

**ANÁLISIS DEL IMPACTO DE LA PANDEMIA DEL COVID-19 Y LA GUERRA EN  
UCRANIA EN LOS PRECIOS INTERNACIONALES DEL PETRÓLEO Y SU  
REPERCUSIÓN EN LA ACTIVIDAD PETROLERA EN COLOMBIA**

**JUAN CARLOS RODRÍGUEZ ESPARZA**

**PROYECTO INTEGRAL DE GRADO PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
MAGÍSTER EN ADMINISTRACIÓN MBA**

**DIRECTOR**

**JULIÁN ANDRÉS GÓMEZ VARGAS  
MAGÍSTER EN ADMINISTRACIÓN FINANCIERA,  
CONTABILIDAD Y FINANZAS**

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA  
FACULTAD DE CIENCIA ECONÓMICAS Y ADMINISTRATIVAS  
MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN MBA  
BOGOTÁ D.C**

**2023**

## NOTA DE ACEPTACIÓN

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Nombre del director

Firma del Director

---

Nombre

Firma del presidente Jurado

---

Nombre

Firma del Jurado

---

Nombre

Firma del Jurado

Bogotá, D.C. noviembre de 2023

## **DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD**

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

Dr. Mario Posada García Peña

Vicerrector Académico de Recursos Humanos

Dr. Luis Jaime Posada García-Peña

Vicerrectora Académica y de Investigaciones

Dra. Alexandra Mejía Guzmán

Vicerrector Administrativo y Financiero

Dr. Ricardo Alfonso Peñaranda Castro

Secretario General

Dr. José Luis Macías Rodríguez

Decano Facultad Ciencias Económicas y Administrativas

Dr. Esteban Durán Becerra

Director de programa

Julián Andrés Gómez Vargas

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente al autor.

## **DEDICATORIA**

Este trabajo está dedicado a:

A mi amada esposa Mónica Johana Bello Bohórquez y a los frutos de nuestro amor, los hijos María José y Juan Miguel por todo el apoyo incondicional y sacrificio de espacio y tiempo de dedicación.

A todo el sector de Hidrocarburos como motor de la economía colombiana.

A mi Universidad de América, las directivas y los docentes del MBA por todo su apoyo y transmisión del conocimiento.

A mis compañeros del MBA por enriquecer el aula de clase con sus ponencias y discusiones profesionales.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a las directivas de la Universidad de América por haberme permitido realizar el MBA y por todo el apoyo económico brindado.

Agradezco a mi familia todo el apoyo y motivación en los momentos cruciales para culminar este proyecto de estudio posgradual.

Agradezco la colaboración de todos mis amigos que me ilustraron con sus diálogos, ideas, documentos e información bibliográfica para el propósito de esta investigación.

Agradezco al equipo la Biblioteca de la Universidad de América por toda la colaboración recibida en lo referente a la revisión de estilo y normas APA al documento final.

Finalmente, expreso mis más sinceros agradecimientos a Julián Andrés Gómez Vargas, director de este proyecto, quien, con su alto grado de compromiso profesional, conocimiento, aportes y dirección, me guio en el desarrollo y conclusión de esta tesis posgradual.

## TABLA DE CONTENIDO

	pág.
RESUMEN	xv
INTRODUCCIÓN	16
1. METODOLOGÍA	18
1.1 Planteamiento del problema	18
1.2 Antecedentes	22
1.3 Pregunta de Investigación	27
1.4 Justificación	27
1.5 Objetivo General	28
1.6 Objetivos Específicos	28
2. MARCO TEÓRICO	29
2.1 Conceptos preliminares	29
2.1.1 <i>Actividad Petrolera:</i>	29
2.1.2 <i>Coficiente de Correlación de Pearson (r):</i>	29
2.1.3 <i>Coficiente de determinación (R<sup>2</sup>)</i>	30
2.1.4 <i>Comercialización:</i>	31
2.1.5 <i>Commodities:</i>	31
2.1.6 <i>Covarianza:</i>	32
2.1.7 <i>Crudo de Referencia BRENT:</i>	32
2.1.8 <i>Crudo de Referencia WTI:</i>	33
2.1.9 <i>Divisa:</i>	33
2.1.10 <i>Exploración Petrolera:</i>	33
2.1.11 <i>Guerra entre Rusia y Ucrania:</i>	33
2.1.12 <i>Hidrocarburos:</i>	33
2.1.13 <i>Inflación – IPC:</i>	34
2.1.14 <i>Inversión Extranjera Directa – IED:</i>	34
2.1.15 <i>Oligopolio:</i>	34
2.1.16 <i>OPEP:</i>	34
2.1.17 <i>OPEP+:</i>	35

2.1.18 OTAN:	36
2.1.19 Pandemia del Covid-19:	36
2.1.20 Precio:	36
2.1.21 Precio Internacional del Petróleo:	37
2.1.22 Producción Petrolera:	37
2.1.23 Producto Interno Bruto – PIB:	37
2.1.24 Reservas Petroleras:	37
2.1.25 Tasa Representativa del Mercado – TRM:	37
2.1.26 Transición energética:	38
2.1.27 3bn de COP:	38
2.1.28 Ipp:	38
2.1.29 Varianza:	38
3. ANÁLISIS DE LOS DATOS RECOPIRADOS	40
3.1 Líneas Base y Correlaciones del Precio Internacional del Petróleo con los principales Indicadores Económicos del País	40
3.1.1 Línea base de los Precios Internacionales del Petróleo	40
3.1.2 Línea base de la Inversión Extranjera Directa en Colombia	49
3.1.3 Correlación entre el comportamiento de los precios internacionales del Petróleo y el comportamiento de la Inversión Extranjera Directa	53
3.1.4 Línea base del Producto Interno Bruto - PIB en Colombia	63
3.1.5 Correlación entre el comportamiento de los precios internacionales del petróleo y el comportamiento del Producto Interno Bruto - PIB	66
3.1.6 Línea base de la Tasa Representativa del Mercado – TRM en Colombia	75
3.1.7 Correlación entre el comportamiento de los precios internacionales del petróleo y el comportamiento de la Tasa Representativa del Mercado - TRM	78
3.1.8 Línea base del Índice de Precios al Consumidor – IPC: Inflación en Colombia	87
3.1.9 Correlación entre el comportamiento de los precios internacionales del petróleo y el comportamiento del Índice de Precios al Consumidor – IPC:	88
3.1.10 Línea base de las Exportaciones en Colombia	96
3.1.11 Correlación entre el comportamiento de los precios internacionales del petróleo y el comportamiento de las exportaciones del Petróleo y sus derivados	100

3.2 Comportamiento de los Precios Internacionales del Petróleo durante la Pandemia del COVID-19 y la Guerra en Ucrania	108
3.2.1 <i>La Inversión Extranjera Directa en Colombia 2020-2022</i>	115
3.2.2 <i>El Producto Interno Bruto - PIB en Colombia 2020-2022</i>	117
3.2.3 <i>La Tasa Representativa del Mercado – TRM en Colombia 2020-2022</i>	119
3.2.4 <i>El Índice de Precios al Consumidor – IPC: Inflación en Colombia 2020-2022</i>	121
3.2.5 <i>Las Exportaciones en Colombia 2020-2022</i>	122
3.3 Escenarios de Precios internacionales del Petróleo de referencia BRENT para la década actual y los impactos en los principales indicadores Económicos del País.	125
4. CONCLUSIONES	132
5. RECOMENDACIONES	134
REFERENCIA	135

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1 Posibles Resultados del Coeficiente de Correlación de Pearson	30
Figura 2 Historia del Precio Internacional del Petróleo	41
Figura 3 Compañías Petroleras que conformaban las siete hermanas	42
Figura 4 Países miembros actuales de la OPEP	42
Figura 5 Valor Técnico del Crudo	43
Figura 6 Clasificación de los Crudos por grados API	43
Figura 7 Precio promedio del Petróleo en el Siglo XXI	47
Figura 8 Línea base precio promedio del Petróleo	48
Figura 9 Inversión Extranjera Directa por actividad económica en Colombia 2022	50
Figura 10 Inversión Extranjera Directa en Colombia en el Siglo XXI	51
Figura 11 Línea base Inversión Extranjera Directa en Colombia 2009-2019	52
Figura 12 Dispersión del Precio del Crudo de Referencia BRENT – Inversión Extranjera Directa Sector Petrolero en Colombia 2009-2019	55
Figura 13 Línea de tendencia en dispersión de los datos del Precio del Crudo de referencia BRENT – Inversión Extranjera Directa Sector Petrolero en Colombia 2009-2019	57
Figura 14 Correlación precio del Crudo de referencia BRENT - Inversión Extranjera Directa Sector Petrolero y pozos exploratorios perforados en Colombia 2009-2019	63
Figura 15 PIB Total del Petróleo Crudo y Gas Natural en Colombia	64
Figura 16 Línea base de variación anual del PIB total en Colombia 2009-2019	65
Figura 17 Dispersión del Precio del Crudo de referencia BRENT – PIB Extracción de Petróleo Crudo y Gas 2009-2019	67
Figura 18 Línea de tendencia en dispersión de los datos del Precio del Crudo de referencia BRENT – PIB extracción de Petróleo Crudo y Gas 2009-2019	68
Figura 19 Correlación del Precio del Crudo de referencia BRENT y el PIB extracción de Petróleo Crudo y Gas Natural	75
Figura 20 Tasa Representativa del Mercado en Colombia (TRM)	76
Figura 21 Línea base Tasa Representativa del Mercado en Colombia (TRM) 2009-2019	77
Figura 22 Dispersión de los datos Precio del Crudo de referencia BRENT–TRM en Colombia 2009-2019	79

Figura 23 Línea de tendencia en dispersión de los datos del Precio del Crudo de referencia BREN T – Tasa Representativa del Mercado - TRM 2009-2019	80
Figura 24 Correlación del Precio del Crudo de referencia BREN T y la Tasa Representativa del Mercado (TRM) en Colombia	86
Figura 25 Índice de Inflación en Colombia (IPC)	88
Figura 26 Dispersión de los datos Precio del Crudo de referencia BREN T – TRM en Colombia 2009-2019	90
Figura 27 Línea de tendencia en dispersión de los datos Precio del Crudo de referencia BREN T – IPC en Colombia 2009-2019	91
Figura 28 Productos de Exportación de Colombia 2022	97
Figura 29 Total Exportaciones de Colombia	98
Figura 30 Productos de Exportación de Colombia 2013	99
Figura 31 Dispersión de los datos Precio del Crudo de referencia BREN T – Exportaciones de Petróleo y Derivados 2009-2019	101
Figura 32 Línea de tendencia en dispersión de los datos Precio del Crudo de referencia BREN T– Exportaciones de Petróleo y Derivados 2009-2019	102
Figura 33 Correlación del Precio del Crudo de referencia BREN T y las exportaciones de Petróleo y derivados 2009-2019	107
Figura 34 El precio del West Texas, por primera vez en negativo	110
Figura 35 Precio promedio del Petróleo 2020 - jun 2023	111
Figura 36 Precio del Petróleo - Producción y consumo mundial de Petróleo	112
Figura 37 Precio del Petróleo - Producción y consumo de Petróleo en Colombia	114
Figura 38 Comentario del Sr. Presidente de la República en la red social X	126

## LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1 Países actualmente miembros de la OPEP	35
Tabla 2 Principales crudos de referencia a nivel mundial	44
Tabla 3 Principales crudos de referencia de Colombia	45
Tabla 4 Clasificación de los crudos por contenido de azufre	45
Tabla 5 Clasificación de los crudos por tipo de petróleo	46
Tabla 6 Variables a correlacionar: precio del crudo de referencia BRENT e Inversión Extranjera Directa sector petrolero	54
Tabla 7 Coeficiente de determinación y correlación de las líneas de tendencia para los datos del Precio del Crudo de referencia BRENT y la Inversión Extranjera Directa Sector Petrolero	56
Tabla 8 Datos para el cálculo del Coeficiente de Determinación y Correlación para los datos del Precio del Crudo de referencia BRENT y la Inversión Extranjera Directa Sector Petrolero	58
Tabla 9 Datos para resolver ecuación polinómica de grado 2 para los datos del Precio del Crudo de referencia BRENT y la Inversión Extranjera Directa sector petrolero	60
Tabla 10 Variables a correlacionar: precio del crudo de referencia BRENT y el Producto Interno Bruto – PIB Extracción de Petróleo Crudo y Gas Natural y actividades de apoyo para la extracción de Petróleo y de Gas Natural	66
Tabla 11 Coeficiente de Determinación y Correlación para los Datos del Precio del Crudo de referencia BRENT y el Producto Interno Bruto - PIB	67
Tabla 12 Datos para el cálculo del Coeficiente de Determinación y Correlación para los datos del Precio del crudo de referencia BRENT y el PIB extracción de Petróleo Crudo y Gas 2009-2019	68
Tabla 13 Datos para resolver ecuación polinómica de Grado 2 para los datos del Precio del Crudo de referencia BRENT y el PIB Extracción de Petróleo Crudo y Gas 2009-2019	71
Tabla 14 Datos comparativos de las ecuaciones polinómicas de grado 2 para los datos del precio del crudo de referencia BRENT y el PIB Extracción de Petróleo Crudo y Gas 2009-2019	74
Tabla 15 Variables a correlacionar: Precio del crudo de referencia BRENT y TRM	78
Tabla 16 Coeficiente de Determinación y Correlación para los datos del Precio del Crudo de referencia BRENT y el Producto Interno Bruto - PIB	79

Tabla 17 Datos para el cálculo del Coeficiente de Determinación y Correlación para los datos del precio del crudo de referencia BRENT y la Tasa Representativa del Mercado-TRM 2009-2019	81
Tabla 18 Cálculos de las variables a correlacionar: Precio del crudo de referencia BRENT y la TRM en Colombia 2009-2019	82
Tabla 19 Cálculos de las variables para hallar la pendiente (m) de la línea de tendencia	85
Tabla 20 Variables a correlacionar: Precio del crudo de referencia BRENT e IPC	89
Tabla 21 Coeficiente de Determinación y Correlación para los datos del precio del crudo de referencia BRENT y el IPC	90
Tabla 22 Datos para el cálculo del Coeficiente de Determinación y Correlación para los datos del precio del crudo de referencia BRENT y el IPC en Colombia 2009-2019	92
Tabla 23 Cálculos de las variables a correlacionar: Precio del Crudo de referencia BRENT y el IPC en Colombia 2009-2019	94
Tabla 24 Variables a correlacionar: Precio del crudo de referencia BRENT y las exportaciones del petróleo y sus derivados	100
Tabla 25 Coeficiente de Determinación y Correlación para los datos del precio del crudo de referencia BRENT y las exportaciones de petróleo y derivados 2009-2019	101
Tabla 26 Datos para el cálculo del Coeficiente de Determinación y Correlación para los datos del precio del crudo de referencia BRENT y exportaciones de petróleo y derivados 2009-2019	103
Tabla 27 Cálculos de las variables a correlacionar: Precio del crudo de referencia BRENT y las exportaciones de petróleo y derivados 2009-2019	105
Tabla 28 Inversión Extranjera Directa en Colombia 2020-2022	115
Tabla 29 Proyección y desviación de la Inversión Extranjera Directa en Colombia 2020-2022	116
Tabla 30 Producto Interno Bruto en Colombia - PIB 2020-2022	117
Tabla 31 Proyección y desviación del Producto Interno Bruto en Colombia - PIB 2020-2022	118
Tabla 32 Tasa Representativa del Mercado en Colombia - TRM 2020-2022	119
Tabla 33 Precio del Crudo de referencia BRENT–Tasa Representativa del Mercado-TRM 2020-2022	120
Tabla 34 Índice de Inflación – IPC en Colombia 2020-2022	121
Tabla 35 Las Exportaciones en Colombia 2020-2022	122

Tabla 36 Escenarios para la Inversión Extranjera Directa - IED	127
Tabla 37 Escenarios para la Tasa Representativa del Mercado - TRM	128
Tabla 38 Escenarios para la Inflación en Colombia	129
Tabla 39 Escenarios para las Exportaciones del Sector Petrolero en Colombia	130

## RESUMEN

El presente trabajo de grado titulado, Análisis del impacto de la pandemia del Covid-19 y la guerra en Ucrania en los precios internacionales del petróleo y su repercusión en la actividad petrolera en Colombia, es una investigación analítica para buscar alternativas al futuro económico en el país teniendo en cuenta el proceso de transición energética donde se requieren recursos económicos importantes para su desarrollo y garantizar el sostenimiento energético del país.

Para la investigación se analizaron cuatro momentos cruciales tanto a nivel internacional como nacional: La línea base 2009-2019, la pandemia del Covid-19, la guerra de Rusia y Ucrania y finalmente los lineamientos del nuevo gobierno nacional que por primera vez en la historia del país es de ideología de izquierda.

De igual forma la investigación se centra en el análisis de seis grandes indicadores que impactan la economía nacional: los precios internacionales del crudo, la Inversión Extranjera Directa (IED), el Producto Interno Bruto (PIB), la Tasa Representativa del Mercado (TRM), la inflación (IPC) y las exportaciones.

**Palabras Clave:** petróleo, precios, economía, pandemia, covid-19, crisis, impacto, análisis, Colombia, balance, perspectivas, IED, PIB, TRM, IPC, exportaciones.

## INTRODUCCIÓN

La presente investigación es una oportunidad para analizar el impacto que ha dejado hasta el momento la pandemia del Covid-19 y la guerra en Ucrania, en los precios internacionales del crudo, como a su vez el impacto en el primer año del nuevo gobierno nacional especialmente en el sector petrolero con el fin de buscar alternativas al futuro económico en el país, teniendo en cuenta el proceso de transición energética que se está implementando donde se requieren recursos económicos importantes para su desarrollo y garantizar el sostenimiento y la seguridad energética en Colombia.

Como objetivos específicos del estudio hemos planteado realizar un análisis de los precios internacionales del petróleo y su impacto tanto, en la inversión extranjera directa como en el Producto Interno Bruto, la Tasa Representativa del Mercado, la inflación y las exportaciones en Colombia, para tener una línea base del comportamiento económico prepandemia del Covid-19 en el País. Además, analizar el comportamiento de los precios internacionales del petróleo durante la pandemia del Covid-19 y la guerra en Ucrania, como a su vez el impacto en la inversión extranjera directa, las repercusiones en el Producto Interno Bruto en el sector petrolero y a su vez analizar el impacto en la Tasa Representativa del Mercado, la inflación y las exportaciones del país. Por otra parte, correlacionar el comportamiento de los precios internacionales del petróleo, el comportamiento de la inversión extranjera directa, el Producto Interno Bruto, la Tasa Representativa del Mercado en Colombia, la inflación y las exportaciones, tanto en la línea base como en el periodo de la pandemia del Covid-19 y la guerra en Ucrania, y finalmente, comparar la línea base del estudio con los hallazgos producto de la pandemia del Covid-19 y la guerra en Ucrania, analizando su impacto con el fin de proponer posibles escenarios para la sostenibilidad energética y económica en el país teniendo en cuenta la visión del nuevo gobierno nacional.

La estructura de este trabajo de grado está desarrollada en cuatro capítulos, donde, el primero contiene la metodología de este proyecto, la cual parte del enfoque y diseño de la investigación donde se estructura la relación de las variables del estudio que serán presentadas en el marco teórico y de esta forma analizar las hipótesis planteadas y delimitadas en la muestra representativa de la información recopilada.

Las fuentes de los datos se recogieron directamente de documentos, entrevistas, foros, publicaciones en diferentes medios nacionales e internacionales y de las fuentes bibliográficas citadas en el presente documento.

En el segundo capítulo se desarrolla el marco teórico de referenciación con diferentes autores a cerca de los principales hechos, temas y conceptos teóricos que permiten fundamentar el proceso del análisis en los tres momentos e indicadores cruciales tanto a nivel internacional como nacional y poder así realizar una prognosis con criterio fundamentado.

El tercer capítulo trata del análisis de los datos recopilados de las diferentes fuentes de información con la finalidad de hacer juicios de valor y obtener conclusiones precisas que nos ayudarán a alcanzar los objetivos planteados en este trabajo de grado.

En el cuarto y último capítulo, se detallan las conclusiones y recomendaciones del análisis de los resultados del estudio con base en la comparación con el estudio de la línea base de la investigación.

# 1. METODOLOGÍA

## 1.1 Planteamiento del problema

Desarrollar el análisis del impacto de la pandemia del Covid-19 y la guerra en Ucrania en los precios internacionales del petróleo y la visión del nuevo gobierno nacional a partir del 7 de agosto de 2022, para el sector petrolero; son tres de los cuatro momentos que enfocaremos en nuestro estudio, comparativo con la línea base 2009-2019 de los principales indicadores económicos del país, los cuales nos darán una oportunidad para buscar alternativas al futuro económico nacional teniendo en cuenta el proceso actual de transición energética donde se requieren recursos económicos importantes para su desarrollo y garantizar el sostenimiento y la seguridad energética del país.

El primer momento será analizar la línea base 2009-2019 de los principales indicadores económicos del país, para poder correlacionarlos con el precio internacional del crudo y determinar la mejor curva que nos permita proyectar para los próximos años el comportamiento de estos indicadores y poder realizar juicios de valor de forma robusta.

El segundo momento inicia a través del Decreto 417 del 17 de marzo del 2020, por el cual se declara un Estado de Emergencia Económica, Social y Ecológica en todo el territorio Nacional. El Gobierno en cabeza del presidente de la República Iván Duque Márquez, adoptó una serie de medidas con el objeto de prevenir y controlar la propagación del COVID-19 y mitigar sus efectos.

En algunos apartes del Decreto 417, se contextualiza la situación del momento del sector de hidrocarburos a nivel mundial y los impactos a la economía nacional, los cuales cito textualmente:

Que adicionalmente se presentó una ruptura no prevista del acuerdo de recorte de la producción de crudo de la OPEP+, que reunía a los productores de crudo de la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP) y otros países, entre ellos principalmente a Rusia. Que esta ruptura y la menor demanda mundial de crudo producto del nuevo coronavirus COVID 19 implicó un desplome abrupto del precio del petróleo, para la referencia BRENT entre el 6 y el 9 de marzo se presentó una caída del 24%, siendo

la segunda caída más fuerte desde 1988. En los días siguientes, el precio ha presentado una constante disminución, llegando el 16 de marzo a \$30,2 USD/Barril para la referencia BRENT y \$28,8 USD/Barril para WTI. Que el derrumbe en el precio internacional del petróleo fue totalmente sorpresivo y no previsto, previo a la semana del 6 de marzo de 2020, las principales agencias especializadas y el mercado preveían que el precio del petróleo se ubicaría en niveles similares a los observados en 2019. Es el caso de la Agencia de Energía de Estados Unidos, que proyectaba que el BRENT se ubicaría en niveles promedio de \$64 USD/Barril en 2020. Consistente con estas previsiones el presupuesto general de la Nación, aprobado por el Congreso de la República para el año 2020 se basó en un precio promedio BRENT de \$60,5 USD/Barril (Decreto 417, 2020, pág. 4).

Que, debido a la caída del petróleo y a la incertidumbre de los mercados por la situación global, el dólar ha tenido una subida abrupta en los mercados emergentes y en países productores de petróleo. Así en el caso colombiano, la Tasa Representativa del Mercado (TRM) ha subido niveles que no se habían registrado nunca antes, cotizándose en promedio al 16 de marzo de 2020 en \$4.099,93. Esto representó un alza de \$577 en 11 días, con respecto al nivel observado antes del choque (\$3.522,4), Que, de acuerdo a cálculos del Ministerio de Hacienda, en un escenario moderado, que contempla una recuperación parcial de los precios del petróleo hacia el final del año, el crecimiento económico se vería afectado en alrededor de 1pp. Los menores precios del petróleo, aunados a un menor crecimiento de la economía, generarían efectos negativos sobre el balance fiscal. En efecto, se estima que el nuevo escenario macroeconómico podría inducir un deterioro en el balance del Gobierno Nacional Central de más de 3bn de COP en 2020 (equivalentes a 0,3% del PIB), cifra que aumentaría a cerca de 6bn en 2021 (0,5% del PIB). En un escenario aún más negativo, en el que los precios del petróleo no se recuperen en el segundo semestre, estos efectos sobre el balance fiscal podrían ascender a 0,4% en 2020 y a 0,6% del PIB en 2021. Lo anterior significa un cambio abrupto en el panorama fiscal, que en ausencia de medidas contundentes pueden repercutir en la estabilidad macroeconómica del país. Que los choques que afectan los mercados financieros y laborales suelen tener efectos profundos y prolongados que deterioran el crecimiento, el bienestar de la sociedad y el empleo como lo muestran la experiencia de la crisis colombiana de fin de siglo y la

experiencia de la crisis internacional de 2008. En el caso de la experiencia colombiana, durante 1999 se redujo la tasa de crecimiento económico a -4.1% y se produjo un aumento en la tasa de desempleo de 12,5% en 1997 a 20,2% en el año 2000 (Decreto 417, 2020, pág. 5).

Debemos tener claro que Colombia es un país con petróleo, pero muy diferente a ser un país petrolero y, por tanto, nosotros no tenemos ninguna injerencia en los precios internacionales del petróleo y, por ende, dependemos en su totalidad de las disposiciones del mercado, de los países con las grandes reservas de hidrocarburos y sus gobiernos. Uno de los problemas en Colombia, radica en gran parte en que nos hemos creído el cuento de que somos un país petrolero sin serlo y las políticas energéticas han sido muy cortoplacistas y no enmarcadas como Estado sino como gobierno de turno.

La crisis de los precios del petróleo causada en parte por el brote del COVID-19 tiene efectos drásticos en los flujos de ingresos e inversión de los países de la región ricos en recursos naturales no-renovables y afecta de manera inmediata a los ingresos fiscales provenientes de estos recursos (Balza, et al., 2020).

En principio debemos salir del pensamiento tradicional de las crisis petroleras, para entender la huella que ya ha dejado el COVID-19. En esta ocasión, no fue producto de bajas de precios por consecuencias geopolíticas; ataques con drones; guerras en el medio oriente, o cualquier episodio que el lector pueda recordar. Esta crisis del COVID-19, y que tocará a México de manera muy relevante, la podemos definir como una “caída brutal del consumo de petróleo” que puede ascender, este año 2020, a más de 30 Millones de barriles por día (Osorio, 2020). De acuerdo a lo descrito por este autor de igual manera repercute en Colombia.

“El tercer momento arranca el 24 de febrero de 2022 cuando tropas rusas — provenientes de Rusia y Belarús — cruzaron la frontera en varios puntos e invadieron Ucrania, tras meses de tensiones y acumulación de fuerzas militares” (CNN Español, 2023).

La invasión de Rusia a Ucrania desató una guerra que se ha convertido en un acontecimiento mundial dado el apoyo de los EEUU como cabeza de los países de la OTAN a Ucrania, la cual se desarrolla en pleno momento de la pandemia del Covid-19 y que ha repercutido en la generación de una de las mayores crisis energéticas en Europa que ha tocado al mundo globalizado y por ende a Colombia debido al no suministro de gas y petróleo por parte de Rusia a Europa y que ha repercutido en los mercados internacionales incrementando el precio de los hidrocarburos.

“El conflicto en Ucrania llevó a los precios del petróleo a su precio más alto de los últimos siete años” (BBC News Mundo, 2022).

“Rusia es el segundo exportador mundial de crudo y suministra más del 40% de las importaciones anuales de gas natural de la Unión Europea” (El Espectador, 2022).

Desde que inició la invasión rusa el 24 de febrero de 2022, los precios del petróleo son los que más han aumentado entre los commodities que revisa el mercado colombiano. El precio del crudo BRENT, de referencia para el país, ha subido 20,4% (La República, 2022). Cualquier posible acuerdo para introducir más crudo venezolano en los mercados mundiales ayudaría a Estados Unidos, que está cada vez más desesperado por reducir los precios del petróleo para limitar el daño a las economías occidentales por la guerra y por las sanciones impuestas al petróleo ruso. Las consecuencias económicas están reduciendo el apoyo a Ucrania en su lucha contra su vecino más grande (The New York Times, 2022).

Y finalmente el cuarto momento del análisis de este proyecto de trabajo de grado, se da a partir de la posesión del nuevo gobierno constitucional del país, el 7 de agosto de 2022, cuando el Señor Presidente Gustavo Francisco Petro Urrego recibió el juramento por parte del Presidente del Congreso de la República para gobernar por los próximos cuatro años los destinos de Colombia. Es la primera vez en la historia democrática del país que este es dirigido por un partido político de izquierda.

En su discurso de posesión el nuevo mandatario de Colombia fue enfático en afirmar: “...Nosotros estamos dispuestos a transitar a una economía sin carbón y sin petróleo, pero poco ayudamos a la humanidad con ello. No somos nosotros los que emitimos los gases de efecto invernadero. Son los ricos del mundo quienes lo hacen, acercando al ser humano a su extinción,

pero nosotros sí tenemos la mayor esponja de absorción de estos gases después de los océanos: La selva amazónica....” (Petro, 2022)

Este mensaje reafirmó su postura política frente a la industria extractivista del país y de inmediato los mercados reaccionaron.

Gustavo Petro promete acabar con el petróleo y hunde bonos extranjeros de Ecopetrol (La República, 2022).

“Después de la posesión de Gustavo Petro estamos a la expectativa del texto de la propuesta de reforma tributaria, sin embargo, de alguna forma las expectativas se han venido controlando de lo que va a ser el recaudo, en la medida en la que va entrando el gobierno se empieza a ser más realista.” (Nates, 2022).

“Al mercado al parecer no le gustó tanto la nueva Ministra de Minas y Energía y esto va a afectar un poco las expectativas sobre Ecopetrol y el peso colombiano también.” (Nates, 2022).

La Superintendencia Financiera, de igual manera, puntualizó que la Tasa Representativa del Mercado (TRM) para el comienzo de la jornada de este lunes 8 de agosto será de 4.337 pesos (Semana, 2022).

Cabe mencionar que la divisa estadounidense ha subido cerca de 400 pesos desde el pasado 19 de junio, día en el que el líder del Pacto Histórico fue elegido como nuevo presidente. Sin embargo, una de las principales razones de la volatilidad del dólar en el país es por una posible recesión global (Semana, 2022).

## **1.2 Antecedentes**

El país cuenta con un horizonte de 7,5 años en la relación reservas producción de acuerdo con el último indicador presentado por la Agencia Nacional de Hidrocarburos – ANH a diciembre 31 de 2022, esto quiere decir, que si en el corto plazo no descubrimos un campo petrolero que aporte un significativo número de reservas de petróleo, en un periodo de 7 años y medio perderemos la autosuficiencia y tendremos que importar petróleo a precios internacionales generando una crisis aún mayor en nuestra economía, dado que en las últimas décadas el país ha dependido de los ingresos por la actividad petrolera.

Por tanto, es preocupante la situación del sector y aún más con la crisis ocasionada por la pandemia del Covid-19 que ha paralizado las economías del mundo dados los confinamientos para evitar la propagación y contagio del virus. El sector industrial se ha visto afectado al igual que el comercio, el turismo, el transporte en general y el sector petrolero que directamente se interrelaciona con estos sectores económicos.

“Durante décadas el precio del barril de crudo a variado por diversas razones: oferta y demanda, la geopolítica, pronunciamientos de la OPEP, la calidad del crudo, la competencia del mercado y los efectos ambientales, entre otros” (Rodríguez Esparza, 2020).

En el artículo “El Impacto de los Precios del Petróleo sobre el Crecimiento Económico en Colombia”, el cual hizo parte de una investigación sobre el efecto en la economía del país a nivel agregado y sectorial realizado por el Departamento Nacional de Planeación - DNP, concluye que efectivamente hay una correlación en los efectos cambiarios y por tanto, ha afectado de manera positiva y negativa tanto las importaciones como exportaciones y cuya combinación de estos efectos sobre el comportamiento de la producción sectorial no es concluyente ni homogénea entre sectores (Perilla, 2010).

Por otra parte, en el artículo “La variación de los precios del petróleo y su influencia en las economías de Colombia y Ecuador. Análisis comparativo de indicadores macroeconómicos y sociodemográficos entre 2008 y 2017”, de la revista en Contexto, se encontró una divergencia entre el pensar de la población sobre la economía y las afectaciones que pueda tener la variación positiva o negativa del precio internacional del petróleo (García Marín, 2019).

Además, en el estudio “Impactos del Precio del Petróleo sobre los Principales Indicadores de Empleo por Departamentos en Colombia”, se demuestran las diferencias de los efectos del BRENT sobre las variables de empleo por las categorías departamentales y expone los posibles canales de transmisión, que actúan como intermediarios entre los choques del BRENT y los indicadores de empleo (Anuar Mohamed, 2018).

El presente siglo XXI comenzó con los precios de hidrocarburos al alza después de la última caída drástica de los precios internacionales del petróleo en el siglo XX en el año de 1998 debido al exceso de producción de los países miembros de la OPEP.

La primera crisis en el Siglo XXI en los precios internacionales del petróleo se presenta en el año 2009, después de haber llegado en 2008 a su máximo valor de cotización en el mercado americano (NYMEX) con el WTI a 100.06 USD\$/Bbl y en el mercado europeo (IPE) a 97.26 USD\$/Bbl.

La fuerte caída en los precios internacionales del crudo en el año 2009 con una cotización promedio para el WTI de 61.92 USD\$/Bbl, es decir, una disminución del 38.1% de valor en el mercado americano y el BRENT de 61.67 USD\$/Bbl, es decir, una disminución del 36.6% de valor en el mercado europeo, fue producto de la crisis financiera mundial en el 2008 que se desató con la quiebra del banco estadounidense Lehman Brothers y a la recesión económica que se desató a nivel mundial y por tanto, golpeo las finanzas y la economía del país.

El segundo hito de este siglo XXI en lo referente a la caída de los precios internacionales del crudo, se produce en agosto de 2014 por el incremento en la producción de países como EEUU con la nueva tecnología de extracción de crudo de la roca generadora (fracking o yacimientos no convencionales).

Nuevamente los EEUU llegaron a la cima de países productores de petróleo (desplazando a Arabia Saudita), y también se ubicó por encima de Rusia en la producción de hidrocarburos (crudo y gas).

Además del incremento en la producción de países como Irak, Canadá y Brasil en el presal en ese mismo año 2014. El exceso de oferta y la competencia han sido los señalados como culpables de esta debacle del oro negro en ese año. Los precios tocaron fondo en febrero de 2016 cuando llegaron a estar por debajo de los 30 US\$/Bbl después de estar por encima de los 115 US\$/Bbl en 2011.

Para este primer momento de análisis del trabajo de grado, el tercer y cuarto hito serán claves en el desarrollo del proyecto. El tercer hito está relacionado con la Pandemia del Covid-19 y el cuarto hito con la Guerra de Rusia y Ucrania.

Además, de estos antecedentes, en el año 2022 en particular hay dos escenarios que de igual forma se tendrán que analizar en las repercusiones del entorno económico y las operaciones

de la industria petrolera nacional y el impacto en la economía colombiana como son la guerra Rusia-Ucrania y el nuevo gobierno nacional que se posesionó a partir del 7 de agosto de 2022.

La historia de Ucrania y Rusia está entrelazada y se remonta al menos hasta la edad media, en el contexto del Kievan Rus, un estado eslavo oriental. Pero ambos evolucionaron por separado, teniendo cada uno un idioma y cultura, que partía de una raíz común. (CNN Español, 2023).

A partir del siglo XVII, grandes porciones de territorio de Ucrania pasaron a formar parte del creciente Imperio Ruso. Mientras que, en el siglo XX, con excepción de un breve período de independencia en 1917, Ucrania se incorporó a la Unión Soviética (CNN Español, 2023).

La independencia duradera finalmente llegó en 1991, tras la disolución de la URSS, y a partir de entonces, Ucrania puso la mirada en Europa y su interés de pertenecer a la OTAN —la alianza militar liderada por Estados Unidos que se había enfrentado durante la Guerra Fría al Pacto de Varsovia— precisamente para asegurar esa independencia. En especial luego de que Ucrania devolviera a Rusia, tras la independencia, las armas nucleares que estaban desplegadas en su territorio en tiempos de la URSS (CNN Español, 2023).

En julio de 2021, el mismo Putin dijo en un largo ensayo que rusos y ucranianos eran "un sólo pueblo". También señaló que Occidente había corrompido a Ucrania y la había sacado de la órbita de Rusia mediante un "cambio de identidad forzado" (CNN Español, 2023).

Para este segundo momento de análisis del trabajo de grado, los sucesos ocurridos desde el 24 de febrero de 2022 en Europa y el mundo, serán claves en el desarrollo del proyecto.

Finalmente, en más de doscientos años de vida republicana de nuestro país, llega al gobierno el Sr. Gustavo Francisco Petro Urrego, un representante de política de izquierda elegido democráticamente por más de 11 millones de votos, siendo hasta el momento el presidente elegido

con la más alta votación en la historia del país y recibió su juramento de dirigir los destinos de Colombia, el pasado 7 de agosto de 2022 de acuerdo a la constitución política nacional de 1991.

Nacido en 1960 en Ciénaga de Oro, Córdoba, en el norte de Colombia, Petro se lanzó por tercera vez a la presidencia como candidato oficial de la izquierda. Tiene el reto de dejar atrás la imagen de sus opositores de ser un líder de ideas y actitudes recalcitrantes, y de tratar de unir a los sectores progresistas para gobernar el país (CNN Español, 2022).

Durante su campaña, Gustavo Petro cargó a costas el lastre de haber sido integrante de un grupo guerrillero que propició una de las peores tragedias de la historia del país, la toma del Palacio de Justicia (a pesar de no haber participado directamente), pero a la vez de ser uno de los líderes políticos más importantes de la historia reciente de Colombia (CNN Español, 2022).

Petro se define como un líder de izquierda "progresista" en un país altamente tradicional y de derecha. Propone hacer "girar la economía alrededor de la vida", apostarle a la riqueza natural y a la protección del medio ambiente, así como "profundizar la democracia", y hacer una estructura económica "que se base en la producción y no en la extracción", según dijo en una entrevista a CNN en julio de 2021 (CNN Español, 2022).

"No es posible una América Latina —llámela usted de izquierda o de derechas— que viva de sacar gas, petróleo o cobre. La única posibilidad de un desarrollo sostenible en América Latina es el conocimiento, es la producción", dijo a CNN en julio de 2021 (CNN Español, 2022).

Para este tercer y último momento de análisis del trabajo de grado, los sucesos ocurridos desde el 7 de agosto del año 2022 en Colombia serán claves en el desarrollo del proyecto.

### **1.3 Pregunta de Investigación**

Así pues, la pregunta a responder en esta investigación es:

¿Cuál ha sido el impacto de la pandemia del Covid-19 y la guerra en Ucrania en los precios internacionales del petróleo y su repercusión en la inversión extranjera directa, en el Producto Interno Bruto, en la Tasa Representativa del Mercado, la inflación y las exportaciones del sector petrolero en el país, además del plan del nuevo gobierno democrático de izquierda en Colombia?

### **1.4 Justificación**

En los más de tres años la pandemia del Covid-19 ha propiciado cambios muy importantes en el ámbito social y económico a nivel mundial. Para muchas empresas el modelo de negocio cambió para asegurar su permanencia en el mercado. El sector petrolero se vio seriamente afectado debido a la parálisis económica en los sectores comerciales, de turismo y transportes por efectos del confinamiento y ello conllevó al cierre de empresas y fronteras en los países, perturbando las operaciones de transporte de toda índole (aéreo, terrestre y fluvial). Por tanto, el consumo de los derivados del petróleo se ha visto seriamente afectado por falta de demanda e igualmente se ha visto afectada la oferta.

El precio internacional del petróleo ha tenido una gran repercusión por este efecto y se desea a través de esta investigación conocer el impacto en las inversiones, los efectos en las operaciones del sector petrolero y las repercusiones en el producto interno bruto del país como uno de los indicadores más importantes para analizar el crecimiento económico de Colombia. De igual forma la guerra desatada en Europa por parte de Rusia en Ucrania ha impactado en la economía mundial con el abastecimiento de gas y petróleo a Europa y, por tanto, ha generado un impacto muy importante en los precios internacionales del petróleo que han repercutido en nuestro país.

Otra particularidad en el análisis, son las posiciones políticas del nuevo gobierno del presidente Gustavo Francisco Petro Urrego en relación con el sector de hidrocarburos y los impactos que repercutirán drásticamente a la economía y el desarrollo del País.

## **1.5 Objetivo General**

Analizar el impacto de la pandemia del Covid-19 y la guerra en Ucrania, en los precios internacionales del petróleo y su repercusión en la inversión extranjera directa, la actividad petrolera, el producto interno bruto en Colombia, la Tasa Representativa del Mercado, la inflación y las exportaciones.

## **1.6 Objetivos Específicos**

- Realizar un análisis de los precios internacionales del petróleo y su impacto tanto, en la inversión extranjera directa como en el Producto Interno Bruto en Colombia, la Tasa Representativa del Mercado, la inflación y las exportaciones para tener una línea base del comportamiento económico prepandemia del Covid-19 en el País.
- Analizar el comportamiento de los precios internacionales del petróleo durante la pandemia del Covid-19 y la guerra en Ucrania, como a su vez el impacto en la inversión extranjera directa y las repercusiones en el Producto Interno Bruto, la Tasa Representativa del Mercado, la inflación y las exportaciones en el sector petrolero y el País.
- Correlacionar el comportamiento de los precios internacionales del petróleo, el comportamiento de la inversión extranjera directa, el Producto Interno Bruto, la Tasa Representativa del Mercado en Colombia, la inflación y las exportaciones, tanto en la línea base como en el periodo de la pandemia del Covid-19 y la guerra en Ucrania.
- Comparar la línea base del estudio con los hallazgos producto de la pandemia del Covid-19 y la guerra en Ucrania, analizando su impacto con el fin de proponer posibles escenarios para la sostenibilidad energética y económica en el país.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Conceptos preliminares

#### 2.1.1 Actividad Petrolera:

Son todos los procesos que incluye la cadena de valor de la industria petrolera: exploración, producción, almacenamiento, transporte, refinación y comercialización.

#### 2.1.2 Coeficiente de Correlación de Pearson ( $r$ ):

El coeficiente de correlación de Pearson, también llamado coeficiente de correlación lineal o simplemente coeficiente de correlación, es una medida estadística que indica la relación entre dos variables. El coeficiente de correlación de Pearson de dos variables estadísticas es igual al cociente entre la covarianza de las variables y la raíz cuadrada del producto de la varianza de cada variable.

$$\rho_{XY} = \frac{Cov(X, Y)}{\sqrt{Var(X) \cdot Var(Y)}}$$

Los valores del coeficiente de correlación de Pearson se encuentran entre 1 y -1. No basta sólo con conocer el valor del coeficiente de correlación de Pearson sino entender el resultado e interpretarlo de acuerdo con los siguientes parámetros:

**$r = -1$ :** las dos variables tienen una correlación perfecta negativa, por lo que se puede trazar una recta con pendiente negativa en la que se encuentren todos los puntos.

**$-1 < r < 0$ :** la correlación entre las dos variables es negativa, por lo tanto, cuando una variable aumenta la otra disminuye. Cuanto más cerca esté el valor de -1 significa que más relacionadas negativamente están las variables.

**$r = 0$ :** la correlación entre las dos variables es muy débil, de hecho, la relación lineal entre ellas es nula. Esto no significa que las variables sean independientes, ya que podrían tener una relación no lineal.

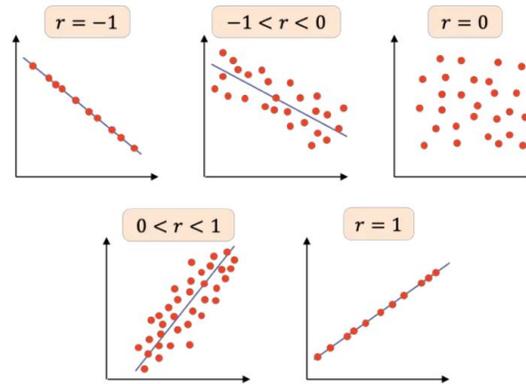
**$0 < r < 1$ :** la correlación entre las dos variables es positiva, cuanto más cerca esté el valor de +1 más fuerte es la relación entre las variables. En este caso, una variable tiende a incrementar su valor cuando la otra también aumenta.

**$r = 1$ :** las dos variables tienen una correlación perfecta positiva, es decir, tienen una relación lineal positiva.

La figura 1, ilustra los posibles resultados del coeficiente de correlación de Pearson:

**Figura 1**

*Posibles Resultados del Coeficiente de Correlación de Pearson*



Nota. Resultados e interpretación del coeficiente de correlación. Tomado de: ProbabilidadyEstadística.net de Academia Balderix. (2023). Coeficiente de correlación de Pearson. <https://www.probabilidadyestadistica.net/coeficiente-de-correlacion-de-pearson/>

### 2.1.3 Coeficiente de determinación ( $R^2$ )

Es una medida estadística que se conoce más comúnmente como R-cuadrado o ( $R^2$ ), evalúa la fuerza de la relación lineal entre dos variables, y es muy utilizado por los investigadores cuando realizan análisis de tendencias.

$$R^2 = \frac{\sum_{t=1}^T (\hat{Y}_t - \bar{Y})^2}{\sum_{t=1}^T (Y_t - \bar{Y})^2}$$

Donde:

$$\sum_{t=1}^T (\hat{Y}_t - \bar{Y})^2$$

Es la variación de los valores estimados de Y ( $\hat{Y}_t$ ) alrededor de su media ( $\bar{Y}$ ) que se denomina suma de cuadrados debido a la regresión.

$$\sum_{t=1}^T (Y_t - \bar{Y})^2$$

Es la variación total de los valores reales de Y respecto de su media ( $\bar{Y}$ ), que se denomina suma total de cuadrados.

Un valor de 1,0 indica un ajuste perfecto y, por tanto, un modelo muy fiable para las previsiones futuras, mientras que un valor de 0,0 indicaría que el cálculo no logra modelar los datos con precisión en absoluto. Pero un valor de 0,20, por ejemplo, sugiere que el 20% de la variable dependiente es predicha por la variable independiente, mientras que un valor de 0,50 sugiere que el 50% de la variable dependiente es predicha por la variable independiente, y así sucesivamente.

En conclusión, cuanto más cerca de 1 se sitúe su valor, mayor será el ajuste del modelo a la variable que estamos intentando explicar. De forma inversa, cuanto más cerca de cero, menos ajustado estará el modelo y, por tanto, menos fiable será (Estrategias de Inversión, s.f.).

#### ***2.1.4 Comercialización:***

Es el proceso de venta o exportación del petróleo crudo y sus derivados y la compra o importación del petróleo crudo y sus derivados.

#### ***2.1.5 Commodities:***

Es un material tangible que se puede comerciar, comprar o vender. Al encontrarse sin procesar, no posee ningún valor añadido o diferencial más allá de su proveniencia, por eso se suele usar como materia prima para fabricar productos más refinados.

Los commodities son un elemento productivo básico, lo cual los convierte en un activo muy interesante para el comercio. De hecho, en la actualidad existen dos tipos de mercados donde se compran y venden commodities. En el mercado al contado se vende la materia prima en tiempo real, de manera que el pago se realiza inmediatamente y el producto se entrega en ese mismo momento.

En cambio, en el mercado de futuros o bolsas de commodities se negocian las materias primas mediante contratos de futuros en los que se fijan por adelantado la cantidad y el precio para

una venta posterior. Esa negociación es similar a la compraventa de acciones, de manera que existen brókeres de futuros que adquieren contratos que pueden ser revendidos o recomprados.

Ejemplos de commodities: petróleo, gas natural, carbón, maíz, trigo, arroz, carne, leche, oro, plata, cobre, aluminio, café, azúcar, cacao, entre otros (Universidad Europea, 2022).

### **2.1.6 Covarianza:**

Es el valor que refleja en qué cuantía dos variables aleatorias varían de forma conjunta respecto a sus medias.

Nos permite saber cómo se comporta una variable en función de lo que hace otra variable. Es decir, cuando X sube ¿Cómo se comporta Y? Así pues, la covarianza puede tomar los siguientes valores:

Covarianza (X,Y) es menor que cero cuando “X” sube e “Y” baja. Hay una relación negativa.

Covarianza (X,Y) es mayor que cero cuando “X” sube e “Y” sube. Hay una relación positiva.

Covarianza (X,Y) es igual que cero cuando no hay relación existente entre las variables “X” e “Y” (Economipedia, 2020).

### **2.1.7 Crudo de Referencia BRENT:**

El crudo BRENT recibe su nombre del yacimiento BRENT, en el mar del Norte, que a su vez se nombró según la costumbre de la compañía Shell de poner a sus yacimientos nombres de aves acuáticas por orden alfabético. El nombre del yacimiento y del crudo corresponde a la barnacla carinegra, en inglés BRENT goose.

A su vez, el nombre BRENT prestó sus letras para nombrar las cinco formaciones geológicas características de los yacimientos del mar del Norte: Broom, Rannoch, Etive, Ness y Tarbert (Vetustideces, 2023).

El crudo BRENT se obtiene de los campos petrolíferos del mar del Norte: BRENT, Forties, Oseberg y Ekofisk (IG, s.f.).

A partir del año 2011 el crudo BRENT es el referente del mercado de exportación de los crudos colombianos.

#### ***2.1.8 Crudo de Referencia WTI:***

El petróleo WTI (West Texas Intermediate o Texas Light Sweet) es un petróleo que contiene el promedio de características del petróleo extraído en campos occidentales de Texas (USA).

Debido a su poco contenido de azufre, es catalogado como petróleo dulce y en relación a su densidad, el petróleo WTI es catalogado como liviano (Zona Económica, s.f.).

Hasta el año 2010 el crudo WTI fue el referente del mercado de exportación de los crudos colombianos.

#### ***2.1.9 Divisa:***

Una divisa es toda moneda extranjera, es decir, monedas oficiales distintas de la moneda legal en el propio país.

#### ***2.1.10 Exploración Petrolera:***

Es la búsqueda de petróleo y gas en el subsuelo.

#### ***2.1.11 Guerra entre Rusia y Ucrania:***

El presidente de Rusia Vladímir Putin ordenó el jueves 24 de febrero del año 2022 atacar la región de Donbás en Ucrania. El conflicto se deriva por “la expansión de la OTAN y el desarrollo militar del territorio de Ucrania por parte de la Alianza es inaceptable para Rusia”, justificó entonces el jefe del Kremlin. Las tropas rusas han atacado desde ese día varias regiones del país, incluida la capital de Kiev, en un conflicto bélico de final incierto (El País, 2022).

#### ***2.1.12 Hidrocarburos:***

Compuesto químico orgánico formado por hidrógeno y carbono en cualquiera de sus fases, líquida, sólida o gaseosa. La estructura molecular de un hidrocarburo varía desde la más simple,

como por ejemplo el metano - que forma el gas natural hasta estructuras muy pesadas y complejas. (Ecopetrol S.A., 2014)

Para el desarrollo de este trabajo de grado cuando se mencionen los hidrocarburos se hace referencia al petróleo y gas como un todo, es decir, una unidad.

### ***2.1.13 Inflación – IPC:***

La inflación al consumidor es el aumento generalizado y sostenido de los precios de los bienes y servicios más representativos del consumo de los hogares de un país (Banco de la República, s.f.). La inflación se define como la variación porcentual del IPC entre dos periodos.

El índice de precios al consumidor – IPC, es un indicador que mide la evolución del costo promedio de una canasta de bienes y servicios representativa del consumo final de los hogares.

### ***2.1.14 Inversión Extranjera Directa – IED:***

Es la inversión directa realizada por inversionistas residentes en el exterior en empresas residentes en Colombia. También se denomina inversión directa pasiva (Banco de la República, s.f.).

### ***2.1.15 Oligopolio:***

Es un ejemplo más de lo que podemos definir como un mercado de competencia imperfecta. En este tipo de mercado un **pequeño grupo de empresas controla, si no el 100% del mercado, sí una gran porción de este**. Estas empresas no permiten el acceso a otras más pequeñas a participar en él.

En el oligopolio, al igual que en el monopolio, encontramos una situación de mercado donde muy pocos controlan mediante la oferta, la demanda de muchos (Economía 3, s.f.).

### ***2.1.16 OPEP:***

La Organización de Países Exportadores de Petróleo - OPEP, es una organización reconocida desde el 6 de noviembre de 1962 por la Organización de las Naciones Unidas (ONU), gracias a la resolución número 6.363. La OPEP tuvo su sede en Ginebra (Suiza) entre 1960 y 1965, después la trasladó a Viena, gracias a las facilidades que otorgó el gobierno austríaco (OPEC, 2023).

La OPEP actualmente está conformada por 13 países de África, Asia y América. Se resaltan en la tabla 1 en negrilla los cinco estados fundadores (OPEC, 2023).

**Tabla 1**

*Países actualmente miembros de la OPEP*

País	Región	Ingreso	Petróleo		
			Producción (bbl/día)	Exportación (bbl/día)	Reservas (mdbl)
<b>Venezuela</b>	Sur América	1960	568.000	468.800	303.561
<b>Arabia Saudita</b>	Oriente Medio	1960	9.213.000	6.658.000	261.600
<b>Irán</b>	Oriente Medio	1960	1.985.300	404.500	208.600
<b>Irak</b>	Oriente Medio	1960	3.996.800	3.428.400	145.019
<b>Kuwait</b>	Oriente Medio	1960	2.438.000	1.826.300	101.510
Emiratos Árabes Unidos	Oriente Medio	1967	2.778.000	2.418.000	107.000
Libia	África	1962	389.300	347.200	46.363
Nigeria	África	1971	1.493.200	1.879.000	36.910
Argelia	África	1960	898.700	438.700	12.200
Angola	África	2007	1.271.000	1.219.700	7.231
Gabón	África	2016	207.400	196.100	2.000
República del Congo	África	2018	299.900	282.200	1.811
Guinea Ecuatorial	África	2017	113.600	114.500	1.100
<b>Total</b>			<b>25.652.200</b>	<b>19.681.400</b>	<b>1.236.905</b>

Nota. Los datos de producción, exportación y reservas son a diciembre 31 de 2020. Tomado de: OPEC. (2023). [https://www.opec.org/opec\\_web/en/about\\_us/25.htm](https://www.opec.org/opec_web/en/about_us/25.htm).

### 2.1.17 OPEP+:

La alianza de la OPEP con otros 10 países productores de petróleo se estableció en el 2016. Desde entonces, la OPEP+ reúne a los 13 países de la OPEP, que hemos citado anteriormente, y a

los siguientes países: Rusia, México, Kazajstán, Azerbaiyán, Baréin, Brunéi, Malasia, Omán, Sudán y Sudán del Sur (Self Bank by Singular Bank, s.f.).

#### ***2.1.18 OTAN:***

La Organización del Tratado del Atlántico Norte, también conocida como la Alianza Atlántica, es una alianza de países de Europa y Norteamérica. Constituye un enlace único entre estos dos continentes, lo que les permite consultar y cooperar en el campo de la defensa y la seguridad y realizar juntos operaciones multinacionales de gestión de crisis.

La seguridad en nuestras vidas diarias es clave para nuestro bienestar. La finalidad de la OTAN es garantizar la libertad y la seguridad de sus países miembros por medios políticos y militares.

La OTAN opera con arreglo al principio de que un ataque contra uno o varios de sus miembros se considera un ataque contra todos. Este es el principio de defensa colectiva, consagrado en el Artículo 5 del Tratado de Washington.

Hasta la fecha, el Artículo 5 se ha invocado en una ocasión, en respuesta a los ataques terroristas del 11S de 2001 en los Estados Unidos (OTAN, s.f.).

#### ***2.1.19 Pandemia del Covid-19:***

La COVID-19 es la enfermedad causada por el nuevo coronavirus conocido como SARS-CoV-2. La Organización Mundial de la Salud - OMS tuvo noticia por primera vez de la existencia de este nuevo virus el 31 de diciembre de 2019, al ser informada de un grupo de casos de «neumonía vírica» que se habían declarado en Wuhan (República Popular China) (OMS, 2022).

#### ***2.1.20 Precio:***

el pago o recompensa que se asigna a la obtención de bienes o servicios o, más en general, a una mercancía cualquiera. A pesar de que tal pago no necesariamente se efectúa en dinero los precios son generalmente referidos o medidos en unidades monetarias. En la industria petrolera la unidad monetaria es el USD\$/Bbl.

### ***2.1.21 Precio Internacional del Petróleo:***

Este indicador, afecta el costo de producción, a través del consumo de derivados (combustibles y otros productos de la refinación), e influye de diversas maneras en las decisiones de inversión en bienes durables que son complementarios con el consumo de derivados como también en los costos de transporte y, por tanto, en los sectores donde se tiene una correlación directa con este servicio.

### ***2.1.22 Producción Petrolera:***

Es la actividad de la industria que se encarga de las operaciones empleadas para traer a la superficie los hidrocarburos naturales (petróleo y gas), utilizando la energía natural del yacimiento (recuperación primaria) o mediante la aplicación de otros métodos de extracción como la recuperación secundaria y el recobro mejorado – EOR.

### ***2.1.23 Producto Interno Bruto – PIB:***

El producto interno bruto (PIB) es el valor de mercado de todos los bienes y servicios finales producidos usando los factores de producción disponibles dentro de un país en un periodo determinado (Banco de la República, s.f.)

### ***2.1.24 Reservas Petroleras:***

la cantidad de petróleo descubierto en un yacimiento que sea comercialmente explotable.

### ***2.1.25 Tasa Representativa del Mercado – TRM:***

La tasa de cambio representativa del mercado (TRM) es la cantidad de pesos colombianos por un dólar de los Estados Unidos. La TRM se calcula con base en las operaciones de compra y venta de divisas entre intermediarios financieros que transan en el mercado cambiario colombiano,

con cumplimiento el mismo día cuando se realiza la negociación de las divisas (Banco de la República, s.f.).

Actualmente la Superintendencia Financiera de Colombia es la que calcula y certifica diariamente la TRM con base en las operaciones registradas el día hábil inmediatamente anterior (Banco de la República, s.f.).

#### **2.1.26 Transición energética:**

Es la evolución al uso de energías menos contaminantes y que ayuden a minimizar los impactos del cambio climático. Para este siglo XXI el proceso de transición es el paso del uso de los combustibles fósiles a energías alternativas como el hidrógeno, la energía solar térmica y fotovoltaica, la energía eólica, la hidroenergía, la energía de los océanos y la energía geotérmica entre otras (Rodríguez Esparza, Los aportes de la U. de América al proceso de transición energética, 2021).

#### **2.1.27 3bn de COP:**

Significa tres billones de pesos colombianos, es decir, tres millones de millones de pesos.

#### **2.1.28 Ipp:**

Significa un punto porcentual

#### **2.1.29 Varianza:**

Es una medida de dispersión que representa la variabilidad de una serie de datos respecto a su media. Formalmente se calcula como la suma de los residuos al cuadrado divididos entre el total de observaciones.

La varianza siempre es mayor o igual que cero. Al elevarse los residuos al cuadrado es matemáticamente imposible que la varianza salga negativa. Y de esa forma no puede ser menor que cero. Si tenemos datos muy por encima y muy por debajo de la media, esta será menos representativa y lo veremos reflejado en una elevada varianza (Economipedia, 2023).

$$Var(X) = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}$$

Donde:

**X:** Variable sobre la que se pretende calcular la varianza

**xi:** observación número i de la variable X. i puede tomará valores entre 1 y n.

**n:** número de observaciones.

**$\bar{x}$ :** Es la media de la variable X.

### 3. ANÁLISIS DE LOS DATOS RECOPIRADOS

#### 3.1 Líneas Base y Correlaciones del Precio Internacional del Petróleo con los principales Indicadores Económicos del País

En esta primera parte del tercer capítulo del trabajo de grado, se estructuran las líneas base de las principales variables y las correlaciones entre el comportamiento de los precios internacionales del petróleo y los principales indicadores económicos del país, para el análisis de las principales variables a tener en cuenta en el desarrollo de la investigación y poder tener un referente para conceptualizar y lograr efectuar una prognosis con un criterio lógico y de esta forma plantear escenarios para la toma de decisiones que determinarán el camino socioeconómico del país en esta década.

##### 3.1.1 Línea base de los Precios Internacionales del Petróleo

A lo largo de la historia se han originado unas causas que han impactado directamente en la fluctuación de los precios internacionales del petróleo de alguna forma positiva o negativamente. La figura 2 señala los principales hitos históricos que han afectado el precio internacional del petróleo. Teniendo en cuenta estos hitos en los precios del petróleo, se pueden identificar las principales variables que influyen en la fluctuación de estos valores del crudo así:

- La oferta y la demanda de cada crudo
- La calidad: gravedad API, contenido de Azufre
- Los costos de producción (Lifting Cost)
- El valor de los fletes para transportarlo
- Las variaciones de tipo estacional en la demanda
- Los inventarios existentes en un sitio y en un momento determinado
- La Geopolítica y los conflictos internacionales (Ej: Invasión Irak a Kuwait, Guerra del Golfo y la Guerra en Ucrania, etc.)



**Figura 3**

*Compañías Petroleras que conformaban las siete hermanas*



Nota. Primer oligopolio: las siete hermanas. Tomado de: Banesco. (2014).  
<http://blog.banesco.com/las-siete-hermanas-ya-no-dominan-el-mercado-petrolero/>

El segundo oligopolio más importante de la industria surgió el 14 de septiembre de 1960 cuando se creó en Bagdad – Irak, la Organización de Países Exportadores de Petróleo – OPEP, con el objetivo de defender la soberanía y los precios del petróleo. Los países fundadores fueron Venezuela, Irán, Iraq, Kuwait y Arabia Saudita. Actualmente la OPEP está conformada además de sus países fundadores por otros países miembros que se han incorporado a la organización así: 1962: Libia; 1967: Emiratos Árabes Unidos; 1969: Argelia; 1971: Nigeria; Angola: 2007; 1975-1995,2016: Gabón; 2017: Guinea Ecuatorial; 2018: República Democrática del Congo.

**Figura 4**

*Países miembros actuales de la OPEP*



Nota. Ubicación de los países miembros de la OPEP en el hemisferio. Tomado de: OPEC. (2023). [https://www.opec.org/opec\\_web/en/](https://www.opec.org/opec_web/en/)

La figura 5 muestra cómo se determina el valor técnico del petróleo crudo.

**Figura 5**

*Valor Técnico del Crudo*



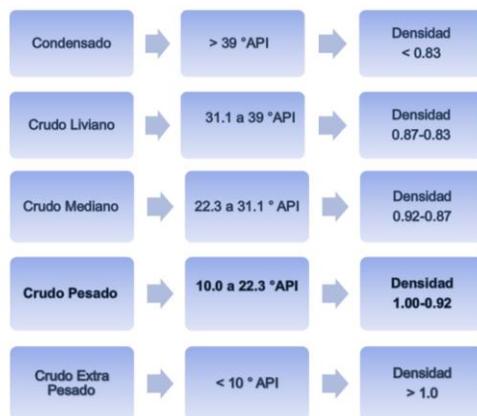
Nota. Valorización del petróleo en el mercado.

El petróleo se valoriza en el mercado teniendo en cuenta la cotización de los crudos de referencia de acuerdo con su cobertura comercial en el mundo (ver tabla 2), igualmente en Colombia se tienen crudos de referencia de campos específicos los cuales se pueden apreciar en la tabla 3.

Teniendo en cuenta el crudo de referencia, a estos se les hace un descuento por calidad en grados API (American Petroleum Institute), es decir, entre más grados API, los crudos son más livianos y tienen mejor precio internacional, dado que se pueden extraer más gasolinas y productos condensados. Entre menos grados API, los crudos son más pesados y tienen menor valor en el mercado, (ver figura 6).

**Figura 6**

*Clasificación de los Crudos por grados API*



Nota. Clasificación de crudos por calidad.

**Tabla 2**

*Principales crudos de referencia a nivel mundial*

Tipo de Crudo	Calidad del Crudo		Campos Petroleros	Cotización en Bolsa de Valores	Mercado de Referencia
	Grado API	Azufre			
WTI	39,6°	0,24%	West Texas Intermediate, EEUU	NYMEX	América, el Caribe, parte de Europa y Medio Oriente Asiático
BRENT	38,06°	0,37%	BRENT, Forties, Oseberg y Ekofisk - Mar del Norte (Europa)	Electrónico Intercontinental Petroleum Exchange (ICE)	Europa, Norte de África, Brasil, <b>Colombia</b> y Medio Oriente Asiático
Cesta OPEP	16° - 45,3°	0,09% - 2,93%	Merey (Venezuela); 16° pesado; 2,42% S	Viena, Austria	Mundial
			Arab Light (Arabia Saudita); 33,4° liviano; 1,78% S		
			Iran Heavy (Iran); 30,02° mediano; 1,7% S		
			Basora Light (Irak); 37° liviano; 2,93% S		
			Murban (Emiratos Árabes Unidos); 39,8° liviano; 0,82% S		
			Kuwait Export; 30,6° liviano; 2,52% S		
			Es Sider (Libia); 36,7° liviano; 0,37% S		
			Bonny Light (Nigeria); 32,9° liviano; 0,16% S		
			Saharan Blend (Argelia); 45,3° Condensado; 0,09% S		
			Girasol (Angola); 30,8° mediano; 0,34% S		
Rubi Light (Gabón); 35,8° liviano; 0,11% S					
OPEP +	29° - 50°	0,066% - 17%	Emeraude (República del Congo); 23,6° mediano; 0,14% S	Viena, Austria	Mundial
			Zafiro (Guinea Ecuatorial); 30° mediano; 0,25% S		
			Sokol Crude (Rusia); 39,7° liviano; 0,18% S		
			Olmecca (México); 39,37° liviano; 0,93% S		
			Tengiz (Kazajstán); 47,5° Condensado; 17% S		
			Azeri Light (Azerbaiyán); 35,2° liviano; 0,14% S		
			Abu Safah (Baréin); 29° mediano; 2,85% S		
			Seria Light (Brunéi); 39° liviano; 0,066% S		
Seligi (Malasia); 50° Condensado; 0,09% S					
Lekhwaier (Omán); 37,5° liviano; 0,11% S					
Greater Heglig (Sudán); 29,6° mediano; 0,34% S					
Tharjiath (Sudán del Sur); 30,8° mediano; 0,25% S					
DUBAI	31°	2,04%	Golfo Pérsico	Singapur	Asia

**Tabla 3***Principales crudos de referencia de Colombia*

Tipo de Crudo	Calidad del Crudo		Campos Petroleros	Cotización en Bolsa de Valores	Mercado de Referencia
	Grado API	Azufre			
CASTILLA	18,8 <sup>o</sup>	1,97%	Campo de Castilla (Departamento del Meta, Llanos Orientales)	BVC	Corea del Sur y Asia Pacífico
CAÑO LIMÓN	29,1 <sup>o</sup>	0,5%	Campo Caño Limón (Departamento de Arauca, Llanos Orientales)		EEUU, Trinidad y Tobago, Europa y Asia Pacífico
SOUTH BLEND	28,6 <sup>o</sup>	0,72%	Campos del Sur Oeste de Colombia		Asia Pacífico
MAGDALENA	20,4 <sup>o</sup>	1,6	Campos del Magdalena Medio y Llanos Orientales		Europa y Asia Pacífico
MEZCLA VASCONIA	24,3 <sup>o</sup>	0,83%	Campos de Petróleo Colombianos (Llanos Orientales, Centro y Sur del País)		EEUU, Trinidad y Tobago, Europa y Asia Pacífico

Nota. Crudos de referencia colombianos.

Posteriormente se descuenta un valor por las impurezas del crudo como son los contenidos de azufre (ver tabla 4), sales, agua y sedimentos (BS&W).

**Tabla 4***Clasificación de los crudos por contenido de azufre*

Tipo de Crudo	Contenido de Azufre	Observaciones
Petróleo Dulce (Sweet Crude Oil)	< 0.5%	Preferido para producir naftas y destilados livianos. Petróleo de gran calidad. <b>Mejor precio en el mercado</b>
Petróleo Agrio (Sour Crude Oil)	>1%	Mayor costo de refinación por requerir procesos de desulfurización para sus destilados. <b>Menor precio en el mercado</b>

Nota. Contenido de azufre en crudos.

Otra clasificación de los crudos es por el tipo de petróleo, que se debe tener en cuenta para el precio internacional del mercado (ver tabla 5).

**Tabla 5***Clasificación de los crudos por tipo de petróleo*

<b>Tipo de Crudo</b>	<b>Observaciones</b>
Base parafínica	De color claro, fluido de baja densidad (0.75-0.85 g/ml). Rinden más nafta que los asfálticos. Son más fáciles de procesar y tienen <b>mejor precio de venta</b>
Base Asfáltica	Negros, viscosos y de elevada densidad (0.95 g/ml). Producen poca nafta y abundante fuel-oil, quedando asfalto como residuo. Es necesaria mayor capacidad de procesamiento (complejidad) y por tanto, tienen <b>menor precio de venta</b>
Base Mixta	Posee características de ambos

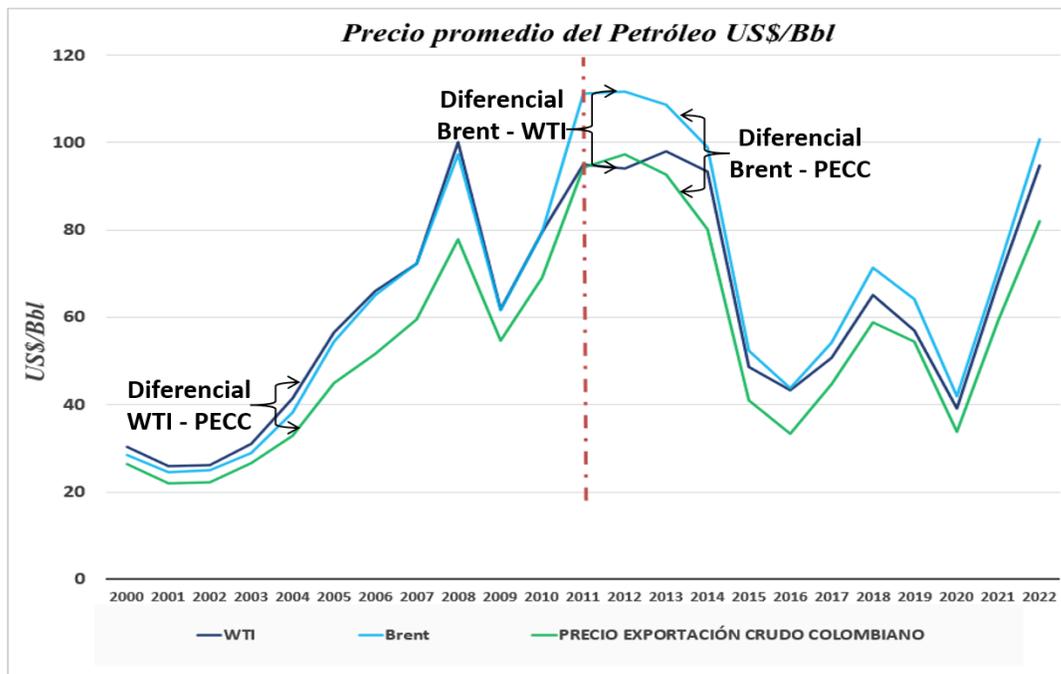
Nota. Crudos por tipo de petróleo.

En países como el nuestro que producimos petróleo sin ser petroleros, el precio internacional del petróleo impacta nuestra economía y finanzas, dado que no tenemos ninguna injerencia en la política de precios internacionales del petróleo.

Estamos sujetos a muchas variables que inciden en el precio internacional como la calidad: gravedad API y el contenido de Azufre. En nuestro caso el crudo de exportación colombiano comparado con el precio del petróleo de referencia West Texas Intermediate – WTI en la primera década de este siglo XXI, dado que era nuestro referente de exportación al mercado americano por efecto de calidad se vendió en promedio a 9,43 US\$/Bbl menos que el WTI, es decir, que siendo la cotización promedio de esa década para el WTI de 53,75 US\$/Bbl, Colombia exportó su crudo en promedio a 44,32 US\$/Bbl en ese mismo periodo de tiempo. A partir del año 2011 Ecopetrol S.A. cambió el mercado de referencia para la exportación del crudo colombiano dada el diferencial entre el crudo de referencia WTI y el BRENT del mercado europeo, que si bien el crudo BRENT es de menor calidad que el WTI se cotizaba mucho mejor en el mercado por otra variable a tener en cuenta en el precio del crudo como es la geopolítica y la estabilidad de los mercados internacionales. Si bien es cierto para esta última década el diferencial de nuestro crudo de exportación es mayor con el crudo BRENT en comparación que con el WTI en la década anterior, dado que pasamos de un diferencial de 9,43 US\$/Bbl con el WTI a 12,65 US\$/Bbl con el BRENT, es decir, 3,22 US\$/Bbl más; el precio del crudo de referencia BRENT se ha cotizado en promedio 6,93 US\$/Bbl más alto que el WTI en la última década, por tanto, este cambio de mercado referencial para nuestro crudo ha sido positivo en 3,71 US\$/Bbl promedio año en la última década. La siguiente figura 7, muestra este análisis:

**Figura 7**

*Precio promedio del Petróleo en el Siglo XXI*

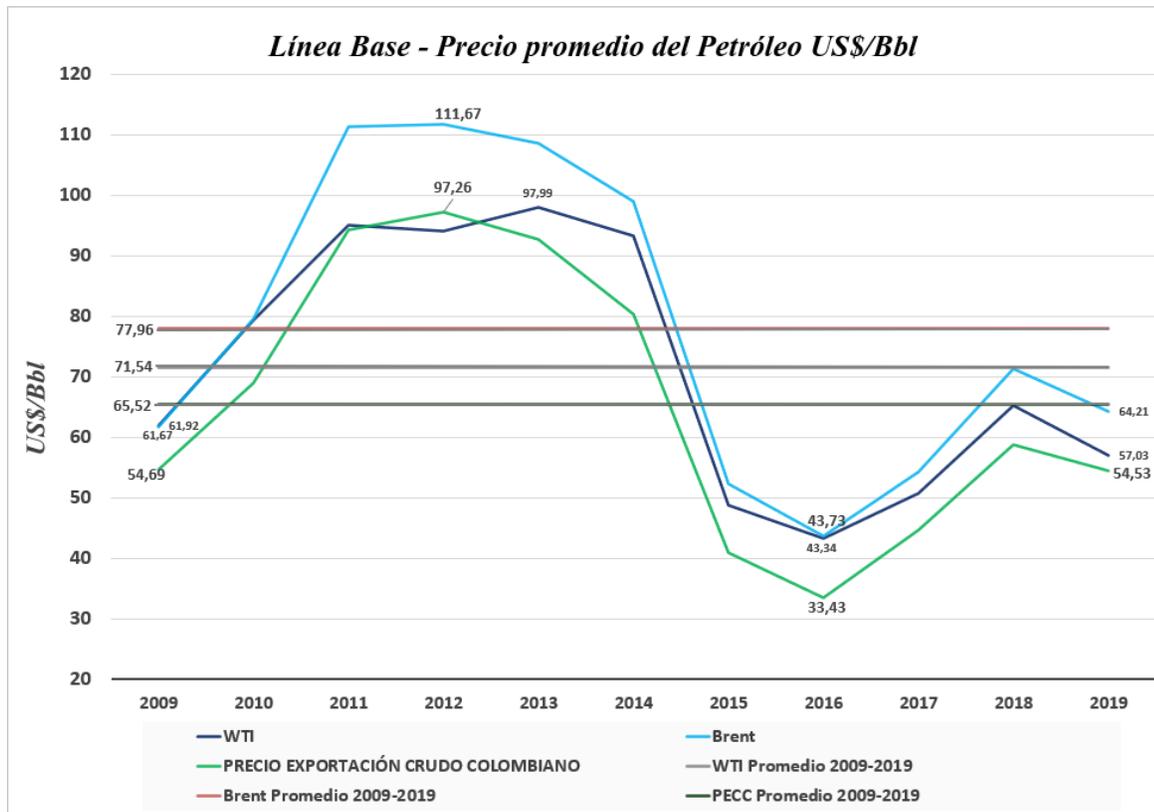


Nota. Precio del petróleo 2000-2022. Tomado de: (1) BP. (2022). 71 edition. <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2022-full-report.pdf>, (2) Departamento Administrativo de Estadística - DANE. (2023). <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/comercio-internacional/exportaciones>, (3) Datosmacro. (2022). <https://datosmacro.expansion.com/materias-primas/brent?anio=2022>.

Para el análisis de este trabajo de grado para optar por el título de Magister en Administración - MBA, se tomó como línea base los precios internacionales del petróleo desde el año 2009 al año 2019, siendo esta la década anterior inmediata al objeto de estudio: la Pandemia del Covid-19 que inició en noviembre de 2019 y que comenzó a impactar al mundo a partir de marzo de 2020, la guerra entre Rusia y Ucrania iniciada en febrero de 2022 y el nuevo gobierno de Colombia iniciado en agosto de 2022.

**Figura 8**

*Línea base precio promedio del Petróleo*



Nota. Precio del petróleo 2009-2019. Tomado de: (1) BP. (2022). 71 edition. <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2022-full-report.pdf>, (2) Departamento Administrativo de Estadística - DANE. (2023). <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/comercio-internacional/exportaciones>.

La figura 8 nos muestra que para el año 2009 el precio internacional del petróleo de referencia WTI era de 61,92 US\$/Bbl y para 2019 de 57,03 US\$/Bbl, es decir, en la década de la línea base el WTI cayó 4,89 US\$/Bbl (-7.9%); sin embargo, durante esa década presentó un máximo histórico 97,99 US\$/Bbl (+58.2%) en 2013 y un valor mínimo de 43,34 US\$/Bbl (-30.0%) en 2016, con un promedio en la década de 71,54 US\$/Bbl (+15.5%).

Es importante resaltar como ya se ha mencionado antes que en esta década y más exactamente en el año 2011, Ecopetrol S.A. toma la decisión de cambiar el crudo de referencia WTI a BRENT por la brecha tan importante en valor de estos crudos de referencia dado principalmente

por temas geopolíticos. Siendo el crudo de referencia BRENT el que mejor beneficiaba al mercado de la canasta de crudos colombiano.

Continuando con el análisis de la línea base del precio internacional del petróleo, el turno es para el referencial BRENT que para el año 2009 se cotizó a 61,92 US\$/Bbl y al final de la década de estudio, es decir, para el año 2019 se valorizó en 64,21 US\$/Bbl, es decir, en la década de la línea base el BRENT se incrementó en 2,54 US\$/Bbl (+4.1%); durante esa década presentó un máximo histórico 111,67 US\$/Bbl (+81.1%) en 2012 y un valor mínimo de 43,73 US\$/Bbl (-29.1%) en 2016, con un promedio en la década de 77,96 US\$/Bbl (+26.4%).

Lo lógico del comportamiento de estos precios es que el crudo de referencia WTI se cotizara mejor que el BRENT dado que el WTI es de mejor calidad que el referencial BRENT, de acuerdo a lo presentado en la tabla 2, sin embargo, esta premisa no se mantuvo en esta década, debido a que primaron otras variables que impulsaron fuertemente al alza del crudo referencial BRENT como los temas geopolíticos tanto en el mercado americano como el mercado europeo y por ende los efectos de oferta y demanda del crudo, los inventarios, los efectos ambientales y la competencia del mercado, entre otros.

Finalmente, en esta línea base de los crudos de referencia se revisó el comportamiento del precio de venta del crudo de exportación colombiano (mezcla Vasconia) que para el año 2009 se valoró a 54,69 US\$/Bbl y al final de la década de estudio, es decir, para el año 2019 se vendió en 54,53 US\$/Bbl, es decir, en esta década de la línea base la mezcla Vasconia levemente disminuyó en 0,16 US\$/Bbl (-0.3%); durante la década presentó un máximo histórico 97,26 US\$/Bbl (+77.8%) en 2012, siendo un valor histórico en precio promedio de ventas del crudo colombiano dado que se cotizó por encima del crudo referencial WTI por primera vez en la historia esto debido al cambio de crudo referencial en 2011 que efectuó Ecopetrol S.A. del WTI al BRENT. Su valor mínimo en la década fue de 33,43 US\$/Bbl (-38.9%) en 2016, con un promedio de precio de venta en la década de 65,52 US\$/Bbl (+19.8%).

### ***3.1.2 Línea base de la Inversión Extranjera Directa en Colombia***

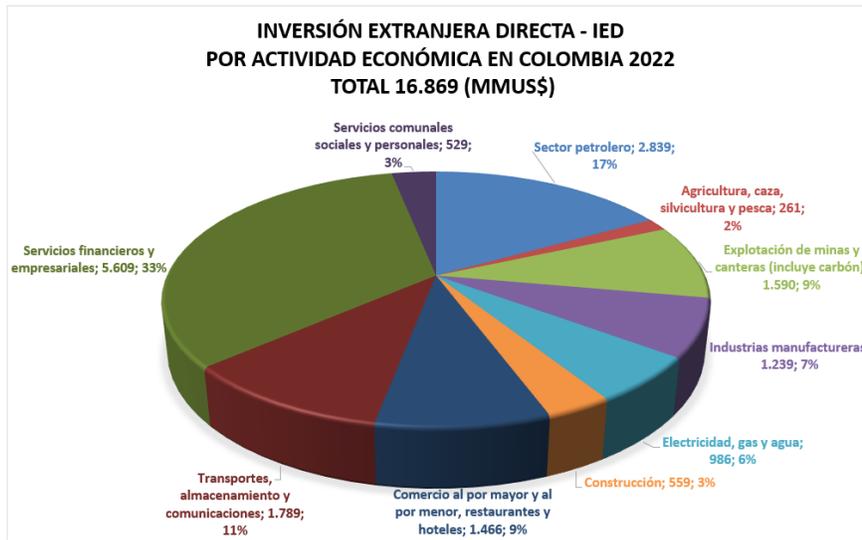
La Inversión Extranjera Directa - IED, es una fuente importante de financiamiento y desarrollo para los países destinatarios. En el caso de Colombia, la IED ha tenido un papel relevante en el crecimiento económico y la diversificación productiva durante las últimas dos décadas.

Sin embargo, también ha generado algunos desafíos y controversias, especialmente en el sector petrolero, que ha sido el principal destino de los flujos de inversión extranjera.

El banco de la República ha dividido la actividad económica del país en 10 sectores económicos para compilar los datos y calcular el indicador para la Inversión Extranjera Directa en Colombia – IED. La figura 9 nos muestra la IED en estos sectores para el año 2022:

**Figura 9**

*Inversión Extranjera Directa por actividad económica en Colombia 2022*



Nota. IED por actividad económica en Colombia 2022. Tomado de: Banco de la República. (s.f.).

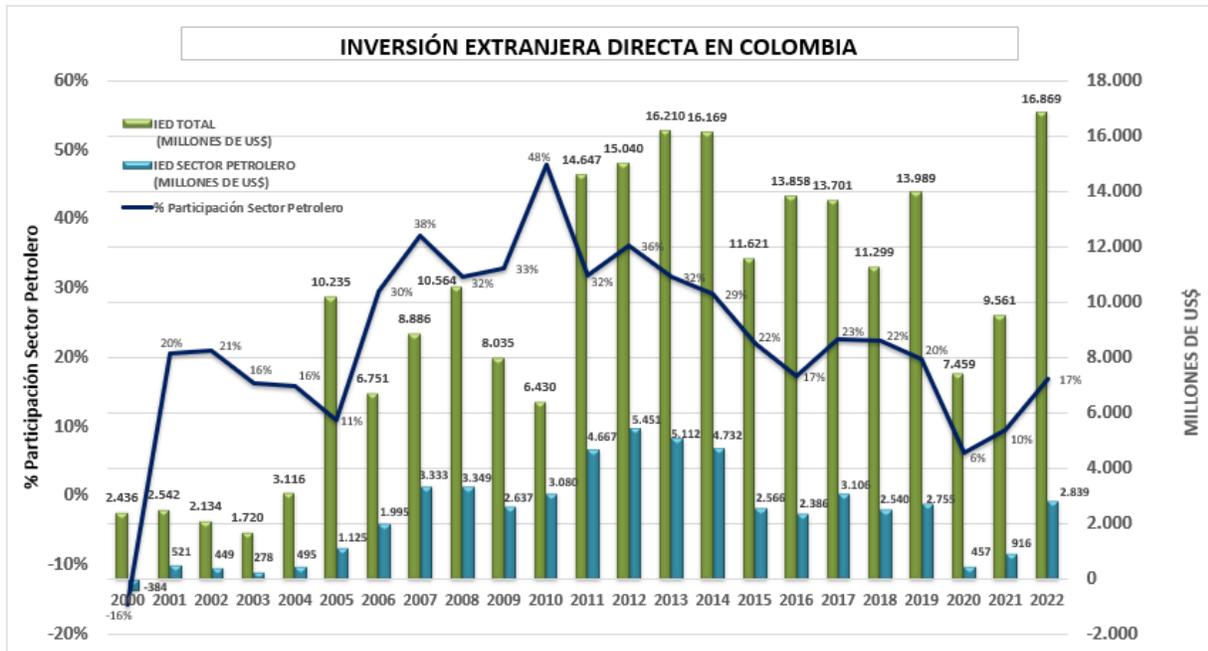
<https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/inversion-directa>.

De la figura 9 podemos deducir que Colombia sin ser un país petrolero recibe una importante inversión desde el exterior que representa el 17% del total de la IED en el año 2022 constituyendo al sector en el segundo renglón más importante después de los servicios financieros y empresariales que recibieron 5.609 MMUS\$ que representan el 33% del IED en el país. Estos dos sectores contribuyen con el 50 % de la IED en Colombia actualmente.

Cabe destacar que el mayor valor de IED recibida en el país en el presente siglo XXI se llevó a cabo en el año 2022. A lo largo de este siglo XXI la IED en nuestro país ha tenido un comportamiento tanto al alza como a la baja dependiendo de factores internos y externos que se reflejan en la aversión o no al riesgo de inversión. La figura 10 representa los valores totales de la IED en Colombia y el aporte de estas inversiones al sector petrolero del país.

**Figura 10**

*Inversión Extranjera Directa en Colombia en el Siglo XXI*



Nota. IED 2000-2022. Tomado de: Banco de la República. (s.f.). <https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/inversion-directa>

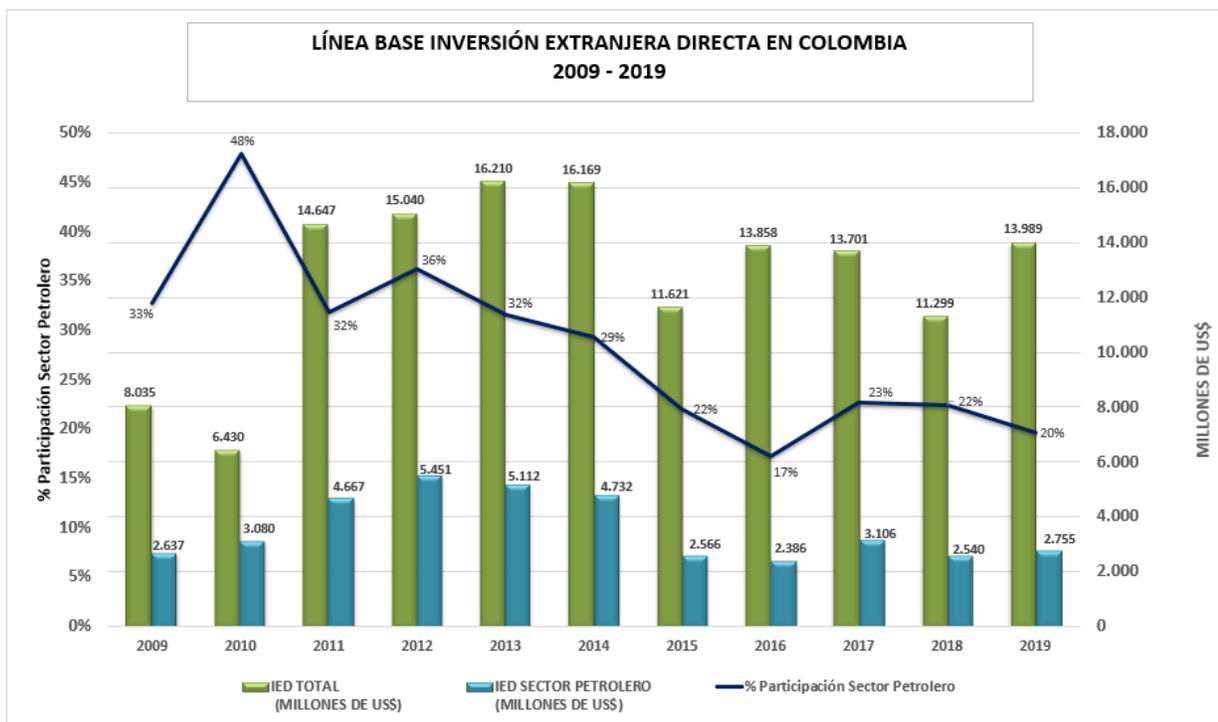
Durante el presente siglo con corte a diciembre de 2022 la IED total para Colombia ha sido de 223,272 MMUS\$ y la participación del sector petrolero en la IED total del país ha sido de 54.406 MMUS\$, es decir, del 24.4%, lo que significa que la cuarta parte de las inversiones extranjeras que llegan al país son para el sector petrolero.

Cabe destacar que el sector petrolero en el presente siglo ha tenido el mayor valor de IED en los años 2006 con 1,995 MMUS\$ (29.6%); 2007 con 3,333 MMUS\$ (37.5%); 2008 con 3,349 MMUS\$ (31.7%); 2010 con 3,080 MMUS\$ (47.9%); 2011 con 4,667 MMUS\$ (31.9%); 2012 con 5,451 MMUS\$ (36.2%); 2013 con 5,112 MMUS\$ (31.5%); 2014 con 4,732 MMUS\$ (29.3%) y 2018 con 2,540 MMUS\$ (22.5%).

Teniendo como referencia de estudio de la línea base para la Inversión Extranjera Directa se presenta su comportamiento en la década de 2009 a 2019 en la figura 11.

**Figura 11**

*Línea base Inversión Extranjera Directa en Colombia 2009-2019*



Nota. IED 2009-2019. Tomado de: Banco de la República. (s.f.). <https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/inversion-directa>.

La Inversión Extranjera Directa en Colombia mostró una tendencia creciente entre 2010 y 2014, alcanzando un máximo histórico de 16.210 MMUS\$ en 2013. En el año 2009 la IED disminuyó debido al coletazo de la crisis económica mundial pero rápidamente se logró encauzar para los próximos años. A partir del año 2015, la IED se redujo significativamente debido a la caída de los precios internacionales del petróleo impulsada principalmente por la sobre oferta de crudo en el mercado debida al auge del incremento en la producción y exportación de los proyectos en los yacimientos de roca generadora (fracking) en los EEUU, como también, al incremento de la producción de crudo en otros países no miembros de la OPEP, como las fuentes bituminosas de Canadá, el proyecto del presal en Brasil y el desbloqueo en Irán; y la decisión de la OPEP de mantener su nivel de producción, liderada por Arabia Saudita, que buscaba defender su cuota de mercado frente a los competidores, principalmente de EEUU, con los proyectos en desarrollo de roca generadora; además, de la desaceleración económica mundial.

En 2019, la IED fue de 13.989 MMUS\$, con un aporte al sector petrolero de 2.755 MMUS\$ (20%) siendo el segundo sector destinatario más importante de la IED después de los servicios financieros y empresariales que comprende las actividades auxiliares de la intermediación financiera y las actividades inmobiliarias, empresariales y de alquiler con un valor de 3.132 MMUS\$ (22.4%), de acuerdo a lo presentado por la Subgerencia de Política Monetaria e Información Económica - Balanza de Pagos del Banco de la República.

El sector petrolero fue el principal destinatario de la IED en Colombia durante el periodo analizado, concentrando el 27.7% del total acumulado entre 2009 y 2019. Le siguieron los sectores de servicios financieros y empresariales (15.1%), Industrias manufactureras (13.6%), Comercio al por mayor y al por menor, restaurantes y hoteles (8.9%) y electricidad, gas y agua (4.1%). El sector petrolero también fue el más afectado por la caída de la IED a partir de 2015, debido a la caída de los precios internacionales del petróleo desde agosto de 2014, registrando una reducción del 68,4% entre ese año y 2019. Además, la IED mejoró la balanza de pagos al compensar parcialmente el déficit comercial y financiar proyectos estratégicos para el desarrollo nacional. Sin embargo, la IED también tuvo algunos efectos negativos o limitados sobre la economía colombiana. Por un lado, la alta dependencia del sector petrolero generó una mayor vulnerabilidad externa y una menor diversificación productiva. Por otro lado, la IED no tuvo un impacto significativo sobre la innovación tecnológica, la productividad o el desarrollo regional.

### ***3.1.3 Correlación entre el comportamiento de los precios internacionales del Petróleo y el comportamiento de la Inversión Extranjera Directa***

Para la selección de la mejor curva de correlación se tendrá en cuenta el mayor valor del resultado del coeficiente de determinación ( $R^2$ ) calculado por la herramienta de Microsoft Excel para los siguientes datos de las variables a correlacionar expuestos en la tabla 6 y graficados en la figura 12.

**Tabla 6**

*Variables a correlacionar: precio del crudo de referencia BRENT e Inversión Extranjera Directa sector petrolero*

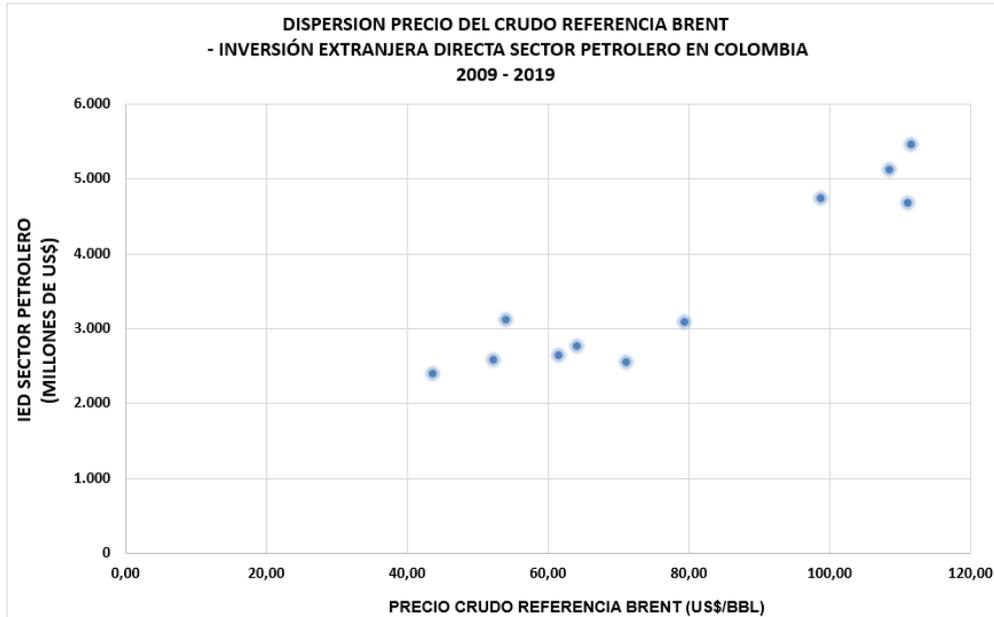
<b>Años</b>	<b>Precio Crudo de Referencia BRENT (US\$/Bbl) (1)</b>	<b>IED Sector Petrolero (Millones de US\$) (2)</b>
	<b>X<sub>i</sub></b>	<b>Y<sub>i</sub></b>
2009	61.67	2,637
2010	79.50	3,080
2011	111.26	4,667
2012	111.67	5,451
2013	108.66	5,112
2014	98.95	4,732
2015	52.39	2,566
2016	43.73	2,386
2017	54.19	3,106
2018	71.31	2,540
2019	64.21	2,755
<b>Total</b>	<b>857.53</b>	<b>39,033</b>

Nota. Datos a correlacionar de líneas base. Tomado de: (1) BP. (2022). 71 edition. <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2022-full-report.pdf>. (2) Banco de la República. (s.f.). <https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/inversion-directa>.

A continuación, se presenta la figura 12 con la dispersión de los datos de la tabla 6

## Figura 12

*Dispersión del Precio del Crudo de Referencia BRENT – Inversión Extranjera Directa Sector Petrolero en Colombia 2009-2019*



Nota. Dispersión de datos. Tomado de: (1) BP. (2022). 71 edition. <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2022-full-report.pdf>. (2) Banco de la República. (s.f.). <https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/inversion-directa>.

Usando la herramienta de Microsoft Excel 2019 se obtuvieron los siguientes resultados de coeficientes de determinación y de correlación para las diferentes líneas de tendencia, los cuales se presentan en la tabla 7.

**Tabla 7**

*Coefficiente de determinación y correlación de las líneas de tendencia para los datos del Precio del Crudo de referencia BRENT y la Inversión Extranjera Directa Sector Petrolero*

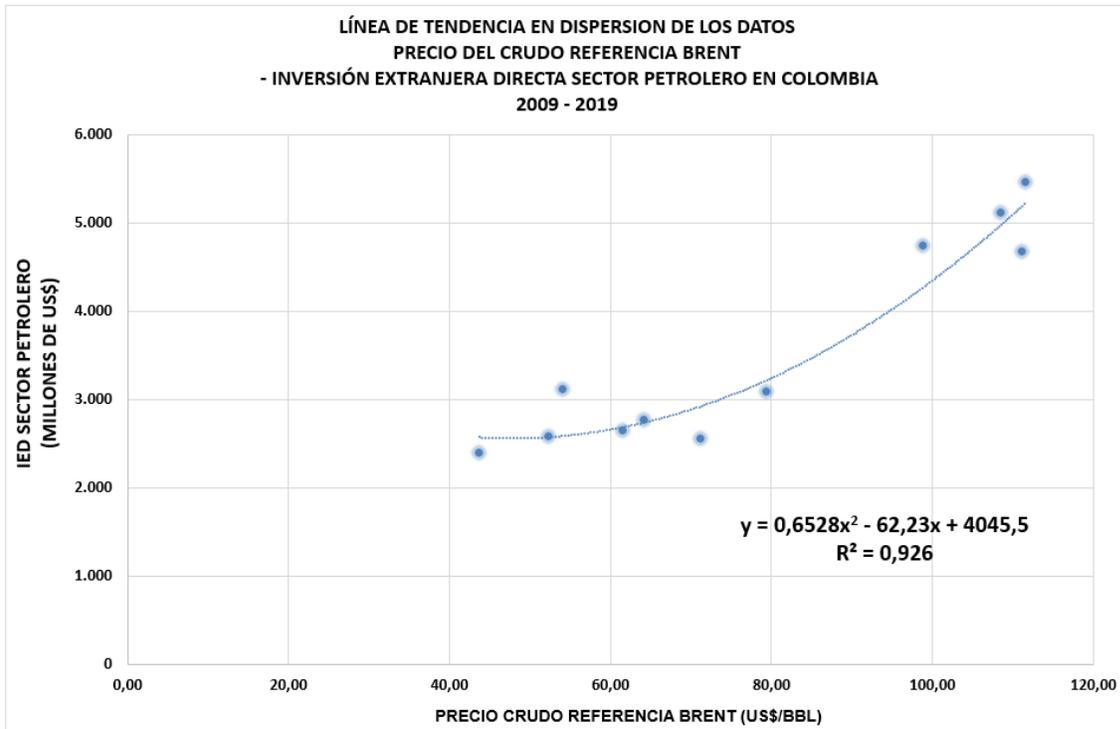
Línea de Tendencia	Coefficiente de Determinación (R <sup>2</sup> )	Coefficiente de Correlación (R)
Exponencial	0.904	0.951
Lineal	0.872	0.934
Logarítmica	0.809	0.899
<b>Polinómica</b>	<b>0.926</b>	<b>0.962</b>
Potencial	0.865	0.930

Nota. Resultados de coeficientes de determinación y correlación. Tomado de: Resultados de Microsoft Excel 2019.

De acuerdo a los resultados logrados a través de la herramienta de Microsoft Excel 2019 y expuestos en la tabla 7, la mejor curva de ajuste a la dispersión de los datos es la línea de tendencia polinómica de grado 2:  $y = 0,6528x^2 - 62,23x + 4045,5$ ; la cual se ilustra en la figura 13 y se denominará para los cálculos matemáticos como  $\hat{Y}$ .

**Figura 13**

*Línea de tendencia en dispersión de los datos del Precio del Crudo de referencia BRENT – Inversión Extranjera Directa Sector Petrolero en Colombia 2009-2019*



Nota. Resultado línea de tendencia. Tomado de: Resultados de Microsoft Excel 2019.

Teniendo en cuenta los datos de la tabla 8, calcularemos matemáticamente el coeficiente de determinación ( $R^2$ ), de acuerdo con los valores estimados para Y, según la línea de tendencia determinada por la herramienta de Microsoft Excel 2019.

$$R^2 = \frac{\sum_{t=1}^T (\hat{Y}_t - \bar{Y})^2}{\sum_{t=1}^T (Y_t - \bar{Y})^2}$$

Primero se calcula el promedio de los datos de la variable dependiente así:

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} : \quad \bar{y} = 39.033/11 = \mathbf{3.548}$$

**Tabla 8**

Datos para el cálculo del Coeficiente de Determinación y Correlación para los datos del Precio del Crudo de referencia BRENT y la Inversión Extranjera Directa Sector Petrolero

Años	Precio Crudo de	IED Sector Petrolero	$\hat{Y}$	$(\hat{Y} - \bar{Y})^2$	$(Y - \bar{Y})^2$
	Referencia BRENT (U\$\$/Bbl) (1)	(Millones de U\$\$) (2)			
	$X_i$	$Y_i$			
2009	61.67	2,637	2,691	736,104	830,113
2010	79.50	3,080	3,224	105,363	219,690
2011	111.26	4,667	5,202	2,735,092	1,252,116
2012	111.67	5,451	5,237	2,850,372	3,619,321
2013	108.66	5,112	4,991	2,081,069	2,443,025
2014	98.95	4,732	4,279	533,952	1,400,287
2015	52.39	2,566	2,577	943,788	964,407
2016	43.73	2,386	2,573	952,512	1,350,813
2017	54.19	3,106	2,590	918,195	195,538
2018	71.31	2,540	2,927	385,693	1,016,976
2019	64.21	2,755	2,741	651,761	628,902
<b>Total</b>	<b>857.53</b>	<b>39,033</b>	<b>39,032</b>	<b>12,893,901</b>	<b>13,921,189</b>

Nota. Cálculos para hallar coeficiente de determinación. Tomado de: (1) BP. (2022). 71 edition. <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2022-full-report.pdf>. (2) Banco de la República. (s.f.) <https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/inversion-directa>.

$$R^2 = \frac{\sum_{t=1}^T (\hat{Y}_t - \bar{Y})^2}{\sum_{t=1}^T (Y_t - \bar{Y})^2} = \frac{12.893.901}{13.921.189} = 0,926$$

Este resultado sugiere que el 92.6% de la variable dependiente (IED) es predicha por la variable independiente (precio crudo de referencia BRENT). Sacando la raíz cuadrada del coeficiente de determinación se calcula el coeficiente de correlación  $R = 0,962$ , que es el mismo que ya se había presentado en la tabla 7.

Dado que  $R^2$  es muy cercano a 1 se puede concluir que el **modelo es muy fiable** para las previsiones futuras.

Para determinar matemáticamente la mejor línea de tendencia en la dispersión de los datos del precio del crudo de referencia BRENT – IED del sector petrolero en Colombia 2009-2019 resuelta por la herramienta de Microsoft Excel 2019 se plantean las siguientes ecuaciones:

Ecuación polinómica de grado 2 a resolver:

$$Y = B_2X^2 + B_1X + B_0$$

Arreglo de ecuaciones para hallar  $B_0$ ,  $B_1$  y  $B_2$  en ecuación polinómica de grado 2

$$n * B_0 + \sum_{i=1}^n X_i * B_1 + \sum_{i=1}^n X_i^2 * B_2 = \sum_{i=1}^n Y_i \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^n X_i * B_0 + \sum_{i=1}^n X_i^2 * B_1 + \sum_{i=1}^n X_i^3 * B_2 = \sum_{i=1}^n X_i Y_i \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^n X_i^2 * B_0 + \sum_{i=1}^n X_i^3 * B_1 + \sum_{i=1}^n X_i^4 * B_2 = \sum_{i=1}^n X_i^2 Y_i \quad (3)$$

**Tabla 9**

*Datos para resolver ecuación polinómica de grado 2 para los datos del Precio del Crudo de referencia BRENT y la Inversión Extranjera Directa sector petrolero*

Años	Precio Crudo de Referencia BRENT (U\$\$/Bbl) (1)	IED Sector Petrolero (Millones de U\$\$) (2)	$X_i^2$	$X_i^3$	$X_i^4$	$X_i * Y_i$	$X_i^2 * Y_i$
	$X_i$	$Y_i$					
2009	61.67	2,637	3,803	234,557	14,465,432	162,651	10,030,869
2010	79.50	3,080	6,320	502,375	39,936,584	244,828	19,462,758
2011	111.26	4,667	12,378	1,377,100	153,210,131	519,282	57,772,996
2012	111.67	5,451	12,470	1,392,535	155,503,953	608,705	67,973,855
2013	108.66	5,112	11,807	1,282,896	139,397,539	555,408	60,349,857
2014	98.95	4,732	9,790	968,712	95,850,218	468,195	46,326,029
2015	52.39	2,566	2,744	143,769	7,531,580	134,448	7,043,277
2016	43.73	2,386	1,913	83,649	3,658,336	104,360	4,564,110
2017	54.19	3,106	2,937	159,153	8,624,915	168,337	9,122,613
2018	71.31	2,540	5,085	362,621	25,858,492	181,130	12,916,387
2019	64.21	2,755	4,123	264,740	16,999,110	176,929	11,360,725
<b>Total</b>	<b>857.53</b>	<b>39,033</b>	<b>73,370</b>	<b>6,772,108</b>	<b>661,036,292</b>	<b>3,324,273</b>	<b>306,923,475</b>

Nota. Cálculos para hallar ecuación polinómica. Tomado de: (1) BP. (2022). 71 edition. <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2022-full-report.pdf>. (2) Banco de la República. (s.f.). <https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/inversion-directa>.

Reemplazando los datos de la tabla 9 en las ecuaciones (1), (2), y (3) tenemos:

$$11 * B_0 + 857,53 * B_1 + 73.370 * B_2 = 39.033 \quad (1)$$

$$857,53 * B_0 + 73.370 * B_1 + 6.772.108 * B_2 = 3.324.273 \quad (2)$$

$$73.370 * B_0 + 6.772.108 * B_1 + 661.036.292 * B_2 = 306.923.475 \quad (3)$$

Se despeja  $B_0$  de las ecuaciones (1) y (2)

$$B_0 = 3.548 - 77,96 * B_1 - 6.670 * B_2 \quad (4)$$

$$B_0 = 3.877 - 85,56 * B_1 - 7.897 * B_2 \quad (5)$$

Se igualan las ecuaciones (4) y (5)

$$3.548 - 77,96 * B_1 - 6.670 * B_2 = 3.877 - 85,56 * B_1 - 7.897 * B_2 \quad (6)$$

Se despeja  $B_1$  en función de  $B_2$

$$7,60 * B_1 = 328,08 - 1.227 * B_2$$

$$B_1 = 43,16 - 161,44 * B_2 \quad (7)$$

$$B_0 = 3.877 - 85,56 * B_1 - 7.897 * B_2 \quad (5)$$

Se reemplaza  $B_1$  de la ecuación (7) en la ecuación (5)

$$B_0 = 3.877 - 85,56 * (43,16 - 161,44 * B_2) - 7.897 * B_2$$

$$B_0 = 184 + 5.915 * B_2 \quad (8)$$

Se reemplaza  $B_0$  de la ecuación (8) y  $B_1$  de la ecuación (7) en la ecuación (3)

$$73.370 * (184 + 5.915 * B_2) + 6.772.108 * (43,16 - 161,44 * B_2) + 661.036.292 * B_2 = 306.923.475$$

$$13.508.316 + 433.987.037 * B_2 + 292.261.133 - 1.093.255.554 * B_2 + 661.036.292 * B_2 = 306.923.475$$

$$1.767.775 * B_2 = 1.154.026$$

$$\mathbf{B_2 = 0,6528}$$

Se reemplaza  $B_2$  en la ecuación (8)

$$B_0 = 184 + 5.915 * 0,6528$$

$$\mathbf{B_0 = 4.045,5}$$

Se reemplaza  $B_2$  en la ecuación (7)

$$B_1 = 43,16 - 161,44 * 0,6528$$

$$B_1 = - 62,23$$

Reemplazando  $B_0$ ,  $B_1$  y  $B_2$  en la ecuación polinómica de grado 2 tenemos:

$$Y = 0,6528X^2 - 62,23X + 4045,5$$

Donde:

Y: Inversión Extranjera Directa -IED Sector Petrolero millones de COP\$)

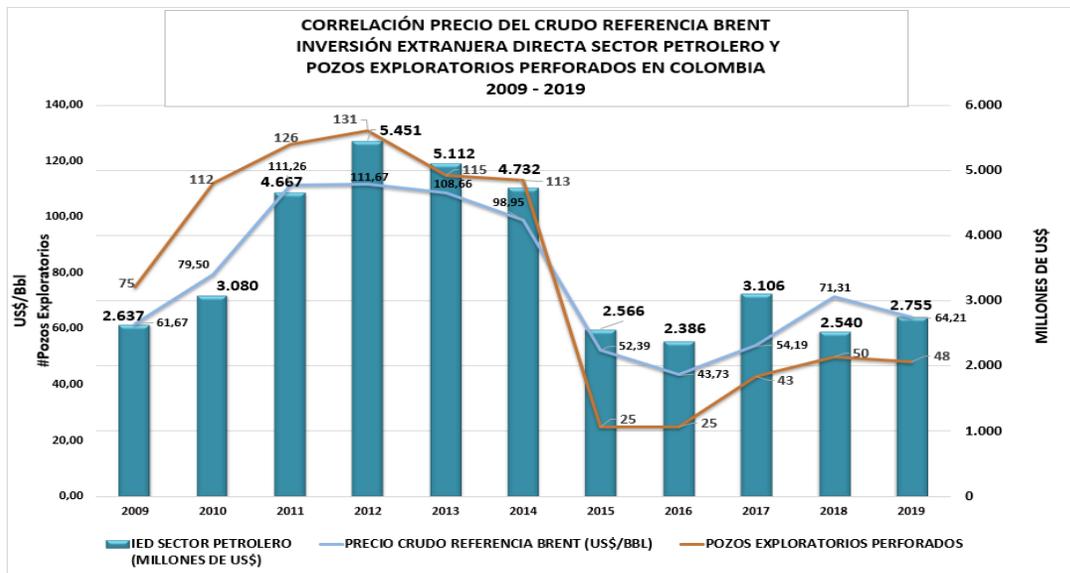
X: Precio del crudo de referencia BRENT (US\$/Bbl)

Esta es la ecuación matemática que se determinó en la herramienta de Microsoft Excel 2019 y cuyo coeficiente de determinación sugiere que el 92.6% de la variable dependiente (IED) es predicha por la variable independiente (precio crudo de referencia BRENT).

Analizando la correlación entre el comportamiento de los precios internacionales del petróleo de referencia BRENT y el comportamiento de la inversión extranjera directa (IED) en el periodo de la línea base se observa en la figura 14 una relación directamente proporcional, es decir, el país recibe montos importantes de inversión externa si la cotización de los precios internacionales del petróleo se encuentra al alza. Si la cotización de los precios del petróleo presenta una tendencia a la baja de igual forma se comportan los montos por las inversiones del exterior que entran al país al sector petrolero. Además, en la figura 14 se incluyeron los pozos exploratorios perforados en este periodo de tiempo y podemos observar que la relación es directa a la IED y, por ende, al precio del crudo de referencia BRENT, es decir, la correlación es muy fuerte y positiva.

**Figura 14**

*Correlación precio del Crudo de referencia BRENT - Inversión Extranjera Directa Sector Petrolero y pozos exploratorios perforados en Colombia 2009-2019*



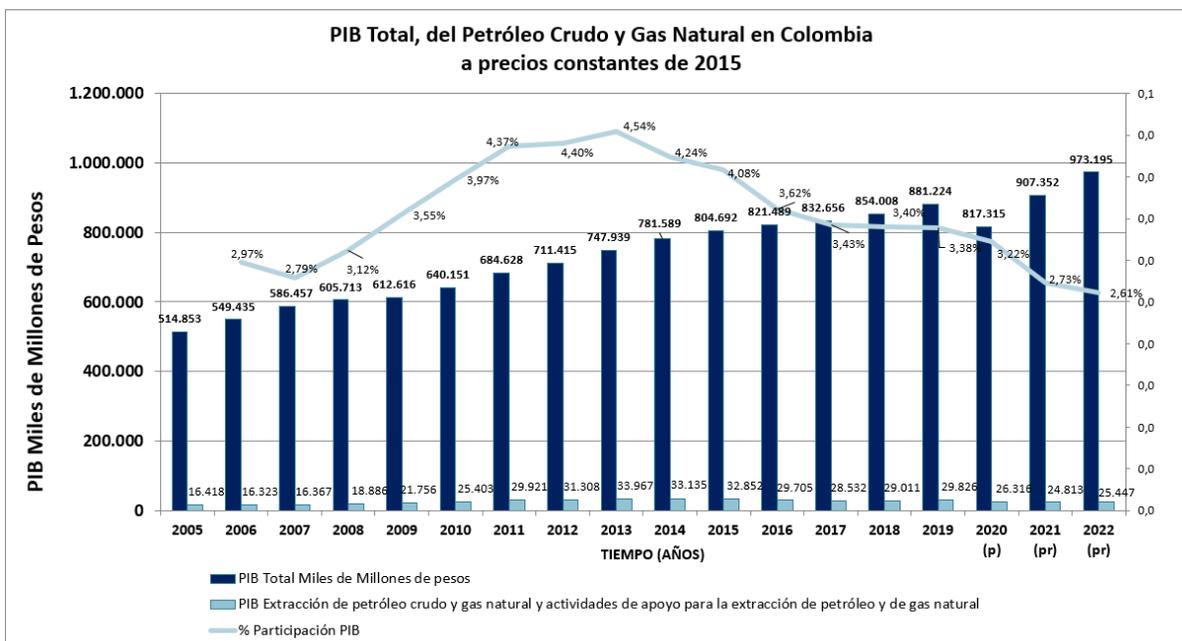
Nota. Comparativo de IED y precios del petróleo con actividad exploratoria en Colombia. Tomado de: (1) BP. (2022). 71 edition. <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2022-full-report.pdf>. (2) Banco de la República. (s.f.). <https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/inversion-directa>. (3) Asociación Colombiana del Petróleo - ACP. (2021). <https://acp.com.co/web2017/es/publicaciones-e-informes/informe-estadistico-petrolero>.

### **3.1.4 Línea base del Producto Interno Bruto - PIB en Colombia**

El valor de mercado de todos los bienes y servicios finales producidos usando los factores de producción disponibles en Colombia a lo largo del presente siglo XXI ha tenido una tendencia creciente, solamente la economía del país se contrajo en el año 2020 debido a factores internos y externos que impactaron la economía colombiana ocasionados por la pandemia del SARS-CoV-2 (COVID-19), la cual analizaremos más adelante.

**Figura 15**

*PIB Total del Petróleo Crudo y Gas Natural en Colombia*



Nota. PIB 2005-2022. Tomado de: Banco de la República. (2023).

<https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/producto-interno-bruto-pib>.

El sector petrolero es uno de los más importantes para la economía colombiana, ya que representa alrededor del 3.61% del PIB nacional en la última década. Además, genera empleo, inversión y divisas para el país.

La figura 15 nos permite observar la evolución del sector petrolero en Colombia en los últimos 17 años, y cómo ha sido afectado por los cambios en los precios internacionales del crudo.

Podemos ver que la renta del petróleo alcanzó su máximo nivel en el año 2013, cuando representó el 4.54% del PIB y generó un valor agregado de 33,967 miles de millones de pesos a precios constantes de 2015.

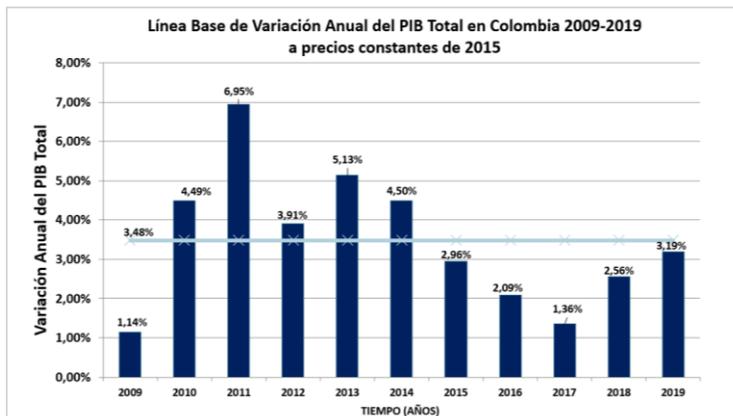
La variación promedio anual del PIB en Colombia en los últimos 17 años fue del orden del 3.88%. El crecimiento económico observado en la línea base para Colombia fue del orden del 3.48%. El bajo crecimiento económico del año 2009 se debió principalmente a que en el año 2008 se presentó una crisis financiera mundial que se desató con la quiebra del banco estadounidense Lehman Brothers y la recesión económica que se desencadenó a nivel mundial ocasionada por la fuerte caída en los precios internacionales del crudo que golpeó las finanzas y la economía del país.

Otro impacto en el crecimiento económico del país se ve reflejado en la figura 15, entre los años 2015 a 2017 producto de la caída de los precios internacionales del petróleo en agosto de 2014 por el incremento en producción de países como EEUU con la nueva tecnología de extracción de crudo de la roca generadora (fracking). Nuevamente los EEUU llegaron a la cima de países productores de petróleo (desplazando a Arabia Saudita), y también se ubicó por encima de Rusia en la producción de hidrocarburos (crudo y gas). Además del incremento en la producción de países como Irak, Canadá y Brasil en el pre-sal en ese mismo año 2014. El exceso de oferta y la competencia han sido los señalados como culpables de esta debacle del oro negro en ese año. Los precios tocaron fondo en febrero de 2016 cuando llegaron a estar por debajo de los 30 US\$/Bbl después de estar por encima de los 110 US\$ de referencia BRENT en el año 2011.

Desde el año 2018, se ha observado una leve recuperación en la renta del petróleo, impulsada por un aumento en los precios del crudo, a las medidas adoptadas por el gobierno para incentivar la inversión y por una mayor producción de hidrocarburos en el país. En el año 2019, la renta del petróleo se ubicó en el 3,38% del PIB y generó un valor agregado de 29,826 miles de millones de pesos a precios constantes de 2015.

**Figura 16**

*Línea base de variación anual del PIB total en Colombia 2009-2019*



*Nota. Variación anual del PIB 2009-2019. Tomado de: Banco de la República. (2023). <https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/producto-interno-bruto-pib>.*

El sector petrolero sigue siendo un factor relevante para la economía colombiana, pero también enfrenta grandes desafíos como la diversificación productiva, la transición energética y la sostenibilidad ambiental.

### 3.1.5 Correlación entre el comportamiento de los precios internacionales del petróleo y el comportamiento del Producto Interno Bruto - PIB

Para la selección de la mejor curva correlación se tendrá en cuenta el mayor valor del resultado del coeficiente de determinación ( $R^2$ ) calculado por la herramienta de Microsoft Excel 2019 para los siguientes datos de las variables a correlacionar expuestos en la tabla 10 y graficados en la figura 17.

**Tabla 10**

*Variables a correlacionar: precio del crudo de referencia BRENT y el Producto Interno Bruto – PIB Extracción de Petróleo Crudo y Gas Natural y actividades de apoyo para la extracción de Petróleo y de Gas Natural*

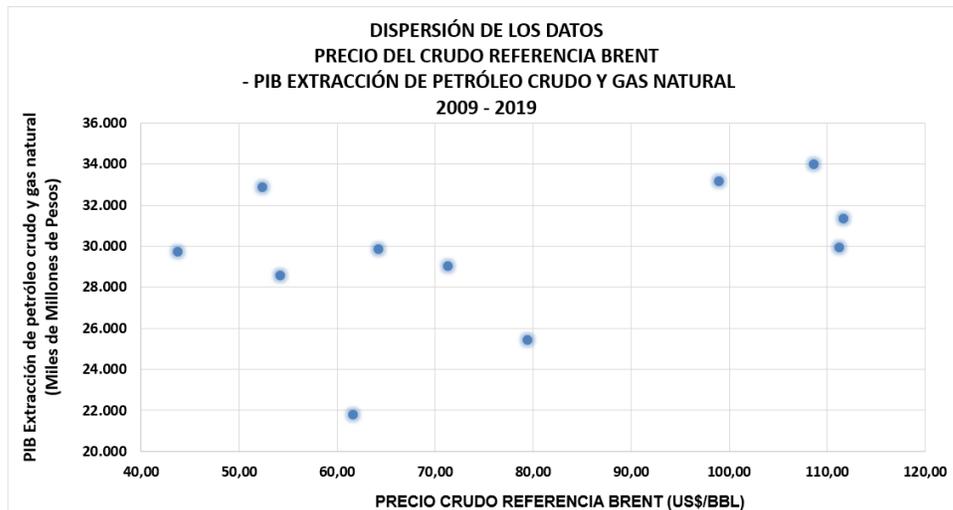
Años	Precio Crudo de Referencia BRENT (U\$/Bbl) (1)	PIB Extracción de petróleo crudo y gas natural y actividades de apoyo para la extracción de petróleo y de gas natural (Miles de Millones de pesos) (2)
	$X_i$	$Y_i$
2009	61.67	21,756
2010	79.50	25,403
2011	111.26	29,921
2012	111.67	31,308
2013	108.66	33,967
2014	98.95	33,135
2015	52.39	32,852
2016	43.73	29,705
2017	54.19	28,532
2018	71.31	29,011
2019	64.21	29,826
<b>Total</b>	<b>857.53</b>	<b>325,416</b>

Nota. Datos a correlacionar. Tomado de: (1) BP. (2022). 71 edition. <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2022-full-report.pdf>, (2) Banco de la República. (2023). <https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/producto-interno-bruto-pib>.

A continuación, se presenta la figura 17 con la dispersión de los datos de la tabla 10:

**Figura 17**

*Dispersión del Precio del Crudo de referencia BRENT – PIB Extracción de Petróleo Crudo y Gas 2009-2019*



Nota. Dispersión de datos. Tomado de: (1) BP. (2022). 71 edition. <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2022-full-report.pdf>, (2) Banco de la República. (2023). <https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/producto-interno-bruto-pib>.

**Tabla 11**

*Coefficiente de Determinación y Correlación para los Datos del Precio del Crudo de referencia BRENT y el Producto Interno Bruto - PIB*

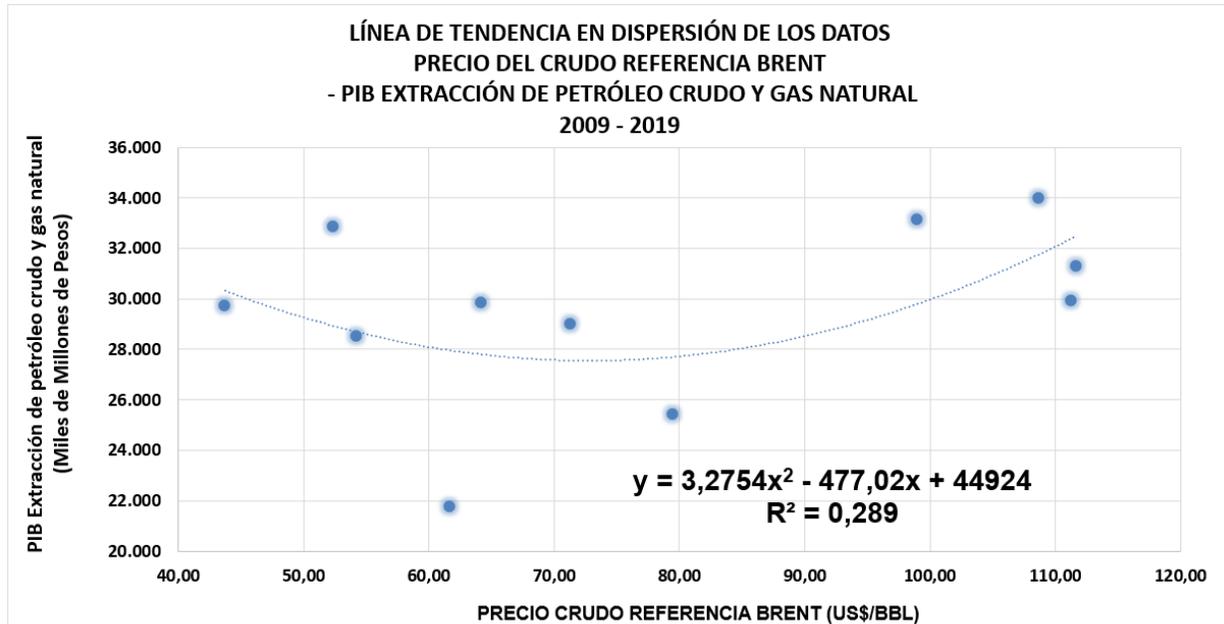
Línea de Tendencia	Coefficiente de Determinación (R <sup>2</sup> )	Coefficiente de Correlación (R)
Exponencial	0.143	0.378
Lineal	0.139	0.373
Logarítmica	0.103	0.321
<b>Polinómica</b>	<b>0.289</b>	<b>0.538</b>
Potencial	0.107	0.327

Nota. Tomado de: Resultados Microsoft Excel 2019.

De acuerdo a los resultados logrados a través de la herramienta de Microsoft Excel 2019 y expuestos en la tabla 11, la mejor curva de ajuste a la dispersión de los datos es la línea de tendencia polinómica de grado 2,  $y = 3,2754x^2 - 477,02x + 44924$ , la cual se ilustra en la figura 18 y se denominará para los cálculos matemáticos como  $\hat{Y}$ .

**Figura 18**

*Línea de tendencia en dispersión de los datos del Precio del Crudo de referencia BRENT – PIB extracción de Petróleo Crudo y Gas 2009-2019*



Nota. Línea de tendencia. Tomado de: Resultados Microsoft Excel 2019.

Teniendo en cuenta los datos de la tabla 12, calcularemos matemáticamente el coeficiente de determinación ( $R^2$ ), de acuerdo a los valores estimados para Y, según la línea de tendencia determinada por la herramienta de Microsoft Excel 2019.

$$R^2 = \frac{\sum_{t=1}^T (\hat{Y}_t - \bar{Y})^2}{\sum_{t=1}^T (Y_t - \bar{Y})^2}$$

Primero se calcula el promedio de los datos de la variable dependiente así:

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} : \bar{y} = 325.416/11 = \mathbf{29.583}$$

**Tabla 12**

Datos para el cálculo del Coeficiente de Determinación y Correlación para los datos del Precio del crudo de referencia BRENT y el PIB extracción de Petróleo Crudo y Gas 2009-2019

Años	Precio Crudo de Referencia BRENT (U\$\$/Bbl) (1)	PIB Extracción de petróleo crudo y gas natural y actividades de apoyo para la extracción de petróleo y de gas natural (Miles de Millones de pesos) (2)	$\hat{Y}$	$(\hat{Y} - Y)^2$	$(Y - \bar{Y})^2$
2009	61.67	21,756	27,963	2,625,124	61,266,198
2010	79.50	25,403	27,702	3,538,956	17,474,680
2011	111.26	29,921	32,395	7,906,525	114,060
2012	111.67	31,308	32,500	8,507,051	2,974,684
2013	108.66	33,967	31,763	4,752,485	19,217,065
2014	98.95	33,135	29,792	43,552	12,614,767
2015	52.39	32,852	28,923	435,451	10,684,578
2016	43.73	29,705	30,327	552,700	14,818
2017	54.19	28,532	28,692	793,682	1,105,174
2018	71.31	29,011	27,563	4,079,512	327,496
2019	64.21	29,826	27,799	3,184,560	58,917
<b>Total</b>	<b>857.53</b>	<b>325,416</b>	<b>325,420</b>	<b>36,419,599</b>	<b>125,852,436</b>

Nota. Cálculos para hallar coeficiente de determinación. Tomado de: (1) BP. (2022). 71 edition. <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2022-full-report.pdf>, (2) Banco de la República. (2023). <https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/producto-interno-bruto-pib>.

$$R^2 = \frac{\sum_{t=1}^T (\hat{Y}_t - \bar{Y})^2}{\sum_{t=1}^T (Y_t - \bar{Y})^2} = \frac{36.419.599}{125.852.436} = \mathbf{0,289}$$

Este resultado sugiere que el 28.9% de la variable dependiente (PIB Extracción de Petróleo Crudo y Gas 2009-2019) es predicha por la variable independiente (precio crudo de referencia BRENT). Sacando la raíz cuadrada del coeficiente de determinación se calcula el coeficiente de correlación  $R = 0,538$ , que es el mismo que ya se había presentado en la tabla 11.

Dado que  $R^2$  no es muy cercano a 1 se puede concluir que el **modelo no es muy fiable** para las previsiones futuras, tan sólo el 28.9% de los datos son determinantes.

Para determinar matemáticamente la mejor línea de tendencia en la dispersión de los datos del precio del crudo de referencia BRENT – IED del sector petrolero en Colombia 2009-2019 resuelta por la herramienta de Microsoft Excel 2019 se plantean las siguientes ecuaciones:

Ecuación polinómica de grado 2 a resolver:

$$Y = B_2X^2 + B_1X + B_0$$

Arreglo de ecuaciones para hallar  $B_0$ ,  $B_1$  y  $B_2$  en ecuación polinómica de grado 2

$$n * B_0 + \sum_{i=1}^n X_i * B_1 + \sum_{i=1}^n X_i^2 * B_2 = \sum_{i=1}^n Y_i \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^n X_i * B_0 + \sum_{i=1}^n X_i^2 * B_1 + \sum_{i=1}^n X_i^3 * B_2 = \sum_{i=1}^n X_i Y_i \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^n X_i^2 * B_0 + \sum_{i=1}^n X_i^3 * B_1 + \sum_{i=1}^n X_i^4 * B_2 = \sum_{i=1}^n X_i^2 Y_i \quad (3)$$

**Tabla 13**

Datos para resolver ecuación polinómica de Grado 2 para los datos del Precio del Crudo de referencia BRENT y el PIB Extracción de Petróleo Crudo y Gas 2009-2019

Años	Precio Crudo de Referencia BRENT (U\$\$/Bbl) (1)	PIB Extracción de petróleo crudo y gas natural y actividades de apoyo para la extracción de petróleo y de gas natural (Miles de Millones de pesos) (2)	$X_i^2$	$X_i^3$	$X_i^4$	$(X_i * Y_i)$	$(X_i^2 * Y_i)$
	$X_i$	$Y_i$					
2009	61.67	21,756	3,803	234,557	14,465,432	1,341,720	82,745,572
2010	79.50	25,403	6,320	502,375	39,936,584	2,019,425	160,535,271
2011	111.26	29,921	12,378	1,377,100	153,210,131	3,328,879	370,356,393
2012	111.67	31,308	12,470	1,392,535	155,503,953	3,496,155	390,414,593
2013	108.66	33,967	11,807	1,282,896	139,397,539	3,690,804	401,037,278
2014	98.95	33,135	9,790	968,712	95,850,218	3,278,576	324,402,004
2015	52.39	32,852	2,744	143,769	7,531,580	1,721,010	90,158,126
2016	43.73	29,705	1,913	83,649	3,658,336	1,299,124	56,816,089
2017	54.19	28,532	2,937	159,153	8,624,915	1,546,219	83,793,365
2018	71.31	29,011	5,085	362,621	25,858,492	2,068,776	147,524,550
2019	64.21	29,826	4,123	264,740	16,999,110	1,915,145	122,972,529
<b>Total</b>	<b>857.53</b>	<b>325,416</b>	<b>73,370</b>	<b>6,772,108</b>	<b>661,036,292</b>	<b>25,705,831</b>	<b>2,230,755,771</b>

Nota. Cálculos para hallar ecuación polinómica de segundo grado. Tomado de: (1) BP. (2022). 71 edition. <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2022-full-report.pdf>, (2) Banco de la República. (2023). <https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/producto-interno-bruto-pib>.

Reemplazando los datos de la tabla 13 en las ecuaciones (1), (2), y (3) tenemos:

$$11 * B_0 + 857,53 * B_1 + 73.370 * B_2 = 325.416$$

$$857,53 * B_0 + 73.370 * B_1 + 6.772.108 * B_2 = 25.705.831$$

$$73.370 * B_0 + 6.772.108 * B_1 + 661.036.292 * B_2 = 2.230.755.771$$

Se despeja  $B_0$  de las ecuaciones (1) y (2)

$$B_0 = 29.583 - 77,96 * B_1 - 6.670 * B_2 \quad (4)$$

$$B_0 = 29.977 - 85,56 * B_1 - 7.897 * B_2 \quad (5)$$

Se igualan las ecuaciones (4) y (5)

$$29.583 - 77,96 * B_1 - 6.670 * B_2 = 29.977 - 85,56 * B_1 - 7.897 * B_2 \quad (6)$$

Se despeja  $B_1$  en función de  $B_2$

$$7,60 * B_1 = 393,32 - 1.227 * B_2$$

$$B_1 = 51,74 - 161,44 * B_2 \quad (7)$$

$$B_0 = 29.977 - 85,56 * B_1 - 7.897 * B_2 \quad (5)$$

Se reemplaza  $B_1$  de la ecuación (7) en la ecuación (5)

$$B_0 = 29.977 - 85,56 * (51,74 - 161,44 * B_2) - 7.897 * B_2$$

$$B_0 = 25.550 + 5.915 * B_2 \quad (8)$$

Se reemplaza  $B_0$  de la ecuación (8) y  $B_1$  de la ecuación (7) en la ecuación (3)

$$73.370 * (25.550 + 5.915 * B_2) + 6.772.108 * (51,74 - 161,44 * B_2) + 661.036.292 * B_2 = 2.230.755.771$$

$$1.874.597.263 + 433.954.852 * B_2 + 350.369.209 - 1.093.217.448 * B_2 + 661.036.292 * B_2 = 2.230.755.771$$

$$1.773.696 * B_2 = 5.789.299$$

$$\mathbf{B_2 = 3,264}$$

Se reemplaza  $B_2$  en la ecuación (8)

$$B_0 = 25.550 + 5.915 * (3,264)$$

$$\mathbf{B_0 = 44.855}$$

Se reemplaza  $B_2$  en la ecuación (7)

$$B_1 = 51,74 - 161,44 * 3,264$$

$$\mathbf{B_1 = -475,16}$$

Reemplazando  $B_0$ ,  $B_1$  y  $B_2$  en la ecuación polinómica de grado 2 tenemos:

$$\mathbf{Y = 3,264X^2 - 475,16X + 44.855}$$

Donde:

Y: PIB Extracción de petróleo crudo y Gas natural (miles de millones de COP\$)

X: Precio del crudo de referencia BRENT (US\$/Bbl)

Si bien las ecuaciones polinómicas de grado 2 difieren entre la calculada por Microsoft Excel 20219 y la desarrollada matemáticamente, la tabla 14 hace un comparativo de los resultados de las curvas y se comprueba que están totalmente alineadas en comparación con los datos iniciales de la variable dependiente (PIB Extracción de Petróleo Crudo y Gas 2009-2019).

**Tabla 14**

*Datos comparativos de las ecuaciones polinómicas de grado 2 para los datos del precio del crudo de referencia BRENT y el PIB Extracción de Petróleo Crudo y Gas 2009-2019*

Años	Precio Crudo de Referencia BRENT (U\$\$/Bbl)	PIB Extracción de petróleo crudo y gas natural y actividades de apoyo para la extracción de petróleo y de gas natural (Miles de Millones de pesos)	$\hat{Y}$ ME 2019 (1)	$\hat{Y}$ CM (2)
	$X_i$	$Y_i$		
2009	61.67	21,756	27,963	27,965
2010	79.50	25,403	27,702	27,709
2011	111.26	29,921	32,395	32,391
2012	111.67	31,308	32,500	32,496
2013	108.66	33,967	31,763	31,761
2014	98.95	33,135	29,792	29,795
2015	52.39	32,852	28,923	28,920
2016	43.73	29,705	30,327	30,317
2017	54.19	28,532	28,692	28,691
2018	71.31	29,011	27,563	27,569
2019	64.21	29,826	27,799	27,802
<b>Total</b>	<b>857.53</b>	<b>325,416</b>	<b>325,420</b>	<b>325,416</b>

Nota. Comparación de resultados. (1) Microsoft Excel 2019 ( $Y = 3,2754X^2 - 477,02X + 44924$ ).

(2) Cálculos matemáticos ( $Y = 3,264X^2 - 475,16X + 44855$ ).

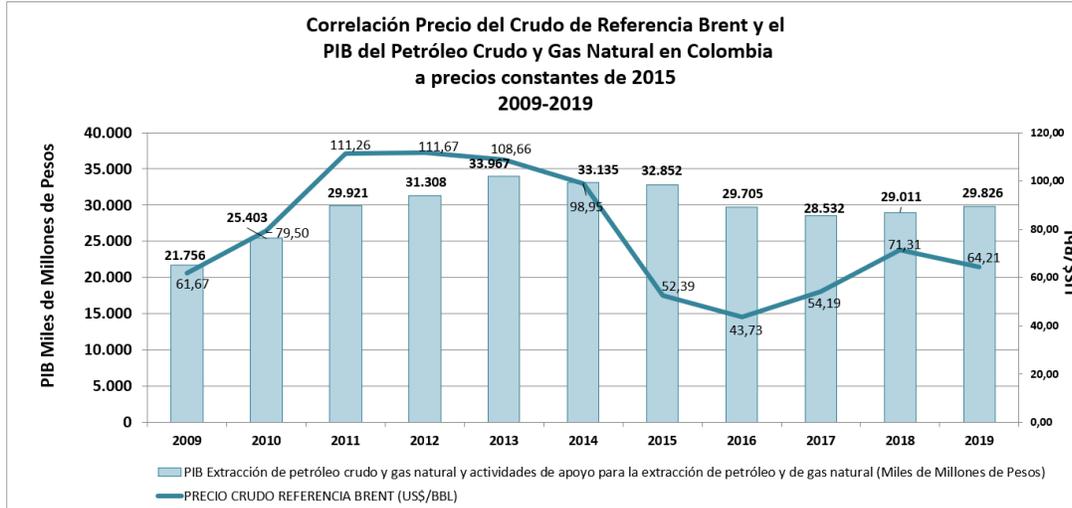
Esta es la ecuación matemática que se determinó y en línea con la calculada en la herramienta de Microsoft Excel 2019 y cuyo coeficiente de determinación sugiere que el 28.9% de la variable dependiente (PIB Extracción de Petróleo Crudo y Gas 2009-2019) es predicha por la variable independiente (precio crudo de referencia BRENT), con lo cual se puede concluir que el **modelo no es muy fiable** para las previsiones futuras.

Analizando los resultados de la correlación entre el comportamiento de los precios internacionales del petróleo de referencia BRENT y el PIB Extracción de petróleo crudo y gas natural y actividades de apoyo para la extracción de petróleo y de gas natural en el periodo de la línea base se observa una relación positiva pero muy débil que no permitiría poder realizar con

precisión predicciones dado que el margen de error es amplio debido al bajo coeficiente de determinación.

**Figura 19**

*Correlación del Precio del Crudo de referencia BRENT y el PIB extracción de Petróleo Crudo y Gas Natural*



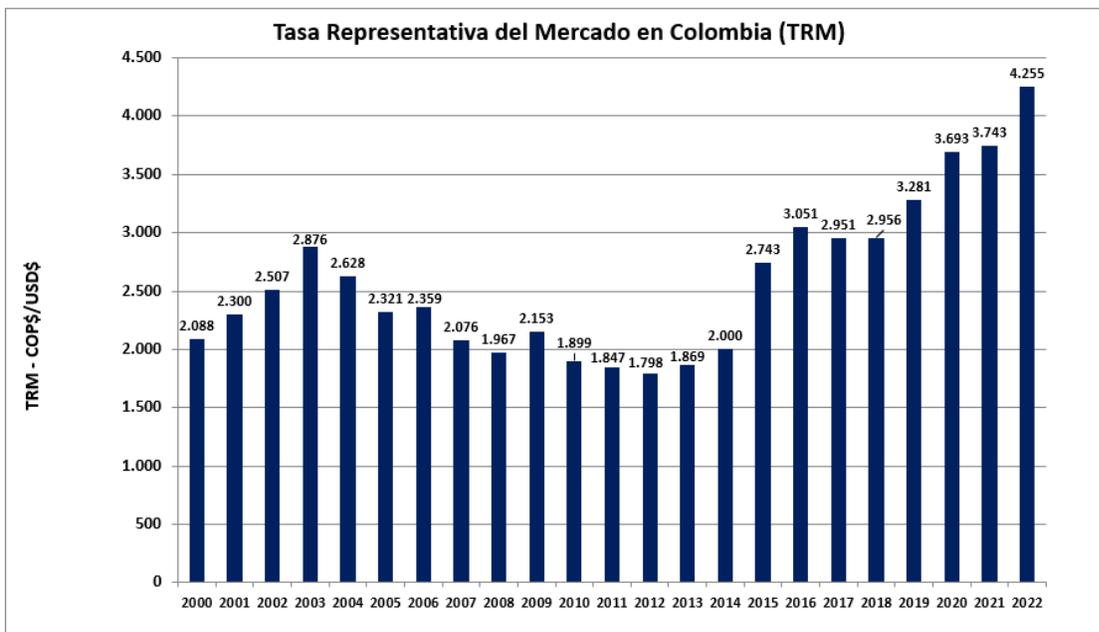
Nota. Datos correlacionados. Tomado de: (1) BP. (2022). 71 edition. <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2022-full-report.pdf>, (2) Banco de la República. (2023). <https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/producto-interno-bruto-pib>.

### **3.1.6 Línea base de la Tasa Representativa del Mercado – TRM en Colombia**

La Tasa Representativa del Mercado – TRM, es el valor oficial de la tasa de cambio entre el peso colombiano y el dólar estadounidense. Se calcula con base en las operaciones de compra y venta de divisas entre intermediarios financieros que transan en el mercado cambiario colombiano. La TRM es un indicador económico que refleja las condiciones de oferta y demanda de divisas en el país, así como las expectativas y la percepción de riesgo de los agentes económicos (Banco de la República, s.f.).

**Figura 20**

*Tasa Representativa del Mercado en Colombia (TRM)*



Nota. TRM 2000-2022. Tomado de: Banco de la República. (s.f.). <https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/trm>.

En la figura 20 podemos observar que la TRM ha experimentado unos cambios abruptos en las últimas dos décadas, reflejados por los efectos en la oferta y la demanda de divisas en el mercado local y los conflictos externos que han afectado la economía mundial. Los precios internacionales del petróleo son otro factor que influye en la TRM, ya que Colombia es un país exportador neto de crudo como se demostrará más adelante.

Continuando con el análisis de la línea base de los indicadores económicos, la figura 21 nos muestra los principales cambios que ha tenido la TRM en la década 2009-2019.

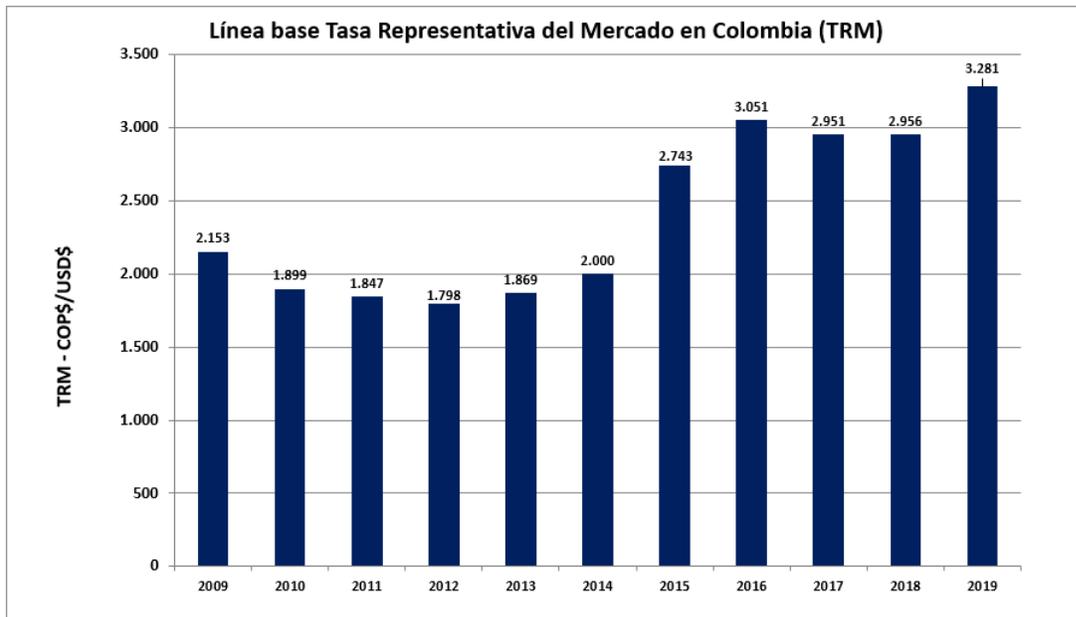
Entre el año 2009 y el 2014, el peso colombiano se revaluó y la TRM disminuyó gradualmente, pasando de 2.153 pesos por dólar a 2.000 pesos por dólar (-7.10%), favoreciendo las importaciones y castigando el valor de las exportaciones. Esto se debió principalmente a factores como la crisis financiera global del año 2008, el incremento de los precios del petróleo entre el año 2010 y julio de 2014, la política monetaria de Estados Unidos y las intervenciones del Banco de la República en Colombia. Sin embargo, a partir del 2015, la TRM se disparó hasta alcanzar un máximo histórico de 3.337,5 pesos por dólar en febrero del año 2016. Este fenómeno se debió a la caída abrupta del precio del petróleo desde el mes de agosto de 2014, que redujo los ingresos por

exportaciones y deterioró las cuentas externas y fiscales del país. Asimismo, la normalización de la política monetaria de Estados Unidos provocó una salida de capitales hacia ese país y una apreciación del dólar frente a otras monedas. Ante este escenario, el Banco de la República de Colombia elevó la tasa de interés para contener las presiones inflacionarias y evitar una mayor depreciación del peso.

Entre el año 2017 y el 2019, la TRM en el país ha mostrado una tendencia a la estabilización, oscilando entre 2.900 y 3.400 pesos por dólar, según datos del Banco de la República. Esto se debe a que el precio del petróleo se ha recuperado parcialmente y a que el comercio exterior ha diversificado sus destinos y productos. Además, la política monetaria se ha ajustado a las condiciones económicas y a las expectativas inflacionarias.

**Figura 21**

*Línea base Tasa Representativa del Mercado en Colombia (TRM) 2009-2019*



Nota. TRM 2009-2019. Tomado de: Banco de la República. (s.f.). <https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/trm>.

### 3.1.7 Correlación entre el comportamiento de los precios internacionales del petróleo y el comportamiento de la Tasa Representativa del Mercado - TRM

Para la selección de la mejor curva correlación se tendrá en cuenta el mayor valor del resultado del coeficiente de determinación ( $R^2$ ) calculado por la herramienta de Microsoft Excel 2019 para los siguientes datos de las variables a correlacionar expuestos en la tabla 15 y graficados en la figura 22.

**Tabla 15**

*Variables a correlacionar: Precio del crudo de referencia BRENT y TRM*

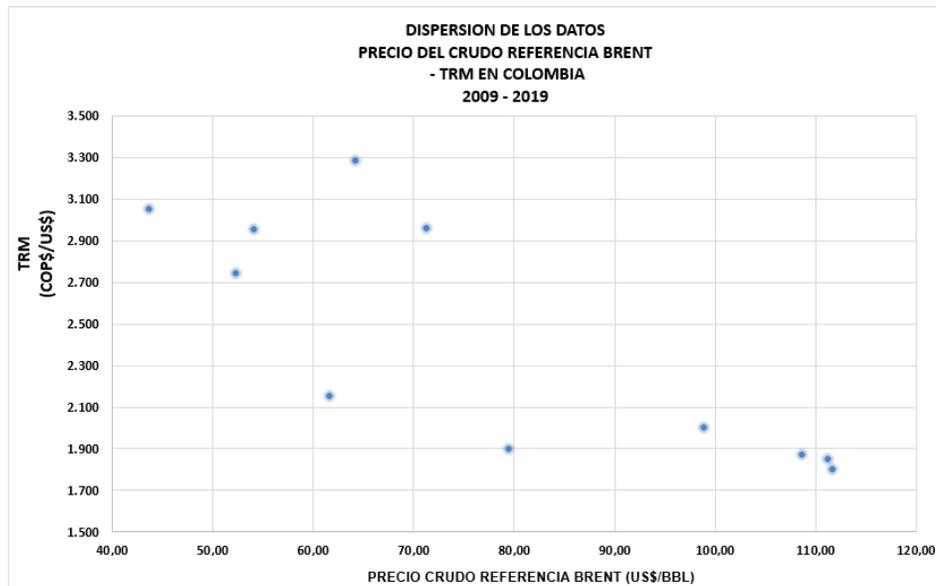
Años	Precio Crudo de Referencia BRENT (U\$/Bbl) (1)	TRM (COP\$/US\$) (2)
	$X_i$	$Y_i$
2009	61.67	2,153
2010	79.50	1,899
2011	111.26	1,847
2012	111.67	1,798
2013	108.66	1,869
2014	98.95	2,000
2015	52.39	2,743
2016	43.73	3,051
2017	54.19	2,951
2018	71.31	2,956
2019	64.21	3,281
<b>Total</b>	<b>857.53</b>	<b>26,549</b>

Nota. Datos de línea base a correlacionar. Tomado de: (1) BP. (2022). 71 edition. <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2022-full-report.pdf>. (2) Banco de la República. (s.f.). <https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/trm>.

A continuación, se presenta la figura 22 con la dispersión de los datos de la tabla 15:

## Figura 22

Dispersión de los datos Precio del Crudo de referencia BRENT–TRM en Colombia 2009-2019



Nota. Dispersión de datos. Tomado de: (1) BP. (2022). 71 edition. <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2022-full-report.pdf>. (2) Banco de la República. (s.f.). <https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/trm>.

## Tabla 16

Coefficiente de Determinación y Correlación para los datos del Precio del Crudo de referencia BRENT y el Producto Interno Bruto - PIB

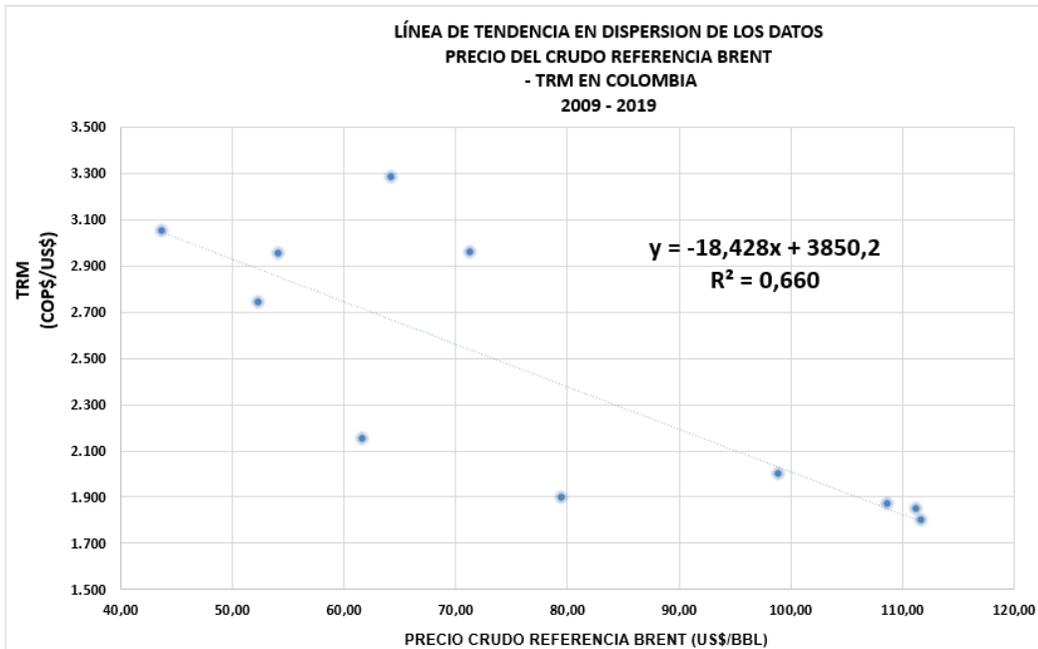
Línea de Tendencia	Coefficiente de Determinación ( $R^2$ )	Coefficiente de Correlación (R)
Exponencial	0.658	0.811
<b>Lineal</b>	<b>0.660</b>	<b>0.812</b>
Logarítmica	0.651	0.807
Polinómica	0.660	0.812
Potencial	0.634	0.796

Nota. Resultados de Coeficientes. Tomado de: Resultados Microsoft Excel 2019.

De acuerdo a los resultados logrados a través de la herramienta de Microsoft Excel 2019 y expuestos en la tabla 16, la mejor curva de ajuste a la dispersión de los datos es la línea de tendencia lineal:  $y = -18,428x + 3850,2$ , ilustrada en la figura 23, la cual se denominará para los cálculos matemáticos como  $\hat{Y}$ .

**Figura 23**

*Línea de tendencia en dispersión de los datos del Precio del Crudo de referencia BRENT – Tasa Representativa del Mercado - TRM 2009-2019*



Nota. Línea de tendencia. Tomado de: Resultados Microsoft Excel 2019.

Teniendo en cuenta los datos de la tabla 17, calcularemos matemáticamente el coeficiente de determinación ( $R^2$ ), de acuerdo a los valores estimados para  $Y$ , según la línea de tendencia determinada por la herramienta de Microsoft Excel 2019.

$$R^2 = \frac{\sum_{t=1}^T (\hat{Y}_t - \bar{Y})^2}{\sum_{t=1}^T (Y_t - \bar{Y})^2}$$

Primero se calcula el promedio de los datos de la variable dependiente así:

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} \quad \bar{y} = 26.549/11 = \mathbf{2.414}$$

**Tabla 17**

*Datos para el cálculo del Coeficiente de Determinación y Correlación para los datos del precio del crudo de referencia BRENT y la Tasa Representativa del Mercado-TRM 2009-2019*

Años	Precio Crudo de Referencia Brent (U\$\$/Bbl) (1)	TRM (COP\$/US\$) (2)	$\hat{Y}$	$(\hat{Y} - Y)^2$	$(Y - \bar{Y})^2$
	$X_i$	$Y_i$			
2009	61.67	2,153	2,714	90,086	67,746
2010	79.50	1,899	2,385	802	265,117
2011	111.26	1,847	1,800	376,502	321,049
2012	111.67	1,798	1,792	385,925	379,201
2013	108.66	1,869	1,848	320,060	296,459
2014	98.95	2,000	2,027	149,580	170,777
2015	52.39	2,743	2,885	222,065	108,773
2016	43.73	3,051	3,044	397,767	406,277
2017	54.19	2,951	2,852	191,811	289,168
2018	71.31	2,956	2,536	15,011	294,687
2019	64.21	3,281	2,667	64,185	752,579
<b>Total</b>	<b>857.53</b>	<b>26,549</b>	<b>26,550</b>	<b>2,213,794</b>	<b>3,351,835</b>

Nota. Datos para el cálculo del coeficiente de determinación. Tomado de: (1) BP. (2022). 71 edition. <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2022-full-report.pdf>. (2) Banco de la República. (s.f.). <https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/trm>.

$$R^2 = \frac{\sum_{t=1}^T (\hat{Y}_t - \bar{Y})^2}{\sum_{t=1}^T (Y_t - \bar{Y})^2} = \frac{2.213.794}{3.351.835} = \mathbf{0,660}$$

Este resultado sugiere que el 66% de la variable dependiente (Tasa Representativa del Mercado - TRM 2009-2019) es predicha por la variable independiente (precio crudo de referencia BRENT). Sacando la raíz cuadrada del coeficiente de determinación se calcula el coeficiente de

correlación  $R= 0,812$ , que es el mismo que ya se había presentado en la tabla 16, pero dado que la pendiente de la línea de tendencia es negativa el coeficiente de correlación  $R= -0,812$ .

Dado que  $R^2$  es cercano a 1 se puede concluir que el **modelo es fiable** para las previsiones futuras.

Igualmente calculamos el promedio de la variable independiente así:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

$$\bar{x} = 857,53/11 = 77,96$$

Para la línea de tendencia lineal otra forma de calcular el coeficiente de correlación es mediante la formulación de Pearson así:

**Tabla 18**

*Cálculos de las variables a correlacionar: Precio del crudo de referencia BRENT y la TRM en Colombia 2009-2019*

Años	Precio Crudo de Referencia BRENT (US\$/Bbl) (1)	TRM (COP\$/US\$) (2)	$X_i - \bar{X}$	$Y_i - \bar{Y}$	$(X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})$	$(X_i - \bar{X})^2$	$(Y_i - \bar{Y})^2$
	$X_i$	$Y_i$					
2009	61.67	2,153	-16.29	-260	4,239	265.24	67,746
2010	79.50	1,899	1.54	-515	-792	2.37	265,117
2011	111.26	1,847	33.30	-567	-18,867	1,108.77	321,049
2012	111.67	1,798	33.71	-616	-20,760	1,136.52	379,201
2013	108.66	1,869	30.70	-544	-16,716	942.56	296,459
2014	98.95	2,000	20.99	-413	-8,674	440.52	170,777
2015	52.39	2,743	-25.57	330	-8,433	653.85	108,773
2016	43.73	3,051	-34.22	637	-21,814	1,171.22	406,277
2017	54.19	2,951	-23.76	538	-12,779	564.77	289,168
2018	71.31	2,956	-6.65	543	-3,608	44.19	294,687

Tabla 18. (Continuación)

2019	64.21	3,281	-13.75	868	-11,925	188.97	752,579
<b>Total</b>	<b>857.53</b>	<b>26,549</b>			<b>-120,130</b>	<b>6,519</b>	<b>3,351,835</b>

Nota. Datos para hallar coeficiente de determinación. Tomado de: (1) BP. (2022). 71 edition. <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2022-full-report.pdf>. (2) Banco de la República. (s.f.). <https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/trm>.

A partir de los datos calculados en la tabla 18, determinamos los valores de la covarianza y de las varianzas así:

$$Cov(X, Y) = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{n}$$

$$Cov(X, Y) = -120.130/11 = \mathbf{-10.921}$$

$$Var(X) = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}$$

$$Var(X) = 6.519/11 = \mathbf{593}$$

$$Var(Y) = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n}$$

$$Var(Y) = 3.351.835/11 = \mathbf{304.712}$$

Ahora, se calcula el coeficiente de correlación de Pearson

$$\rho_{XY} = \frac{Cov(X, Y)}{\sqrt{Var(X) \cdot Var(Y)}}$$

$$\rho_{XY} = \frac{-10.921}{\sqrt{593 * 304.712}}$$

$$\rho_{XY} = \mathbf{-0.812}$$

El coeficiente de correlación de Pearson que se calculó tiene un valor próximo a menos uno (-1), lo que significa que estas dos variables (el precio de referencia BRENT y la TRM) tienen una correlación negativa fuerte. Esto quiere decir, que mientras el precio del crudo de referencia BRENT aumenta la TRM disminuye y viceversa.

La línea de tendencia en la dispersión de los datos del precio del crudo de referencia BRENT y la TRM ilustrada por la herramienta de Microsoft Excel 2019 en la figura 23 está dada por la fórmula:

$$\mathbf{y = -18,428x + 3850,2}$$

donde:

y: TRM (COP\$/US\$)

x: Precio del crudo de referencia BRENT (US\$/Bbl)

Utilizando el método de mínimos cuadrados se hallará matemáticamente la línea de tendencia ( $Y = mX + b$ ) para las variables a correlacionar: Precio del crudo de referencia BRENT y la TRM en Colombia 2009-2019, así:

Inicialmente se calculan las medias aritméticas para cada variable:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = 857,53/11 = \mathbf{77,96}$$

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} = 26.549/11 = \mathbf{2.414}$$

Se calcula la pendiente de la recta así:

$$m = \frac{\sum XY - \frac{(\sum X)(\sum Y)}{n}}{\sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{n}}$$

$$m = \frac{1.949.587 - \frac{857,53 \cdot 26.549}{11}}{73.370 - \frac{857,53^2}{11}}$$

$$m = \frac{-120.130}{6.519} = -18,428$$

**Tabla 19**

*Cálculos de las variables para hallar la pendiente (m) de la línea de tendencia*

Años	Precio Crudo de Referencia Brent (U\$\$/Bbl) (1)	TRM (COP\$/US\$) (2)	XY	X <sup>2</sup>
	X <sub>i</sub>	Y <sub>i</sub>		
2009	61.67	2,153	132,797	3,803
2010	79.50	1,899	150,937	6,320
2011	111.26	1,847	205,485	12,378
2012	111.67	1,798	200,758	12,470
2013	108.66	1,869	203,094	11,807
2014	98.95	2,000	197,924	9,790
2015	52.39	2,743	143,717	2,744
2016	43.73	3,051	133,432	1,913
2017	54.19	2,951	159,939	2,937
2018	71.31	2,956	210,823	5,085
2019	64.21	3,281	210,681	4,123
<b>Total</b>	<b>857.53</b>	<b>26,549</b>	<b>1,949,587</b>	<b>73,370</b>

Nota. Datos para hallar pendiente de la línea de tendencia. Tomado de: (1) BP. (2022). 71 edition. <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2022-full-report.pdf>. (2) Banco de la República. (s.f.). <https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/trm>.

Se calcula la intersección en Y (b):

$$b = \bar{Y} - m\bar{X}$$

$$b = 2.414 - (-18,428 \cdot 77,96)$$

$$b = 2.414 - (-18,428 \cdot 77,96)$$

$$b = 3850,2$$

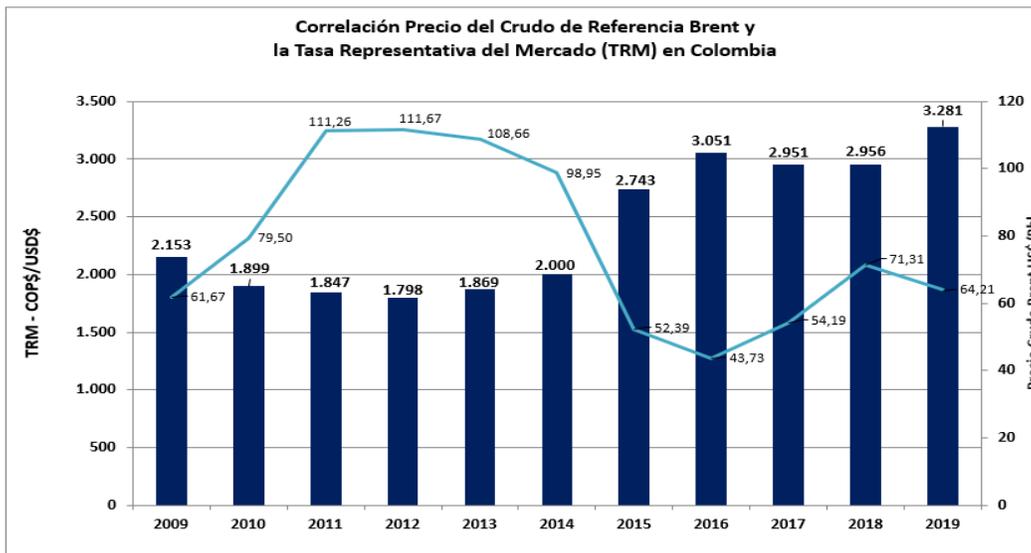
Se reemplazan los valores en la línea de tendencia ( $Y = mX + b$ ) así:

$$y = -18,428x + 3850,2$$

Analizando la correlación entre el comportamiento de los precios internacionales del petróleo de referencia BRENT y la Tasa Representativa del Mercado (TRM) en el periodo de la línea base, se observa en la figura 24 una relación inversamente proporcional, es decir, que mientras el precio del crudo de referencia BRENT aumenta la TRM disminuye y si la cotización de los precios del petróleo presenta una tendencia a la baja, la TRM aumenta. La correlación es fuerte y negativa.

**Figura 24**

*Correlación del Precio del Crudo de referencia BRENT y la Tasa Representativa del Mercado (TRM) en Colombia*



Nota. Correlación líneas base. Tomado de: (1) BP. (2022). 71 edition. <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2022-full-report.pdf>. (2) Banco de la República. (s.f.). <https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/trm>.

### ***3.1.8 Línea base del Índice de Precios al Consumidor – IPC: Inflación en Colombia***

El índice de precios al consumidor – IPC, es un indicador que mide la evolución del costo promedio de una canasta de bienes y servicios representativa del consumo final de los hogares.

La inflación se define como la variación porcentual del IPC entre dos periodos. El IPC se calcula mensualmente y se divide en grupos de gasto según el tipo de bien o servicio.

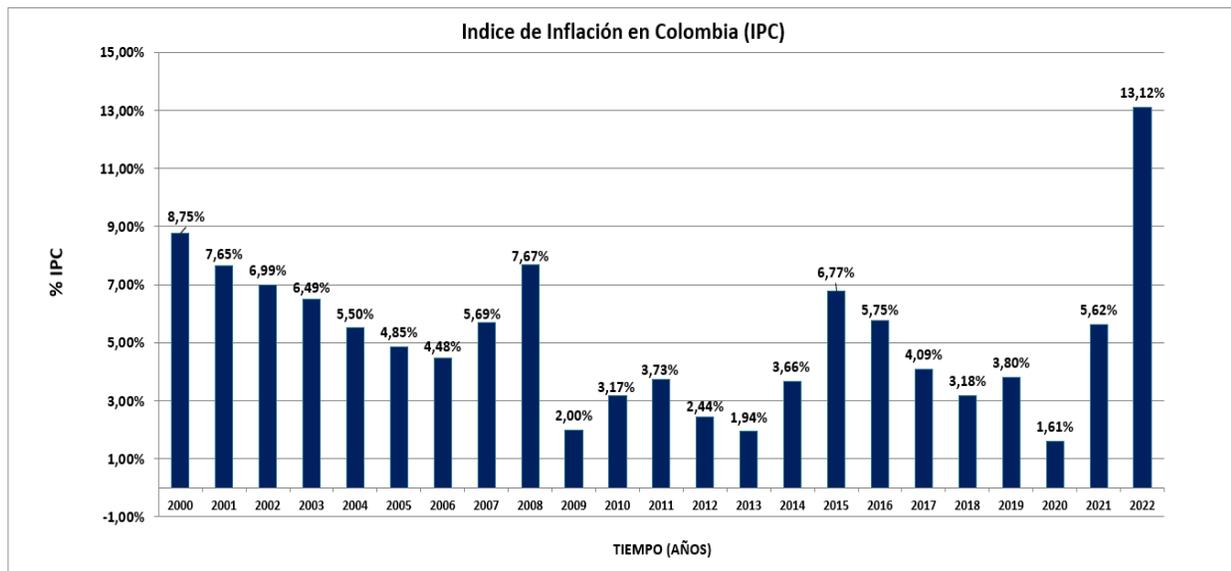
Los grupos con mayor peso en la canasta son alimentos y bebidas no alcohólicas (27.81%), restaurante y hoteles (18.54%) y muebles, artículos para el hogar y para la conservación (18.25%). Estos grupos también han sido los que más han contribuido a la inflación en los últimos años, especialmente los alimentos, que han sufrido variaciones por factores climáticos, de oferta y demanda, y de tipo de cambio (DANE, 2022).

La política monetaria del Banco de la República tiene como objetivo principal mantener una inflación baja y estable, compatible con el máximo crecimiento sostenible de la economía. Para ello, el Banco fija una meta de inflación anual y utiliza la tasa de interés como instrumento para influir en las decisiones de ahorro e inversión de los agentes económicos. El Banco también realiza encuestas periódicas a los analistas económicos para conocer sus expectativas sobre la inflación y otros indicadores macroeconómicos (Banco de la República, s.f.)

En la figura 25, se observan algunos episodios de alta volatilidad en la inflación colombiana. La tasa de inflación promedio anual entre estos períodos ha sido 5.17%. El año con mayor inflación fue el 2022, con un 13.12%, el cual analizaremos más adelante con mayor detalle, mientras que el año con menor inflación fue el 2020, con un 1.61%. El año 2020 fue atípico que igualmente analizaremos más adelante.

**Figura 25**

*Índice de Inflación en Colombia (IPC)*



Nota. IPC 2000-2022. Tomado de: Banco de la República. (2023). <https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/indice-precios-consumidor-ipc>.

Uno de los objetivos primordiales en la economía nacional de los últimos gobiernos es mantener en un dígito el costo de vida de los colombianos y esto en gran parte se ha logrado manteniendo en firme la regla fiscal del país.

### ***3.1.9 Correlación entre el comportamiento de los precios internacionales del petróleo y el comportamiento del Índice de Precios al Consumidor – IPC:***

Para la selección de la mejor curva correlación se tendrá en cuenta el mayor valor del resultado del coeficiente de determinación ( $R^2$ ) calculado por la herramienta de Microsoft Excel para los siguientes datos de las variables a correlacionar expuestos en la tabla 20 y graficados en la figura 26.

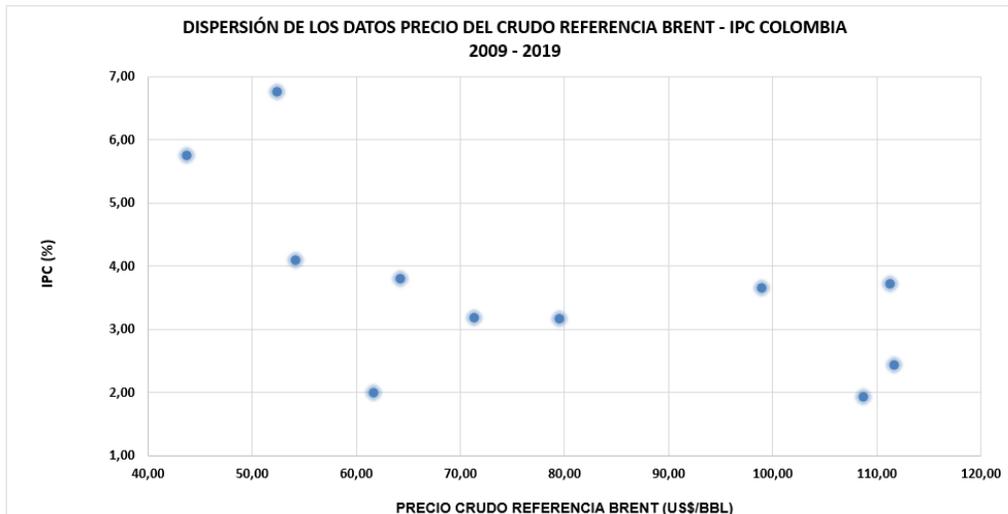
**Tabla 20***Variables a correlacionar: Precio del crudo de referencia BRENT e IPC*

<b>Años</b>	<b>Precio Crudo de Referencia Brent (U\$\$/Bbl) (1)</b>	<b>IPC (2) (%)</b>
	<b>X<sub>i</sub></b>	<b>Y<sub>i</sub></b>
2009	61.67	2.00
2010	79.50	3.17
2011	111.26	3.73
2012	111.67	2.44
2013	108.66	1.94
2014	98.95	3.66
2015	52.39	6.77
2016	43.73	5.75
2017	54.19	4.09
2018	71.31	3.18
2019	64.21	3.80
<b>Total</b>	<b>857.53</b>	<b>40.53</b>

Nota. Datos a correlacionar. Tomado de: (1) BP. (2022). 71 edition. <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2022-full-report.pdf>., (2) Banco de la República. (2023). <https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/indice-precios-consumidor-ipc>.

**Figura 26**

*Dispersión de los datos Precio del Crudo de referencia BRENT – TRM en Colombia 2009-2019*



Nota. Dispersión de datos. Tomado de: (1) BP. (2022). 71 edition. <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2022-full-report.pdf>, (2) Banco de la República. (2023). <https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/indice-precios-consumidor-ipc>.

**Tabla 21**

*Coefficiente de Determinación y Correlación para los datos del precio del crudo de referencia BRENT y el IPC*

Línea de Tendencia	Coefficiente de Determinación ( $R^2$ )	Coefficiente de Correlación (R)
Exponencial	0.389	0.624
Lineal	0.355	0.596
Logarítmica	0.411	0.641
<b>Polinómica</b>	<b>0.509</b>	<b>0.713</b>
Potencial	0.449	0.670

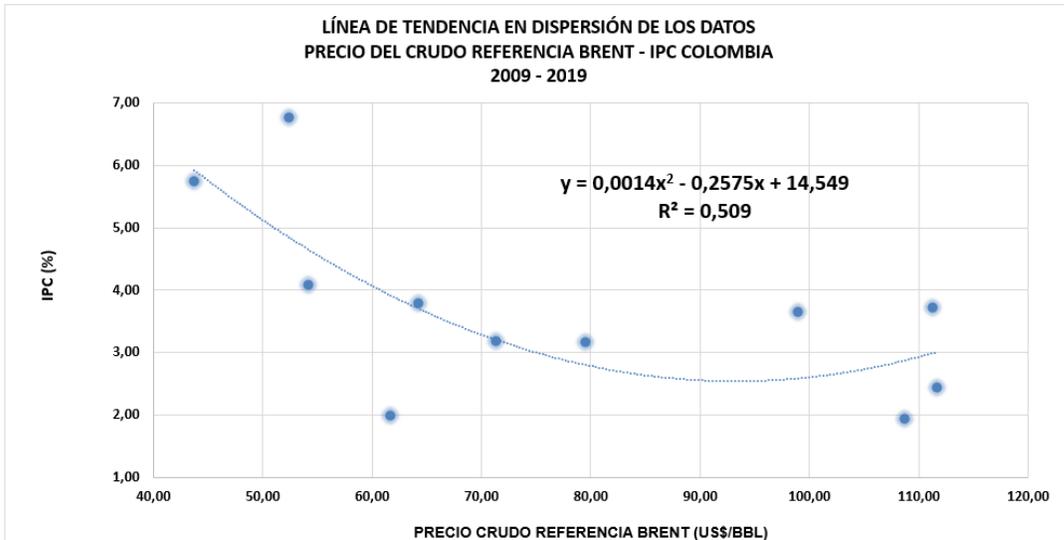
Nota. Resultados de coeficientes de determinación. Tomado de: Resultados Microsoft Excel 2019.

De acuerdo a los resultados logrados a través de la herramienta de Microsoft Excel 2019 y expuestos en la tabla 21, se observa que la mejor curva de ajuste a la dispersión de los datos es la

línea de tendencia polinómica de grado 2:  $y = 0,0014x^2 - 0,2575x + 14,549$ , ilustrada en la figura 27, la cual se denominará para los cálculos matemáticos como  $\hat{Y}$ .

**Figura 27**

*Línea de tendencia en dispersión de los datos Precio del Crudo de referencia BRENT – IPC en Colombia 2009-2019*



Nota. Línea de tendencia. Tomado de: (1) BP. (2022). 71 edition. <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2022-full-report.pdf>, (2) Banco de la República. (2023). <https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/indice-precios-consumidor-ipc>.

Teniendo en cuenta los datos de la tabla 22, calcularemos matemáticamente el coeficiente de determinación ( $R^2$ ), de acuerdo con los valores estimados para  $Y$ , según la línea de tendencia determinada por la herramienta de Microsoft Excel 2019.

$$R^2 = \frac{\sum_{t=1}^T (\hat{Y}_t - \bar{Y})^2}{\sum_{t=1}^T (Y_t - \bar{Y})^2}$$

Primero se calcula el promedio de los datos de la variable dependiente así:

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} \quad \bar{y} = 40.53/11 = \mathbf{3,68}$$

**Tabla 22**

*Datos para el cálculo del Coeficiente de Determinación y Correlación para los datos del precio del crudo de referencia BRENT y el IPC en Colombia 2009-2019*

Años	Precio Crudo de Referencia Brent (U\$\$/Bbl) (1)	IPC (2) (%)	$\hat{Y}$	$(\hat{Y} - \bar{Y})^2$	$(Y - \bar{Y})^2$
	$X_i$	$Y_i$			
2009	61.67	2.00	3.99	0.10	2.84
2010	79.50	3.17	2.93	0.58	0.26
2011	111.26	3.73	3.23	0.21	0.00
2012	111.67	2.44	3.25	0.19	1.55
2013	108.66	1.94	3.10	0.34	3.04
2014	98.95	3.66	2.78	0.82	0.00
2015	52.39	6.77	4.90	1.48	9.52
2016	43.73	5.75	5.97	5.20	4.27
2017	54.19	4.09	4.71	1.04	0.16
2018	71.31	3.18	3.31	0.14	0.25
2019	64.21	3.80	3.79	0.01	0.01
<b>Total</b>	<b>857.53</b>	<b>40.53</b>	<b>41.94</b>	<b>10.11</b>	<b>21.92</b>

Nota. Cálculos para hallar el coeficiente de determinación. Tomado de: (1) BP. (2022). 71 edition. <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2022-full-report.pdf>, (2) Banco de la República. (2023). <https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/indice-precios-consumidor-ipc>.

$$R^2 = \frac{\sum_{t=1}^T (\hat{Y}_t - \bar{Y})^2}{\sum_{t=1}^T (Y_t - \bar{Y})^2} = \frac{10,11}{21,92} = \mathbf{0,461}$$

Este resultado sugiere que el 46,1% de la variable dependiente (IPC en Colombia 2009-2019) es predicha por la variable independiente (precio crudo de referencia BRENT). Sacando la raíz cuadrada del coeficiente de determinación se calcula el coeficiente de correlación  $R = 0,678$ , si bien los resultados difieren a los presentados en la tabla 21, debido al empleo de todas las cifras decimales, el  $R^2$  es mayor a las demás líneas de tendencia calculadas por la herramienta de Microsoft Excel 2019, por tanto, se toma esta línea polinómica de grado 2 como la del mejor ajuste. Dado que  $R^2$  es cercano a 1 se puede concluir que el **modelo es fiable** para las previsiones futuras, en mediciones del 50% aproximadamente, redondeando las cifras decimales.

Para determinar matemáticamente la mejor línea de tendencia en la dispersión de los datos del precio del crudo de referencia BRENT – IPC en Colombia 2009-2019 resuelta por la herramienta de Microsoft Excel 2019 se plantean las siguientes ecuaciones:

Ecuación polinómica de grado 2 a resolver:

$$Y = B_2X^2 + B_1X + B_0$$

Arreglo de ecuaciones para hallar  $B_0$ ,  $B_1$  y  $B_2$  en ecuación polinómica de grado 2

$$n * B_0 + \sum_{i=1}^n X_i * B_1 + \sum_{i=1}^n X_i^2 * B_2 = \sum_{i=1}^n Y_i \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^n X_i * B_0 + \sum_{i=1}^n X_i^2 * B_1 + \sum_{i=1}^n X_i^3 * B_2 = \sum_{i=1}^n X_i Y_i \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^n X_i^2 * B_0 + \sum_{i=1}^n X_i^3 * B_1 + \sum_{i=1}^n X_i^4 * B_2 = \sum_{i=1}^n X_i^2 Y_i \quad (3)$$

**Tabla 23**

Cálculos de las variables a correlacionar: Precio del Crudo de referencia BRENT y el IPC en Colombia 2009-2019

Años	Precio Crudo de		$X_i^2$	$X_i^3$	$X_i^4$	$X_i * Y_i$	$X_i^2 * Y_i$
	Referencia	IPC (2)					
	Brent (U\$\$/Bbl) (1)	(%)					
	$X_i$	$Y_i$					
2009	61.67	2.00	3,803	234,557	14,465,432	123	7,607
2010	79.50	3.17	6,320	502,375	39,936,584	252	20,033
2011	111.26	3.73	12,378	1,377,100	153,210,131	415	46,169
2012	111.67	2.44	12,470	1,392,535	155,503,953	272	30,427
2013	108.66	1.94	11,807	1,282,896	139,397,539	211	22,905
2014	98.95	3.66	9,790	968,712	95,850,218	362	35,833
2015	52.39	6.77	2,744	143,769	7,531,580	355	18,579
2016	43.73	5.75	1,913	83,649	3,658,336	251	10,998
2017	54.19	4.09	2,937	159,153	8,624,915	222	12,012
2018	71.31	3.18	5,085	362,621	25,858,492	227	16,171
2019	64.21	3.80	4,123	264,740	16,999,110	244	15,667
<b>Total</b>	<b>857.53</b>	<b>40.53</b>	<b>73,370</b>	<b>6,772,108</b>	<b>661,036,292</b>	<b>2,934</b>	<b>236,400</b>

Nota. Variables a correlacionar. Tomado de: (1) BP. (2022). 71 edition. <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2022-full-report.pdf>., (2) Banco de la República. (2023). <https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/indice-precios-consumidor-ipc>.

Reemplazamos los valores en las tres ecuaciones planteadas para hallar la línea polinómica de grado 2

$$11 * B_0 + 857,53 * B_1 + 73.370 * B_2 = 40,53 \quad (1)$$

$$857,53 * B_0 + 73.370 * B_1 + 6.772.108 * B_2 = 2.934 \quad (2)$$

$$73.370 * B_0 + 6.772.108 * B_1 + 661.036.292 * B_2 = 236.400 \quad (3)$$

Se despeja  $B_0$  de las ecuaciones (1) y (2)

$$B_0 = 3,685 - 77,96 * B_1 - 6.670 * B_2 \quad (4)$$

$$B_0 = 3,422 - 85,56 * B_1 - 7.897 * B_2 \quad (5)$$

Se igualan las ecuaciones (4) y (5)

$$3,685 - 77,96 * B_1 - 6,670 * B_2 = 3,422 - 85,56 * B_1 - 7,897 * B_2 \quad (6)$$

Se despeja  $B_1$  en función de  $B_2$

$$7,60 * B_1 = -0,263 - 1,227 * B_2$$

$$B_1 = -0,0345 - 161,44 * B_2 \quad (7)$$

Se reemplaza  $B_1$  de la ecuación (7) en la ecuación (5)

$$B_0 = 3,422 - 85,56 * B_1 - 7,897 * B_2 \quad (5)$$

$$B_0 = 3,422 - 85,56 * (-0,0345 - 161,44 * B_2) - 7,897 * B_2$$

$$B_0 = 6,379 + 5,915 * B_2 \quad (8)$$

Se reemplaza  $B_0$  de la ecuación (8) y  $B_1$  de la ecuación (7) en la ecuación (3)

$$73,370 * (6,379 + 5,915 * B_2) + 6,772,108 * (-0,0345 - 161,44 * B_2) + 661,036,292 * B_2 = 236,400$$

$$468,034 + 433,987,037 * B_2 - 234,075 - 1,093,255,554 * B_2 + 661,036,292 * B_2 = 236,400$$

$$1,767,775 * B_2 = 2,442$$

$$\mathbf{B_2 = 0,0014}$$

Se reemplaza  $B_2$  en la ecuación (8)

$$B_0 = 6,379 + 5,915 * 0,0014$$

$$\mathbf{B_0 = 14,549}$$

Se reemplaza  $B_2$  en la ecuación (7)

$$B_1 = -0,0345 - 161,44 * 0,0014$$

$$\mathbf{B_1 = -0,2575}$$

Reemplazando  $B_0$ ,  $B_1$  y  $B_2$  en la ecuación polinómica de grado 2 tenemos:

$$\mathbf{y = 0,0014x^2 + 0,2575x + 14,549}$$

Que es exactamente la línea de tendencia calculada por la herramienta de Microsoft Excel 2019, donde:

y: IPC (%)

x: Precio del crudo de referencia BRENT (US\$/Bbl)

### ***3.1.10 Línea base de las Exportaciones en Colombia***

Las exportaciones son una fuente importante de ingresos, crecimiento económico y empleo para el país.

Según los datos del Departamento Administrativo Nacional de Estadística -DANE, las exportaciones totales del país pasaron de 13.158 millones de US\$ en el año 2000 a 57.259 millones de US\$ en el año 2022, lo que representa un crecimiento del 335.2%. Sin embargo, este incremento no ha sido constante, sino que ha estado sujeto a las variaciones del mercado internacional, a la demanda de los principales destinos y a la oferta de los diferentes sectores.

Entre los destinos más importantes de los productos de exportación del país tenemos: Estados Unidos que sigue siendo el principal socio comercial de Colombia, con una participación del 26,0% en el valor total de las exportaciones. Le sigue Panamá con un 8,9%, debido a su rol como centro logístico y financiero en la región y en tercer lugar de exportación se encuentran los Países Bajos con el 4,7% siendo los principales productos de exportación a este país europeo la gulupa, la uchuva, el aceite de palma, las flores, el café y el banano, entre otros (DANE, 2023).

La figura 28 muestra los productos de exportación de Colombia del año 2022 por un valor total de 57.259 millones de US\$ siendo el Petróleo y a sus derivados la principal fuente de ingresos con el 33% del total de las exportaciones del país seguido por el carbón con el 21%, es decir, la industria extractivista del petróleo y carbón exportan el 54% del valor total en el país.

**Figura 28**

*Productos de Exportación de Colombia 2022*



Nota. Exportaciones en Colombia 2022. Tomado de: Banco de la República. (2023). <https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/exportaciones>.

Los factores que han influido en el desempeño de las exportaciones en Colombia son diversos y complejos. Entre ellos se pueden mencionar: la tasa de cambio, los precios internacionales de los commodities (principalmente el petróleo), los acuerdos comerciales, las políticas públicas, la infraestructura, la innovación y la competitividad.

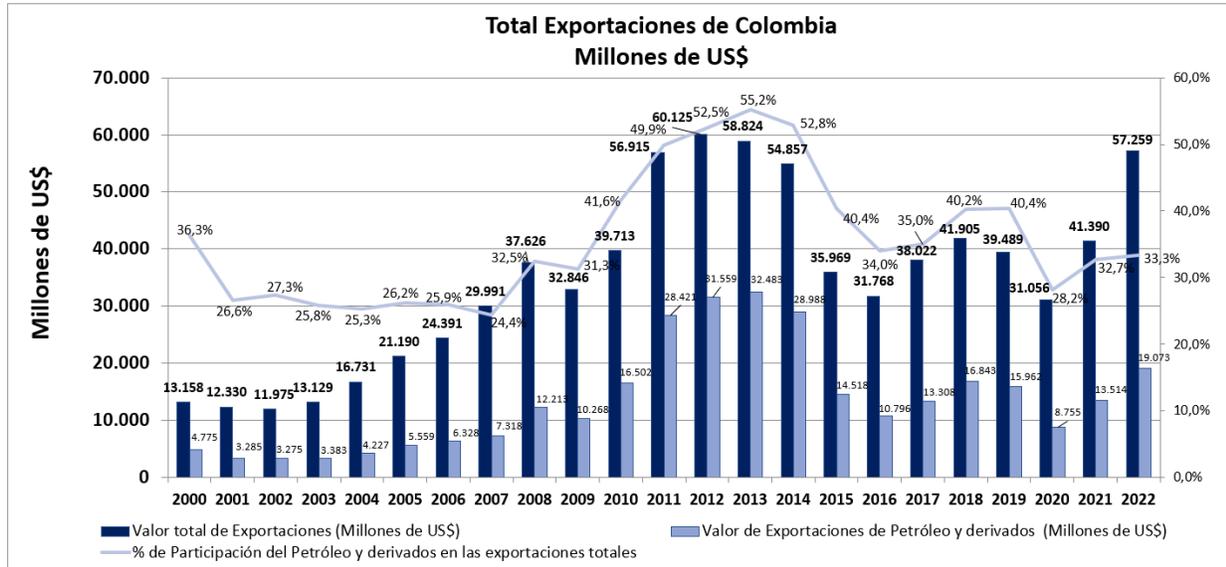
Estos factores han tenido efectos positivos y negativos sobre las exportaciones, dependiendo del contexto y del sector.

Por ejemplo, la depreciación del peso frente al dólar ha favorecido la rentabilidad de los exportadores, pero también ha encarecido los insumos importados. Asimismo, los acuerdos

comerciales han ampliado el acceso a nuevos mercados, pero también han aumentado la competencia y las exigencias de calidad.

**Figura 29**

*Total Exportaciones de Colombia*



Nota. Exportaciones en Colombia 2000-2022. Tomado de: Banco de la República. (2023). <https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/exportaciones>.

La figura 29 nos ilustra 4 periodos de crecimiento en las exportaciones: el primero desde el inicio del presente siglo XXI hasta el año 2008, la caída del año 2009 se debe a los acontecimientos de decrecimiento económico mundial ya reseñados en 2008. El sector de hidrocarburos con la dinámica de los nuevos contratos de exploración y producción E&P de la Agencia Nacional de Hidrocarburos-ANH entregados en las rondas, los precios internacionales del petróleo a alza, la seguridad democrática, la expansión inversionista y la TRM impulsaron las exportaciones en el periodo 2000-2008. El mayor crecimiento de las exportaciones en Colombia se dio en el segundo periodo de este siglo entre los años 2010 a 2014 siendo el petróleo y sus derivados el renglón más importante de exportación debido a los altos precios internacionales del petróleo de referencia BRENT en estos años y a la mayor producción de la historia en el país llegando a superar el millón de BOPD. Las exportaciones del petróleo y sus derivados en este periodo tuvieron un promedio del 50.4% de participación en las exportaciones totales del país, siendo el año 2013 el de mayor

participación en este siglo con 32.482 millones de US\$ que equivalen al 55.2% de las exportaciones totales de Colombia en ese año, de acuerdo a los datos del Banco de la República y graficados en la siguiente figura 30.

**Figura 30**

*Productos de Exportación de Colombia 2013*



Nota. Exportaciones en Colombia 2013. Tomado de: Banco de la República. (2023). <https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/exportaciones>.

Debido a la caída abrupta en la cotización de los precios internacionales del petróleo a partir de agosto de 2014 y llegando a valores menores de los 30US\$/Bbl en febrero de 2016, además de la caída de la producción de petróleo de un millón ocho mil barriles diarios (1'008.000 BOPD) en 2013 a 854.000 BOPD, es decir, 154.000 BOPD menos en 2017, se vieron afectadas las exportaciones del país.

El tercer periodo se desarrolló entre los años 2018 y 2019 donde se presentó un efecto rebote en las exportaciones debido a la mejor cotización de los precios internacionales del petróleo y a un incremento de 11.052 BOPD en 2018 con respecto al año 2017 y de 20.701 BOPD en 2019 con respecto al año 2018 de acuerdo con los reportes de producción fiscalizada de crudo de la ANH.

El último periodo de incremento en las exportaciones nacionales se dio entre los años 2021-2022 y será analizado en detalle más adelante como parte central de los años de estudio de este trabajo de grado del MBA.

### ***3.1.11 Correlación entre el comportamiento de los precios internacionales del petróleo y el comportamiento de las exportaciones del Petróleo y sus derivados***

Para la selección de la mejor curva correlación se tendrá en cuenta el mayor valor del resultado del coeficiente de determinación ( $R^2$ ) calculado por la herramienta de Microsoft Excel 2019 para los siguientes datos de las variables a correlacionar expuestos en la tabla 24 y graficados en la figura 31.

**Tabla 24**

*Variables a correlacionar: Precio del crudo de referencia BRENT y las exportaciones del petróleo y sus derivados*

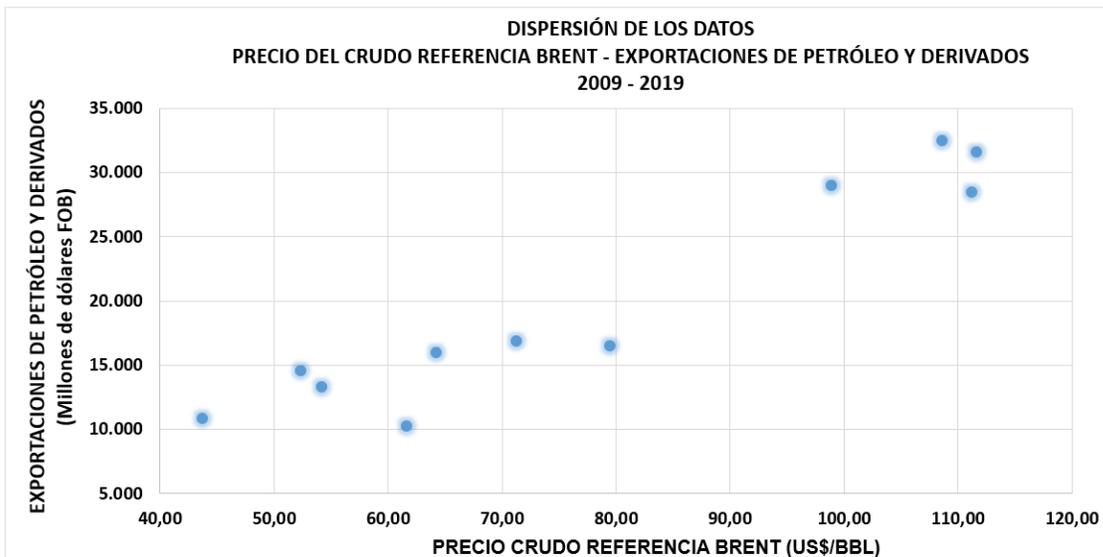
<b>Años</b>	<b>Precio Crudo de Referencia Brent (U\$/Bbl) (1)</b>	<b>Exportaciones de Petróleo y derivados (Millones de dólares FOB) (2)</b>
	<b>X<sub>i</sub></b>	<b>Y<sub>i</sub></b>
2009	61.67	10,268
2010	79.50	16,502
2011	111.26	28,421
2012	111.67	31,559
2013	108.66	32,483
2014	98.95	28,988
2015	52.39	14,518
2016	43.73	10,796
2017	54.19	13,308
2018	71.31	16,843
2019	64.21	15,962
<b>Total</b>	<b>857.53</b>	<b>219,646</b>

Nota. Tomado de: (1) BP. (2022). 71 edition. <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2022-full-report.pdf>, (2)

Exportaciones en Colombia 2013. Tomado de: Banco de la República. (2023). <https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/exportaciones>.

**Figura 31**

*Dispersión de los datos Precio del Crudo de referencia BRENT – Exportaciones de Petróleo y Derivados 2009-2019*



Nota. Dispersión de datos. Tomado de: (1) BP. (2022). 71 edition. <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2022-full-report.pdf>., (2) Exportaciones en Colombia 2013. Tomado de: Banco de la República. (2023). <https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/exportaciones>.

**Tabla 25**

*Coefficiente de Determinación y Correlación para los datos del precio del crudo de referencia BRENT y las exportaciones de petróleo y derivados 2009-2019*

Línea de Tendencia	Coefficiente de Determinación (R <sup>2</sup> )	Coefficiente de Correlación (R)
Exponencial	0.927	0.963
Lineal	0.909	0.953
Logarítmica	0.862	0.928
<b>Polinómica</b>	<b>0.930</b>	<b>0.964</b>
Potencial	0.915	0.957

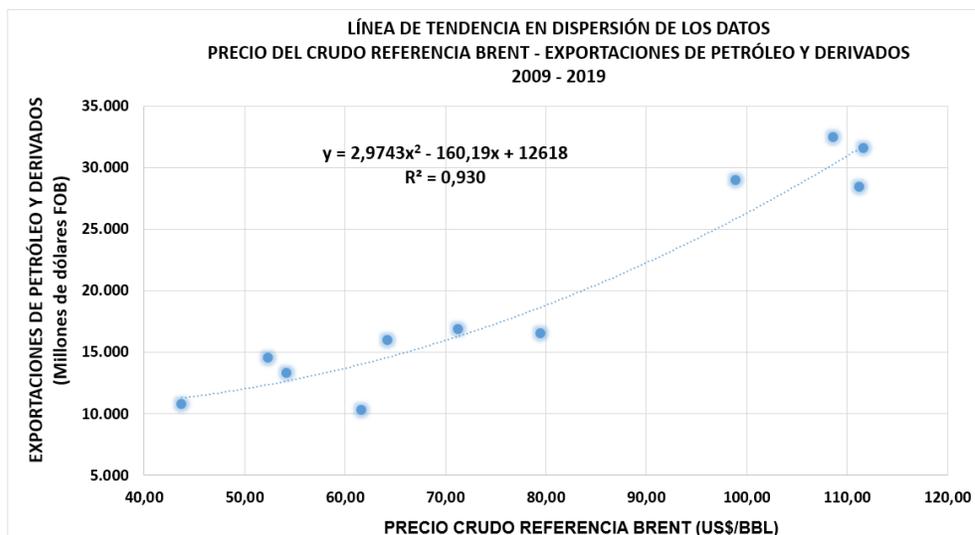
Nota. Resultados de coeficientes de determinación. Tomado de: Resultados Microsoft Excel 2019.

De acuerdo a los resultados logrados a través de la herramienta de Microsoft Excel 2019 y expuestos en la tabla 25, se observa que la mejor curva de ajuste a la dispersión de los datos es la

línea de tendencia polinómica de grado 2:  $y = 2,9743x^2 - 160,19x + 12618$ , ilustrada en la figura 32, la cual se denominará para los cálculos matemáticos como  $\hat{Y}$ .

**Figura 32**

*Línea de tendencia en dispersión de los datos Precio del Crudo de referencia BRENT– Exportaciones de Petróleo y Derivados 2009-2019*



Nota. Línea de tendencia. Tomado de: (1) BP. (2022). 71 edition. <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2022-full-report.pdf>, (2) Exportaciones en Colombia 2013. Tomado de: Banco de la República. (2023). <https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/exportaciones>.

Teniendo en cuenta los datos de la tabla 26, calcularemos matemáticamente el coeficiente de determinación ( $R^2$ ), de acuerdo con los valores estimados para  $Y$ , según la línea de tendencia determinada por la herramienta de Microsoft Excel 2019.

$$R^2 = \frac{\sum_{t=1}^T (\hat{Y}_t - \bar{Y})^2}{\sum_{t=1}^T (Y_t - \bar{Y})^2}$$

Primero se calcula el promedio de los datos de la variable dependiente así:

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} \quad \bar{y} = 219.646/11 = \mathbf{19.968}$$

**Tabla 26**

*Datos para el cálculo del Coeficiente de Determinación y Correlación para los datos del precio del crudo de referencia BRENT y exportaciones de petróleo y derivados 2009-2019*

Años	Precio Crudo de Referencia Brent (U\$\$/Bbl) (1)	Exportaciones de Petróleo y derivados (Millones de dólares FOB) (2)	$\hat{Y}$	$(\hat{Y} - \bar{Y})^2$	$(Y - \bar{Y})^2$
	$X_i$	$Y_i$			
2009	61.67	10,268	14,051	35,006,803	94,096,240
2010	79.50	16,502	18,680	1,658,959	12,014,533
2011	111.26	28,421	31,611	135,570,081	71,450,524
2012	111.67	31,559	31,820	140,462,602	134,353,820
2013	108.66	32,483	30,329	107,345,294	156,633,263
2014	98.95	28,988	25,887	35,038,608	81,366,753
2015	52.39	14,518	12,389	57,442,322	29,702,983
2016	43.73	10,796	11,301	75,112,091	84,130,065
2017	54.19	13,308	12,672	53,230,523	44,353,048
2018	71.31	16,843	16,320	13,310,063	9,766,479
2019	64.21	15,962	14,595	28,865,725	16,046,996
<b>Total</b>	<b>857.53</b>	<b>219,646</b>	<b>219,654</b>	<b>683,043,071</b>	<b>733,914,705</b>

Nota. Cálculos para hallar coeficiente de determinación. Tomado de: (1) BP. (2022). 71 edition. <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2022-full-report.pdf>, (2) Exportaciones en Colombia 2013. Tomado de: Banco de la República. (2023). <https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/exportaciones>.

$$R^2 = \frac{\sum_{t=1}^T (\hat{Y}_t - \bar{Y})^2}{\sum_{t=1}^T (Y_t - \bar{Y})^2} = \frac{683.043.071}{733.914.705} = \mathbf{0,930}$$

Este resultado sugiere que el 93% de la variable dependiente (Exportaciones de Petróleo y derivados 2009-2019) es predicha por la variable independiente (precio crudo de referencia BRENT). Sacando la raíz cuadrada del coeficiente de determinación se calcula el coeficiente de correlación  $R = 0,964$ , cuyo resultado se presenta en la tabla 25 resaltado en negrilla como el mayor valor de los coeficientes y por tanto, se toma esta línea polinómica de grado 2 como la del mejor ajuste. Dado que  $R^2$  es muy cercano a 1 se puede concluir que el **modelo es muy fiable** para las previsiones futuras.

Para determinar matemáticamente la mejor línea de tendencia en la dispersión de los datos del precio del crudo de referencia BRENT – Exportaciones de Petróleo y derivados 2009-2019, resuelta por la herramienta de Microsoft Excel 2019 se plantean las siguientes ecuaciones:

Ecuación polinómica de grado 2 a resolver:

$$Y = B_2X^2 + B_1X + B_0$$

Arreglo de ecuaciones para hallar  $B_0$ ,  $B_1$  y  $B_2$  en ecuación polinómica de grado 2

$$n * B_0 + \sum_{i=1}^n X_i * B_1 + \sum_{i=1}^n X_i^2 * B_2 = \sum_{i=1}^n Y_i \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^n X_i * B_0 + \sum_{i=1}^n X_i^2 * B_1 + \sum_{i=1}^n X_i^3 * B_2 = \sum_{i=1}^n X_i Y_i \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^n X_i^2 * B_0 + \sum_{i=1}^n X_i^3 * B_1 + \sum_{i=1}^n X_i^4 * B_2 = \sum_{i=1}^n X_i^2 Y_i \quad (3)$$

**Tabla 27**

*Cálculos de las variables a correlacionar: Precio del crudo de referencia BRENT y las exportaciones de petróleo y derivados 2009-2019*

Años	Precio Crudo de Referencia Brent (U\$\$/Bbl) (1)	Exportaciones de Petróleo y derivados (Millones de dólares FOB) (2)	$X_i^2$	$X_i^3$	$X_i^4$	$X_i * Y_i$	$X_i^2 * Y_i$
	$X_i$	$Y_i$					
2009	61.67	10,268	3,803	234,557	14,465,432	633,210	39,050,851
2010	79.50	16,502	6,320	502,375	39,936,584	1,311,805	104,282,677
2011	111.26	28,421	12,378	1,377,100	153,210,131	3,161,958	351,785,532
2012	111.67	31,559	12,470	1,392,535	155,503,953	3,524,177	393,543,760
2013	108.66	32,483	11,807	1,282,896	139,397,539	3,529,570	383,517,884
2014	98.95	28,988	9,790	968,712	95,850,218	2,868,264	283,803,299
2015	52.39	14,518	2,744	143,769	7,531,580	760,539	39,842,194
2016	43.73	10,796	1,913	83,649	3,658,336	472,136	20,648,463
2017	54.19	13,308	2,937	159,153	8,624,915	721,194	39,083,253
2018	71.31	16,843	5,085	362,621	25,858,492	1,201,053	85,647,162
2019	64.21	15,962	4,123	264,740	16,999,110	1,024,926	65,811,097
<b>Total</b>	<b>857.53</b>	<b>219,646</b>	<b>73,370</b>	<b>6,772,108</b>	<b>661,036,292</b>	<b>19,208,833</b>	<b>1,807,016,172</b>

Nota. Variables a correlacionar. Tomado de: (1) BP. (2022). 71 edition. <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2022-full-report.pdf>, (2) Exportaciones en Colombia 2013. Tomado de: Banco de la República. (2023). <https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/exportaciones>.

Reemplazamos los valores en las tres ecuaciones planteadas para hallar la línea polinómica de grado 2

$$11 * B_0 + 857,53 * B_1 + 73.370 * B_2 = 219.646 \quad (1)$$

$$857,53 * B_0 + 73.370 * B_1 + 6.772.108 * B_2 = 19.208.833 \quad (2)$$

$$73.370 * B_0 + 6.772.108 * B_1 + 661.036.292 * B_2 = 1.807.016.172 \quad (3)$$

$$B_0 = 22.400 - 85,56 * B_1 - 7.897 * B_2 \quad (5)$$

Se igualan las ecuaciones (4) y (5)

$$19.968 - 77,96 * B_1 - 6.670 * B_2 = 22.400 - 85,56 * B_1 - 7.897 * B_2 \quad (6)$$

Se despeja  $B_1$  en función de  $B_2$

$$7,60 * B_1 = 2.432 - 1.227 * B_2$$

$$B_1 = 320 - 161,44 * B_2 \quad (7)$$

Se reemplaza  $B_1$  de la ecuación (7) en la ecuación (5)

$$B_0 = 22.400 - 85,56 * B_1 - 7.897 * B_2 \quad (5)$$

$$B_0 = 22.400 - 85,56 * (320 - 161,44 * B_2) - 7.897 * B_2$$

$$B_0 = - 4.975 + 5.915 * B_2 \quad (8)$$

Se reemplaza  $B_0$  de la ecuación (8) y  $B_1$  de la ecuación (7) en la ecuación (3)

$$73.370 * (- 4.975 + 5.915 * B_2) + 6.772.108 * (320 - 161,44 * B_2) + 661.036.292 * B_2 = 1.807.016.172$$

$$-365.039.415 + 433.987.037 * B_2 + 2.166.797.768 - 1.093.255.554 * B_2 + 661.036.292 * B_2 = 1.807.016.172$$

$$1.767.775 * B_2 = 5.257.819$$

$$\mathbf{B_2 = 2,9743}$$

Se reemplaza  $B_2$  en la ecuación (8)

$$B_0 = - 4.975 + 5.915 * 2,9743$$

$$\mathbf{B_0 = 12.618}$$

Se reemplaza B<sub>2</sub> en la ecuación (7)

$$B_1 = 320 - 161,44 * 2,9743$$

$$B_1 = -160,19$$

Reemplazando B<sub>0</sub>, B<sub>1</sub> y B<sub>2</sub> en la ecuación polinómica de grado 2 tenemos:

$$Y = 2,9743X^2 - 160,19X + 12.618$$

Que es exactamente la línea de tendencia calculada por la herramienta de Microsoft Excel 2019, donde:

Y: Exportaciones de Petróleo y derivados (Millones de dólares FOB)

X: Precio del crudo de referencia BRENT (US\$/Bbl)

Analizando la correlación entre el comportamiento de los precios internacionales del petróleo de referencia BRENT y las Exportaciones de Petróleo y derivados en el periodo de la línea base, se observa en la figura 33 una relación directamente proporcional, es decir, que mientras el precio del crudo de referencia BRENT aumenta las Exportaciones de Petróleo y derivados aumenta y si la cotización de los precios del petróleo presenta una tendencia a la baja, las Exportaciones de Petróleo y derivados disminuyen. La correlación es muy fuerte y positiva del orden del 93%.

**Figura 33**

*Correlación del Precio del Crudo de referencia BRENT y las exportaciones de Petróleo y derivados 2009-2019*



Nota. Correlación líneas base. Tomado de: (1) BP. (2022). 71 edition. <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2022-full-report.pdf>, (2) Exportaciones en Colombia 2013. Tomado de: Banco de la República. (2023). <https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/exportaciones>.

### **3.2 Comportamiento de los Precios Internacionales del Petróleo durante la Pandemia del COVID-19 y la Guerra en Ucrania**

En esta segunda parte del tercer capítulo analizaremos el comportamiento de los precios internacionales del petróleo durante los años 2020 al 2022 teniendo en cuenta el momento de la pandemia del COVID-19 e igualmente el impacto que han tenido estos precios debido a la guerra entre Rusia y Ucrania y como estos hechos repercuten en los precios del crudo y que repercuten en los principales indicadores del país.

El año 2020 será recordado por todos los países del mundo debido al impacto económico ocasionado por la pandemia del Covid-19 que paralizó en gran parte del año las actividades que producían bienes y servicios en las naciones, producto de las medidas restrictivas y de confinamiento y Colombia no fue la excepción.

El desarrollo económico del país, el bienestar de las comunidades que lo habitan y la mitigación de la pobreza están íntimamente ligados al acceso de fuentes energéticas.

De acuerdo con datos del DANE, en los últimos 45 años en Colombia la población se ha duplicado pasando de 25 millones de habitantes en 1975 a 50,4 millones de habitantes en 2019. El aporte en el consumo energético del país en 1975 del sector de hidrocarburos fue del 38% y en la actualidad es del 62%, es decir, un incremento del 163%, en los últimos 45 años, según el informe presentado por la Unidad de Planeación Minero Energética – UPME. Estas cifras revelan que si bien es cierto el consumo de hidrocarburos está en aumento no va a la par con el crecimiento poblacional, por tanto, se ha mejorado en la calidad de vida, pero aún falta cubrir a una gran parte de la población.

El consumo energético es un factor de desarrollo para los pueblos y este debe ser cada vez mejor tratado para que su impacto sea mínimo al ambiente. Se ha mejorado en las últimas décadas en lo referente a la disminución de energías contaminantes como el carbón y la leña en el país, dada la condición de la población que era mayormente rural unas cinco décadas atrás y que actualmente se han beneficiado por la política de masificación del gas a inicios de los años noventa. Hoy estamos entrando en una nueva dinámica de transición energética para disminuir a un más las emisiones de CO<sub>2</sub> de acuerdo con los compromisos adquiridos en el COP21 realizado en París (Francia), el 12 de diciembre de 2015 y recientemente en el COP26 realizado en Glasgow (Reino Unido) del 1 al 12 de noviembre de 2021.

Dado que Colombia enfocó su desarrollo económico en las últimas cuatro décadas al mercado petrolero, gracias a los descubrimientos de Caño Limón en 1983 que volvió a darnos el autoabastecimiento en materia de petróleo en 1986 y poder nuevamente exportar hidrocarburos, en los años noventa con los descubrimientos de Cusiana, Cupiagua, Pauto, Floreña y Volcaneras, el inicio de una zona próspera como los llanos orientales y los cambios gestados a la política petrolera nacional en el año 2003 con decreto 1760 *“Por el cual se escinde la Empresa Colombiana de Petróleos, Ecopetrol, se modifica su estructura orgánica y se crean la Agencia Nacional de Hidrocarburos y la sociedad Promotora de Energía de Colombia S. A.”*, el País entró en la dinámica de la influencia de los grandes potencias petroleras, dado que nuestro país es una nación con petróleo pero no petrolero. Estos dos términos son muy importantes para este análisis dado que tener petróleo en un país no implica pertenecer a las grandes ligas como los países árabes de la OPEP y del medio oriente, o como EEUU, Rusia, Venezuela, Noruega y Canadá entre muchos otros. Estos países que tienen las reservas y producción de petróleo más importantes del mundo son los grandes jugadores en materia económica. Pueden incidir directamente en la producción de petróleo de acuerdo con la oferta y demanda el mercado internacional, su almacenamiento, y por ende en los precios de referencia internacional.

Un hito muy importante en los precios internacionales del crudo en el presente siglo XXI, se registró en el año 2020 ocasionado por la pandemia del Covid-19 y como lo mencionamos al inicio de este análisis macroeconómico, paralizó las actividades de producción de bienes y servicios y el transporte de todo tipo (barcos, aviones y terrestre) en gran parte del año en el mundo.

Siendo el 20 de abril el lunes negro que partió la historia del precio de referencia WTI dado que por primera vez en el mundo se cotizaba este crudo en la bolsa de valores de New York de forma negativa y llegando a un mínimo de menos 37,63 US\$/Bbl, es decir, que los productores de petróleo además de entregar el crudo pagaron hasta 37,63 US\$/Bbl para que se lo llevaran dado que no tenían donde poder almacenar su crudo debido a las altas existencias de almacenamiento en Cushing, Oklahoma, EEUU (BBC News Mundo, 2020).

Este comportamiento de los mercados a futuro es lo que se conoce con el nombre de la **situación de Backwardation**, es decir, el precio del mercado a futuro es inferior al actual (Spot). Esta situación suele ser más común en el mercado de bonos, debido a que su precio es inverso a su rentabilidad.

La realidad de los mercados a futuros se debe comportar en una **situación de Contango**, es decir, que los mercados a futuro tendrán mayor valor al mercado actual (spot), esto dado que los inversores están dispuestos a pagar más por el activo subyacente en el futuro que hoy.

Uno de los elementos que jugó un papel más destacado en lo ocurrido con el WTI el 20 de abril tiene que ver con que el 21 de abril culmina en Estados Unidos el plazo para el cierre de los contratos de petróleo para entrega en mayo.

Eso quiere decir que, para entonces, quien tenga vigente un contrato de este tipo tendrá que honrarlo y hacerse cargo del crudo que le entregarán el próximo mes.

Sin embargo, el 20 de abril los compradores parecían desesperados por deshacerse de esos contratos y entregárselo a alguien que quisiera tomar posesión física de esos barriles.

**Figura 34**

*El precio del West Texas, por primera vez en negativo*



Nota. Precio del WTI negativo. Tomado de: Cinco días - El País. (2020). Cinco días - El País.  
[https://cincodias.elpais.com/cincodias/2020/04/20/mercados/1587365313\\_479009.html](https://cincodias.elpais.com/cincodias/2020/04/20/mercados/1587365313_479009.html)

El segundo elemento que incidió en el desplome del WTI tiene que ver con que la capacidad física de almacenamiento de crudo en Estados Unidos está bastante reducida debido a la acumulación de inventarios. Quienes negocian con petróleo en Estados Unidos suelen guardar el

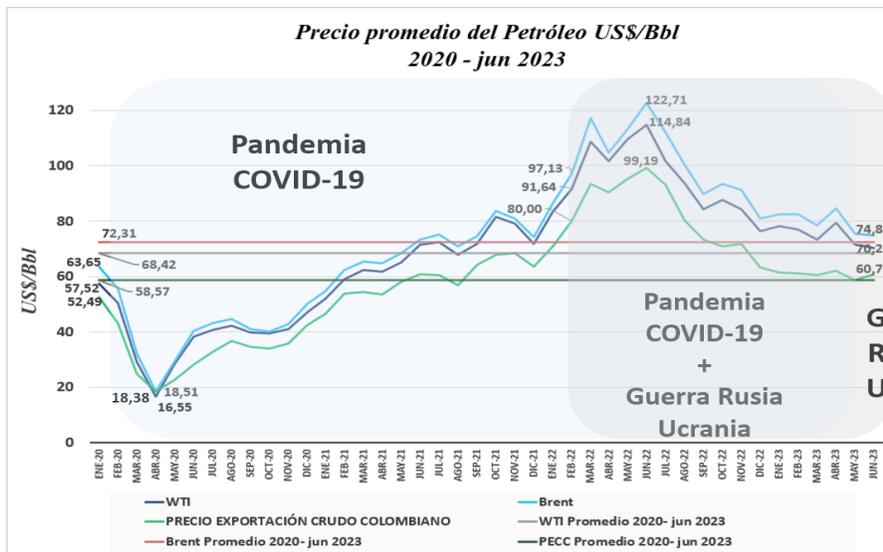
crudo que adquieren en depósitos ubicados en la localidad de Cushing (Oklahoma) para sacarlo luego a la venta cuando surgen en los mercados a futuro precios más altos (BBC, 2020).

La acumulación de inventarios y la caída de los precios del crudo son, a su vez, consecuencia derivada de la pandemia del COVID-19 que ha tomado el mercado petrolero mundial golpeado por el doble efecto de un exceso de producción y de una reducción de la demanda (BBC, 2020).

La demanda mundial de petróleo por efecto del COVID-19 cayó inicialmente entre un 18% a un 25%, es decir, aproximadamente 25 millones de barriles diarios y la producción inicialmente se mantuvo y luego de unos meses en mayo de 2020 la OPEP redujo tan sólo 10MM BOPD la producción llegando a casi 11,37 MM BOPD en junio/julio de 2020 y en agosto de ese mismo año la reducción de producción por parte de la OPEP fue de 9,7 MM BOPD, llegando a producirse a nivel mundial un promedio de 88,6 MM BOPD, con una caída de la producción del orden del 6.7% con referencia a la producción mundial de 2019 que fue de 94.9 MM BOPD (Energy Institute, 2023).

**Figura 35**

*Precio promedio del Petróleo 2020 - jun 2023*



Nota. Precios del petróleo. Tomado de: Datosmacro. (2023).

<https://datosmacro.expansion.com/materias-primas>.

La guerra entre Rusia y Ucrania ha tenido repercusiones en la economía mundial, especialmente en el mercado del petróleo. La guerra ha reducido la oferta de petróleo, ya que se ha afectado la producción y el transporte de este recurso. Rusia es uno de los mayores productores y exportadores

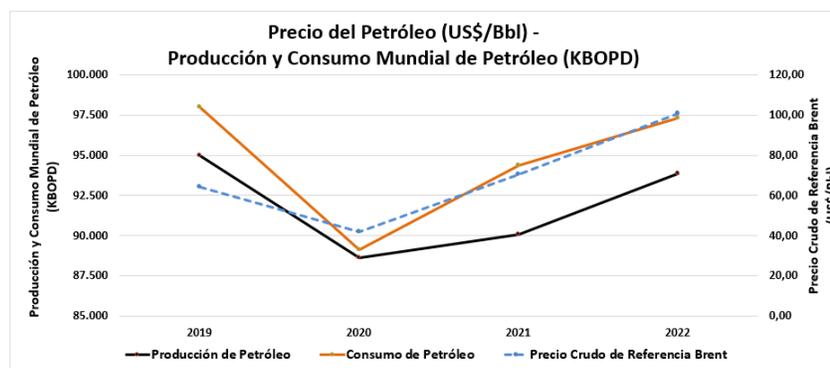
de petróleo del mundo, y Ucrania es un país de tránsito para el suministro de gas natural ruso a Europa. La guerra ha provocado interrupciones en el flujo de petróleo y gas desde Rusia hacia Europa y otros mercados, lo que genera escasez y por tanto, aumentan los costos. Además, la guerra genera incertidumbre e inestabilidad política en la región, lo que desincentiva las inversiones y la exploración de nuevos yacimientos.

Por otro lado, la guerra entre Rusia y Ucrania también afecta a la demanda de petróleo, ya que tiene efectos negativos sobre el crecimiento económico y el consumo de energía. La guerra reduce el comercio y la actividad económica entre Rusia y Ucrania, así como entre estos países y sus socios comerciales. Esto implica una menor demanda de petróleo para el transporte, la industria y otros sectores. Además, la guerra genera temor e incertidumbre entre los consumidores y los inversores, lo que reduce la confianza y el gasto. La guerra ha modificado las relaciones geopolíticas entre los países productores y consumidores de petróleo, lo que está afectando a la cooperación y a la estabilidad del mercado y por ende ha producido un impacto en el alza del precio internacional del crudo.

Por otra parte, la guerra entre Rusia y Ucrania puede acelerar la transición hacia fuentes de energía más limpias y renovables, lo que reduciría la dependencia del petróleo y su demanda futura, lo cual provocaría una caída sustancial en los precios internacionales del petróleo.

**Figura 36**

*Precio del Petróleo - Producción y consumo mundial de Petróleo*



Nota. Precio, producción y consumo mundial de petróleo. Tomado de: Energy Institute. (2023). <https://www.energyinst.org/statistical-review>.

Debido a que en los últimos años hay un déficit de producción mundial de petróleo del orden de 3 millones de barriles diarios se prevé un incremento en los precios internacionales del crudo si

se mantiene mayor la demanda a la oferta y las energías sustitutas no logren compensar el mercado energético mundial.

La caída de los precios internacionales del petróleo en el primer semestre de 2023 se debió principalmente a la intranquilidad de los mercados en torno a la demanda por la debilidad económica mundial, una mayor oferta de crudo y a unas mejores condiciones climáticas, sin embargo, se espera que los precios internacionales repunten en el segundo semestre de 2023 en respuesta al efecto rebote y la mayor demanda de energía mundial al final del año por las condiciones climáticas de fuertes inviernos.

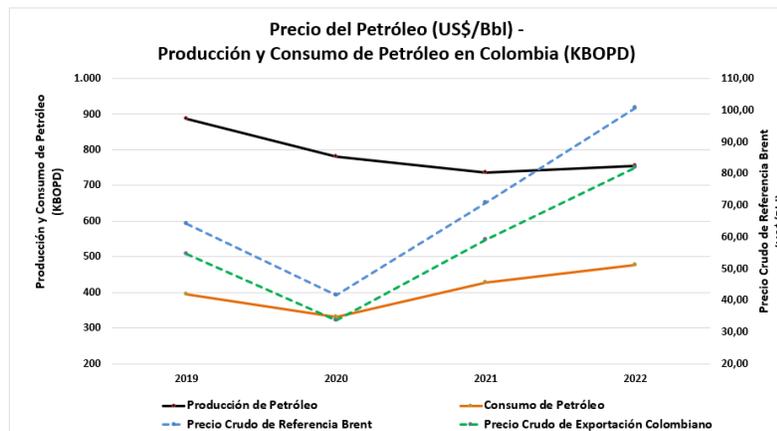
Según el más reciente informe de Banca & Economía publicado por Asobancaria, se prevé una reducción cercana al 16 % en el precio del barril de crudo de esta referencia para este año.

“Por el lado de la oferta, la EIA (Energy Information Administration) estima un modesto aumento del 1,5% debido a la pérdida de tracción de la economía global y a un exiguo crecimiento de la producción de los países de la Opep+ ante su nuevo anuncio a principios de abril de aumentar los recortes de petróleo en alrededor de 1,16 mbd (millones de barriles diarios), elevando su política de reducción de la oferta a 3,66 mbd hasta finales de 2023, todo ello con el fin de mantener los precios del crudo por encima de los US\$80. Estos factores llevarían a que el estimativo de precio promedio del petróleo BRENT en 2023 se acerque a US\$85, cifra similar a la que se descuenta en el mercado de futuros a corte de abril (US\$85,3)” (Portafolio, 2023).

Si bien es cierto, Colombia a diciembre 31 de 2022 tiene un superávit de 276 KBOPD de acuerdo a lo mostrado en la figura 37, los cuales se exportan a diferentes mercados en el mundo, la relación reservas producción de acuerdo al último informe de la Agencia Nacional de Hidrocarburos – ANH, es de 7,5 años lo cual es un horizonte de tiempo muy corto dado que se requiere tener un descubrimiento gigante de petróleo o varios de mediano porte ya, para ponerlo en producción en más o menos cinco años y así evitar tener que importar toda la carga de petróleo que consume el país a precios internacionales que generarían un mayor hueco fiscal, afectación a las finanzas públicas, menor recaudo de impuestos, regalías, desempleo y déficit económico en las regiones productoras y el país.

**Figura 37**

*Precio del Petróleo - Producción y consumo de Petróleo en Colombia*



Nota. Precio, producción y consumo nacional de petróleo. Tomado de: Energy Institute. (2023). <https://www.energyinst.org/statistical-review>.

Esta fluctuación de los precios internacionales del crudo ha impactado los indicadores económicos del país y en especial en los últimos tres años ocasionado principalmente por la pandemia del Covid-19 y la guerra de Rusia y Ucrania.

Recordemos que en la figura 7 donde se ilustró la línea base (2009-2019) del precio promedio del petróleo, el crudo de referencia BRENT el cual es el cotizante para el crudo de exportación colombiano se promedió en 77,96 US\$/Bbl con cierre de cotización a 2019 de 64,21 US\$/Bbl. Igualmente, el crudo de exportación colombiano en este periodo de línea base se vendió en promedio a 65,52 US\$/Bbl con cierre de venta a 2019 de 54,53 US\$/Bbl. Para el periodo de pandemia del COVID-19 y la guerra de Rusia y Ucrania el promedio de cotización del crudo BRENT es de 72,31 US\$/Bbl, es decir, el precio del crudo de referencia BRENT ha disminuido en un 7,81% y el precio de venta promedio del crudo de exportación colombiano se cotiza a 58,57 US\$/Bbl, es decir, su valor disminuyó en un 11,86% lo cual ha afectado los indicadores económicos del país. Sin embargo, el precio internacional del crudo de referencia BRENT y el valor del crudo de venta de exportación colombiano están al alza y se cotizan a cierre de junio de 2023 por encima del valor promedio de los últimos tres años.

A continuación, analizaremos el impacto del precio internacional del petróleo en cada uno de los indicadores económicos más afectados en el país en este periodo de tiempo que ha sido afectado por la pandemia del COVID-19 y la guerra de Rusia y Ucrania:

### 3.2.1 La Inversión Extranjera Directa en Colombia 2020-2022

**Tabla 28**

*Inversión Extranjera Directa en Colombia 2020-2022*

<b>Año</b>	<b>IED Total (Millones de US\$)</b>	<b>IED Sector Petrolero (Millones de US\$)</b>	<b>% Participación Sector Petrolero</b>
2020	7,459	457	6%
2021	9,561	916	10%
2022	16,869	2,839	17%

Nota. IED 2020-2022. Tomado de: Banco de la República. (s.f.).  
<https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/inversion-directa>.

Según los datos del Banco de la República, la Inversión Extranjera Directa - IED recibida por Colombia en el año 2020 fue de US\$ 7.459 millones, lo que representa una caída del 46,7% respecto al año 2019, cuando se registró una cifra de US\$ 13.989 millones.

Esta disminución se explica principalmente por los efectos negativos de la pandemia sobre la actividad económica, la demanda interna y externa, y la confianza de los inversionistas. El sector más afectado fue el petrolero, que registró una caída del 83,4% en la IED recibida, pasando de US\$ 2.755 millones en 2019 a US\$ 457 millones en 2020. El sector petrolero representa el 6% del total de la IED recibida por Colombia en 2020. En el año 2019 la participación de la IED fue del 20%. En la línea base la mayor participación del sector petrolero en la IED se dio en el año 2010 con el 48% (US\$ 3.080 millones), sin embargo, la mayor participación en valor de la IED se dio en el año 2012 con US\$ 5.451 millones (36%).

En el año 2021 se observó una leve recuperación de la IED en el sector petrolero en Colombia, respecto al promedio de la línea base US\$ 3.548 millones (2009-2019) impulsada por la reactivación económica, la vacunación masiva contra la pandemia del COVID-19 y las reformas tributaria y laboral en el gobierno. Según el Banco de la República, la IED en el año 2021 para el sector petrolero ascendió a US\$ 916 millones, lo que supone un aumento del 100% respecto al año

anterior que había recibido US\$ 457 millones. Sin embargo, lejos de la IED promedio de la línea base.

El año 2022 se observó como un año de reactivación de la IED en Colombia, debido a las iniciativas de crecimiento económico, la estabilidad política y social enmarcado en la campaña electoral y elegir al nuevo gobierno democráticamente, el avance en la implementación de los acuerdos de paz y en los altos precios del petróleo impactados por la guerra de Rusia y Ucrania. Según el informe Doing Business del Banco Mundial, Colombia mejoró su posición en el ranking de facilidad para hacer negocios, pasando del puesto 67 al 58 entre 190 economías. Además, según el informe Global Competitiveness Report del Foro Económico Mundial, Colombia se ubicó en el puesto 57 entre 141 países en términos de competitividad global, destacando los pilares de estabilidad macroeconómica, tamaño del mercado e innovación. La IED en Colombia en 2022 alcanzó los US\$ 16.869 millones, lo que representó un incremento del 76,43% respecto al año anterior. La IED del sector petrolero logró un incremento del 209,9% pasando de US\$ 916 millones en 2021 a US\$2.839 millones en 2022 y una participación del 17% en la IED total.

Otro aspecto que influyó en la fuerte caída de la IED radica en la misma proporción de la caída del precio del crudo de referencia internacional BRENT ya que esto produjo que varios proyectos exploratorios y de desarrollo no pasaran económicamente y, por tanto, se postergaran hasta cuando los precios vuelvan a viabilizar económicamente a estos proyectos.

**Tabla 29**

*Proyección y desviación de la Inversión Extranjera Directa en Colombia 2020-2022*

Años	Precio Crudo de Referencia BRENT (US\$/BBL)	IED Sector Petrolero (Millones de US\$)	IED Sector Petrolero (Millones de US\$)	Desviación	
		Proyectada línea base	Real	Millones de US\$	%
		$y = 0,6528x^2 - 62,23x + 4045,5$	Real		
2020	41.75	2,585	457	-2,128	-82%
2021	70.68	2,908	916	-1,992	-69%
2022	100.78	4,404	2,839	-1,565	-36%
<b>Total</b>		<b>9,897</b>	<b>4,212</b>	<b>-5,685</b>	<b>-57%</b>

Nota. Desviación IED 2020-2022.

Se puede apreciar en la tabla 29 que el impacto generado en la IED por los precios internacionales del petróleo inicialmente a la baja por la pandemia del COVID-19 y el alza en el año 2022 por la guerra de Rusia y Ucrania se calcula entorno a un 57% menos de lo que deberían proyectarse estas inversiones teniendo en cuenta la línea base 2009-2019, es decir, la IED se vio afectada en este periodo en US\$ 5.685 millones que no ingresaron al país a través del sector petrolero y que finalmente repercutieron en las finanzas públicas del país, los indicadores económicos y en las actividades de exploración y producción de petróleo.

### 3.2.2 El Producto Interno Bruto - PIB en Colombia 2020-2022

**Tabla 30**

*Producto Interno Bruto en Colombia - PIB 2020-2022*

<b>Años</b>	<b>PIB Total (Miles de Millones de pesos)</b>	<b>PIB Extracción de petróleo crudo y gas natural y actividades de apoyo para la extracción de petróleo y de gas natural (Miles de Millones de pesos)</b>	<b>% participación PIB</b>
2020	817,315	26,316	3.22%
2021	907,352	24,813	2.73%
2022	973,195	25,447	2.61%

*Nota. PIB 2020-2022. Tomado de: Banco de la República. (2023). <https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/producto-interno-bruto-pib>.*

Según el Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE, el PIB de Colombia se contrajo un 7,25% en el año 2020 al pasar de 881.225 miles de millones de pesos en 2019 a 817.315 miles de millones de pesos en 2020, como consecuencia de la pandemia de COVID-19, las medidas de confinamiento y restricción de la movilidad que se adoptaron para controlarla y evitar más su propagación. Los sectores más afectados fueron el comercio, el transporte, la construcción, los hidrocarburos y la industria manufacturera, que registraron caídas superiores al 10%. El PIB del sector de hidrocarburos se contrajo un 11,8% al pasar de 29.826 miles de millones de pesos en 2019 a 26.316 miles de millones de pesos en 2020. Por el contrario, los sectores que mostraron un crecimiento positivo fueron la agricultura, la ganadería, la pesca y la minería.

Para el año 2021, el DANE señaló que el PIB de Colombia creció un 11%, al pasar de 817.315 miles de millones de pesos en 2020 a 907.352 miles de millones de pesos en 2021 impulsado por la reactivación económica, el avance del plan nacional de vacunación, el apoyo fiscal y monetario del gobierno y el banco de la República. Los sectores que lideraron la recuperación fueron el comercio, el transporte, la construcción y los servicios financieros. Se resalta que el PIB alcanzó y superó el nivel que tenía antes de la pandemia, siendo Colombia uno de los pocos países con crecimiento económico positivo en el mundo durante la pandemia del COVID-19. Sin embargo, el PIB del sector de hidrocarburos se contrajo por segundo año consecutivo en un 5,7% al pasar de 26.316 miles de millones de pesos en 2020 a 24.813 miles de millones de pesos en 2021.

Finalmente, para el año 2022, el DANE señaló que el PIB de Colombia creció un 7,3%, consolidando la tendencia positiva iniciada en el año 2021. Los sectores que mantuvieron un buen desempeño fueron los mismos que en el año anterior, con la adición de la industria manufacturera y la administración pública. El PIB del sector de hidrocarburos creció tímidamente en un 2,6% al pasar de 24.813 miles de millones de pesos en 2021 a 25.447 miles de millones de pesos en 2022, muy por debajo del promedio del PIB del sector en la línea base (2009-2019) que fue del orden de 29.583 miles de millones de pesos.

**Tabla 31**

*Proyección y desviación del Producto Interno Bruto en Colombia - PIB 2020-2022*

Años	Precio Crudo de Referencia BRENT (US\$/BBL)	PIB Extracción de petróleo crudo y gas natural y actividades de apoyo para la extracción de petróleo y de gas natural (Miles de Millones de pesos)	PIB Extracción de petróleo crudo y gas natural y actividades de apoyo para la extracción de petróleo y de gas natural (Miles de Millones de pesos)	Desviación	
		Proyectado de línea Base $y = 3,2754x^2 - 477,02x + 44924$	Real	Miles de Millones de pesos	%
2020	41.75	30,717	26,316	-4,401	-14%
2021	70.68	27,571	24,813	-2,758	-10%
2022	100.78	30,116	25,447	-4,669	-16%
<b>Total</b>		<b>88,405</b>	<b>76,576</b>	<b>-11,829</b>	<b>-13%</b>

*Nota. Desviación PIB en Colombia 2020-2022.*

Se puede apreciar en la tabla 31 que el impacto generado por el sector de hidrocarburos al PIB por la fluctuación de los precios internacionales del petróleo inicialmente a la baja por la pandemia del COVID-19 y el alza en el año 2022 por la guerra de Rusia y Ucrania se calcula entorno a un 13% menos de lo que debería proyectarse el PIB del sector de hidrocarburos para Colombia teniendo en cuenta la línea base 2009-2019, es decir, el PIB en el sector de hidrocarburos se vio afectado en este periodo en 11,8 Billones de pesos que el país no logró producir en bienes y servicios a través del sector petrolero y que finalmente repercutieron en las finanzas públicas y los indicadores económicos del país, prácticamente el valor de una reforma tributaria del gobierno del Expresidente Iván Duque.

### 3.2.3 La Tasa Representativa del Mercado – TRM en Colombia 2020-2022

**Tabla 32**

*Tasa Representativa del Mercado en Colombia - TRM 2020-2022*

<b>Años</b>	<b>TRM (COP\$/US\$)</b>
<b>2020</b>	3,693
<b>2021</b>	3,743
<b>2022</b>	4,255

Nota. TRM 2020-2022. Tomado de: Banco de la República. (s.f.). <https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/trm>.

La tabla 32 muestra que la moneda colombiana ha experimentado una fuerte devaluación frente al dólar estadounidense, debido a factores internos y externos.

Entre los factores internos se pueden mencionar: la crisis sanitaria por la pandemia de COVID-19, el impacto económico de las protestas sociales, la incertidumbre política por las elecciones presidenciales y la situación fiscal del país. Entre los factores externos se pueden atribuir: la evolución de la política monetaria de Estados Unidos, el precio internacional del petróleo, la guerra entre Rusia y Ucrania, el riesgo país y las calificaciones crediticias. Estos factores han provocado que la TRM haya oscilado entre un mínimo de 3.311 pesos por dólar en enero de 2020 y un máximo de 4.927 pesos por dólar en noviembre de 2022.

Esto implicó una depreciación del peso colombiano del 29,7% frente al dólar al pasar de 3.281 pesos por dólar en el año 2019 a 4.255 pesos por dólar en el año 2022 y por ende esto ocasionó una pérdida de competitividad para los sectores no exportadores. Principalmente esta alza de la TRM

se debió a la incertidumbre política por la entrada del nuevo gobierno de izquierda elegido democráticamente y las reformas que se llevaron a la discusión del congreso de la República. En el presente año 2023 la TRM a caído drásticamente a bajar de la barrera de los 4.000 pesos por dólar dado que las reformas políticas del gobierno del presidente Petro en salud, trabajo y pensiones entre otras no lograron ser aprobadas por el gobierno.

**Tabla 33**

*Precio del Crudo de referencia BRENT–Tasa Representativa del Mercado-TRM 2020-2022*

Años	Precio Crudo de Referencia BRENT (US\$/BBL) (1)	TRM (COP\$/US\$)
		(2) Real
2020	41.75	3,693
2021	70.68	3,743
2022	100.78	4,255

Nota. Comparativo precio del petróleo y TRM. Tomado de: (1) BP. (2022). 71 edition. <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2022-full-report.pdf>. (2) Banco de la República. (s.f.). <https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/trm>.

La tabla 33 muestra una tendencia directamente proporcional entre el precio del crudo de referencia BRENT y la TRM en este periodo de tiempo 2020-2022 a diferencia de la línea base 2009-2019 que la relación era inversamente proporcional, es decir, mientras aumentaba el precio internacional del crudo de referencia BRENT la TRM disminuía, es decir, la influencia del precio internacional del crudo de referencia BRENT sobre la TRM fue más débil que la influencia de factores internos del país.

### 3.2.4 El Índice de Precios al Consumidor – IPC: Inflación en Colombia 2020-2022

**Tabla 34**

*Índice de Inflación – IPC en Colombia 2020-2022*

<b>Años</b>	<b>IPC (1) (%)</b>
2020	1.61
2021	5.62
2022	13.12

Nota. IPC 2020-2022. Tomado de: Banco de la República. (2023).

<https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/indice-precios-consumidor-ipc>.

Según el Banco de la República dada la información suministrada por el DANE, el IPC de Colombia en el año 2020 fue de 1,61%, el más bajo desde 1955. Este resultado se explica por el impacto negativo de la pandemia de COVID-19 sobre la actividad económica y la demanda interna, que redujo la influencia sobre la inflación. Los rubros de gasto que más aportaron a la baja inflación fueron educación (-7,02%), prendas de vestir y calzado (-3,94%), muebles y artículos para el hogar (-0,96%) y por el contrario, los grupos que más aumentaron sus precios fueron salud (4,96%), alimentos y bebidas no alcohólicas (4,80%), restaurantes y hoteles (3,43%).

Para el año 2021, el DANE registró un IPC de 5,62%, fuera del rango de la meta establecida por el Banco de la República (entre 2% y 4%). Este pronóstico se basa en la recuperación gradual de la economía, el aumento del precio internacional del petróleo y la devaluación del peso frente al dólar. Los grupos de gasto que más incidieron en la inflación fueron alimentos y bebidas no alcohólicas (17,23%), restaurantes y hoteles (8,83%) y transporte (5,69%). Sin embargo, existieron rubros a la baja por la persistencia de la pandemia, sus efectos sobre el empleo y el ingreso de los hogares como información y comunicación (-12,10%) y prendas de vestir y calzado (-2,60%).

Por otra parte, el incremento en el IPC del año 2021, se debe por el aumento de los precios internacionales de los alimentos y los combustibles, la devaluación del peso frente al dólar, la recuperación de la demanda interna tras el levantamiento de las restricciones sanitarias y los efectos de las protestas sociales que se presentaron entre los meses de abril y junio.

Para el año 2022, el DANE registró un IPC de 13,12%, se explicó principalmente por la variación anual de las divisiones Alimentos y bebidas no alcohólicas y Alojamiento, agua, electricidad, gas y otros combustibles. Las mayores variaciones se presentaron en las divisiones Alimentos y bebidas no alcohólicas (27,81%) y Restaurantes y hoteles (18,54%).

Por otra parte, el IPC en el año 2022 fue influenciado por la política monetaria de Estados Unidos y sus efectos sobre el tipo de cambio con respecto al peso colombiano, la dinámica del mercado laboral y la situación fiscal del país.

Por lo tanto, es importante que las entidades económicas del gobierno hagan un seguimiento constante al comportamiento del IPC para que tomen las medidas adecuadas que garanticen la estabilidad de precios y el crecimiento económico.

No obstante, dada la incertidumbre por factores internos como las posibles tensiones sociales, políticas, fiscales y el cambio de gobierno y factores externos como la pandemia del COVID-19 y la guerra entre Rusia y Ucrania de alguna forma afectaron la confianza de los agentes económicos, el abastecimiento de algunos productos de la canasta familiar como la prestación de servicios, los cuales generaron esta tendencia al alza en los precios.

### 3.2.5 Las Exportaciones en Colombia 2020-2022

**Tabla 35**

*Las Exportaciones en Colombia 2020-2022*

Años	Exportaciones Totales (Millones de dólares FOB)	Exportaciones de Petróleo y derivados (Millones de dólares FOB)	% Participación
2020	31,056	8,755	28%
2021	41,390	13,514	33%
2022	57,259	19,073	33%

Nota. Exportaciones en Colombia 2020-2022. Tomado de: Banco de la República. (2023).

<https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/exportaciones>.

De acuerdo con los informes del Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE, entregados al Banco de la República en 2020, las exportaciones colombianas se vieron

seriamente afectadas por la pandemia de COVID-19 y la caída de los precios internacionales del petróleo.

Según el DANE, las exportaciones totales cayeron un 21,4% respecto a 2019, pasando de US\$ 39.489 millones a US\$ 31.056 millones. Dentro de este total, las exportaciones del sector petrolero (que incluyen petróleo crudo y productos derivados del petróleo) se redujeron un 45,2%, pasando de US\$15.962 millones a US\$8.755 millones. Esto significa que el sector petrolero pasó de representar el 40,4% del total de las exportaciones en 2019 a sólo el 28,2% en 2020. Es importante resaltar que Colombia dejó de exportar en cifras totales en el año 2020 comparativamente con el año 2019 el valor de US\$ 8.433 millones de los cuales US\$ 7.207 millones corresponden al sector petrolero, es decir, del total de las exportaciones no efectuadas por el país en el año 2020, el 85,5% se debieron a la caída de las exportaciones del sector petrolero y no fueron recuperadas por otro sector económico del país.

El sector petrolero en Colombia enfrentó grandes desafíos en el año 2020, debido a la caída de los precios internacionales del crudo, la pandemia del COVID-19 y las dificultades sociales y ambientales. Según lo reportado por la Agencia Nacional de Hidrocarburos- ANH, la producción fiscalizada promedio de petróleo en el año 2020 fue de 781.369 BOPD, lo que representa una disminución del 11,8% respecto al año 2019 cuya producción promedio de petróleo fiscalizada reportada fue de 885.884 BOPD. Así mismo, las inversiones en el sector petrolero se comprimieron en más de un millón de dólares de los cuales la exploración se redujo en un 60%, es decir, en US\$370 millones y en la explotación la reducción fue del 55%, es decir, US\$670 millones afectando el desarrollo de nuevos proyectos y la generación de empleo. Se cerraron entre 25 y 30 campos petroleros, aproximadamente 390 pozos petroleros comprometidos y el recaudo en regalías del sector de hidrocarburos de acuerdo con lo reportado por la ANH se vio afectado en el 33,7% al pasar de un recaudo de COP\$6,43 billones en 2019 a COP\$4,26 billones en 2020, siendo las cuencas petroleras de los Llanos Orientales, Valle medio del Magdalena y Putumayo las más afectadas en el país. Las reservas probadas de petróleo cayeron en un 11% al pasar de 2.041 millones de barriles a 1.816 millones de barriles, sin embargo, el horizonte de producción de estas reservas se siguió manteniendo en 6,3 años debido a que la producción también disminuyó. Por tanto, se puede afirmar que sin inversión no hay exploración y por tanto, no habrán descubrimientos y producción, lo cual afecta los ingresos, las exportaciones, el recaudo de impuestos y regalías, la economía regional, la calidad de vida y el empleo en el país.

Sin embargo, el sector también mostró su capacidad de resiliencia y adaptación, implementando medidas de bioseguridad, optimizando sus costos operativos, fortaleciendo su responsabilidad social y ambiental, y buscando diversificar su portafolio hacia fuentes de energía renovables. Estos esfuerzos permitieron que el sector petrolero siguiera siendo un actor clave para la economía y el desarrollo del país.

En 2021, se registró una recuperación parcial de las exportaciones colombianas, impulsada por la reactivación de la demanda externa y el aumento de los precios internacionales del petróleo. Según el DANE, las exportaciones totales crecieron un 33,3% respecto al año 2020, alcanzando US\$41.390 millones, de los cuales el aporte del sector petrolero fue de US\$13.514 millones, siendo el sector más importante de exportación con el 33% de participación.

El sector petrolero en Colombia enfrentó varios desafíos en el año 2021, debido a la pandemia del COVID-19, la caída de los precios internacionales del crudo, las protestas sociales y la incertidumbre política. Según el Ministerio de Minas y Energía, la producción promedio de petróleo en el país fue de 736.397 BOPD, lo que representa una disminución del 5,8% respecto al mismo periodo del año anterior que fue de 781.369 BOPD. Sin embargo, el sector también ha mostrado signos de recuperación, gracias a la reactivación de la demanda interna y externa, la inversión en exploración y explotación, y el avance de los proyectos piloto de fracking. El sector petrolero sigue siendo uno de los principales motores de la economía colombiana, generando ingresos fiscales, divisas, empleo y desarrollo regional.

En 2022, se registró una consolidación de la recuperación de las exportaciones colombianas, apoyada por el fortalecimiento de la actividad económica mundial y la estabilidad de los precios internacionales del petróleo. Según el DANE, las exportaciones totales crecieron un 38,3% respecto a 2021, llegando a US\$57.259 millones. Dentro de este total, las exportaciones del sector petrolero aportaron US\$19.073 millones. Esto significa que el sector petrolero mantendría su participación en el total de las exportaciones con el 33% en el año 2022, siendo el sector de exportación más importante del país.

Si Colombia dejara de exportar los 19.073 millones de dólares del sector petrolero del año 2022, es decir, 78,2 billones de pesos con una tasa de cambio de 4100 COP\$/US\$ y por ende no fueran reemplazados por otro sector económico del país, este no ingreso a la nación se traduciría en tener que imponer 3,9 reformas tributarias anuales que recauden en promedio cada una de ellas alrededor de 20 billones de pesos teniendo en cuenta el recaudo de la última reforma tributaria

aprobada por el gobierno del presidente Gustavo Petro; y si a esto le adicionamos que en menos de 7.5 años de no reponer las reservas probadas de petróleo, tenemos que importar el 100% del consumo interno de crudo que está en 478.000 BOPD a diciembre 31 de 2002, quiere decir, que a un precio internacional del crudo de referencia BRENT a 85 US\$/Bbl significaría que debemos pagar por la importación de petróleo alrededor de 60,8 billones de pesos, lo cual se traduciría en 3 reformas tributarias adicionales por año. El valor total del sector petrolero en Colombia es de 139 billones de pesos por año y al tener que importar y no exportar nuestro petróleo representaría tener que buscar este costo a través de impuestos que como mínimo serían del orden de 7 reformas tributarias por año.

El sector petrolero es uno de los principales motores de la economía en el mundo y en nuestro país, ya que representa una fuente importante de ingresos fiscales, divisas y empleo. Sin embargo, en los últimos años, este sector ha enfrentado diversos desafíos que han afectado su desempeño y su competitividad, sin embargo, no ha sido reemplazado por otro sector económico que aporte los recursos necesarios para el desarrollo económico del país. Es importante resaltar que el mundo está en la dinámica de la transición energética y sí o sí esta se tiene que dar de forma estructurada y ordenada para la conservación del planeta, pero esto no quiere decir, que deba desaparecer la industria extractiva, considero que lo que debe prevalecer es la coexistencia energética dado que todas las fuentes de energía son importantes para el desarrollo económico y social de la humanidad y en la medida que se van descubriendo científicamente mejores fuentes de energía limpia y económicamente viables y al acceso de todos, por naturaleza las más contaminantes ya no se usarán y por ende repercutirán en el cambio climático y la sostenibilidad del planeta y la humanidad.

### **3.3 Escenarios de Precios internacionales del Petróleo de referencia BRENT para la década actual y los impactos en los principales indicadores Económicos del País.**

En esta tercera y última parte del capítulo tres del trabajo de grado para optar por el título de Magíster en Administración – MBA, se plantearán tres escenarios de precios internacionales del petróleo de referencia BRENT: escenario de precios alto: 100 US\$/Bbl; escenario de precios medio: 60 US\$/Bbl y escenario de precios bajo: 30 US\$/Bbl.

A su vez, los indicadores económicos que se van a proyectar son aquellos que en la correlación con la línea base de los precios internacionales del petróleo de referencia BRENT, dieron como resultado un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) mayor a 0,5, es decir, que el resultado sugiere que la variable económica dependiente es predicha por la variable independiente (precio crudo de referencia BRENT) en un valor mayor al 50% y por tanto, se puede concluir que el modelo es **fiable** para las previsiones futuras, entre más cercano sea al 100% el coeficiente de determinación, será más fiable el modelo de predicción de la variable dependiente.

Para el análisis del impacto de los resultados de estas proyecciones tendremos en cuenta la posición del gobierno nacional del presidente Gustavo Francisco Petro Urrego: "La transición energética y el concepto más general de descarbonización de la economía consiste en reducir a cero en el corto y mediano plazo el consumo y producción de hidrocarburos", dijo el presidente en su cuenta de X anteriormente llamada Twitter (Petro Urrego, Red social X, 2023).

### Figura 38

*Comentario del Sr. Presidente de la República en la red social X*



Nota. Comentario en red social X. Tomado de: Petro Urrego, G. F. (2023). X.

En primera instancia analizaremos los escenarios para la IED:

**Tabla 36***Escenarios para la Inversión Extranjera Directa - IED*

Escenario de Precios	Valor Crudo de Referencia BRENT (US\$/Bbl)	Indicador Económico	Coefficiente de Determinación (R <sup>2</sup> )	Proyección IED Sector Petrolero (MUS\$) $y = 0,6528x^2 - 62,23x + 4045,5$	IED Promedio 2020-2022 (MUS\$)
Alto	100			4351	
Medio	60	IED	0.926	2662	1404
Bajo	30			2766	

Nota. Escenarios IED década actual.

Los valores proyectados para la IED del sector petrolero en Colombia presentados en la tabla 35, teniendo en cuenta la curva de correlación del momento de la línea base y los momentos de la Pandemia del COVID-19 y la Guerra de Rusia y Ucrania ocurridos en el periodo 2020 al 2022 nos permite analizar que tendríamos un rango de inversiones anualmente entre los 1404 a los 4351 millones de dólares para el desarrollo de las actividades del sector petrolero y de esta forma sostener la producción e intentar descubrir campos que sean económicamente viables, es decir, que aporten reservas con el fin de evitar en un corto plazo tener que importar la totalidad del petróleo para el consumo interno del país.

La IED es el apalancador más importante de la industria petrolera nacional, si no se invierte no se explora y por ende no habrán descubrimientos que aporten a la tasa de declinación de la producción y a las reservas petroleras del país, por tanto, no habrán ingresos por su exportación, consumo, impuestos y participación a la nación a través de la ANH y Ecopetrol S.A., igualmente se reducirá el empleo en los territorios o áreas de influencia de los campos petroleros, como a su vez se afectaría la economía regional, las regalías, los proyectos sociales para las regiones y el impacto en las finanzas públicas del estado colombiano.

El gobierno nacional debe revisar su postura política frente a la industria petrolera ya que esta va a ser la que aporte los principales recursos necesarios para implementar como política de estado y no de gobierno, la transición energética que ya arrancó en Colombia y que requiere de un músculo financiero que el sector petrolero en la estructura de la coexistencia energética es el protagonista para que estos recursos permitan tener las tres “S” energéticas que requiere el país: sostenibilidad, seguridad y soberanía.

A continuación, analizaremos el escenario para la Tasa Representativa del Mercado – TRM:

**Tabla 37***Escenarios para la Tasa Representativa del Mercado - TRM*

Escenario de Precios	Valor Crudo de Referencia BRENT (US\$/Bbl)	Indicador Económico	Coefficiente de Determinación (R <sup>2</sup> )	Proyección TRM (COP\$/US\$) $y = -18,428x + 3850,2$	TRM Promedio 2020-2022 (COP\$/US\$)
Alto	100			2007	
Medio	60	TRM	0.660	2745	3897
Bajo	30			3297	

Nota. Escenarios TRM década actual.

Los valores proyectados para la TRM en Colombia en los escenarios de precios internacionales del crudo presentados en la tabla 36, teniendo en cuenta la curva de correlación del momento de la línea base y los momentos de la Pandemia del COVID-19 y la Guerra de Rusia y Ucrania ocurridos en el periodo 2020 al 2022 nos permite analizar que tendríamos un techo en la tasa representativa del mercado anualmente del orden de 3897 COP\$/US\$.

Además, para la proyección de la TRM si bien es cierto en el análisis de la línea base el coeficiente de determinación nos indicó que la correlación con el precio internacional del petróleo es del 66%, se que requiere tener una visión integral de los factores económicos, políticos y sociales que influyen en el comportamiento del tipo de cambio. La tasa representativa del mercado, es el precio en pesos colombianos de un dólar estadounidense, y se calcula con base en las operaciones realizadas en el mercado cambiario. La TRM es un indicador clave para la competitividad de las exportaciones, el costo de las importaciones, el nivel de inflación, el endeudamiento externo y la confianza de los inversionistas.

Por otra parte, hay que tener en cuenta otros factores que pueden afectar la TRM en los próximos años tales como: la salud pública mundial, las políticas monetarias y fiscales de los principales socios comerciales de Colombia, especialmente de Estados Unidos; el grado de apertura y diversificación de la economía colombiana; la situación política interna y el clima de seguridad; y las expectativas y percepciones de los agentes económicos sobre el futuro del país.

Por lo tanto, es importante tener en cuenta que cualquier proyección de la TRM está sujeta a un alto grado de incertidumbre y variabilidad, y que debe ser revisada periódicamente a la luz de los

cambios en las condiciones del mercado, como está ocurriendo actualmente por parte del Banco de la República y el Ministerio de Hacienda y Crédito Público en el país.

Continuando con los escenarios y proyecciones analizaremos en seguida los impactos sobre la inflación – IPC en Colombia en esta década:

**Tabla 38**

*Escenarios para la Inflación en Colombia*

Escenario de Precios	Valor Crudo de Referencia BRENT (US\$/Bbl)	Indicador Económico	Coefficiente de Determinación (R <sup>2</sup> )	Proyección IPC (%) $y = 0,0014x^2 - 0,2575x + 14,549$	IPC Promedio 2020-2022 (%)
Alto	100	IPC	0.509	2.80	6.78
Medio	60			4.14	
Bajo	30			8.08	

Nota. Escenarios IPC década actual.

Los valores proyectados para la inflación en Colombia en los escenarios de precios internacionales del crudo presentados en la tabla 37, teniendo en cuenta la curva de correlación del momento de la línea base y los momentos de la Pandemia del COVID-19 y la Guerra de Rusia y Ucrania ocurridos en el periodo 2020 al 2022 nos permite analizar que tendríamos un techo en el IPC anualmente del orden del 8.08%.

Además, para la proyección de la inflación si bien es cierto en el análisis de la línea base el coeficiente de determinación nos indicó que la correlación con el precio internacional del petróleo es del 50%, se que requiere tener una visión integral de los factores económicos, políticos y sociales que influyen en el comportamiento y la interacción entre la oferta y la demanda del mercado interno de bienes y servicios.

Por otra parte, hay que tener en cuenta otros factores que pueden afectar la inflación en los próximos años tales como: el crecimiento del producto interno bruto (PIB), el nivel de desempleo, el tipo de cambio, la política monetaria, la política fiscal, las expectativas de los agentes económicos, la IED y los fenómenos climáticos.

Por lo tanto, estos escenarios tienen limitaciones y no pueden capturar todas las complejidades y dinámicas de la economía dado que la premisa independiente es solamente el precio

internacional del crudo. En este orden de ideas, los resultados deben tomarse con precaución y ser complementados con otros métodos de análisis.

Finalmente, analizaremos los posibles escenarios para las exportaciones del sector petrolero en Colombia y el impacto económico que representaría para el país de continuar con la política del actual gobierno de cerrar las exportaciones y minimizar las actividades de exploración y producción en las cuencas sedimentarias y campos petroleros.

**Tabla 39**

*Escenarios para las Exportaciones del Sector Petrolero en Colombia*

Escenario de Precios	Valor Crudo de Referencia BRENT (US\$/Bbl)	Indicador Económico	Coefficiente de Determinación (R <sup>2</sup> )	Proyección Exportaciones (MUS\$) $y = 2,9743x^2 - 160,19x + 12618$	Exportaciones Promedio 2020-2022 (MUS\$)
Alto	100	Exportaciones	0.930	26342	13781
Medio	60			13714	
Bajo	30			10489	

Nota. Escenarios para las exportaciones del sector petrolero para la década actual.

Los valores proyectados para las exportaciones de petróleo y derivados en Colombia en los escenarios de precios internacionales del crudo presentados en la tabla 39, teniendo en cuenta la curva de correlación del momento de la línea base y los momentos de la Pandemia del COVID-19 y la Guerra de Rusia y Ucrania ocurridos en el periodo 2020 al 2022 nos permite analizar que tendríamos un rango de ingresos para el país por efecto de estas exportaciones entre los 10489 y los 26342 millones de dólares anualmente.

Además, para la proyección de las exportaciones de petróleo y derivados en Colombia en el análisis de la línea base el coeficiente de determinación nos indicó que la correlación con el precio internacional del petróleo es del 93%, quiere esto decir, que se puede concluir que el **modelo es muy fiable** para estas previsiones futuras.

Si tomamos el valor proyectado para las exportaciones en el escenario bajo y de continuar con la política radical de descarbonización del gobierno y no exportar el petróleo producido, el país dejaría de recibir cada año 40.88 billones de pesos a una TRM de 3897 COP\$/US\$ como valor máximo proyectado. Es decir, dos reformas tributarias con el recaudo actual. Pero de darse el valor

proyectado para las exportaciones en el escenario alto la crisis económica sería aún mayor dado que como lo hemos presentado en esta investigación, no hay un sector económico en la actualidad que iguale los ingresos por concepto de exportaciones al sector petrolero y sus derivados y que lo pueda reemplazar en la canasta de exportación; para este escenario alto el país de cerrar las exportaciones dejaría de recibir 102.65 billones de pesos, es decir, el equivalente a cinco reformas tributarias a la misma TRM.

El gobierno nacional debe entender que es de la mano del petróleo y sus derivados, que logramos a través de la coexistencia energética desarrollar a plenitud la transición hacia las energías alternativas que nos va a garantizar como se mencionó anteriormente, las tres “S” energéticas que requiere el país: sostenibilidad, seguridad y soberanía.

#### 4. CONCLUSIONES

El momento más crítico de la pandemia del COVID-19 que impactó el precio internacional del crudo de referencia WTI fue el lunes negro (20 de abril de 2020) que partió la historia del precio de este crudo de referencia, dado que por primera vez en el mundo se cotizaba este crudo en la bolsa de valores de New York de forma negativa y llegando a un mínimo de menos 37,63 US\$/Bbl. Esto permitió un comportamiento de los mercados a futuro que se conoce con el nombre de la situación de Backwardation.

La acumulación de inventarios y la caída de los precios del crudo son consecuencia derivada de la pandemia del COVID-19 que ha tomado el mercado petrolero mundial golpeado por el doble efecto de un exceso de producción y de una reducción de la demanda.

La guerra entre Rusia y Ucrania ha modificado las relaciones geopolíticas entre los países productores y consumidores de petróleo, lo que está afectando a la cooperación y a la estabilidad del mercado y por ende ha producido un impacto en el alza del precio internacional del crudo.

El desarrollo económico del país, el bienestar de las comunidades que lo habitan y la mitigación de la pobreza están íntimamente ligados al acceso de fuentes energéticas.

Los dos indicadores económicos del país con mejor coeficiente de determinación ( $R^2$ ) en la correlación con el precio internacional del crudo de referencia BRENT son las exportaciones con 0,93 y la Inversión Extranjera Directa con 0,926. Este resultado sugiere que el 93% de estas variables dependientes es predicha por la variable independiente en este caso el precio crudo de referencia BRENT. Dado que  $R^2$  es muy cercano a 1 se puede concluir que el modelo es muy fiable para las previsiones futuras.

El valor total del sector petrolero en Colombia es de 139 billones de pesos por año (exportaciones: 78,2 billones de pesos; consumo interno: 60,8 billones de pesos) y al tener que importar y no exportar nuestro petróleo representaría tener que buscar este costo a través de impuestos que como mínimo serían del orden de 7 reformas tributarias por año.

El gobierno nacional debe entender que es de la mano del petróleo y sus derivados, que logramos a través de la coexistencia energética desarrollar a plenitud la transición hacia las energías alternativas que nos va a garantizar las tres “S” energéticas que requiere el país: sostenibilidad, seguridad y soberanía.

El consumo energético es un factor de desarrollo para los pueblos y este debe ser cada vez mejor tratado para que su impacto sea mínimo al ambiente. Sí o sí la transición energética se debe dar a través de la coexistencia energética dado que todas las fuentes de energía son importantes para el desarrollo económico y social de la humanidad.

## **5. RECOMENDACIONES**

El gobierno nacional debe desarrollar las políticas energéticas que requiere el país como Estado y no como gobierno de turno, es decir, se deben enmarcar en periodos de largo plazo y por tanto, deben obedecer a un interés fundamental como país para conservarse de forma permanente y que éstas no sean cortoplacistas.

Continuar en el desarrollo de este tipo de investigaciones teniendo en cuenta otros factores que pueden afectar a los principales indicadores económicos del país en los próximos años tales como: el nivel de desempleo, la política monetaria, la política fiscal, las expectativas de los agentes económicos y los fenómenos climáticos, entre otros, con el fin de minimizar el grado de incertidumbre y variabilidad en la prospectiva de los indicadores económicos.

Continuar la exploración y producción en los campos petroleros del país para poder con estos recursos apalancar el desarrollo de la transición energética de forma ordenada de tal manera que se garantice la sostenibilidad, seguridad y soberanía energética en Colombia.

Continuar con la estrategia en el país de desarrollo bajo carbono que es uno de los programas de corto y mediano plazo que se integran a la Estrategia 2050 para alcanzar la carbono neutralidad y mitigar los efectos del cambio climático.

## REFERENCIA

- Agencia Nacional de Hidrocarburos - ANH. (s.f.). *Producción fiscalizada de petróleo*.  
<https://www.anh.gov.co/es/operaciones-y-regal%C3%ADas/datos-y-estadisticas/>
- Agencia Nacional de Hidrocarburos. (s.f.). *Reservas de Petróleo*.  
<https://www.anh.gov.co/es/operaciones-y-regal%C3%ADas/m%C3%B3dulo-de-gesti%C3%B3n-de-reservas/>
- Anuar Mohamed, E. T. (2018). *Impactos del precio del petróleo sobre los principales indicadores de empleo por departamentos en Colombia*. (U. d. Norte, Ed.)  
<https://manglar.uninorte.edu.co/handle/10584/10865#page=1>
- Asociación Colombiana del Petróleo - ACP. (2021). *Informe Estadístico Petrolero*.  
<https://acp.com.co/web2017/es/publicaciones-e-informes/informe-estadistico-petrolero>
- Balza, L., Carvajal, P., Madrigal Martínez, M., Montanez, L., & Sucre, C. (2020). *La crisis de los precios de petróleo ante el COVID-19: recomendaciones de política para el sector energético*. <https://blogs.iadb.org/energia/es/la-crisis-de-los-precios-de-petroleo-ante-el-covid-19-recomendaciones-de-politica-para-el-sector-energetico/>
- Banco de la República. (2023). *Estadísticas y exportaciones*.  
<https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/exportaciones>
- Banco de la República. (2023). *Flujo de inversión directa de Colombia en el exterior - Total y por actividad económica*.  
[https://totoro.banrep.gov.co/analytics/saw.dll?Go&Action=prompt&path=%2fshared%2fSeries%20Estad%20c3%20adstic%20T%20f1.%20Inversi%20c3%20b3n%20directa%20f1.1%20Historico%20f1.1%20Inversion%20directa%20de%20Colombia%20en%20el%20exterior%20-%20Actividad%20economica\\_](https://totoro.banrep.gov.co/analytics/saw.dll?Go&Action=prompt&path=%2fshared%2fSeries%20Estad%20c3%20adstic%20T%20f1.%20Inversi%20c3%20b3n%20directa%20f1.1%20Historico%20f1.1%20Inversion%20directa%20de%20Colombia%20en%20el%20exterior%20-%20Actividad%20economica_)
- Banco de la República. (2023). *Inflación total al consumidor*.  
<https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/indice-precios-consumidor-ipc>
- Banco de la República. (2023). *PIB*. <https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/producto-interno-bruto-pib>
- Banco de la República. (2023). *Tasa Representativa del Mercado (TRM)*.  
<https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/trm>

- Banco de la República. (s.f.). *Inflación al consumidor*.  
<https://www.banrep.gov.co/es/glosario/inflacion-consumidor>
- Banco de la República. (s.f.). *Inversión directa*.  
<https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/inversion-directa>
- Banco de la República. (s.f.). *Objetivo de la política monetaria*.  
<https://www.banrep.gov.co/es/objetivos-politica-monetaria#:~:text=El%20objetivo%20primario%20de%20la,de%20vida%20de%20la%20poblaci%C3%B3n>
- Banco de la República. (s.f.). *Producto interno bruto (PIB)*.  
<https://www.banrep.gov.co/es/glosario/producto-interno-bruto-pib>
- Banco de la República. (s.f.). *Tasa Representativa del Mercado (TRM - Peso por dólar)*.  
<https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/trm>
- Banesco. (2014). *Las “Siete Hermanas” ya no dominan el mercado petrolero*.  
<http://blog.banesco.com/las-siete-hermanas-ya-no-dominan-el-mercado-petrolero/>
- BBC. (2020). *Caída del precio del petróleo: 3 razones por las que el crudo estadounidense WTI se vendió a precio negativo y cómo afecta a América Latina*.  
<https://www.bbc.com/mundo/noticias-52362340>
- BBC News Mundo. (2020). *Caída del precio del petróleo: el crudo estadounidense WTI se desploma y se cotiza en negativo por primera vez en la historia*. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-52362339>
- BBC News Mundo. (2022). *Rusia invade Ucrania: el precio del petróleo alcanza su precio más alto en 7 años*. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-60578492#:~:text=El%20conflicto%20en%20Ucrania%20llev%C3%B3,los%20US%24107%20por%20barril>
- BP. (2022). *bp Statistical Review 2022*, 71 edition. <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2022-full-report.pdf>
- Cinco días - El País. (2020). *EL PETRÓLEO COTIZA EN NEGATIVO*.  
[https://cincodias.elpais.com/cincodias/2020/04/20/mercados/1587365313\\_479009.html](https://cincodias.elpais.com/cincodias/2020/04/20/mercados/1587365313_479009.html)

- CNN Español. (2022). *Quién es Gustavo Petro, el presidente electo de Colombia que alcanzó más de 11 millones de votos*. <https://cnnespanol.cnn.com/2022/08/07/gustavo-petro-perfil-ganador-izquierda-presidencia-colombia-orix/#0>
- CNN Español. (2023). *¿Por qué Rusia invadió Ucrania? ¿Cuáles son los motivos y el origen del conflicto?* <https://cnnespanol.cnn.com/2023/02/23/por-que-rusia-ucrania-guerra-invasion-motivos-orix/>
- CNN Español. (2023). *Así ha sido la guerra en Ucrania: datos y cronología sobre la invasión rusa, un año después*. <https://cnnespanol.cnn.com/2023/02/23/guerra-ucrania-cronologia-orix/>
- DANE. (2022). *Índice de Precios al Consumidor (IPC)*. [https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/ipc/cp\\_ipc\\_dic22.pdf](https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/ipc/cp_ipc_dic22.pdf)
- DANE. (2023). *Serie histórica de Exportaciones - Dane*. <https://www.dane.gov.co/files/operaciones/EXPORTACIONES/anex-EXPORTACIONES-SerieHistorica1970-2023-jul2023.xls>
- Datosmacro. (2022). *Precio crudo BRENT*. <https://datosmacro.expansion.com/materias-primas/brent?anio=2022>
- Datosmacro. (2023). *Precio crudo BRENT*. <https://datosmacro.expansion.com/materias-primas/brent>
- Datosmacro. (2023). *Precio del crudo Brent, WTI*. <https://datosmacro.expansion.com/materias-primas>
- Departamento Administrativo de Estadística - DANE. (2023). *Comercio Internacional Exportaciones*. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/comercio-internacional/exportaciones>
- Economía 3. (s.f.). *¿Qué es un oligopolio y cómo afecta al desarrollo de la economía?* <https://economia3.com/oligopolio-que-es/>
- Economipedia. (2020). *Covarianza*. <https://economipedia.com/definiciones/covarianza.html>
- Economipedia. (2023). *Varianza*. <https://economipedia.com/definiciones/varianza.html>
- Ecopetrol S.A. (2014). *Glosario*. <https://www.ecopetrol.com.co/wps/portal/Home/es/NuestraEmpresa/Serviciosdeinformaci%C3%B3nalciudadano/Glosario>

- El Espectador. (2022). *Guerra en Ucrania deja precios del petróleo por las nubes: Brent sube un 7,58 %*. <https://www.elespectador.com/economia/guerra-en-ucrania-deja-precios-del-petroleo-por-las-nubes-brent-sube-un-758-petroleo/>
- El País. (2022). *¿Cuál es el origen del conflicto entre Rusia y Ucrania? Fechas clave de la guerra*. <https://elpais.com/internacional/2022-03-01/origen-del-ataque-de-rusia-a-ucrania.html>
- Energy Institute. (2023). *Statistical-review*. <https://www.energyinst.org/statistical-review>
- Estrategias de Inversión. (s.f.). *R2 (R cuadrado) o Coeficiente de Determinación*. <https://www.estrategiasdeinversion.com/herramientas/diccionario/fondos/r2-r-cuadrado-o-coeficiente-de-determinacion-t-1163>
- Función Pública. (s.f.). *Decreto 1760 de 2003*. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=65495>
- García Marín, C. A. (2019). *La variación de los precios del petróleo y su influencia en las economías de Colombia y Ecuador. Análisis comparativo de indicadores macroeconómicos y sociodemográficos entre 2008 y 2017*. <https://ojs.tdea.edu.co/index.php/encontexto/article/view/633/791>
- IG. (s.f.). *Crudo Brent (definición)*. <https://www.ig.com/es/glosario-trading/definicion-de-crudo-brent#:~:text=El%20crudo%20Brent%20es%20la,convertirlo%20en%20di%C3%A9sel%20y%20gasolina.>
- La República. (2022). *Efectos económicos de la guerra entre Rusia y Ucrania que se sienten en Colombia*. <https://www.larepublica.co/especiales/crisis-en-ucrania/efectos-economicos-de-la-guerra-entre-rusia-y-ucrania-que-se-sienten-en-colombia-3376721>
- La República. (2022). *Gustavo Petro promete acabar con petróleo y hunde bonos extranjeros de Ecopetrol*. <https://www.larepublica.co/globoeconomia/gustavo-petro-promete-acabar-con-petroleo-y-hunde-bonos-extranjeros-de-ecopetrol-3293813>
- Ministerio de Medio Ambiente. (s.f.). *Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono (ECDBC)*. <https://www.minambiente.gov.co/cambio-climatico-y-gestion-del-riesgo/estrategia-colombiana-de-desarrollo-bajo-en-carbono-ecdbc/>
- Nates, J. E. (2022). *Era Petro inició con dólar a la baja: ¿su discurso tranquilizó los mercados?* <https://www.bloomberglinea.com/2022/08/08/era-petro-inicio-con-dolar-a-la-baja-su-discurso-tranquilizo-los-mercados/>
- OMS. (2022). *Coronavirus*. [https://www.who.int/es/health-topics/coronavirus#tab=tab\\_1](https://www.who.int/es/health-topics/coronavirus#tab=tab_1)

- OPEC. (2023). *Member Countries*. [https://www.opec.org/opec\\_web/en/about\\_us/25.htm](https://www.opec.org/opec_web/en/about_us/25.htm)
- OPEC. (2023). *Organization of the Petroleum Exporting Countries*. [https://www.opec.org/opec\\_web/en/](https://www.opec.org/opec_web/en/)
- Osorio, L. Á. (2020). *La crisis del coronavirus en la industria petrolera: Fuertes impactos y el cambio organizacional necesario para confrontar los desafíos de su recuperación*. <https://repositorio.lasalle.mx/handle/lasalle/1768>
- OTAN. (s.f.). *¿Qué es la OTAN?* [https://www.nato.int/nato-welcome/index\\_es.html](https://www.nato.int/nato-welcome/index_es.html)
- Perilla, J. (2010). *El impacto de los precios del petróleo sobre el crecimiento económico en Colombia*. (U. d. Rosario, Ed.) doi:<https://dx.doi.org/10.12804/rev.econ.rosario>
- Petro Urrego, G. F. (2022). *‘Vamos a enfrentar la deforestación descontrolada de nuestros bosques e impulsar el desarrollo de las energías limpias y renovables’*. <https://petro.presidencia.gov.co/prensa/Paginas/Vamos-a-enfrentar-la-deforestacion-descontrolada-de-nuestros-bosques-220807.aspx>
- Petro Urrego, G. F. (2023). Red social X.
- Portafolio. (2023). *En 2023, precio promedio de petróleo Brent caería cerca de 16 %*. <https://www.portafolio.co/economia/infraestructura/precio-promedio-del-petroleo-bajaria-16-en-2023-dice-asobancaria-582074>
- Presidencia de la República de Colombia. (2020). *Decreto 417 de 2020*. Bogotá: Departamento Administrativo de la Función Pública. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=110334>
- ProbabilidadyEstadística.net de Academia Balderix. (2023). *Coefficiente de correlación de Pearson*. <https://www.probabilidadyestadistica.net/coeficiente-de-correlacion-de-pearson/>
- Rodríguez Esparza, J. C. (2020). Webinar: Análisis de los Precios del Crudo en tiempos de la Pandemia del COVID-19. *Maratón de Webinars: Aportes Técnicos al Desarrollo de la Industria de Hidrocarburos y situación actual del sector en los tiempos de Pandemia* (pág. 6). Universidad de América.
- Rodríguez Esparza, J. C. (2021). Los aportes de la U. de América al proceso de transición energética. *El Espectador*. <https://www.elespectador.com/actualidad/los-aportes-de-la-u-de-america-al-proceso-de-transicion-energetica/>
- Self Bank by Singular Bank. (s.f.). *¿Qué es la OPEP y qué es la OPEP+?* <https://blog.selfbank.es/opec-controlando-la-produccion-de-petroleo/>

Semana. (2022). *Así está el dólar en Colombia; la TRM que regirá este lunes tras posesión de Petro*.  
<https://www.semana.com/economia/macroeconomia/articulo/asi-esta-el-dolar-en-colombia-la-trm-que-regira-este-lunes-tras-posesion-de-petro/202243/>

The New York Times. (2022). *La guerra de precios del petróleo podría cambiar la relación de Rusia con Venezuela e Irán*. <https://www.nytimes.com/es/2022/07/13/espanol/precios-petroleo-rusia-venezuela.html?auth=login-google1tap&login=google1tap>

Universidad Europea. (2022). *¿Qué son los commodities?* <https://universidadeuropea.com/blog/que-son-los-commodities/>

Vetustideces. (2023). *Brent llega al Diccionario cuando se desmantela su epónimo*. <https://vetustideces.blogspot.com/2019/11/brent-llegar-al-diccionario-cuando-se.html>

Zona Económica. (s.f.). *WTI*. <https://www.zonaeconomica.com/petroleo/wti>