

Óscar Hernán Cerquera Losada*
Stefany Alejandra Marín Muñoz**
William Polania Gómez***

Universidad Surcolombiana
Neiva, Colombia

Recibido: 10 de agosto de 2016

Concepto de evaluación: 24 de febrero de 2017

Aprobado: 25 de mayo de 2017

Artículo de investigación

© 2018 Universidad Católica de Colombia.

Facultad de Ciencias

Económicas y Administrativas.

Todos los derechos reservados

Relación entre el precio del petróleo y la gasolina para Colombia*

RESUMEN

En este artículo se analiza la relación que existe entre el precio del petróleo (medido en dólares por barril) y el precio de la gasolina motor corriente (medida en pesos colombianos por galón) para Colombia entre 2012 y 2016, a partir de la estimación de un modelo vectorial autorregresivo (VAR) y la función impulso-respuesta que caracteriza a cada una de las variables. Se comprueba que para la gasolina y el petróleo en Colombia no hay una relación directa (prueba de causalidad) debido al efecto de las variables exógenas.

Palabras clave: causalidad, modelo de vectores autorregresivos, precio de la gasolina, precio del petróleo, raíz unitaria

JEL: B23, C01, C3, C52, E31

Relationship between oil and gasoline prices in Colombia

ABSTRACT

This article analyzes the relationship between the price of petroleum (measured in dollars per barrel) and the price of motor gasoline (measured in Colombian pesos per gallon) in Colombia from 2012 to 2016, based on a VAR estimation and the impulse-response function that characterizes each of the variables. It is found that gasoline and crude oil in Colombia do not have a direct relationship (causality test) due to external variables.

Keywords: vector autoregression model, causality, gasoline price, petroleum prices, unit root.

* Magíster en Economía, Profesor de la Universidad Surcolombiana, Neiva, Colombia. Integrante del grupo de investigación Iguaque. Correo electrónico: oscar.cerquera@usco.edu.co. <http://orcid.org/0000-0002-7945-6670>.

** Estudiante de Economía y coordinadora del Semillero de Investigación y Estudios Socioeconómicos (SIESS) de la Universidad Surcolombiana, Neiva, Colombia. Integrante del grupo de investigación Iguaque. Correo electrónico: samm200966@hotmail.com. <https://orcid.org/0000-0003-1132-9760>.

* Este artículo es resultado de una investigación del Programa de Economía y el grupo de investigación Iguaque de la Universidad Surcolombiana, Neiva, Colombia.

*** Estudiante de Economía y coordinador del Semillero de Investigación y Estudios Socioeconómicos (SIESS) de la Universidad Surcolombiana (SIESS), Neiva, Colombia. Correo electrónico: williampolania@hotmail.com. <https://orcid.org/0000-0002-9223-6197>.

Relação entre o preço do petróleo e o da gasolina para a Colômbia

RESUMO

Neste artigo, analisa-se a relação que existe entre o preço do petróleo (medido em dólares por barril) e o preço da gasolina motor (medida em pesos colombianos por galão) para a Colômbia entre 2012 e 2016, a partir da estimativa de um modelo vetorial autorregressivo e da função impulso-resposta que caracteriza cada uma das variáveis. Comprova-se que, para a gasolina e para o petróleo na Colômbia, não há uma relação direta (teste de causalidade) devido ao efeito das variáveis exógenas.

Palavras-chave: causalidade, modelo de vetores autorregressivos, preço da gasolina, preço do petróleo, raiz unitária.

INTRODUCCIÓN

La extracción petrolera es una actividad altamente significativa para la economía colombiana, pues históricamente ha sido una de las principales fuentes de sostenimiento económico. El petróleo ha sido un importante medio de ingresos en todo el territorio colombiano, lo que ha generado una base proporcional de empleos directos e indirectos y, en consecuencia, dinamizado la economía a través de las inversiones provenientes del rubro de las regalías; sin embargo, en medio de la significativa renta que genera este recurso, existe un factor flexible frente a los precios internacionales del petróleo: las variaciones generan secuelas demostrativas sobre la estabilidad cambiaria y fiscal del país, ya que, como sector impulsor de la economía, representa valiosos recursos tributarios y de renta que aumentan el rendimiento de la administración nacional y el dinamismo económico nacional (Perilla, 2010).

La producción de petróleo no solo causa un impacto económico, sino que, de acuerdo con su trayectoria, ha tenido relevancia en ámbitos políticos, sociales o ambientales. Esto ocurre debido a la gran importancia que ha tenido para la humanidad la explotación de este recurso natural, ya que en la actualidad sirve como fuente primaria para la generación de electricidad, energía calorífica, combustible para medios de transporte, etc. Los derivados y productos del refinamiento del petróleo siguen siendo los recursos energéticos más importantes en el mercado global tras una gran demanda doméstica como medio de abastecimiento.

A lo largo de los años, el petróleo se ha comportado como uno de los recursos no renovables con mayor trascendencia energética, pues aporta el 40% de la energía total que se emplea en el contexto mundial (Obstfeld, Milesi y Arezki, 2016). De hecho, Alonso y Martínez (2017) afirman que el petróleo fue la principal fuente de energía desde el siglo pasado, a partir de la Segunda Guerra Mundial, con el aumento del uso del automóvil como principal medio de transporte. El petróleo crudo es el recurso natural más importante, en especial para países industrializados que transforman bienes. Según

Cerquera y Orjuela (2015), la creciente participación del petróleo, la minería y sus derivados, entre otros aspectos, conllevaron que la importancia relativa del café empezara a caer en el ámbito mundial, pues su participación en el producto interno bruto (PIB) mundial disminuyó de modo considerable durante los últimos treinta años.

De acuerdo con Martínez (2016), el precio del petróleo para 2015 cayó significativamente: pasó de 118 dólares el barril a 37 dólares. Debido a esta fluctuación, se originaron situaciones poco favorables en el sector empresarial y sobre el ingreso nacional, lo que condujo a la disminución de inversión pública en los diferentes departamentos. Las exportaciones de esta actividad económica representaron en 2014 el 52,8% del total de exportaciones en el ámbito nacional, atrayendo consigo un interés en la industria representado en una inversión extranjera en el sector de 30,1% (Ministerio de Hacienda y Crédito Público, 2015).

Por otro lado, es importante resaltar que la participación que tiene el país en la explotación de crudo en el ámbito mundial tan solo alcanza 1,2%, sin contar que sus reservas solo reflejan el 0,1% frente al contexto mundial (Martínez, 2016). Debido a la poca participación de Colombia frente a la producción en el mercado internacional, el país se convierte en un territorio receptor de precios sin intervención alguna. Además, el petróleo y las consideraciones que giran en torno suyo influyen gradualmente en los costos de la demanda de productos, pues cuando se dan alteraciones en el precio del petróleo, hay una variación en los costos con efectos significativos en la mayoría de los sectores económicos, afectándose así el precio de los bienes de consumo.

Según Mendoza y Campo (2017), la explotación y explotación de hidrocarburos es una de las actividades económicas que más inciden en la especialización productiva regional, en especial para un conjunto de regiones privilegiadas por la ventaja de disponer de riquezas naturales con las cuales han ganado representatividad en el sistema productivo nacional. De esta forma, el sector primario, como uno de los más importantes de la

economía colombiana, se mantiene impulsado por la explotación de minas y canteras.

A pesar de la significativa participación del sector petrolero en el PIB de Colombia, la extracción de crudo ha venido en retroceso de forma sucesiva año tras año: 5,1% en 2015, 4,3% en 2016 y 4,1% en 2017, de acuerdo con las Cuentas Nacionales del DANE; sin embargo, dentro de la rama de explotación de minas y canteras es de gran importancia: 67% en 2016 y 70% en 2017. Por otra parte, teniendo en cuenta la relación entre la producción de petróleo y los derivados como la gasolina, cabe mencionar que, según un *ranking* de la agencia Bloomberg, Colombia ocupó, durante el primer trimestre de 2016, el puesto doce en los precios de la gasolina entre un grupo de 61 naciones seleccionadas con un precio promedio de 2,44 dólares por galón, mientras que en ese mismo trimestre de 2015 el precio promedio de un galón de gasolina era de 3,09 dólares. Es importante recordar que el precio promedio del petróleo WTI para Colombia durante 2016 fue de 43,4 dólares/barril.

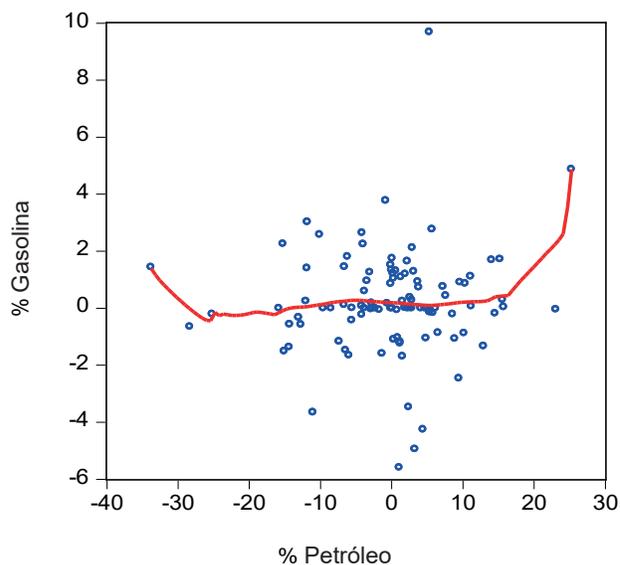
Al relacionar el precio del petróleo y de la gasolina mediante una percepción teórica, se podría determinar que existe una relación directa dado que esta última es un derivado inmediato de la fuente primaria y, en este sentido, hay similitud entre sus precios; no obstante, en Colombia esta relación no es tan evidente: a lo largo de algunos periodos se presenta una relación inversa, por cuanto los precios de la gasolina se han mantenido elevados e invariables aun en medio de las marcadas fluctuaciones de los precios del petróleo.

La gráfica 1 muestra la asociación entre la variación porcentual del precio del petróleo de referencia WTI y la del precio de la gasolina por galón para Colombia durante el periodo 2008-2016, con datos mensuales. De acuerdo con la línea de tendencia de kernel (línea roja), para la mayoría de los niveles de precios, la gasolina se muestra invariable ante cambios en el petróleo. En algunos casos, en especial para niveles bajos en el precio del crudo, se presenta una relación inversa entre este y la gasolina: a medida que disminuye el precio del primero, los precios de la gasolina tienden

a aumentar de manera considerable. Esta relación ha suscitado diversas discusiones; así, por ejemplo, en comparación con otros países, los precios de la gasolina no se conectan con las reducciones que viene presentando el precio del petróleo a raíz de la crisis petrolera existente.

Gráfica 1.

Relación entre el petróleo (%WTI) y la gasolina (%) para Colombia, 2012-2016 (datos mensuales)



Fuente: elaboración de los autores con base en datos del Ministerio de Minas y Energía de Colombia.

El desarrollo de este artículo se compone de cuatro secciones: en la primera se aborda el marco teórico, donde se discute cómo se determina para Colombia el precio de la gasolina; en la segunda se presenta la metodología; en el tercer apartado se condensan los resultados; en la última sesión se muestran las conclusiones pertinentes.

MARCO TEÓRICO

Hasta 1998 el Gobierno nacional ejercía el manejo del precio de la gasolina en Colombia sin que su comportamiento guardara una relación estricta con el precio internacional del petróleo, debido a los continuos subsidios que otorgaba el Estado para favorecer al consumidor frente a los cambios de los precios en el exterior. En este sentido, las políticas

proteccionistas llevaron a que en diferentes periodos los precios de la gasolina y el ACPM se mantuvieran por debajo del porcentaje de inflación anual. Sin embargo, para 1999, ante la liberación económica, los precios de los combustibles en el país comenzaron a tener una relación directa frente a los cambios de los precios del petróleo en el exterior, tanto así que los incrementos sucesivos de estos precios provocaron una variación del 12% anual para el periodo 2000-2010, sobrepasando el porcentaje de inflación del país, que se mantuvo en 5,8%. Debido a estas variaciones, el Gobierno nacional decidió implementar una nueva metodología a finales de 2011 para establecer el precio de la gasolina en el país, que ha tenido una relación directa con el comportamiento de los precios de paridad de exportación: se determinó que la variación del precio de la gasolina no debe tener una variación mayor o menor de tres puntos porcentuales por mes.

Determinación del precio de la gasolina en Colombia

El Ministerio de Minas y Energía de Colombia, por medio de la Resolución 4-1281 de 2016, establece la estructura para la fijación de precios de los combustibles líquidos que se distribuyen en el territorio nacional, con excepción de los municipios y departamentos que son zonas francas. La estructura está integrada por los siguientes componentes:

- Ingreso al productor de gasolina motor corriente (IP): corresponde al valor de \$4366,34 M/CTE por galón, establecido por la Resolución 4-0123 de 2015.
- Precio máximo de venta al distribuidor mayorista (PMM): es la sumatoria simple de los factores determinados a continuación:
 - Ingreso al productor de gasolina motor corriente (IP): \$4366,34 M/CTE.
 - Impuesto nacional: corresponde al valor de \$490 M/CTE por galón; se establece en los artículos 218, 219 y 220 de la Ley 1819 de 2016.
- IVA sobre el ingreso al productor de gasolina motor corriente: se establece en el artículo 183 de la Ley 1819 de 2016.
- Impuesto al carbono: corresponde al valor de \$135 M/CTE por galón (tarifa específica considerando el factor de emisión de dióxido de carbono, CO₂); se establece en los artículos 221 y 222 de la Ley 1819 de 2016.
- Tarifa de marcación: corresponde al valor de \$6,82 M/CTE por galón; se establece en la Resolución 9-1349 de 2014.
- Tarifa de transporte por poliductos: corresponde al valor establecido por la Resolución 4-1276 de 2016.
- Margen en plan de continuidad: corresponde al valor de \$71,51 M/CTE por galón; se establece en la Resolución 9-0155 de 2014.
- Precio máximo de venta en planta de abastecimiento mayorista (PMA): es la sumatoria simple de los factores determinados a continuación:
 - Precio máximo de venta al distribuidor mayorista (PMM): corresponde al valor definido en el punto anterior, correspondiente a la PMM.
 - Margen de distribución mayorista: corresponde al valor de \$358,63 M/CTE por galón; se establece en la Resolución 4-1278 de 2016.
 - IVA sobre el margen de distribución mayorista: se establece en el artículo 183 de la Ley 1819 de 2016.
 - Sobretasa a la gasolina: corresponde al valor de \$3663,18 M/CTE por galón; se establece en la Resolución 4-1279 de 2016.
- Precio de venta por galón al público (PVP): es la sumatoria simple de los factores determinados a continuación:
 - Precio máximo de venta en planta de abastecimiento mayorista (PMA): corresponde al valor definido en el punto anterior, correspondiente a la PMA.

- Margen de distribuidor minorista: se establece en la Resolución 4-0222 de 2015.
- Pérdida por evaporación: corresponde al 0,4% del precio de venta en planta de abasto mayorista; se establece en el artículo 2.2.1.1.2.2,3.109 del Decreto 1073 de 2015.
- Transporte de la planta de abastecimiento mayorista de la estación de servicio: corresponde al valor de \$57,17 M/CTE por galón; se establece en la Resolución 4-1280 de 2016.

Finalmente, se determina la diferencia entre el ingreso al productor (IP) y el precio de paridad de exportación (PPE) de forma diaria. El concepto económico de costo de oportunidad rige en el precio del productor, que se valora y al que se podría exportar. De esta manera, el PPE se calcula el último día de acuerdo con la ecuación planteada en la Resolución 18-1602 de 2011 del Ministerio de Minas y Energía:

$$PPE_t = ((0,7 * UNL87_t + 0,3 * NAFTA_t) - FL_t - CT_t) * TRM_t \quad [1]$$

Donde UNL87_t hace referencia a la cotización del índice UNL87 de la gasolina expresado en dólares por galón; NAFTA_t indica el precio de la gasolina corriente por galón en dólares, en el índice Nafta. En ambos casos, los índices son tomados de la publicación *Platt's* de Standard y Poor's en el día *t*.

FL_t corresponde al valor de los fletes de exportación, desde el puerto en Colombia hasta Estados Unidos, de la gasolina para el día *t*, expresado en dólares por galón. CT_t corresponde, en el caso en que aplique, al costo de fletes por poliducto o terrestres para transportar el galón de gasolina. Finalmente, otro de los factores que inciden en el precio de la gasolina motor corriente es la TRM_t, que hace referencia a la tasa representativa del mercado para el día *t* (ciertamente, en un proceso de devaluación se afecta el valor del precio de la gasolina motor corriente).

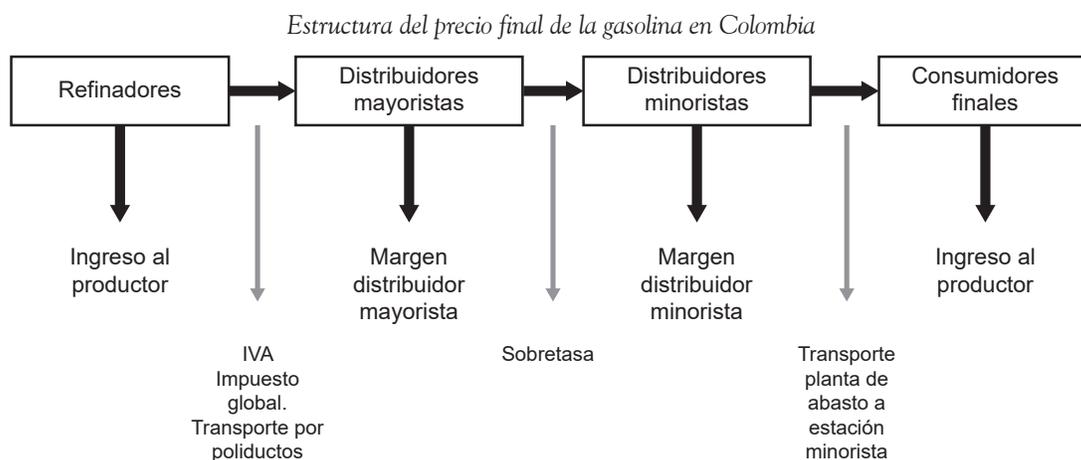
Ahora bien, el valor de los fletes de exportación se define en [2]:

$$FL_t = \left[\frac{WS_t}{f * 42} \right] * \left(\frac{STR_t}{100} \right) \quad [2]$$

Donde WS_t corresponde a la cotización del flete expresado en dólares; *f* es el factor de conversión de toneladas métricas a barriles; 42 es el factor de conversión de barril a galón; STR_t corresponde a la cotización diaria en el día *t*.

En el desarrollo de la venta de la gasolina motor corriente intervienen tres aspectos principalmente: los *refinadores*, que son los transformadores del crudo en gasolina; estos, a su vez, la venden a los *distribuidores mayoristas*, que de manera directa venden el producto a los *distribuidores minoristas*, y estos últimos tienen la función de abastecer el mercado con el producto final (figura 1).

Figura 1.



Fuente: elaboración de los autores con base en información del Ministerio de Hacienda y Crédito Público de Colombia.

De acuerdo con Caicedo y Tique (2012), la nueva fórmula para definir el precio de la gasolina en Colombia busca reducir la volatilidad (variaciones en el precio internacional), establecer criterios claros en el desarrollo de la metodología implementada y mejorar la transparencia en el establecimiento del precio final.

Revisión de antecedentes

De acuerdo con Caicedo (2015), el comportamiento del precio internacional del petróleo con respecto al de la gasolina en Colombia muestra que el de esta última se ubica por encima de los precios internacionales. El caso más claro se presenta en 2012, cuando el galón de petróleo se cotizaba aproximadamente en 2 USD\$, mientras que en Colombia se ubicaba por encima de los 4 USD\$ (gráfica 2).

Los costos de transporte terrestre para un contenedor en el resto de países latinoamericanos están por debajo de los precios establecidos en Colombia. En países como Perú, el pago medio corresponde a 280 USD\$, mientras que en Chile se sitúa en 450 USD\$ y en Brasil es de 990 USD\$; sin embargo, en Colombia el costo asciende a 1535 USD\$. Tanto en Estados Unidos como en Perú el precio del ACPM disminuyó en relación con el del petróleo. Adicionalmente, en la pasada reforma tributaria se implementó un parafiscal denominado

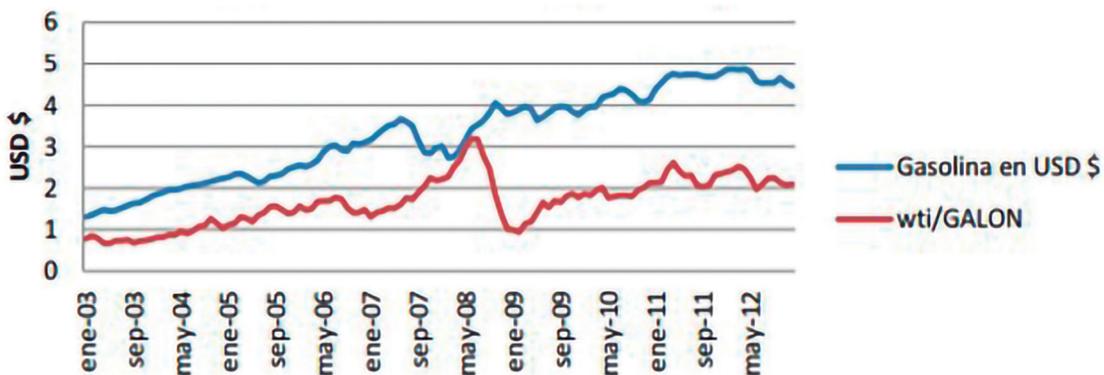
“diferencial de participación”, con el objetivo de solventar los saldos negativos del fondo de estabilización (Barguil, 2015).

Según Perilla (2010), a través de funciones impulso-respuesta, un incremento del precio del crudo en diez puntos porcentuales a nivel internacional genera un aumento del precio de la gasolina en 0,1 puntos porcentuales, aunque por un periodo de cuatro trimestres seguidos en relación con el choque inicial; se determina así un nivel de significancia del 99%. Cabe resaltar que cuando existen alteraciones en los precios que son de gran impacto, se produce inicialmente un incremento en los precios de la gasolina, aunque en una proporción inferior que luego se revierte; es decir, después de seis trimestres del choque inicial, el precio de la gasolina disminuye. Asimismo, el autor estableció que, ante un incremento en la variación, tiene lugar un aumento en el precio de la gasolina.

De acuerdo con Montoya, Martínez y Franco (2010), el precio de la gasolina en Colombia es muy alto en comparación con países como Estados Unidos y Venezuela. Incluso con las ventajas de autoadhesión del país, este valor se ve representado principalmente por los impuestos que afectan en gran medida al consumidor local. Adicionalmente, factores tales como la TMR, el petróleo de referencia WTI y las medidas formuladas por el Gobierno (principalmente el ingreso de los productores) son

Gráfica 2.

Precio mensual del galón de gasolina en Colombia vs. precio internacional del galón de petróleo



Fuente: Caicedo (2015).

determinantes en el precio final de la gasolina. El Gobierno obtuvo la confianza para seguir vendiendo gasolina como cuando el crudo estaba en 120 US\$/barril, por lo que actualmente en Colombia los precios de los combustibles equivalen a entre el 105% y el 115% de los precios internacionales. Estos aumentos han sido justificados por la creación del fondo de estabilización de precios, que permite mitigar la volatilidad de los precios.

MARCO METODOLÓGICO

Con el fin de determinar si existe relación entre la gasolina y el petróleo de referencia WTI para Colombia durante el periodo comprendido entre enero de 2012 y diciembre de 2016, se tomaron como variables el precio mensual del barril de petróleo de referencia WTI para Colombia (medido en dólares) y el precio promedio del galón de gasolina motor corriente de las principales ciudades (medido en pesos por galón). Los datos son de periodicidad mensual¹ y provienen del Ministerio de Minas y Energía a partir de los precios históricos de combustibles. Ambas variables se estimaron en tasas de crecimiento.

En este artículo se estima un modelo de vectores autorregresivos (VAR), que consiste en la generalización de un sistema de ecuaciones del análisis univariante con series de tiempo (modelos ARIMA), desarrollado a través del *software* estadístico y econométrico EViews 9². Los modelos VAR parten de un sistema de ecuaciones simultáneas que contiene tantas ecuaciones como variables para interpretar y estudiar; todas sus variables son endógenas. De esta manera, cada variable es representada por los retardos en sí misma y por los de las demás variables del modelo (Hidalgo, 2014).

La expresión general del modelo VAR para nuestro modelo viene dada por la siguiente

especificación: sea $\{(Petróleo = wti, Gasolina = gasl): t = 0, 1, 2, \dots, p\}$ un proceso bivariado de series de tiempo:

$$wti_t = \beta_{10} + \beta_{11} wti_{t-1} + \dots + \beta_{1p} wti_{t-p} + \alpha_{11} gasl_{t-1} + \dots + \alpha_{1p} gasl_{t-p} + \mu_{1t} \quad [3]$$

$$gasl_t = \beta_{20} + \beta_{21} gasl_{t-1} + \dots + \beta_{2p} gasl_{t-p} + \alpha_{21} wti_{t-1} + \dots + \alpha_{2p} wti_{t-p} + \mu_{2t} \quad [4]$$

Donde $\beta_{10} \dots \beta_{1p}; \alpha_{11} \dots \alpha_{1p}; \beta_{20} \dots \beta_{2p}; \alpha_{21} \dots \alpha_{2p}$ son matrices $M \times M$ de parámetros.

El primer paso para estimar un modelo VAR consiste en verificar si las variables objeto de estudio son estacionarias, es decir, si sus medias y varianzas son constantes en el tiempo. Se evalúa si la serie es estacionaria a partir de las pruebas de raíz unitaria, usando los métodos de Dickey-Fuller y Phillips y Perron, y utilizando el criterio de información de Schwarz. Para definir el orden del modelo VAR por estimarse o el número de rezagos por incluir, se tomaron como referencia los criterios de información de Akaike, Schwartz y Hannan-Quinn.

Luego, con el fin de validar el modelo, se estimó la prueba de Portmanteau para autocorrelaciones, la cual indica que los residuos se distribuyen de forma normal, es decir, son ruido blanco. También se realizó el gráfico y la tabla de raíz unitaria; estas pruebas permiten determinar la estabilidad y estructura del modelo. Después de haber examinado la estabilidad del modelo, se realizó la función impulso-respuesta (FIR), que muestra o proyecta la respuesta de cada una de las variables endógenas ante cambios o innovaciones en una de ellas o en todas las variables endógenas (Cavaliere, 2003). En este caso, se analiza cómo el precio del petróleo responde a choques tanto en sí misma como en el precio de la gasolina, y viceversa.

Finalmente, si bien es cierto que la verdadera causalidad entre variables no se puede determinar sino con un modelo estructural, la causalidad a través del tiempo se puede comprobar por medio de pruebas de causalidad, las cuales también pueden ayudar a establecer la endogeneidad de las

1 Promedio diario para el precio del petróleo y promedio del precio de la gasolina en las principales ciudades del país.

2 Provee métodos de análisis de datos, regresión y herramientas de predicción, incluyendo evaluación científica de los datos, análisis financiero, simulación de costos y representación gráfica de datos.

variables del VAR. En este caso se desarrolló la prueba de causalidad de Granger (1969, 1987) para determinar la relación entre variables estacionarias.

RESULTADOS

Teniendo en cuenta que para aplicar un modelo de vectores autorregresivos se requiere que la serie utilizada sea estacionaria, se realizó la prueba de raíz unitaria para comprobar si las variables utilizadas son estacionarias. Al efectuarse la prueba en niveles, se obtiene que ninguna de las variables es estacionaria y, por tanto, se concluye que la serie tiene raíz unitaria. De esta forma, se opta por transformar la serie a tasas de crecimiento, y al realizar la prueba de raíz unitaria se obtiene que las variables son estacionarias; se concluye entonces que la serie no presenta raíz unitaria y, por ende, se puede aplicar un modelo VAR (tabla 1). Del mismo modo, se realizó el test de Phillips-Perron, desde el cual se llegó a conclusiones similares (tabla 2).

Tabla 1.

Prueba de raíz unitaria de ADF, 2012-2016

Periodo	H0 = raíz unitaria	t-Statistic	P-value	Núm. de Lags
Gasolina mes	Rechaza	-6,901733	0,00	1
Petróleo mes	Rechaza	-5,023959	0,00	1

Fuente: elaboración de los autores.

Tabla 2.

Prueba de raíz unitaria de Phillips-Perrón, 2012-2016

Periodo	H0 = raíz unitaria	Adj. t-Stat	P-value	Ancho de banda
Gasolina mes	Rechaza	-6,888385	0,00	4
Petróleo mes	Rechaza	-4,877719	0,00	8

Fuente: elaboración de los autores.

Una vez comprobada la estacionariedad de las series estudiadas, se determinó el número de orden o de rezagos del modelo VAR. De acuerdo con los criterios de información de Akaike, el rezago óptimo es uno, pues en él los criterios de información alcanzan el valor mínimo en el rango de rezagos considerados; por lo tanto, se procedió

a estimar un modelo VAR (1), como se observa en las tablas 3 y 4.

Los resultados obtenidos mediante la estimación del modelo VAR (1,1) se muestran en la tabla 3. De acuerdo con las especificaciones de los modelos VAR, en los resultados se observando modelos de ecuaciones simultáneas, por ser dos las variables que incorpora el modelo. El modelo de interés es el primero, que tiene como variable dependiente el precio de la gasolina en función del precio del petróleo. Debido a que el modelo incorpora variables explicativas retardadas, el método de mínimos cuadrados ordinarios permite estimar parámetros consistentes y eficientes (Flores, 2007).

Tabla 3.

Modelo VAR (1.1) estimado

LPGASOLINA(-1)	0,043542	0,369196
	(0,14060)	(0,73791)
	[0,30970]	[0,50033]
LPPETROLEO(-1)	-0,004698	0,375610
	(0,02382)	(0,12504)
	[-0,19721]	[3,00396]
C	-0,001807	-0,004583
	(0,00214)	(0,01125)
	[-0,84305]	[-0,40753]
R-cuadrado	0,002356	0,157574
R-cuadrado ajustado	-0,036015	0,125173
F-estadístico	0,061390	4,863254

Estimación del modelo de vectores autorregresivos, 2012M02-2016M08; error estándar en () y t-estadístico en []. Fuente: elaboración de los autores.

Los modelos VAR, a diferencia de otros, están dominados por la endogeneidad de las variables analizadas; por tanto, no se acostumbra analizar la significancia estadística y empírica de los coeficientes de regresión estimados. En este tipo de modelos es importante verificar los supuestos del método de mínimos cuadrados ordinarios, como se muestra a continuación.

Para verificar si los residuos están distribuidos normalmente, se implementó la prueba de normalidad de Cholesky, que plantea como hipótesis nula que los residuos se distribuyen normalmente. Los resultados permiten no rechazar la hipótesis nula y, por consiguiente, se concluye que los residuos se distribuyen de manera normal (tabla 5).

Tabla 4.

Evaluación modelo VAR						
Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	194,8188	N. A.*	1,78e-06	-7,561523	-7,485766*	-7,532574*
1	199,7474	9,277339	1,72e-06*	-7,597939*	-7,370665	-7,511091
2	202,4375	4,852614	1,81e-06	-7,546567	-7,167778	-7,401821
3	205,0532	4,513478	1,92e-06	-7,492284	-6,961979	-7,289638
4	206,5029	2,387647	2,13e-06	-7,39227	-6,710449	-7,131726
5	210,0219	5,520035	2,18e-06	-7,373408	-6,540071	-7,054965
Total de observaciones: 51						

Variables endógenas: LPGASOLINA LPPETRÓLEO.

Fuente: elaboración de los autores.

Tabla 5.

Prueba de normalidad de Cholesky			
Componente	Asimetría	Chi2	Probabilidad
1	-0,593496	3,228839	0,0724
2	-0,103395	0,097997	0,7542
Conjunto	--	3,326836	0,1895
Componente	Curtosis	Chi-sq	Prob.
1	4,363734	4,261973	0,0390
2	3,490727	0,551864	0,4576
Conjunto	--	4,813836	0,0901
Componente	Jarque-Bera	Probabilidad	
1	7,490812	0,0236	
2	0,649860	0,7226	
Conjunto	8,140672	0,0866	

Fuente: elaboración de los autores.

Para detectar la autocorrelación, se estimó la prueba de autocorrelación de Portmanteau, que plantea en la hipótesis nula la no existencia de autocorrelación. De acuerdo con los resultados se obtiene que el modelo estimado cuenta con

residuos ruido blanco, es decir, se distribuyen de forma normal; por lo tanto, se considera que el modelo es estable (tabla 6).

Tabla 6.

Prueba de autocorrelación de los residuos de Portmanteau					
Lags	Q-Stat	Prob.	Adj Q-Stat	Prob.	gl
1	1,601234	N. A.	1,630887	N. A.	N. A.
2	2,836080	0,5856	2,912330	0,5726	4

Nota: gl es grados de libertad para distribución de chi-cuadrado (aproximada).

Fuente: elaboración de los autores.

Para determinar la presencia de heterocedasticidad, se estimó la prueba de heterocedasticidad de residuos sin términos cruzados, que define como la hipótesis nula que la varianza de errores es homocedasticidad. Con la estimación se comprueba homocedasticidad sin términos cruzados para el total de las observaciones (tabla 7).

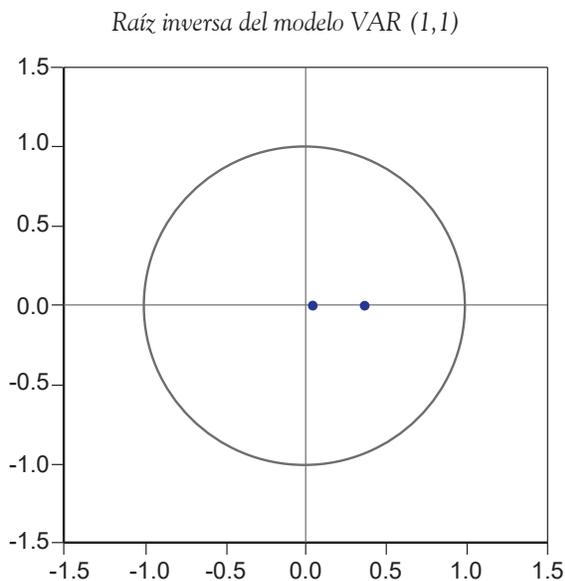
Tabla 7.

Prueba de heterocedasticidad de residuos sin término cruzado					
Prueba conjunta					
Chi2	gl	Proba.			
7,858447	12	0,7961			
Componentes individuales					
Dependiente	R2	F(4,50)	Proba.	Chi2 (4)	Proba.
res1*res1	0,017405	0,221413	0,9252	0,957263	0,9162
res2*res2	0,085758	1,172530	0,3342	4,716694	0,3176
res2*res1	0,047094	0,617769	0,6519	2,590173	0,6286

Fuente: elaboración de los autores.

Asimismo, en clave de valorar la estabilidad del modelo, se analizó la raíz inversa del polinomio autorregresivo del modelo VAR estimado; se encontró que este presenta condiciones de estabilidad, pues ninguna de sus raíces se sale del rango unitario; por lo tanto, es estacionaria, es decir, no presenta raíz unitaria (gráfica 3).

Gráfica 3.



Fuente: elaboración de los autores.

CAUSALIDAD

Después de determinar la estabilidad del modelo a través del cumplimiento de los supuestos anteriores, se procede a probar la existencia de causalidad. Cuando se habla de *causalidad*, se intenta determinar si la variación de una variable provoca cambios en otra. El test de causalidad de Granger analiza la relación de causalidad de forma que la variación de Y (variable dependiente) es causada por X (variable independiente), si X contribuye a la estimación de Y; o, de forma equivalente, si los coeficientes de la variable X son estadísticamente significativos.

Se realizó la prueba de Granger para el modelo referenciado; los resultados muestran que no existe suficiente evidencia empírica para rechazar la hipótesis nula, es decir, ninguna de las relaciones (unidireccional o bidireccional) entre la gasolina

y el petróleo es estadísticamente significativa. Se concluye, entonces, que no hay causalidad entre la gasolina y el petróleo, o sea, ninguna variable causa el comportamiento de la otra (tabla 8).

Tabla 8.

Test de Granger-causalidad

Variable dependiente: LPGASOLINA			
Excluida	Chi2	gl	Proba.
LPPETROLEO	0,038892	1	0,8437
Todas	0,038892	1	0,8437
Variable dependiente: LPPETROLEO			
Excluida	Chi2	gl	Proba.
LPGASOLINA	0,250329	1	0,6168
Todas	0,250329	1	0,6168

Fuente: elaboración de los autores.

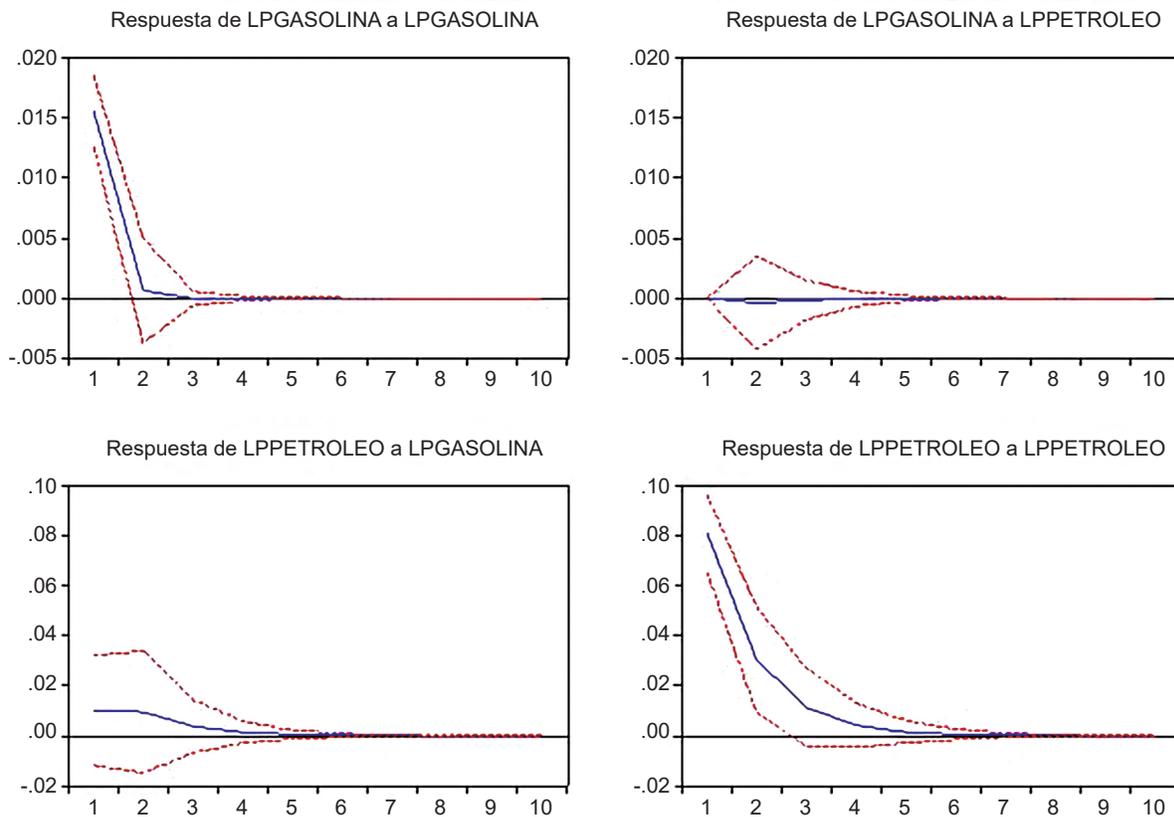
Teniendo en cuenta que en Colombia, a partir de octubre de 2011, se implementó una nueva metodología para fijar el precio de la gasolina, que asigna ciertos porcentajes específicos a variables como ingreso al productor (50%), impuestos (26%) o márgenes de distribución (10%), se concluyó que no existe suficiente evidencia empírica para determinar que un incremento o disminución del precio del petróleo afecte de forma directa o indirecta el precio de la gasolina, debido fundamentalmente a que en la manera como se determina el precio de la gasolina tienen mayor importancia otras variables.

FUNCIÓN IMPULSO-RESPUESTA

Cuando las variables se someten a cambios en otras variables, es decir, incrementos o disminuciones sorpresivas por medio de la función impulso-respuesta, se delimita la respuesta de las variables endógenas futuras y contemporáneas a un cambio en una de ellas, al suponer que esos cambios se disipan en los periodos subsiguientes y, además, al establecer que todos los demás cambios permanecen iguales (Cavaliere, 2003). El choque que genera la variación del precio del petróleo sobre el de la gasolina es negativo y provoca desequilibrios durante tres periodos consecutivos, retornando a un equilibrio durante el tercer periodo. Igualmente, la variación del precio de la gasolina en Colombia

Gráfica 4.

Función impulso-respuesta



Fuente: elaboración de los autores

ocasiona un desequilibrio, durante casi cinco periodos, en el precio del petróleo, que al final retorna a un equilibrio estable (gráfica 4).

CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados del modelo, se puede concluir que no es posible establecer relación alguna entre los precios de la gasolina motor corriente y del petróleo de referencia WTI en Colombia, debido a que no hay causalidad alguna que determine una influencia de un factor sobre otro, lo que en cierta medida es ocasionado por las proporciones invariables que se estipularon mediante la nueva metodología diseñada por el Gobierno nacional para fijar los precios de la gasolina. De esta manera, a partir de 2011 se han estipulado precios ascendentes y

sostenidos, mientras que los precios internacionales del petróleo sufrieron variadas fluctuaciones.

Mediante la función impulso-respuesta se determinó que las variaciones en el precio del petróleo ocasionan desequilibrios en el precio de la gasolina durante tres periodos consecutivos, retornando a la estabilidad durante el tercer periodo; sin embargo, se evidencian precios promedio estándar en la gasolina. Una de las causas principales por las que no se observa la disminución generalizada en los precios de la gasolina es directamente por el fondo de estabilización (otro tributo) frente al ajuste de los precios de la gasolina: el menor precio que correspondiera ser traspasado al consumidor no es transferido, sino que este excedente monetario es guardado por el Gobierno en un fondo parafiscal. De igual manera, la gasolina es una mezcla de

varios hidrocarburos y por ello en su precio incide el del etanol: hay 10% de esta por cada galón de gasolina; asimismo, su precio se está pagando por encima del nivel de cotización internacional, lo cual influye en la no convergencia del precio de la gasolina con el del petróleo tras su decadencia.

De acuerdo con Caicedo (2015), al considerar los registros de 161 países y sus compañías de petróleo, Colombia es uno de los países donde menos ha disminuido el precio de este combustible. En Colombia el precio de la gasolina solo ha caído 2,9%, por debajo de un país como Uruguay, donde se paga la gasolina más cara de América, mientras que en países como Perú, Chile y Argentina el precio por galón de gasolina ha disminuido 27,9%, 22,4% y 8,8%, respectivamente. Producir un galón de gasolina le cuesta a Ecopetrol aproximadamente 90 centavos de dólar; sin embargo, el costo transmitido

al público es de 2,40 dólares. A ello se debe sumar el excesivo costo del etanol, que, como se mencionó, se paga a precios superiores a los internacionales. Se encuentran también el IVA, el impuesto global, la sobretasa, un margen de utilidad de las compañías tanto mayoristas y minoristas, transporte y un impuesto adicional para que Ecopetrol siga desarrollando su negocio de explotación.

De acuerdo con lo expuesto, Colombia debe replantear los esquemas propuestos especialmente en el precio de la gasolina, pues existe suficiente evidencia nacional e internacional que demuestra la poca relación entre el precio de la gasolina y del petróleo en el país, lo cual perjudica exclusivamente al consumidor sin establecer un reflejo de la inversión a costa del recaudo elevado de impuestos por la compra de gasolina.

REFERENCIAS

1. Alonso, J. y Martínez, D. (2017). Impacto del precio del petróleo sobre el PIB de los países de la Alianza del Pacífico. *Revista Finanzas y Política Económica*, 9(2), 249-264.
2. Barguil, D. (2015, 16 de febrero). La fórmula detrás de los altos precios de la gasolina. *Revista Dinero*. Recuperado de <https://www.dinero.com/opinion/columnistas/articulo/como-calcula-precio-gasolina-colombia/205830>
3. Bloomberg (2018). Los precios de la gasolina en todo el mundo: el costo real de llenar. Recuperado de <https://www.bloomberg.com/graphics/gas-prices/#20161:Colombia:USD:g>
4. Caballero, F.F. (2011). *Selección de modelos mediante criterios de información en análisis factorial. Aspectos teóricos y computacionales* (tesis doctoral). Granada: Universidad de Granada. Recuperado de <https://hera.ugr.es/tesisugr/19964808.pdf>
5. Caicedo, E. y Tique, E. (2012). *La nueva fórmula de la gasolina y su potencial impacto inflacionario en Colombia*. Bogotá: Banco de la República.
6. Caicedo, J. (2015). *Determinantes de los precios de la gasolina en Colombia e impacto de la volatilidad de los precios internacionales del petróleo sobre los mismos*. Recuperado de <https://documentodegrado.uniandes.edu.co/documentos/7536.pdf>
7. Cavaliere, G. (2003). *Vector autoregression models (reporte técnico)*. Gerzensee: Study Centre Gerzensee CBC Course.
8. Cerquera, O. y Orjuela, C. (2015). El acompañamiento institucional en el desarrollo del sector cafetero colombiano. *Revista Finanzas y Política Económica*, 7(1), 169-191.
9. Congreso de la República de Colombia (2016, 29 de diciembre). Ley 1819 de 2016, por medio de la cual se adopta una Reforma Tributaria estructural, se fortalecen los mecanismos para la lucha contra la evasión y la elusión fiscal, y se dictan otras disposiciones. *Diario Oficial 1818*.
10. Flores, A. (2007). Los precios del petróleo y las variables macroeconómicas. Recuperado de <http://www.eumed.net/libros-gratis/2007b/279/index.htm>

11. Hidalgo, M. (2014). Vectores autorregresivos. Recuperado de https://www.upo.es/econ/hidalgo/wp-content/uploads/2014/09/tema_var.pdf
12. Mahía, R. (1999). *Revisión de los procedimientos de análisis de la estacionariedad de las series temporales*. Madrid: Universidad Autónoma de Madrid.
13. Martínez, A. (2016). *Impacto de un nuevo panorama de los precios del petróleo en las diferentes regiones de Colombia*. Bogotá: PNUD.
14. Mendoza, H. A., y Campo, J. (2017). Localización y especialización productiva regional en Colombia. *Revista Finanzas y Política Económica*, 9(1), 113-134.
15. Ministerio de Hacienda y Crédito Público (2015). *Marco fiscal de mediano plazo*. Recuperado de http://www.minhacienda.gov.co/HomeMinhacienda/ShowProperty?nodeId=%2FOCS%2FMIG_44724604.PDF%2F%2FidcPrimaryFile&revision=latestreleased
16. Ministerio de Minas y Energía de Colombia (2011, 30 de septiembre). Resolución 18-1602 de 2011, por la cual se establece el procedimiento para el cálculo del ingreso al productor de la gasolina motor corriente. Recuperado de <https://www.minminas.gov.co/documents/10180//23517//26118-7880.pdf>
17. Ministerio de Minas y Energía de Colombia (2014a, 31 de enero). Resolución 9-0155 de 2014, por la cual se determina el margen de continuidad para la gasolina motor, gasolina motor oxigenada, ACPM y ACPM mezclado con biocombustible para uso en motores diésel. Recuperado de <https://www.minminas.gov.co/documents/10180//23517//22646-11164.pdf>
18. Ministerio de Minas y Energía de Colombia (2014b, 28 de noviembre). Resolución 9-1349 de 2014, por la cual se dictan disposiciones en relación con la tarifa de marcación para la gasolina motor corriente, la gasolina motor corriente oxigenada, el ACPM y el ACPM mezclado con biocombustible para uso en motores diésel. Recuperado de <https://diario-oficial.vlex.com.co/vid/resolucion-numero-9-1349-547980778>
19. Ministerio de Minas y Energía de Colombia (2015a, 22 de febrero). Resolución 4-0222 de 2015, por la cual se dictan disposiciones en relación con el margen de distribución minorista para la gasolina motor corriente, la gasolina motor corriente oxigenada, el ACPM y el ACPM mezclado con biocombustible para uso en motor diésel. Recuperado de <https://www.minminas.gov.co/documents/10180//23517//36272-Resolucion-40222-22Feb2015.pdf>
20. Ministerio de Minas y Energía de Colombia (2015b, 30 de enero). Resolución 4-0123 de 2015, por la cual se establece el ingreso al productor de la gasolina motor corriente y del ACPM que regirán durante el mes de febrero de 2015. Recuperado de <https://www.minminas.gov.co/documents/10180//23517//36255-Resolucion-40123-30En2015.pdf>
21. Ministerio de Minas y Energía de Colombia (2015c, 26 de mayo). Decreto 1073 de 2015, por el cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Administrativo de Minas y Energía. Recuperado de <https://www.minminas.gov.co/documents/10180//23517//36452-Decreto-1073-26May2015.pdf>
22. Ministerio de Minas y Energía de Colombia (2016a, 30 de diciembre). Resolución 4-1278 de 2016, por la cual se dictan disposiciones en relación con el margen de distribución mayorista para la gasolina motor corriente y el ACPM. Recuperado de <https://www.minminas.gov.co/documents/10180//23517//37329-Resolucion-41278-30Dic2016.pdf>
23. Ministerio de Minas y Energía de Colombia (2016b, 30 de diciembre). Resolución 4-1279 de 2016, por la cual se certifican los valores de referencia de la gasolina motor corriente, extra y del ACPM, para el cálculo de la sobretasa y otras disposiciones, a partir del 1 de enero de 2017. Recuperado de <https://www.minminas.gov.co/documents/10180//23517//37330-Resolucion-41279-30Dic2016.pdf>

24. Ministerio de Minas y Energía de Colombia (2016c, 30 de diciembre). Resolución 4-1280 de 2016, por la cual se dictan disposiciones en relación con el cálculo de la tarifa de transporte de combustible líquidos derivados del petróleo entre planta mayorista hasta las estaciones de servicio. Recuperado de <https://www.minminas.gov.co/documents/10180//23517//37331-Resolucion-41280-30Dic2016.pdf>
25. Ministerio de Minas y Energía de Colombia (2016d, 30 de diciembre). Resolución 4-1281 de 2016, por la cual se adopta la estructura para la fijación de precios de la gasolina corriente motor, gasolina motor corriente oxigenada, ACPM y ACMP mezclado con biocombustible para uso en motores diésel, que regirá a partir del 1 de enero de 2017. Recuperado de <https://www.minminas.gov.co/documents/10180//23517//37332-Resolucion-41281-30Dic2016.pdf>
26. Ministerio de Minas y Energía de Colombia (2016e, 30 de diciembre). Resolución 4-1276 de 2016, por la cual se modificación la Resolución 18 0088 de 2003, en relación con la fecha de actualización de las tarifas máximas en pesos por kilómetros/galón para el sistema de poliductos y se fijan otras disposiciones. Recuperado de <https://www.minminas.gov.co/documents/10180//23517//37327-Resolucion-41276-30Dic2016.pdf>
27. Montoya, M., Martínez, A., y Franco, G. (2010). Analysis of the gasoline Price in Colombia: Aproximation. *Revista DYNA*, 13(163), 279-289.
28. Obstfeld, M., Milesi-Ferrati, G. y Arezki, R. (2016, 24 de marzo). Los precios del petróleo y la economía mundial: una relación complicada. Recuperado de <https://blog-dialogoafondo.imf.org/?p=6358>
29. Perilla, J. (2010). El impacto de los precios del petróleo sobre el crecimiento económico en Colombia. *Revista de Economía del Rosario*, 13(1), 75-116.