciación en el precio del barril de petróleo de referencia WTI.

En adición para confirmar la validez del pronóstico del precio del barril de petróleo tipo BRENT obtenido por medio de la implementación del modelo ARIMA se utilizaron los datos referentes del portal de información económico Bloomberg. De acuerdo a los datos encontrados en la base de datos de este portal, el precio del barril de petróleo de tipo BRENT para el lunes 1 de enero de 2018 es de **\$66.57 USD/barril**, valor que se encuentra dentro del rango pronosticado por el modelo con una efectividad del 99% y que representa una depreciación respecto al precio anterior equivalente a **\$66.87 USD/barril**.

Parte V

Conclusiones

Este trabajo estudia la relación existente entre el tipo de cambio de la economía Colombiana COP/USD y el precio del barril de petróleo de referencia WTI y de referencia BRENT, por medio del uso del modelo econométrico ARIMA con datos comprendidos en el periodo entre el 1 de enero del año 2.000 hasta el 29 de diciembre del año 2.017, de acuerdo al pronóstico obtenido de su implementación.

Siguiendo la metodología planteada para determinar la relación existente entre estas dos variables económicas, se encontró que, comparando el comportamiento de los valores resultantes del pronóstico realizado por el modelo ARIMA, el tipo de cambio colombiano COP/USD no se depreció frente a una apreciación del precio del barril de petróleo de referencia WTI. Siendo este, un resultado que no confirma el supuesto definido previamente, el cual indica que cuando el precio del petróleo sube, el tipo de cambio de las economías productoras de este commodity, -como es el caso Colombiano- frente al Dólar tiende a depreciarse dado un aumento en el valor de la moneda de la economía productora de petróleo y viceversa, por lo cual, de acuerdo a los resultados obtenidos, no se evidencia una relación directa ni inversa en el comportamiento de estas variables en el corto plazo.

Por otro lado, el modelo econométrico ARIMA empleado en este trabajo arrojó un pronóstico acertado para los valores pronosticados “out-of-sample” utilizados en esta serie, aún incluso cuando los modelos encontrados no pasaran la totalidad de las pruebas de validación.

Considerando lo anterior y ante la actual coyuntura económica, se establece que al no superar las pruebas de validación del modelo ejecutado se puede implicar que sus resultados no deban ser utilizados para evaluación de la incidencia que tienen las variaciones del precio del petróleo tipo WTI en las variaciones del tipo de cambio COP/USD, que puedan servir de apoyo para la toma de decisiones de índole microeconómicas como macroeconómicas, que busquen responder ante un choque externo como un posible impacto en la balanza comercial, cambios en condiciones de equilibrio del precio de los productos dentro del mercado colombiano, los términos de intercambio, la inflación y demás, a través del estudio de la relación de estas variables por medio del modelo ARIMA.

Se concluye, de acuerdo a los resultados que un buen método para pronosticar el comportamiento de la TRM es el ARIMA, así como para encontrar el comportamiento futuro del petróleo tipo BRENT y tipo WTI en el corto plazo. Además, se concluye que al modelar el Brent como una variable explicativa del valor de la TRM no es confiable por su bajo R^2 , y que además el pronóstico no se ajusta a la realidad.

Bibliografía

- Amano, R., & Van norden, S. (1998). Oil prices and the rise and fall of the US real exchange rate. *International money finance*, 299-316.
- Ayres, J., Hevia, C., & Nicolini, J. P. (2017). *Real exchange rates and primary commodity prices*. Minneapolis: Federal reserve bank of Minneapolis.
- Banco de la república. (3 de Diciembre de 1999). *Banco de la república*. Obtenido de Acuerdo de Colombia con el FMI: <http://www.banrep.gov.co/es/contenidos/publicacion/acuerdo-colombia-con-fmi>
- Banco de la República. (2013). *El proceso de toma de decisiones de política monetaria, cambiaia y crediticia del banco de la república*. Bogota D.C.: Banco de la república. Obtenido de <http://www.banrep.gov.co/es/politica-monetaria>
- Basher, S. A., Haug, A. A., & Sardorsky, P. (2012). Oil prices, exchange rates and emerging stock markets. *Energy Economics*, 227-240.
- Battistinis, E. (06 de Septiembre de 2017). *El dólar y el petróleo: ¿hacia una nueva correlación positiva?* Obtenido de Magnus commodities: <https://www.magnuscmd.com/es/el-dolar-y-el-petroleo-hacia-una-nueva-correlacion-positiva/>
- Bloomberg, B., & Harris, E. (1995). The commoditi-consumer price connection: Fact or fable? *Economic policy review, Federal reserve bank of New York*, 21-38.
- Box, G., & Jenkins, G. (1976). *Times Series Análisis: Forecasting and Control*. San Francisco: Holden Day.
- Brandt, J., & Bessler, D. (1984). Forecasting with Vector Autoregressions versus a Univariate ARIMA Process: An Empirical Example with U.S. Hog Prices. *North Central Journal of Agricultural Economics*, 29-36.
- Carrasquilla, A., & Galindo, A. (1995). *Consideraciones sobre el comportamiento de la tasa de cambio al interior de las bandas*. Bogota: Borradores semanales de Economía.

- Chen, S.-s., & Chen, H.-c. (2007). Oil prices and real exchange rates. *Energy economics*, 390-404.
- Chen, Y. (2004). *Exchange rates and fundamentas: evidence from commodity economies*. Washington: Mimeograph.
- Chen, Y., & Rogoff, K. (2003). Commodity currencies. *Journal of international economics*, 133-160.
- Chen, Y.-c., Rogoff, K., & Rossi, B. (2008). *Can Exchange rates forecast commodity prices?* Duke: Economic research initiatives at Duke.
- Curcio, S., & Vilker, A. (2014). Impacto de las variaciones de precios de las commodities exportadas en la econompia real de los paises de américa latina. *Revista de investigación modelos financieros*, 93-114.
- Engel, C., Mark, N., & West, K. (2007). Exchange rate models are not as bad as you think. *Natural bureau of economic research*.
- Fernández Mejía, J. (2015). *Pass-Trhough de la tasa de cambio al nivel de precios de la economía en colombia*. Cali.
- FMI. (2011). *Perspectivas económicas: Las Américas, vientos cambiantes, nuevos desafíos de política*. Washington D.C.: Fondo monetario internacional.
- Franco, M. A., & Montoya, T. (2006). *¿Cuáles son los determinantes de la tasa de cambio real en Colombia para el periodo 1985-2005?*
- Golub, S. (1983). Oil prices and exchange rates. *Economic journal*, 576-593.
- Gupta, S., & Mayer, T. (1981). A Test of the Efficiency of Futures Markets in Commodities. *Weltwirtschaftliches Archiv*, 661-671.
- Krugman, P. (1983). *Oil and the dollar*. Cambridge: National bureau of economic research.
- Liu, H., & Shi, J. (2013). Applying ARMA–GARCH approaches to forecasting short-term electricity prices. *Energy Economics*, 152-166.

- Lizardo, R. A., & Mollick, V. A. (2010). Oil fluctuations and US dolar exchange rate. *Energy Economics*, 399-408.
- Mark, N. (1995). Exchange rate and fundamentals: Evidence of long-horizon predictability. *The american economic review*, 201-218.
- Moosa, I., & Burns, K. (2014). A reappraisal of the Meese-Rogoff puzzle. *Applied Economics*, 30-40.
- Murcia, A., & Rojas, D. (2013). Determinantes de la tasa de cambio en Colombia: un enfoque de microestructura de mercados. *Borradores de economía*, 1-44.
- Olomola, P. A., & Adejumo, A. V. (2006). Oil price shock and macroeconomic activities in Nigeria. *International research journal of finance and economics*, 28-34.
- OPEC. (2017). *Opec Bulletin Declaration of cooperation*. Vienna: Organization of petroleum exporting countries.
- Portafolio. (2 de Mayo de 2018). *El precio del petróleo Brent, de referencia para Colombia, cayó a mínimos de 5 meses*. Obtenido de <http://www.portafolio.co/internacional/el-precio-del-petroleo-brent-de-referencia-para-colombia-cayo-a-minimos-de-5-meses-505446>
- Rincón-Castro, H., & Rodríguez-Niño, N. (2016). Perturbaciones de la tasa de cambio e inflación en Colombia. *Borradores de Economía*, 52-62.
- Rondinone, G., & Thomasz, E. O. (2016). Riesgo de precio en commodities ¿profundización en la sensibilidad de precios agrícolas ante shocks de tasa de interés? *Contaduría y Administración*, 746-761.
- Schinasi, G., & Swamy, P. (1989). The out-of-sample forecasting performance of exchange rate models when coefficients are allowed to change. *Journal of international money and finance*, 375-390.
- Tashman, L., & Stellwagen, E. (2013). ARIMA: The Models of Box and Jenkins. *Foresight*, 28-33.
- The Heritage Foundation. (2016). *Indice de Libertad Economica*. The wall street journal.

The observatory of economic complexity. (s.f.). *The observatory of economic complexity*. Recuperado el 8 de Mayo de 2018, de <https://atlas.media.mit.edu/es/profile/country/col>

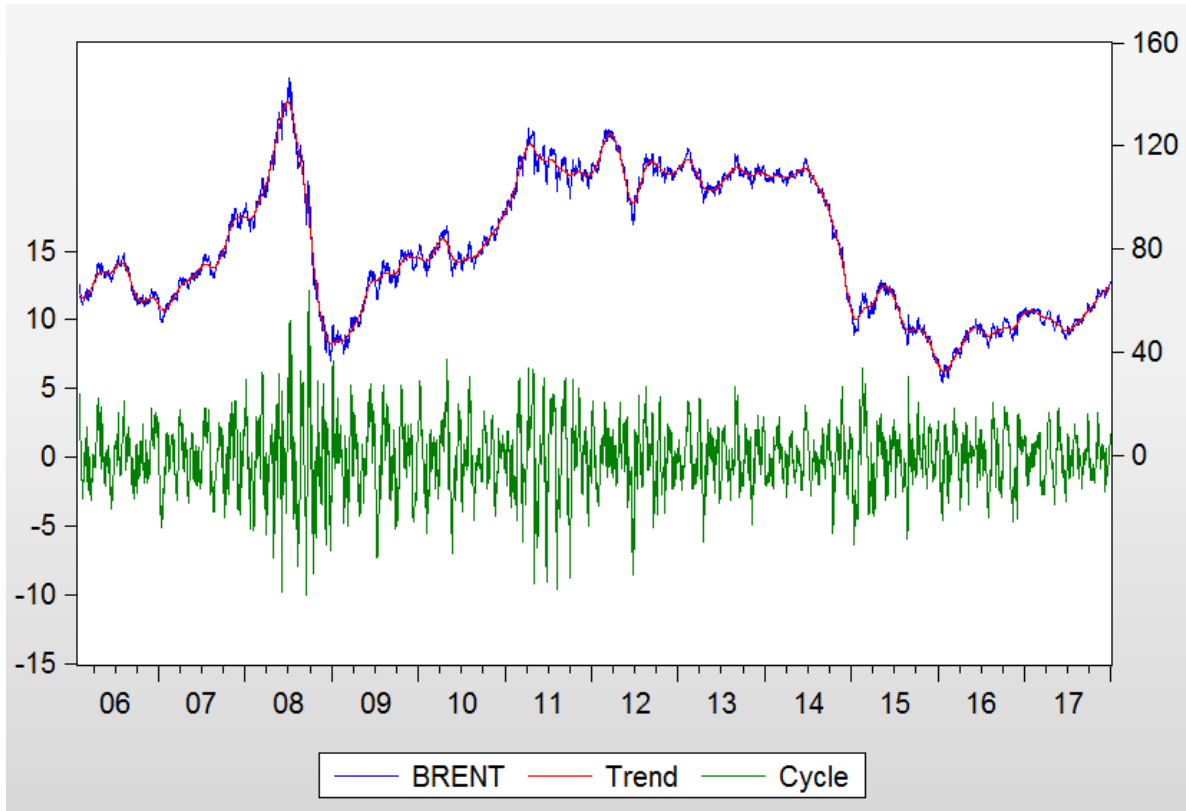
Urrutía, C. (06 de Junio de 2017). *Los Precios de las Mercancías Básicas y el Tipo de Cambio Real*. Obtenido de Foco Economico: <http://focoeconomico.org/2017/03/06/los-precios-de-las-mercancias-basicas-y-el-tipo-de-cambio-real/>

Zhang, Y. (2013). The links between the price of oil and the value of US dollar. *International Journey of energy economics and policy*, 341-351.

Anexos

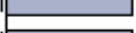
ANEXO 1. Serie BRENT 2006-2017.

Prueba Gráfica Filtro Hodrick – Prescott



En el filtro gráfico se observa que la serie presenta tendencia y por lo tanto se determina que BRENT se trata de una serie no estacionaria.

Prueba de Correlograma

Correlogram of BRENT						
Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	0.998	0.998	3100.8	0.000
		2	0.997	0.041	6192.4	0.000
		3	0.995	0.019	9275.2	0.000
		4	0.993	-0.001	12349.	0.000
		5	0.992	-0.053	15413.	0.000
		6	0.990	0.015	18468.	0.000
		7	0.988	-0.029	21512.	0.000
		8	0.986	-0.004	24546.	0.000
		9	0.984	-0.021	27570.	0.000
		10	0.983	0.017	30583.	0.000
		11	0.981	-0.036	33586.	0.000
		12	0.979	-0.001	36577.	0.000
		13	0.977	-0.027	39557.	0.000
		14	0.975	-0.008	42526.	0.000
		15	0.973	0.010	45483.	0.000
		16	0.971	-0.023	48429.	0.000
		17	0.968	-0.008	51363.	0.000
		18	0.966	-0.007	54285.	0.000
		19	0.964	-0.009	57194.	0.000
		20	0.962	-0.002	60092.	0.000
		21	0.960	-0.034	62976.	0.000
		22	0.957	0.002	65848.	0.000
		23	0.955	0.010	68707.	0.000
		24	0.953	-0.001	71554.	0.000
		25	0.951	0.013	74388.	0.000
		26	0.948	-0.051	77209.	0.000
		27	0.946	-0.026	80016.	0.000
		28	0.943	-0.017	82809.	0.000
		29	0.941	-0.020	85588.	0.000
		30	0.938	-0.020	88352.	0.000
		31	0.935	-0.007	91101.	0.000
		32	0.933	-0.007	93835.	0.000
		33	0.930	-0.055	96553.	0.000
		34	0.927	0.018	99255.	0.000
		35	0.924	-0.001	101941	0.000
		36	0.921	-0.032	104611	0.000

En la prueba del correlograma se observa que los valores descienden suavemente, razón por la cual se determina que la serie BRENT se trata de una serie no estacionaria.

Prueba de raíz unitaria.

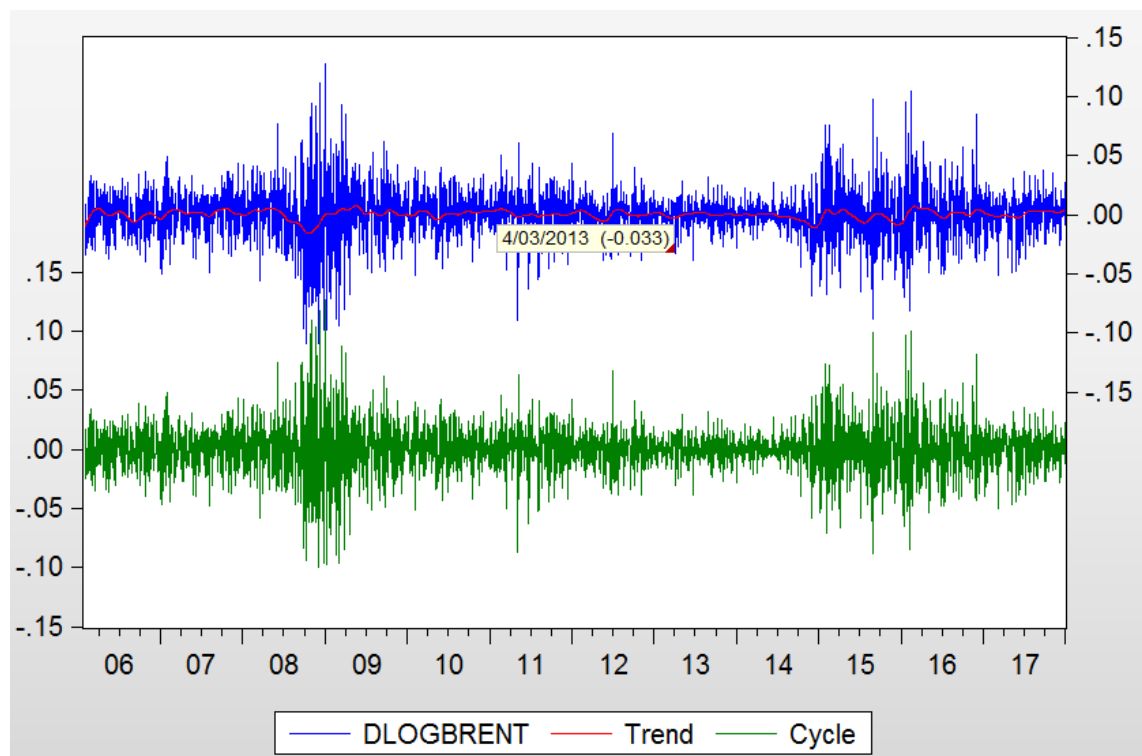
Augmented Dickey-Fuller Unit Root Test on BRENT				
Null Hypothesis: BRENT has a unit root				
Exogenous: Constant				
Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=28)				
		t-Statistic	Prob.*	
Augmented Dickey-Fuller test statistic		-1.632940	0.4655	
Test critical values:	1% level	-3.432265		
	5% level	-2.862271		
	10% level	-2.567204		
*MacKinnon (1996) one-sided p-values.				
Augmented Dickey-Fuller Test Equation				
Dependent Variable: D(BRENT)				
Method: Least Squares				
Date: 10/28/18 Time: 13:01				
Sample (adjusted): 2/01/2006 12/29/2017				
Included observations: 3108 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
BRENT(-1)	-0.001710	0.001047	-1.632940	0.1026
C	0.137894	0.088640	1.555658	0.1199
R-squared	0.000858	Mean dependent var		0.000283
Adjusted R-squared	0.000536	S.D. dependent var		1.532619
S.E. of regression	1.532208	Akaike info criterion		3.691940
Sum squared resid	7291.835	Schwarz criterion		3.695828
Log likelihood	-5735.275	Hannan-Quinn criter.		3.693336
F-statistic	2.666493	Durbin-Watson stat		2.090750
Prob(F-statistic)	0.102583			

Ho: La serie BRENT tiene raíz unitaria.

H1: La serie BRENT no tiene raíz unitaria.

Probabilidad: 46.55%, está por encima del 1%, por lo tanto no se rechaza la hipótesis nula y se determina que la serie BRENT tiene raíz unitaria, por lo tanto se trata de una serie no estacionaria.

Serie DLOGBRENT



Después de transformada la serie BRENT con las primeras diferencias logarítmicas, se observa en la prueba gráfica que se eliminó la presencia de tendencia y volatilidad de la serie, por lo que se determina que se logró transformar en una serie estacionaria.

Prueba de correlograma

Correlogram of DLOGBRENT						
Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	-0.060	-0.060	11.260	0.001
		2	-0.011	-0.014	11.612	0.003
		3	0.021	0.019	12.951	0.005
		4	0.034	0.037	16.646	0.002
		5	-0.036	-0.031	20.608	0.001
		6	0.020	0.016	21.807	0.001
		7	-0.021	-0.021	23.124	0.002
		8	0.016	0.014	23.913	0.002
		9	-0.039	-0.036	28.652	0.001
		10	0.066	0.061	42.318	0.000
		11	-0.019	-0.011	43.423	0.000
		12	0.004	0.003	43.462	0.000
		13	0.025	0.026	45.392	0.000
		14	0.016	0.013	46.223	0.000
		15	0.040	0.049	51.194	0.000
		16	0.018	0.018	52.202	0.000
		17	0.010	0.015	52.501	0.000
		18	0.010	0.007	52.802	0.000
		19	-0.017	-0.015	53.719	0.000
		20	0.014	0.009	54.292	0.000
		21	-0.004	-0.003	54.345	0.000
		22	-0.035	-0.032	58.179	0.000
		23	-0.004	-0.011	58.240	0.000
		24	0.008	0.006	58.437	0.000
		25	0.035	0.035	62.252	0.000
		26	0.018	0.023	63.297	0.000
		27	0.023	0.025	65.028	0.000
		28	0.022	0.020	66.593	0.000
		29	0.028	0.029	69.085	0.000
		30	0.016	0.015	69.893	0.000
		31	-0.002	-0.005	69.903	0.000
		32	0.027	0.029	72.116	0.000
		33	-0.040	-0.041	77.082	0.000
		34	0.019	0.018	78.223	0.000
		35	0.013	0.011	78.721	0.000
		36	-0.001	0.003	78.724	0.000

Después de transformadas las series se observa que se logró eliminar la presencia de auto correlación en la serie DLOGWTI, por lo tanto da como resultado que es una serie estacionaria.

Prueba de Raíz unitaria.

Augmented Dickey-Fuller Unit Root Test on DLOGBRENT				
Null Hypothesis: DLOGBRENT has a unit root				
Exogenous: Constant				
Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=28)				
			t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic			-59.18647	0.0001
Test critical values:	1% level		-3.432265	
	5% level		-2.862272	
	10% level		-2.567204	
*Mackinnon (1996) one-sided p-values.				
Augmented Dickey-Fuller Test Equation				
Dependent Variable: D(DLOGBRENT)				
Method: Least Squares				
Date: 10/28/18 Time: 13:10				
Sample (adjusted): 2/02/2006 12/29/2017				
Included observations: 3107 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
DLOGBRENT(-1)	-1.060161	0.017912	-59.18647	0.0000
C	9.19E-06	0.000381	0.024141	0.9807
R-squared	0.530118	Mean dependent var		5.44E-06
Adjusted R-squared	0.529966	S.D. dependent var		0.030961
S.E. of regression	0.021227	Akaike info criterion		-4.866482
Sum squared resid	1.399012	Schwarz criterion		-4.862593
Log likelihood	7562.080	Hannan-Quinn criter.		-4.865086
F-statistic	3503.038	Durbin-Watson stat		2.001590
Prob(F-statistic)	0.000000			

Ho: DLOGBRENT tiene raíz unitaria.

H1: DLOGBRENT no tiene raíz unitaria.

Probabilidad: 0.01%, está por debajo del 1%, por lo tanto se acepta la hipótesis nula y se determina que la serie transformada DLOGBRENT tiene raíz unitaria, por lo tanto se trata de una serie estacionaria.

Identificación del modelo para la serie BRENT.

Autocorrelation			Partial Correlation			AC	PAC	Q-Stat	Prob	
						1	-0.060	-0.060	11.260	0.001
						2	-0.011	-0.014	11.612	0.003
						3	0.021	0.019	12.951	0.005
						4	0.034	0.037	16.646	0.002
						5	-0.036	-0.031	20.608	0.001
						6	0.020	0.016	21.807	0.001
						7	-0.021	-0.021	23.124	0.002
						8	0.016	0.014	23.913	0.002
						9	-0.039	-0.036	28.652	0.001
						10	0.066	0.061	42.318	0.000
						11	-0.019	-0.011	43.423	0.000
						12	0.004	0.003	43.462	0.000
						13	0.025	0.026	45.392	0.000
						14	0.016	0.013	46.223	0.000
						15	0.040	0.049	51.194	0.000
						16	0.018	0.018	52.202	0.000
						17	0.010	0.015	52.501	0.000
						18	0.010	0.007	52.802	0.000
						19	-0.017	-0.015	53.719	0.000
						20	0.014	0.009	54.292	0.000
						21	-0.004	-0.003	54.345	0.000
						22	-0.035	-0.032	58.179	0.000
						23	-0.004	-0.011	58.240	0.000
						24	0.008	0.006	58.437	0.000
						25	0.035	0.035	62.252	0.000
						26	0.018	0.023	63.297	0.000
						27	0.023	0.025	65.028	0.000
						28	0.022	0.020	66.593	0.000
						29	0.028	0.029	69.085	0.000
						30	0.016	0.015	69.893	0.000
						31	-0.002	-0.005	69.903	0.000
						32	0.027	0.029	72.116	0.000
						33	-0.040	-0.041	77.082	0.000
						34	0.019	0.018	78.223	0.000
						35	0.013	0.011	78.721	0.000
						36	-0.001	0.003	78.724	0.000

Una vez se analiza la tabla de correlación para la serie se identifica como posible modelo a pronosticar el modelo *LS DLOG(BRENT) C*

Hoja de salida Modelo LS DLOG(BRENT) C

Dependent Variable: DLOG(BRENT)
Method: Least Squares
Date: 11/06/18 Time: 09:43
Sample (adjusted): 2/01/2006 12/29/2017
Included observations: 3108 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	4.26E-06	0.000381	0.011177	0.9911
R-squared	0.000000	Mean dependent var	4.26E-06	
Adjusted R-squared	0.000000	S.D. dependent var	0.021260	
S.E. of regression	0.021260	Akaike info criterion	-4.863668	
Sum squared resid	1.404310	Schwarz criterion	-4.861724	
Log likelihood	7559.140	Hannan-Quinn criter.	-4.862970	
Durbin-Watson stat	2.120164			

Fuente: Eviews, Elaboración propia.

Prueba de hipótesis individuales.

Dado que el este modelo no tiene coeficientes a los que se puedan evaluar si son estadísticamente significativo. Este modelo no pasa la prueba de hipótesis individuales.

Prueba de raíces invertida

Dado que en este modelo no se presentan valores de raíces invertidas, este modelo no pasa la prueba de raíces invertidas.

Prueba de ruido blanco.

Correlogram of Residuals						
Included observations: 3100						
Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	-0.060	-0.060	11.260	0.001
		2	-0.011	-0.014	11.612	0.003
		3	0.021	0.019	12.951	0.005
		4	0.034	0.037	16.646	0.002
		5	-0.036	-0.031	20.608	0.001
		6	0.020	0.016	21.807	0.001
		7	-0.021	-0.021	23.124	0.002
		8	0.016	0.014	23.913	0.002
		9	-0.039	-0.036	28.652	0.001
		10	0.066	0.061	42.318	0.000
		11	-0.019	-0.011	43.423	0.000
		12	0.004	0.003	43.462	0.000
		13	0.025	0.026	45.392	0.000
		14	0.016	0.013	46.223	0.000
		15	0.040	0.049	51.194	0.000
		16	0.018	0.018	52.202	0.000
		17	0.010	0.015	52.501	0.000
		18	0.010	0.007	52.802	0.000
		19	-0.017	-0.015	53.719	0.000
		20	0.014	0.009	54.292	0.000
		21	-0.004	-0.003	54.345	0.000
		22	-0.035	-0.032	58.179	0.000
		23	-0.004	-0.011	58.240	0.000
		24	0.008	0.006	58.437	0.000
		25	0.035	0.035	62.252	0.000
		26	0.018	0.023	63.297	0.000
		27	0.023	0.025	65.028	0.000
		28	0.022	0.020	66.593	0.000
		29	0.028	0.029	69.085	0.000
		30	0.016	0.015	69.893	0.000
		31	-0.002	-0.005	69.903	0.000
		32	0.027	0.029	72.116	0.000
		33	-0.040	-0.041	77.082	0.000
		34	0.019	0.018	78.223	0.000
		35	0.013	0.011	78.721	0.000
		36	-0.001	0.003	78.724	0.000

Fuente: Eviews, Elaboración propia.

Ho: los errores son ruido blanco.

H1: los errores no son ruido blanco.

Para esta prueba se observa que la mayoría de los errores tienen una probabilidad menor a 1%, por lo tanto se rechaza la hipótesis nula y se acepta que los errores no son ruido blanco y no son modelables. El modelo no pasa esta prueba.

Prueba de errores al cuadrado ruido blanco.

Correlogram of Residuals Squared						
Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	0.180	0.180	101.14	0.000
		2	0.220	0.194	251.68	0.000
		3	0.281	0.230	498.02	0.000
		4	0.195	0.102	616.21	0.000
		5	0.321	0.228	937.37	0.000
		6	0.150	0.003	1007.7	0.000
		7	0.211	0.076	1147.0	0.000
		8	0.246	0.092	1335.0	0.000
		9	0.257	0.142	1541.5	0.000
		10	0.214	0.040	1684.6	0.000
		11	0.150	-0.010	1755.2	0.000
		12	0.256	0.091	1959.9	0.000
		13	0.203	0.037	2088.6	0.000
		14	0.261	0.110	2301.9	0.000
		15	0.207	0.039	2435.3	0.000
		16	0.148	-0.022	2503.4	0.000
		17	0.293	0.103	2772.2	0.000
		18	0.166	-0.009	2858.0	0.000
		19	0.253	0.091	3058.5	0.000
		20	0.200	0.018	3183.5	0.000
		21	0.158	-0.012	3261.7	0.000
		22	0.272	0.060	3493.1	0.000
		23	0.171	0.009	3584.4	0.000
		24	0.159	-0.042	3663.4	0.000
		25	0.151	-0.034	3734.7	0.000
		26	0.174	-0.003	3829.7	0.000
		27	0.225	0.047	3988.7	0.000
		28	0.168	0.020	4077.8	0.000
		29	0.147	-0.032	4146.1	0.000
		30	0.110	-0.065	4184.0	0.000
		31	0.210	0.031	4322.7	0.000
		32	0.176	0.018	4420.2	0.000
		33	0.129	0.002	4472.9	0.000
		34	0.166	-0.008	4559.5	0.000
		35	0.166	0.035	4646.0	0.000
		36	0.228	0.054	4810.1	0.000

Fuente: Eviews, Elaboración propia.

Ho: los errores al cuadrado son ruido blanco.

H1: los errores al cuadrado no son ruido blanco.

Para esta prueba se observa que los errores cuadrados tienen una probabilidad menor a 1%, por lo tanto se acepta la hipótesis nula, lo que indica que los errores al cuadrado son ruido blanco y son modelables. El modelo pasa esta prueba.

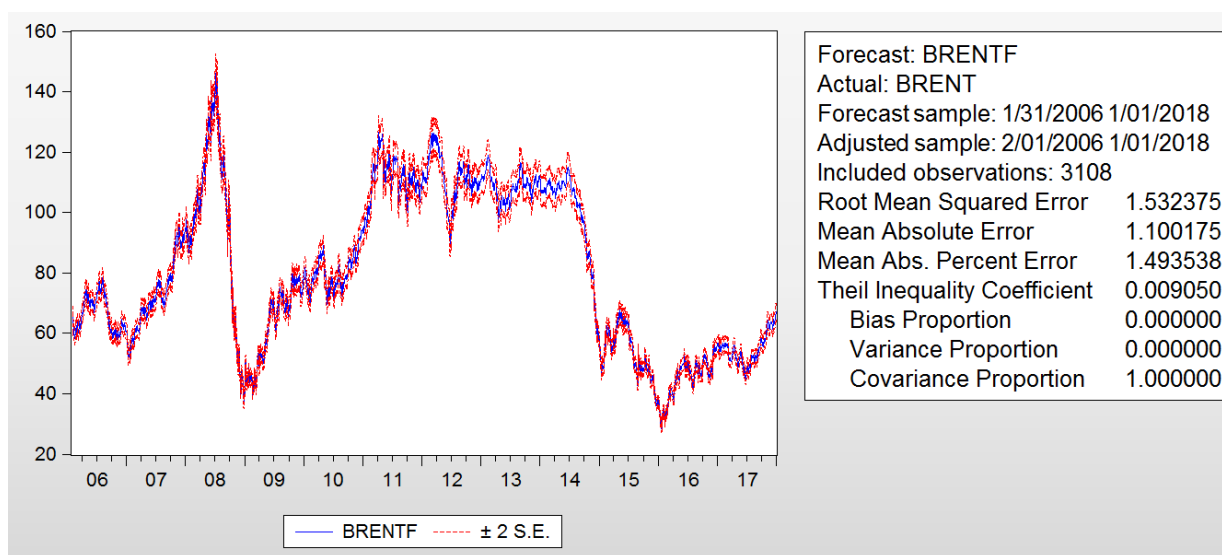
Valores criterio

Akaike info criterion	-4.863668
Schwarz criterion	-4.861724
Hannan-Quinn criter.	-4.862970

Fuente: Eviews, Elaboración propia.

El modelo no logró pasar la totalidad de las pruebas de validación de hipótesis individuales, raíces invertidas, ruido blanco y la prueba de errores al cuadrado ruido blanco. Por esta razón el criterio para escoger el modelo a pronosticar se define mediante los mínimos valores criterio. En el caso de la serie BRENT, el modelo con los menores valores criterio es el modelo LS DLOG (BRENT) C, al ser el único modelo resultante. Una vez identificados los modelos se procede a realizar el pronóstico respectivo para cada serie de datos.

Pronostico



Fuente: Eviews, Elaboración propia.

RMSE: 1,532375 66.87028502044214

WTIF: $66.870285 + 1,532375 = 68,40266$

WTIF: $66.870285 - 1,532375 = 65,33791$

El pronóstico para la serie BRENT indica que, para para el periodo siguiente, lunes 1 de enero de 2018, el precio del barril de petróleo tipo BRENT debe ubicarse entre \$68,40 y \$65,34 dólares por barril.