

# **ANÁLISIS DE FACTORES EXTERNOS QUE INFLUYEN EN EL DESEMPEÑO BURSÁTIL DE ECOPETROL**

**Autor:** Samuel Cardona Ochoa  
Estudiante Pregrado de Economía

**Asesor:** Juan Camilo Galvis Ciro  
Profesor Facultad de Economía

**Trabajo final de la asignatura Macroeconomía avanzada**

**Universidad Pontificia Bolivariana**  
**Escuela de Economía, Administración y Negocios.**  
**Facultad de Economía**  
**Medellín**  
**2023**

## 1. Introducción

El presente trabajo tiene como objetivo principal modelar y analizar la importancia de factores externos (aquellos que no son controlados por la empresa internamente) en el comportamiento del precio de las acciones de Ecopetrol en la Bolsa de Valores de Colombia (BVC). Ecopetrol, como una de las empresas más relevantes y líderes en el mercado colombiano, formaba parte del índice COLCAP, el cual era reconocido como el indicador más representativo del desempeño del mercado de valores del país. Además, Ecopetrol como la compañía estatal más importante de Colombia, juega un papel crucial para la economía del país, y su desempeño en el mercado bursátil es de gran interés para inversionistas, agencias extranjeras, analistas financieros y tomadores de decisiones.

Para llevar a cabo este análisis, se utilizará un modelo de regresión lineal múltiple que permitirá explicar y cuantificar la influencia de variables e índices internacionales en el rendimiento bursátil de Ecopetrol. Estas variables e índices operan a nivel internacional y se ha observado que afectan de manera variable al desempeño de las acciones de la empresa estatal, además de medir el riesgo internacional, y que pueden incluir factores macroeconómicos, eventos políticos, tendencias globales en el sector energético, precios internacionales del petróleo, entre otros. Se seleccionarán cuidadosamente las variables relevantes y se evaluará su influencia en el rendimiento de las acciones de Ecopetrol a lo largo del periodo comprendido entre febrero de 2008 y febrero de 2023. Además, se analizará la magnitud y significancia de los coeficientes estimados para determinar la relevancia relativa de cada variable en el modelo. Estos análisis permitirán evaluar la fortaleza de los factores externos en el rendimiento bursátil de Ecopetrol y ayudarán a comprender mejor los impulsores fundamentales de su valoración en el mercado.

A través de este enfoque, se busca determinar el grado de importancia relativa de las diferentes variables en el comportamiento de las acciones de Ecopetrol durante el periodo anteriormente mencionado. Al finalizar el estudio, se podrá realizar un análisis exhaustivo de cómo estas variables han sido determinantes en la evolución de los precios de las acciones de Ecopetrol a lo largo de dicho periodo. Este análisis no solo permitirá comprender mejor los factores que influyen en el mercado de acciones de Ecopetrol, sino que también proporcionará información valiosa para los inversionistas, analistas financieros y tomadores de decisiones que estén interesados en este sector específico. Además, el estudio contribuirá a la investigación académica relacionada con la valoración de activos financieros y el comportamiento de los mercados de valores. La investigación aporta también al conocimiento académico en el campo de las finanzas y la valoración de activos, al proporcionar insights sobre la relación entre factores externos y el comportamiento de las acciones en un contexto específico.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Insights: percepciones profundas que surgen a partir del análisis y la comprensión de datos o situaciones.

## 2. Reseña histórica e importancia de Ecopetrol para Colombia

Ecopetrol ha sido históricamente una de las empresas más importantes de Colombia, con su actividad económica de la exploración, producción, refinación, transporte y comercialización de petróleo y gas natural. A través de sus operaciones, Ecopetrol extrae petróleo crudo y gas de yacimientos en diferentes regiones del país. Posteriormente, la empresa realiza actividades de refinación para procesar el petróleo crudo y obtener productos derivados, como gasolina, diésel y otros combustibles. Además, Ecopetrol tiene una división de transporte encargada de la construcción y operación de oleoductos y gasoductos que facilitan el movimiento de petróleo y gas a lo largo del territorio colombiano. Este es el tercer eslabón en la cadena de valor de Ecopetrol, el negocio de transporte. Se realiza a través de los sistemas de oleoductos, poliductos y transporte multimodal (flota fluvial y carro tanques), que llevan los crudos desde los campos de producción hasta las refinerías o los puertos de exportación. Desde 2013, el negocio de transporte del Grupo Ecopetrol es liderado por Cenit, filial que es 100% de Ecopetrol S.A.<sup>2</sup>

La empresa también está involucrada en actividades de comercialización y exportación de petróleo y sus derivados, aprovechando los mercados nacionales e internacionales. Cabe destacar que Ecopetrol también ha incursionado en el sector de energías renovables, desarrollando proyectos de generación de energía eólica y solar en Colombia.

La evolución histórica de la empresa dentro del país también ha sido algo a destacar. La reversión al Estado Colombiano de la Concesión De Mares, el 25 de agosto de 1951, dio origen a la Empresa Colombiana de Petróleos. La naciente empresa asumió los activos revertidos de la Tropical Oil Company (multinacional que dejó capacidades en los trabajadores y técnicos colombianos que luego iniciaron Ecopetrol), y que en el año de 1921 inauguró la actividad petrolera en Colombia con la puesta en producción del Campo La Cira-Infantas en el Valle Medio del Río Magdalena, localizado a unos 300 kilómetros al nororiente de Bogotá. En los años de 1970 adoptó su primer estatuto orgánico que ratificó su naturaleza de empresa industrial y comercial del Estado, vinculada al Ministerio de Minas y Energía, cuya vigilancia fiscal es ejercida por la Contraloría General de la República.

En el siglo XXI, el gobierno colombiano reestructuró la Empresa Colombiana de Petróleos, con el objetivo de internacionalizarla y hacerla más competitiva en el marco de la industria mundial de hidrocarburos. Con la expedición del Decreto 1760 del 26 de junio de 2003 modificó la estructura orgánica de la Empresa Colombiana de Petróleos y la convirtió en Ecopetrol S.A., una sociedad pública por acciones, ciento por ciento estatal (aunque posteriormente vendería parte de las acciones), vinculada al Ministerio de Minas y Energía y regida por sus estatutos protocolizados en la Escritura Pública número 4832 del 31 de octubre de 2005, otorgada en la Notaría Segunda del Circuito Notarial de Bogotá D.C., y aclarada por la Escritura Pública número 5773 del 23 de diciembre de 2005.

Con la transformación de la Empresa Colombiana de Petróleos en la nueva Ecopetrol S.A., la Compañía se liberó de las funciones de Estado como administrador del recurso petrolero y para

---

<sup>2</sup> Ecopetrol, Transporte. Recuperado de <https://www.ecopetrol.com.co/wps/portal/Home/es/NuestraEmpresa/QueHacemos/Transporte>

realizar esta función fue creada La ANH (Agencia Nacional de Hidrocarburos). Se puede afirmar entonces que a partir del año 2003, Ecopetrol S.A. inició una era en la que, con mayor autonomía, ha acelerado sus actividades de exploración, su capacidad de obtener resultados con visión empresarial y comercial y el interés por mejorar su competitividad en el mercado petrolero mundial. Actualmente, Ecopetrol S.A. es la empresa más grande del país y la principal compañía petrolera en Colombia. Por su tamaño, pertenece al grupo de las 40 petroleras más grandes del mundo y es una de las cuatro principales de Latinoamérica.<sup>3</sup>

La relevancia de Ecopetrol implícita en este trabajo radica en su significativa contribución económica a Colombia. Como principal empresa estatal, genera ingresos sustanciales que fortalecen la economía nacional. Los impuestos y regalías generados por Ecopetrol son una fuente importante de financiación para el gobierno colombiano, permitiéndole financiar proyectos de desarrollo y mejorar la calidad de vida de los ciudadanos. Además, la empresa desempeña un papel fundamental en el desarrollo energético del país. Al ser responsable de gran parte de la producción de petróleo y gas en Colombia, Ecopetrol contribuye al abastecimiento energético interno, reduciendo así la dependencia de importaciones de combustibles y garantizando la seguridad energética del país.

De hecho, las más recientes estimaciones de Corficolombiana señalan que durante el año 2023 Ecopetrol le entregará \$52,5 billones a la Nación, donde principalmente estos recursos se darán por dividendos e impuestos que sumarían \$41,5 billones, y también se estima que para este año 2023, la empresa representaría el 3,4% del PIB del país.<sup>4</sup>

En la siguiente tabla se presenta como está distribuida la composición accionaria de la empresa luego de la primera venta de acciones de la compañía en el año 2007.

**Tabla 1 - Composición accionaria de Ecopetrol**

<b>Inversionistas</b>	<b>Número de acciones</b>	<b>Porcentaje de acciones</b>
ENTIDADES ESTATALES	36.384.788.417,00	88,490%
JPMORGAN CHASE BANK NA FBO HOLDERS OF DR ECOPETROL	567.809.380,00	1,380%
FONDO DE PENSIONES OBLIGATORIAS PORVENIR MODERADO	400.225.879,00	0,970%
FONDO BURSATIL ISHARES COLCAP	346.038.530,00	0,840%
FDO DE PENSIONES OBLIGATORIAS PROTECCION MODERADO	325.248.935,00	0,790%
FONDO PENSIONES OBLIGATOR. PORVENIR MAYOR RIESGO	252.478.102,00	0,610%
FONDO DE PENSIONES OBLIGATORIAS PROTECCION MAYOR R	193.974.696,00	0,470%
FONDO DE PENSIONES OBLIGATORIAS COLFONDOS MODERADO	144.464.257,00	0,350%
FDO PENS OBLIGATORIAS COLFONDOS MAYOR RIESGO	79.299.280,00	0,190%
NORGES BANK	72.845.962,00	0,180%
FONDO BURSATIL HORIZONS COLOMBIA SELECT DE S&P	72.544.154,00	0,180%

<sup>3</sup> Ecopetrol, Nuestra historia. Recuperado de <https://www.ecopetrol.com.co/wps/portal/Home/es/NuestraEmpresa/QuienesSomos/NuestraHistoria/nuestrahistoria>

<sup>4</sup> Portafolio, Ecopetrol le dejaría más de \$52 billones a la Nación en 2023. Recuperado de <https://www.portafolio.co/negocios/empresas/ecopetrol-este-seria-su-aporte-economico-para-la-nacion-en-2023-577334>

SKANDIA FONDO DE PENSIONES OBLIGATORIAS-MODERADO	64.627.189,00	0,160%
VANGUARD TOTAL INTERNATIONAL STOCK INDEX FUND	62.904.048,00	0,150%
FONDO DE PENSIONES OBLIGATORIAS PROTECCION RETIRO	60.040.684,00	0,150%
VANGUARD EMERGING MARKETS STOCK INDEX FUND	42.707.437,00	0,100%
ISHARES CORE MSCI EMERGING MARKETS ETF	41.575.725,00	0,100%
SKANDIA FONDO DE PENSIONES OBLIGATORIAS-MAYOR RIES	35.635.105,00	0,090%
FONDO ESPECIAL PORVENIR DE RETIRO PROGRAMADO	31.671.874,00	0,080%
FONDO DE CESANTIAS PORVENIR	31.046.856,00	0,080%
FONDO DE CESANTIAS PROTECCION- LARGO PLAZO	30.354.217,00	0,070%
FONDO INVERSION COLECT CERRADO ASHMORE A C + LATAM	27.498.083,00	0,070%
THE MONETARY AUTHORITY OF SINGAPORE	25.771.167,00	0,060%
FONDO DE PENS OBLIGATORIAS COLFONDOS RETIRO PROGRAMA	24.230.083,00	0,060%
VOL-ECOPET FONDO DE PENSIONES PROTECCION	23.908.156,00	0,060%
SK.F.P.V.ACC.ECOPETROL	22.375.959,00	0,050%
OTROS ACCIONISTAS CON MENOR PARTICIPACIÓN	1.752.630.515,00	4,260%
TOTAL ACCIONISTAS MINORITARIOS	4.731.899.630,80	11,510%
TOTAL ACCIONES ADJUDICADAS	41.116.688.048,00	100,000%
ACCIONES NO ADJUDICADAS	6.642,00	0,000%
TOTAL ACCIONES SUSCRITAS	41.116.694.690,00	100,000%

Fuente: Ecopetrol, Composición accionaria. Recuperado de

<https://www.ecopetrol.com.co/wps/portal/Home/es/Inversionistas/informacion/Composicionaccionaria>

De acuerdo a la composición accionaria, es posible afirmar entonces que Ecopetrol continúa siendo una empresa pública ya que las entidades estatales colombianas poseen más del 88% de la empresa. Por ende, el desempeño económico de Ecopetrol, el pago de impuestos que hace y su traspaso de utilidades al gobierno nacional constituye un pilar contributivo fundamental al marco fiscal de Colombia.

### 3. Marco teórico

El comportamiento de los precios accionarios es un área de estudio fundamental en finanzas que busca entender las fluctuaciones y determinantes de los movimientos de los precios en los mercados de valores. Diversas teorías y enfoques, como la teoría de eficiencia de los mercados, la teoría de cartera y el análisis técnico, han sido desarrollados para explicar y predecir el comportamiento de los precios accionarios. Sin embargo, los precios de las acciones por lo general son influenciados por una amplia gama de factores externos, tanto económicos como no económicos.

Algunos trabajos enfocados al comportamiento de acciones en los mercados incluyen variables macroeconómicas como el crecimiento del PIB, la inflación, las tasas de interés, el tipo de cambio, las políticas fiscales y monetarias, entre otras variables. Para este trabajo en específico se destacaron

cinco estudios, los cuales son: Díaz-Pinzón (2018a,b), Acebedo et al. (2016), Cuevas (2016), Bocanegra (2012) y Sarwar (2012).

Dichos trabajos analizan las relaciones entre los precios internacionales del petróleo y los precios de las acciones de Ecopetrol. También analizan el impacto del índice CBOE o VIX<sup>5</sup> y su relación con los retornos de las acciones que forman parte de los mercados de países pertenecientes al BRICS.<sup>6</sup> Además, estos trabajos también analizan el impacto de las noticias corporativas, dividendos y rentabilidades, cambios regulatorios, avances tecnológicos, desastres naturales y factores sociales, entre otros sobre la acción de Ecopetrol (ver, en particular, Cuevas, 2016).

Las investigaciones previas han analizado el comportamiento de las acciones de Ecopetrol, tanto a nivel nacional como internacional, considerando factores macroeconómicos, variables de la industria petrolera y eventos específicos que afectan a la empresa. Las investigaciones mencionadas han utilizado diversos enfoques metodológicos, incluyendo análisis de regresión y modelos de series temporales, para evaluar la influencia de factores externos en el desempeño bursátil de Ecopetrol, principalmente las que relacionan el precio del petróleo con el precio de la acción de Ecopetrol e incluso con el índice COLCAP. También existen otras investigaciones que han utilizado factores internos de la compañía como sus dividendos para explicar su comportamiento en la Bolsa de Valores. En particular, según la teoría financiera, el precio de los activos refleja las expectativas de los inversionistas sobre los futuros flujos de caja. Estas expectativas cambian con el estado actual de las variables macroeconómicas. En consecuencia, los precios de los activos financieros están expuestos a las variables que describen la economía (ver, al respecto, Acebedo, Jiménez y Cataño, 2016).

En todos los estudios se encuentra que los precios internacionales del petróleo son un factor crucial para las empresas del sector energético, en particular, Ecopetrol. Esto se explica por el hecho de que estos precios afectan los ingresos y márgenes de beneficio de la empresa y, por lo tanto, sus expectativas de desempeño, las cuales se ven reflejadas en su valorización bursátil. También, los estudios muestran que factores de incertidumbre política o hechos inesperados de gran importancia han mostrado efectos sobre la acción de Ecopetrol.

En general, se puede afirmar que los cambios de las variables macroeconómicas afectan a los mercados financieros en magnitudes diferentes. En el caso de los países latinoamericanos, los rendimientos de sus mercados bursátiles son más sensibles a las variables globales que las variables domésticas. Además, estos mercados son de mayor crecimiento y volatilidad que los mercados de los países desarrollados (ver, Abugri, 2008).

### **3.1. Revisión de la literatura**

A continuación, se presentan los principales hallazgos de los estudios revisados:

---

<sup>5</sup> El índice VIX es un indicador que mide la volatilidad esperada en el mercado de valores de Estados Unidos y a menudo se le conoce como el "índice de miedo" debido a su capacidad para reflejar el sentimiento de los inversores y la incertidumbre en el mercado.

<sup>6</sup> Brasil, Rusia, India, China y Sudáfrica

- En el estudio realizado por Díaz-Pinzon (2018a,b), " se analiza la incidencia que han tenido los precios del petróleo WTI y Bren sobre el comportamiento de la acción de Ecopetrol. Sus hallazgos muestran cierto poder explicativo de dichas variables para explicar la acción de Ecopetrol.
- El estudio de Cuevas (2016) utiliza el método de flujo de caja y de cálculo de la WACC (Weighted Average Cost of Capital o Costo Promedio Ponderado de Capital, en español) de Ecopetrol, para calcular rangos de precios justos para las acciones de la empresa. En el estudio se reconoce que la TRM (Tasa representativa del mercado) y el precio del petróleo son un pilar fundamental para la valoración de la compañía.
- El estudio de Bocanegra (2012) utiliza modelos de Vectores Autorregresivos (VAR) para efectuar las pruebas de cointegración entre los precios del petróleo y la acción de Ecopetrol. Encuentra una relación de largo plazo entre las variables.
- El estudio de Acevedo, Jiménez y Cataño (2016), encuentra que las variables macroeconómicas tienen influencia en el mercado accionario colombiano. Además, existe cierta dependencia de Colombia con la coyuntura macroeconómica externa de la economía de Estados Unidos.
- El estudio de Pinillo Cárdenas y Olivares (2020) muestra que los flujos de caja de la empresa y sus futuros escenarios sirven como variables para analizar el precio de la acción de Ecopetrol.
- Por último, Abugri (2008) investiga si la dinámica de indicadores macroeconómicos clave como los tipos de cambio, los tipos de interés, la producción industrial y la oferta monetaria en cuatro países latinoamericanos explica significativamente los rendimientos del mercado. El estudio concluye que los factores globales son los más significativos para explicar la rentabilidad de todos los mercados en la región.

#### 4. Metodología

El modelo propuesto en este estudio es el siguiente:

$$\sigma_{Ecopetrol} = C + \beta_1 \sigma_{Vox} + \beta_2 d(gp\_WTI) + \beta_3 d(vix) + \beta_4 \sigma_{USD/COP} + \varepsilon_t \quad (1)$$

Donde  $\sigma_{Ecopetrol}$  es la variación de la acción de Ecopetrol y es la variable que se explica. Las variables explicativas son  $\sigma_{Vox}$  que es un índice de volatilidad del petróleo a nivel internacional,

$gp\_WTI$  que corresponde al precio del petróleo WTI,  $vix$  que es una variable asociada al riesgo internacional,  $\sigma_{USD/COP}$  es la variación de la tasa de cambio y es el término de error.

En este estudio se utilizaron datos cuyas fuentes provienen de las bases de Investing y la Reserva Federal para el período 2008-2023. Las variables tomadas para el estudio, su descripción y su fuente se encuentran en la Tabla 2.

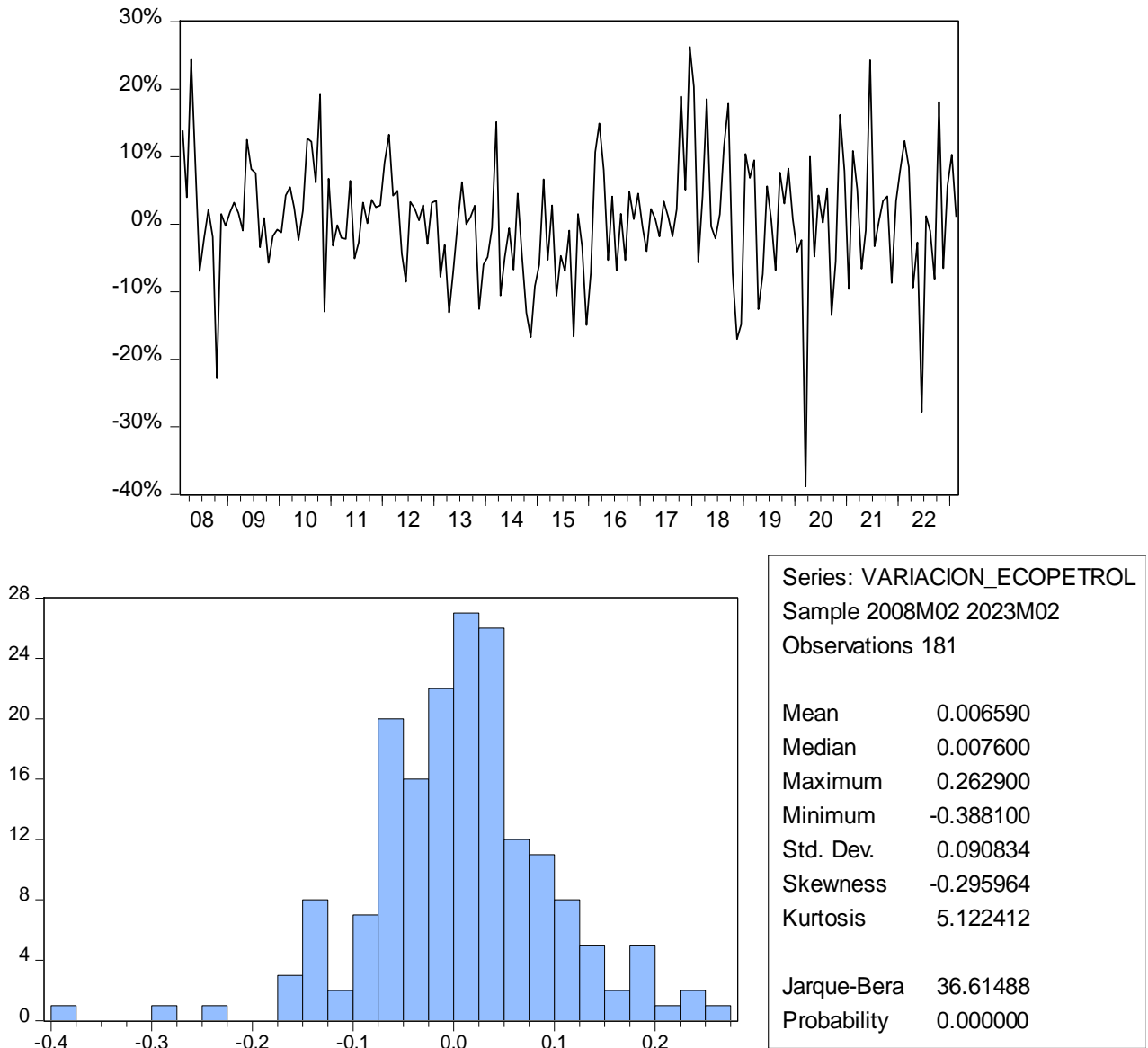
**Tabla 2 – Descripciones y fuentes**

Variable	Descripción	Fuente
$\sigma_{Ecopetrol}$	Es la variación que tienen mes a mes el precio de la acción de Ecopetrol en la Bolsa de valores de Colombia (BVC)	Investing <a href="https://es.investing.com/equities/ecopetrol-cn">https://es.investing.com/equities/ecopetrol-cn</a>
$\sigma_{Vox}$	Es la variación que tienen mes a mes el índice CBOE Crude Oil Volatility Index (VOX), este refleja la volatilidad implícita del precio del petróleo crudo y es calculado por el Chicago Board Options Exchange (CBOE) y se utiliza como medida de la incertidumbre del mercado sobre los movimientos futuros en el precio del petróleo.	Investing <a href="https://www.investing.com/indices/cboe-crude-oil-volatility-historical-data">https://www.investing.com/indices/cboe-crude-oil-volatility-historical-data</a>
$\sigma_{USD/COP}$	Es la variación que tiene mes a mes la tasa de cambio de pesos por dólar estadounidense (USD/COP)	Investing <a href="https://es.investing.com/currencies/usd-cop-historical-data">https://es.investing.com/currencies/usd-cop-historical-data</a>
$gp\_WTI$	Es el precio global de crudo con referencia WTI, expresado en dólares estadounidenses	Reserva Federal. St Louis. <a href="https://fred.stlouisfed.org/series/POILWTIUSDM">https://fred.stlouisfed.org/series/POILWTIUSDM</a>
Vix	El CBOE Volatility Index (VIX) es un índice de volatilidad que mide el riesgo internacional con la variación de mercado del índice de opciones de Chicago utilizado como medida de la expectativa en cuanto a la volatilidad futura de los precios de las acciones.	Reserva Federal. St Louis. <a href="https://fred.stlouisfed.org/series/VIXCLS">https://fred.stlouisfed.org/series/VIXCLS</a>
$d(gp\_WTI)$	Es el diferencial de la variable $gp\_WTI$ (precio global de crudo WTI).	Cálculos propios.
$D(vix)$	Es el diferencial de la variable Vix (CBOE Volatility Index)	Cálculos propios.

A continuación, se van a presentar las gráficas de cada una de las variables utilizadas en el estudio. En la gráfica 1 se muestra la variable variación del precio de la acción de Ecopetrol ( $\sigma_{Ecopetrol}$ ), junto a su histograma, cuyo máximo fue de 26,29% en el mes doce de 2017, y su mínimo fue de -38,81% en el tercer mes de 2020, además tuvo un promedio de 0,65% y una mediana de 0,76%.

**Gráfica 1 – Variación acción de Ecopetrol**

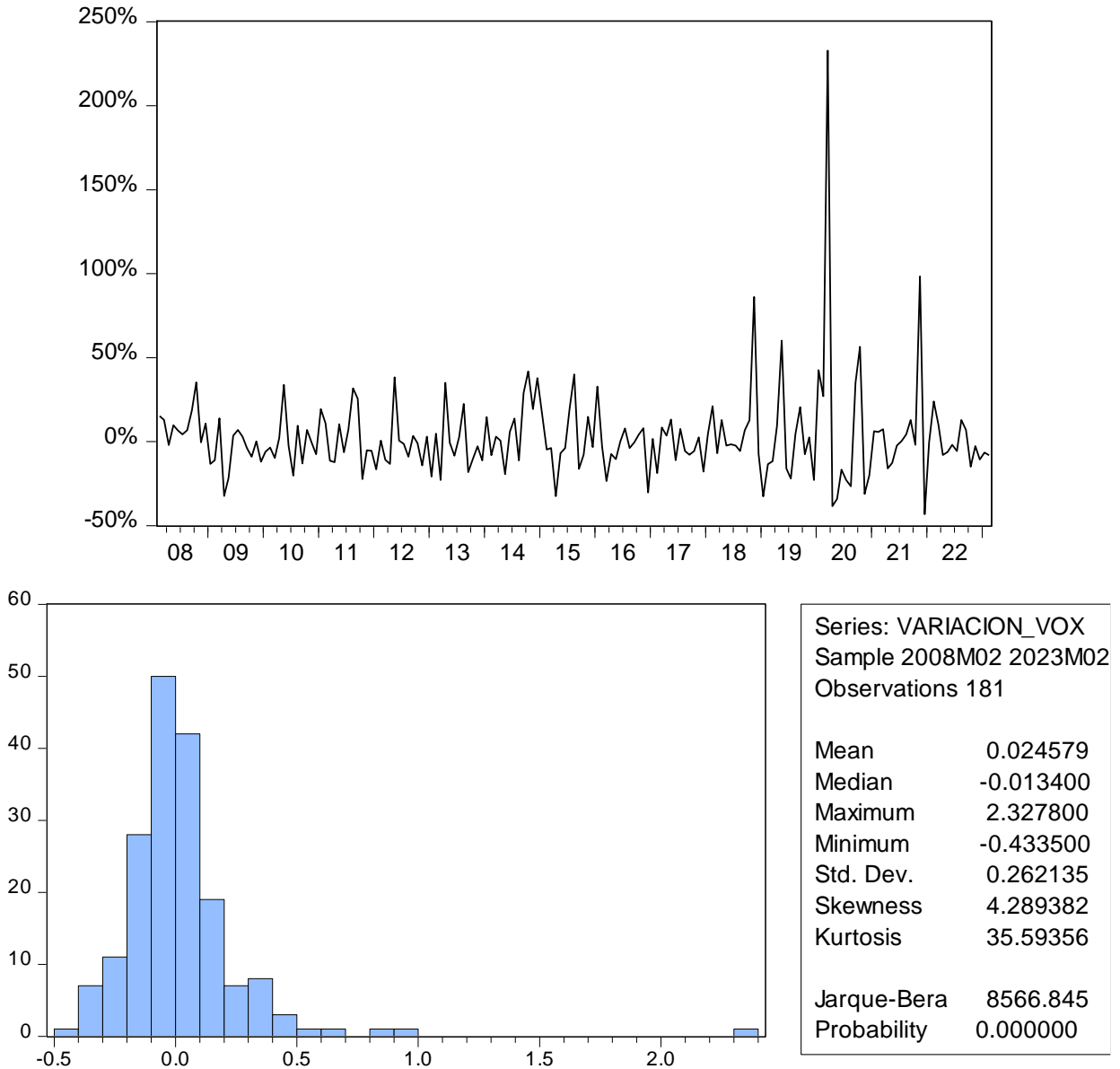
Variacion Ecopetrol



En la gráfica 2 se muestra la variable variación del índice CBOE Crude Oil Volatil ( $\sigma_{Vox}$ ), junto a su histograma, cuyo máximo fue de 232,7% en el tercer mes de 2020 y su mínimo fue de -43,3% en el mes doce de 2021, además tuvo un promedio de 2,4% y una mediana de -1,3%.

**Grafica 2 – Variación índice VOX**

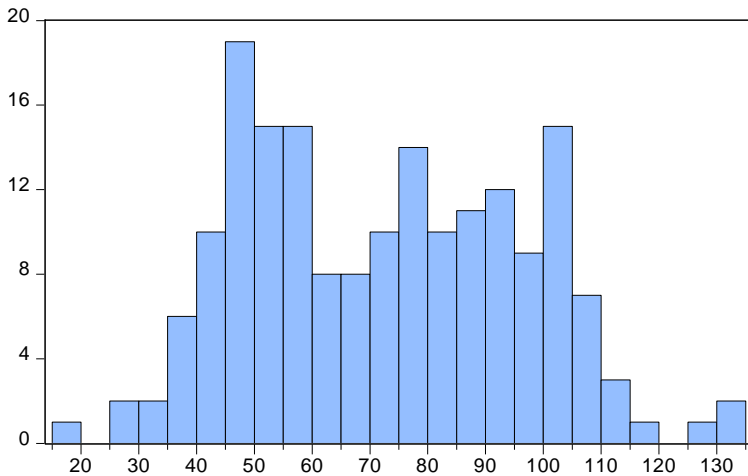
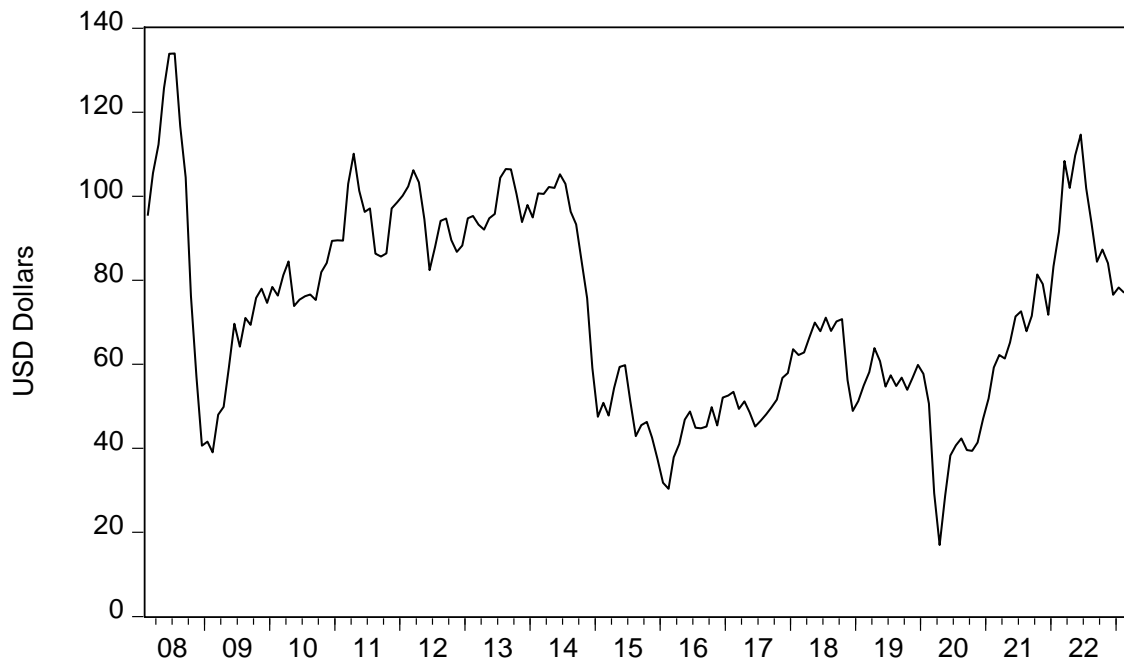
Variacion VOX



En la gráfica 3 se muestran los precios globales del crudo WTI (gp\_WTI), junto a su histograma, cuyo máximo fue de \$133,95 dólares en el séptimo mes de 2008 y su mínimo fue de \$16,97 en el mes cuatro de 2020, además tuvo un promedio de \$72,46 y una mediana de \$71,37.

**Grafica 3 – Variación precio del petróleo WTI**

Global price of WTI Crude

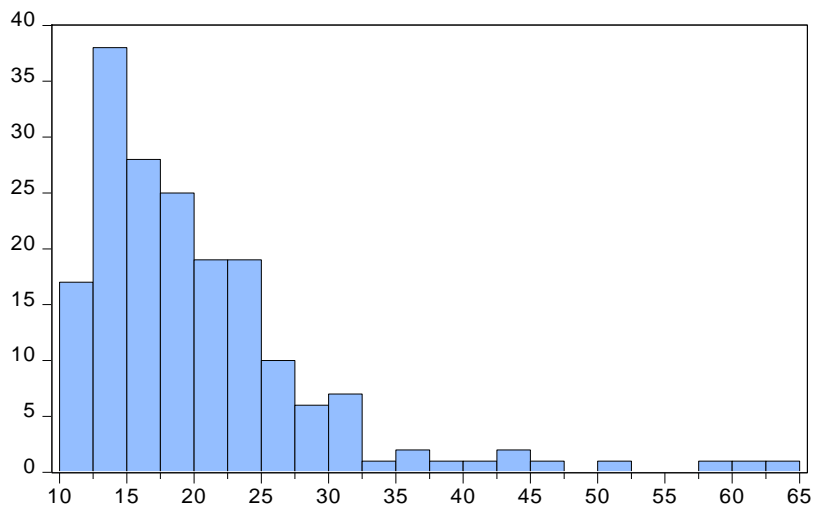
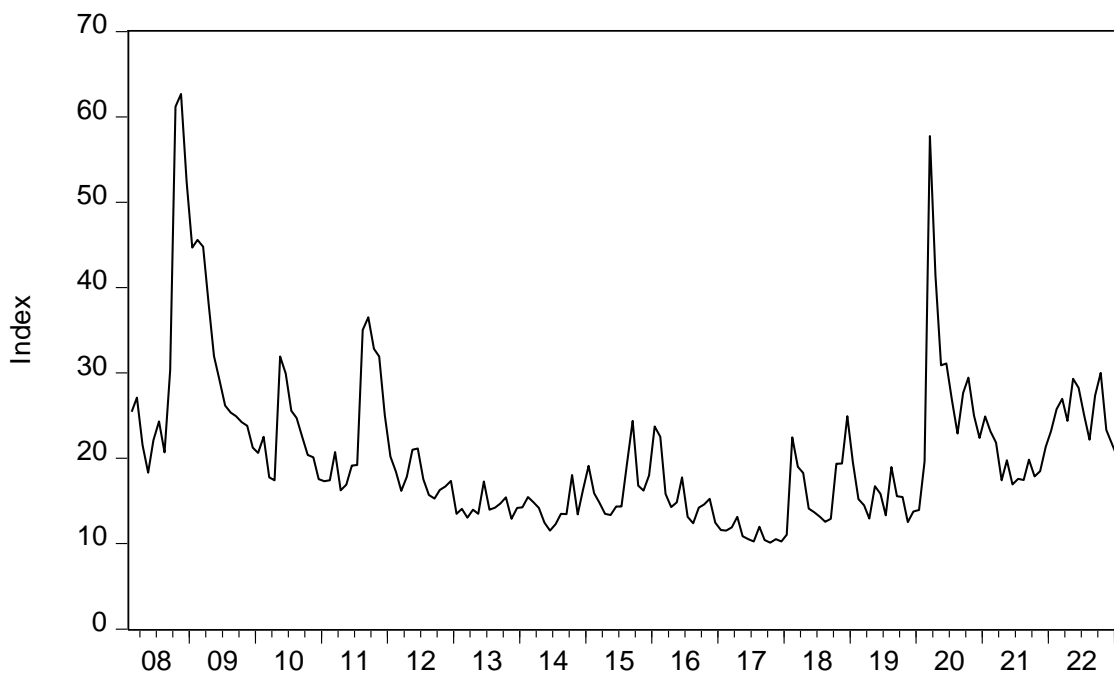


Series: WTI_CRUDE_U_S_DOLLARS	
Sample 2008M02 2023M02	
Observations 181	
Mean	72.46658
Median	71.37727
Maximum	133.9583
Minimum	16.97500
Std. Dev.	23.75228
Skewness	0.173734
Kurtosis	2.202971
Jarque-Bera	5.701409
Probability	0.057804

En la gráfica 4 se muestra los niveles del índice VIX, junto a su histograma, cuyo máximo fue de 62,66 en el mes 11 de 2008, y su mínimo fue de 10,12 en el mes diez de 2017, además tuvo un promedio de 20,45 y una mediana de 18,02.

**Grafica 4 – Variación índice VIX**

Vix

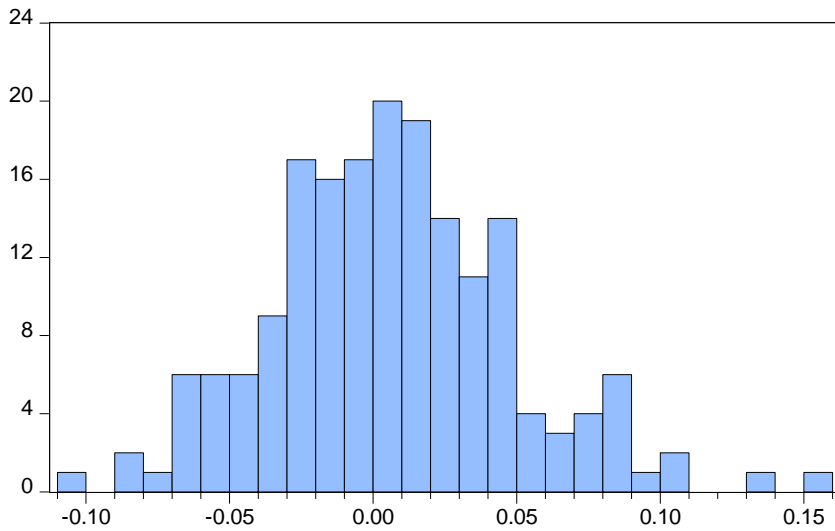
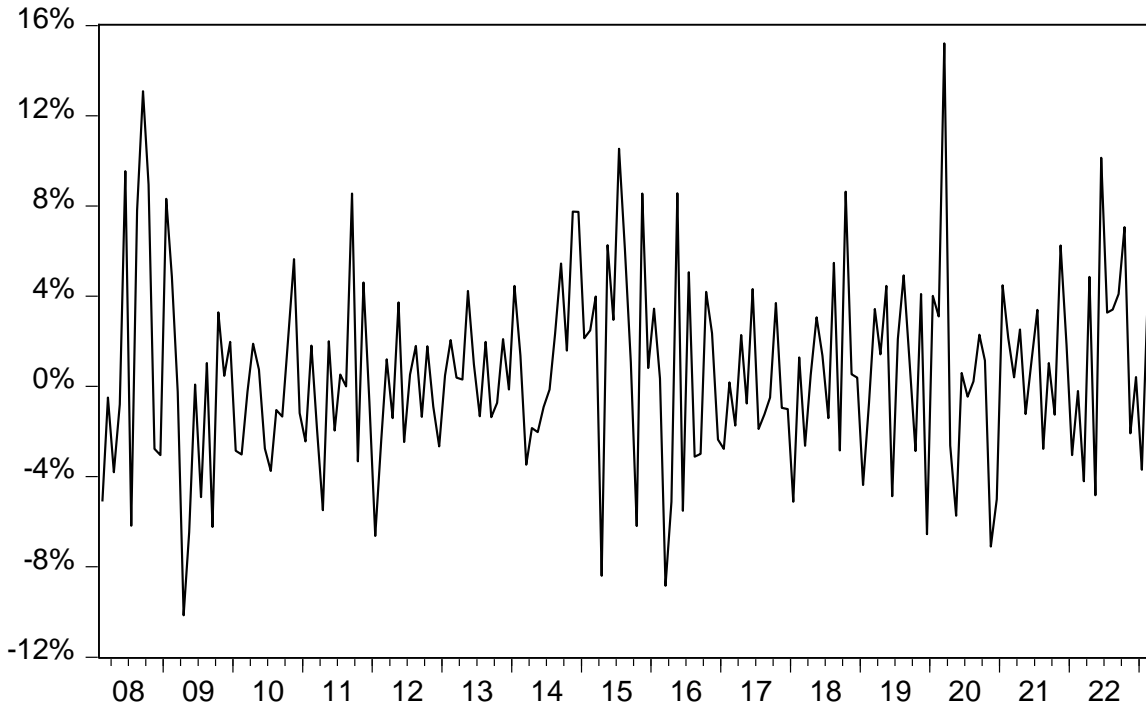


Series: VIX	
Sample 2008M02 2023M02	
Observations 181	
Mean	20.45679
Median	18.02545
Maximum	62.66895
Minimum	10.12545
Std. Dev.	9.005724
Skewness	2.162002
Kurtosis	9.145502
Jarque-Bera	425.8343
Probability	0.000000

En la gráfica 5 se muestra la variación de la tasa de cambio USD/COP ( $\sigma_{USD/COP}$ ), junto a su histograma, cuyo máximo fue de 15,2% en el tercer mes de 2020. Su mínimo fue de -10,1% en el mes cuatro de 2009, además tuvo un promedio de 0,59% y una mediana de 0,41%.

Grafica 5 – variación tipo de cambio del peso colombiano a dólar estadounidense

Variacion USD/COP



Series: VARIACION_USD_COP	
Sample 2008M02 2023M02	
Observations 181	
Mean	0.005953
Median	0.004100
Maximum	0.152100
Minimum	-0.101500
Std. Dev.	0.042074
Skewness	0.405410
Kurtosis	3.567482
Jarque-Bera	7.386787
Probability	0.024887

En la tabla 3 se resumen todas estadísticas descriptivas para cada una de las variables a trabajar.

**Tabla 3 - Estadísticas descriptivas de las variables**

Variable	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	Desviación sd
$\sigma_{Ecopetrol}$	0,006	0,007	-0,388	0,262	0,090
$\sigma_{Vox}$	0,024	-0,013	-0,433	2,327	0,262
gp_WTI	72,466	71,377	16,975	133,958	23,752
Vix	20,456	18,025	10,125	62,668	9,005
$\sigma_{USD/COP}$	0,005	0,004	-0,101	0,152	0,042

Para el análisis de series de tiempo, es necesario verificar que las series no tengan raíz unitaria para evitar el riesgo de regresiones espurias. Para esto se realizó el test KPSS, donde la hipótesis nula es que la serie es estacionaria (H0), y la hipótesis alternativa es que la serie no es estacionaria (H1), donde lo que ideal es aceptar H0. El test se realizó para cada una de las variables y los resultados se muestran en la tabla 4.

**Tabla 4 - Test de estacionariedad**

Variable	Tipo de test	Valor del test	Valor crítico (5%)
$\sigma_{Ecopetrol}$	I	0.130771	0.463000
$\sigma_{Vox}$	I	0.141600	0.463000
gp_WTI	T,I	0.146411	0.146000
Vix	T,I	0.301168	0.146000
$\sigma_{USD/COP}$	I	0.147947	0.463000

**Nota:** I: intercepto, T: tendencia.

En el caso de las variables,  $\sigma_{Ecopetrol}$ ,  $\sigma_{Vox}$  y la tasa de cambio  $\sigma_{USD/COP}$  el valor del test es mayor al valor crítico del 5%, por lo cual se acepta la hipótesis nula referente a que cada serie es estacionaria. Sin embargo, para las series gp\_WTI y Vix se rechaza la hipótesis nula y las series no son estacionarias. Debido a esto, se han tomado los diferenciales de la serie gp\_WTI y de la serie vix, debido a que ambas poseían problemas de estacionariedad, sin embargo, aplicando los diferenciales se han resuelto dichos problemas. A continuación, en la tabla 4.1 se muestran los resultados para dichas series con la primera diferencia.

**Tabla 4.1 - Test de estacionariedad para series diferenciadas**

Variable	Tipo de test	Valor del test	Valor crítico (5%)
d(gp_WTI)	T,I	0.035357	0.146000
d(Vix)	I	0.051136	0.463000

**Nota:** I: intercepto, T: tendencia.

De manera que, se ha logrado aceptar la hipótesis nula y las series son estacionarias, luego de aplicar los diferenciales a las series gp\_WTI y Vix.

En la tabla 5 se muestran las estimaciones del modelo propuesto. Con el fin de verificar los supuestos sobre el término error se hicieron las pruebas de heterocedasticidad (test Breush-Pagan-Godfrey) y autocorrelación (Test LM). En general, el modelo inicial no presenta problemas.

**Tabla 5 - Estimaciones del modelo 1**

Variable dependiente $\sigma_{Ecopetrol}$	Método Mínimos Cuadrados Ordinarios (OLS)
<b>Constante</b>	0.010553*
	(0.005689)
	[1.854971]
$\sigma_{VOX}$	-0.055911**
	(0.029096)
	[-1.921600]
<b>d(gp_WTI)</b>	0.002467***
	(0.000936)
	[2.635923]
<b>d(vix)</b>	-0.002973**
	(0.001414)
	[-2.102598]
$\sigma_{USD/COP}$	-0.510385***
	(0.154709)
	[-3.298991]
$R^2_{adj}$	0.313276
F-Stat	21.41450
P(F-Stat)	0.00
P(LM)	0.71
P(B-P-G)	0.21

**Nota:** Los niveles marginales de significancia: (\*\*\*) denota 0,01, (\*\*) denota 0,05 y (\*) denota 0,1. Los errores estándar están entre paréntesis y el estadístico t entre corchetes. F-stat denota el valor F de la significancia estadística de la regresión. P(LM) denota el test de autocorrelación LM. P(B-P-G) denota el test de heteroscedasticidad Breusch-Pagan-Godfrey.

De acuerdo con las estimaciones, todos los parámetros fueron significativos. Además, el  $R^2_{adj}$  es de 0.313276, es decir, el 31,3276% de la varianza del precio de las acciones de Ecopetrol está explicada por la variación del índice OVX, por el diferencial de los precios globales del crudo WTI, por el diferencial del índice de riesgo VIX, y por la variación de la tasa de cambio USD/COP.

A partir de los resultados, la ecuación estimada es la siguiente:

$$\sigma_{Ecopetrol} = 0.010553 - 0.055911 * \sigma_{Vox} + 0.002467 * d(gp\_WTI) - 0.002973 * d(vix) - 0.510385 \sigma_{USD/COP}$$

El coeficiente asociado a  $\sigma_{Vox}$  es negativo (-0.0559), por lo tanto existe una relación inversa entre la variación del precio de la acción de Ecopetrol y la variación de dicho índice. Esto nos indica que a mayor riesgo en el mercado mundial, las acciones de Ecopetrol bajan de precio. El coeficiente del tipo de cambio ( $\sigma_{USD/COP}$ ) también es negativo y, por ende, ante una subida del dólar con respecto al peso colombiano, el desempeño de la acción también se ve afectado de manera negativa. El coeficiente asociado con el diferencial de los precios globales del crudo WTI es positivo, lo cual afirma que ante un aumento de los precios del crudo WTI en el mundo, Ecopetrol se ve beneficiado y sus acciones se ven recompensadas con un mejor desempeño bursátil.

A manera de ejemplificar y colocar en perspectiva las magnitudes, ante un aumento de un 1% en el índice CBOE Crude Oil Volatility Index (VOX), la acción de Ecopetrol cae en promedio un 0,05%. Si el precio del crudo WTI aumenta en un 1%, la acción de Ecopetrol aumentara en promedio un 0,002%. Cuando el índice Vix aumente un 1%, la acción de Ecopetrol disminuirá en promedio un 0,0029%. Si la tasa de cambio sube en 1%, la acción cae en promedio un 0,51%.

Los índices como el CBOE Crude Oil Volatility Index y el VIX lograron capturar factores de crisis, como la crisis hipotecaria de las subprime en 2008 y la crisis de covid-19 en 2020 (por lo cual no se añadieron variables dummy para dichos eventos de grandes magnitudes). Sin embargo dichos indicadores no logran capturar factores internos y exclusivos en Colombia, como lo es la incertidumbre generada por las elecciones del año 2022. Debido a esto, se introduce una nueva variable dummy que captura dicho acontecimiento y toma un valor de 1 en el momento cuando ocurre el evento, en junio de 2022 con la segunda vuelta de elecciones presidenciales, y toma valores de 0 para los otros meses.

Por estas razones, se plantea un segundo modelo a estimar definido por la siguiente ecuación:

$$\sigma_{Ecopetrol} = C + \beta_1 \sigma_{Vox} + \beta_2 d(gp\_WTI) + \beta_3 d(vix) + \beta_4 \sigma_{USD/COP} + \beta_5 dummy + \varepsilon_t$$

En la tabla 6 se muestran los resultados de la segunda estimación.

Tabla 6 - Estimaciones del modelo 2

Variable dependiente $\sigma_{Ecopetrol}$	Método Mínimos Cuadrados Ordinarios (OLS) (Matriz de covarianza: Hac- Newey-West)
<b>Constante</b>	0.011443**
	(0.005986)
	[1.911603]
$\sigma_{Vox}$	-0.060703**
	(0.025411)
	[-2.388827]
<b>d(gp_WTI)</b>	0.002763***
	(0.000856)
	[3.227047]
<b>d(vix)</b>	-0.003111***
	(0.001166)
	[-2.668896]
$\sigma_{USD/COP}$	-0.392696***
	(0.146129)
	[-2.687317]
<b>dummy</b>	-0.267723***
	(0.016397)
	[-16.32767]
$R^2_{adj}$	0.356846
F-Stat	20.86318
P(F-Stat)	0.00
P(LM)	0.72
P(B-P-G)	0.68

**Nota:** Los niveles marginales de significancia: (\*\*\*) denota 0,01, (\*\*) denota 0,05 y (\*) denota 0,1. Los errores estándar están entre paréntesis y el estadístico t entre corchetes. F-stat denota el valor F de la significancia estadística de la regresión. P(LM) denota el test de autocorrelación LM. P(B-P-G) denota el test de heteroscedasticidad Breusch-Pagan-Godfrey.

De acuerdo con los resultados, los parámetros siguen siendo significativos y, en particular, el parámetro asociado a la variable dummy también resultó importante en términos estadísticos. Este segundo modelo, nos indica con respecto al anterior modelo que, la incertidumbre del periodo electoral en Colombia impacto negativamente a Ecopetrol, pues causó pánico en la estabilidad futura de la empresa.

La segunda estimación muestra entonces que estos fenómenos imprevisibles del entorno económico, que son capturados por la variable dummy, afectan de manera negativa al desempeño

bursátil de Ecopetrol. Además, gracias a introducir esta nueva variable, se obtiene un mayor poder explicativo en el modelo.

De acuerdo con la segunda estimación, se obtiene que la regresión es significativa y el  $R^2_{adj}$  es de 0.356846. Es decir, el 35,6846% de la varianza del precio de las acciones de Ecopetrol está explicada por la variación del índice CBOE Crude Oil Volatility, por el diferencial de los precios globales del crudo WTI, por el diferencial del índice de riesgo VIX, por la variación de la tasa de cambio USD/COP, y por la variable dummy del periodo electoral. Este  $R^2_{adj}$  se puede comparar con el estudio de Díaz-Pinzón (2018a,b) donde se obtiene un valor  $R^2$  es de 0,202. Es decir, los resultados encontrados acá son un tanto mejores.

Cabe resaltar que, dentro de las estimaciones realizadas, se propuso un modelo que incluía también la variación del precio de la acción de Ecopetrol rezagada. Sin embargo, se evidenció que no era significativa en ningún número de rezagos, y que solo disminuía el poder explicativo del modelo. Esto nos permite indicar que a pesar de que existen inversionistas que forman sus expectativas con respecto al comportamiento de la acción en el periodo anterior, en este caso no fue así. Es decir, existe cierta evidencia a favor de la hipótesis de expectativas racionales y los mercados eficientes.

Ninguno de los dos modelos previamente planteados presentó problemas de autocorrelación ni de heterocedasticidad. En la gráfica 6, se muestra el correlograma de la segunda estimación, la cual nos muestra que no existe autocorrelación y que los residuales son ruido blanco. Además, al utilizar el método de covarianzas HAC-Newey-West, se ha aumentado la robustez del modelo de regresión lineal múltiple.

Grafica 6 - Correlograma del segundo modelo

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	0.057	0.057	0.6009	0.438
		2	-0.016	-0.020	0.6495	0.723
		3	0.049	0.051	1.0888	0.780
		4	0.079	0.074	2.2582	0.688
		5	0.081	0.075	3.4753	0.627
		6	0.077	0.071	4.5952	0.597
		7	0.077	0.068	5.7296	0.572
		8	0.049	0.035	6.1883	0.626
		9	-0.015	-0.033	6.2328	0.716
		10	0.017	-0.001	6.2910	0.790
		11	-0.041	-0.071	6.6231	0.829
		12	-0.009	-0.026	6.6401	0.880
		13	0.011	-0.006	6.6620	0.919
		14	0.052	0.048	7.2002	0.927
		15	0.013	0.016	7.2357	0.951
		16	-0.022	-0.008	7.3297	0.966
		17	0.118	0.133	10.145	0.897
		18	-0.047	-0.060	10.600	0.911
		19	0.042	0.057	10.951	0.925
		20	0.066	0.041	11.852	0.921
		21	-0.054	-0.082	12.462	0.926
		22	0.084	0.078	13.940	0.904
		23	0.095	0.065	15.814	0.863
		24	0.003	-0.020	15.816	0.895
		25	-0.045	-0.052	16.253	0.907
		26	-0.005	-0.007	16.258	0.930
		27	-0.036	-0.078	16.540	0.942
		28	-0.070	-0.073	17.608	0.936
		29	-0.036	-0.043	17.883	0.947
		30	-0.026	-0.037	18.027	0.958
		31	-0.140	-0.135	22.365	0.871
		32	-0.060	-0.021	23.159	0.873
		33	-0.101	-0.075	25.434	0.824
		34	0.049	0.081	25.973	0.836
		35	-0.090	-0.031	27.816	0.801
		36	-0.035	0.001	28.091	0.824

## 5. Conclusiones

Este estudio ha buscado modelar y analizar la importancia de factores externos de orden macroeconómico y en los distintos mercados bursátiles, en el comportamiento del precio de las acciones de Ecopetrol en la Bolsa de Valores de Colombia (BVC). A través de un modelo de regresión lineal múltiple, se ha examinado la influencia de variables e índices internacionales en el rendimiento bursátil de la empresa.

Los resultados de este análisis han revelado que ciertos factores externos, como los precios internacionales del petróleo, el CBOE Crude Oil Volatility Index (OVX), el CBOE Volatility Index (VIX), la tasa de cambio USD/COP y otros factores determinantes (como la variable dummy), tienen una influencia significativa en el precio de las acciones de Ecopetrol. Estos factores han demostrado ser determinantes en la evolución de los precios accionarios a lo largo del periodo de estudio.

El modelo final planteado en el estudio permite afirmar que Ecopetrol se ve beneficiado ante los aumentos del precio del petróleo debido a que su margen de rentabilidad aumenta. Esto se refleja en el precio de sus acciones que se ven recompensadas con un mejor desempeño bursátil.

En particular, se ha observado que los precios internacionales del petróleo es un factor clave que afectan el desempeño de las acciones de Ecopetrol. Los resultados indican que a un mayor precio internacional del petróleo más altos tienden a tener un impacto positivo en los precios accionarios de la empresa. Y, con respecto a la variable dummy, las pasadas elecciones presidenciales (2022) tuvieron un impacto sumamente significativo y mucho mayor en comparación con los periodos electorales previos, por lo que se hace necesario evaluar los posibles escenarios electorales futuros con el fin de realizar previsiones adecuadas.

Este estudio ha brindado insights que ayudan a comprender la importancia de los factores externos en la valoración de las acciones de la empresa puede ayudar a tomar decisiones de inversión más informadas y evaluar los riesgos y oportunidades del mercado. Es importante destacar que este trabajo ha contribuido al campo de la investigación financiera y ha proporcionado información relevante sobre la relación entre factores externos y el comportamiento de las acciones en el contexto específico de Ecopetrol en la BVC. Sin embargo, también es importante tener en cuenta que el comportamiento del mercado bursátil es complejo y está sujeto a múltiples factores, por lo que es necesario considerar otros aspectos adicionales en futuros estudios, que permitan tener un panorama más completo en cuanto a factores macroeconómicos y microeconómicos.

## 6. Referencias Bibliográficas

Abugri, B. (2008). "Empirical relationship between macroeconomic volatility and stock returns: Evidence from Latin American markets". *International Review of Financial Analysis*, volumen 17.

Acevedo Prins, N. M., Jiménez Gómez, L. M., & Castaño, N. E. (2017). "Relación de causalidad de variables macroeconómicas locales y globales sobre el índice COLCAP". *Revista Espacios*, Volumen 38, No 38.

Bocanegra, D. F. (2012). "Análisis de la relación entre el precio de la acción de Ecopetrol y los precios internacionales del petróleo". Universidad del Rosario.

Cuevas Rivera, A. M. (2016). "Construcción de un modelo de valoración para Ecopetrol que establezca un rango de precios objetivo de 2009 al 2016". Universidad de la Salle.

Díaz Pinzón, J.E. (2018a). "Estudio estadístico del comportamiento de la acción de Ecopetrol y el precio del petróleo Brent y WTI en el periodo 2007-2017." Revista Contexto, No.7, 23-30.

Díaz Pinzón, J. E. (2018b). "Relación entre el precio de la acción de Ecopetrol y el valor del dividendo en el periodo 2008 al 2017". Face Revista de la Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, Volumen 18, No. 2, 58-66.

Hao, Z., & Zhang, B. (2013). "GARCH Option Pricing Models, the CBOE VIX, and Variance Risk Premium". Journal of Financial Econometrics, Volumen 11.

León Cristancho, S. J., & Trespacios Carrasquilla, A. (2015). "Factores macroeconómicos que influyen en la volatilidad del índice accionario Colcap". Universidad Eafit.

Pinillo Cárdenas, J. H., & Olivares, J. (2020). "Valoración Ecopetrol S.A. mediante método de flujo de caja descontado y precio de la acción". Universidad de Chile.

Sarwar, G. (2012). "Is VIX an investor fear gauge in BRIC equity markets?". Journal of Multinational Financial Management, volumen 22.