



COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI

GRADO EN ADMINISTRACIÓN Y DIRECCIÓN DE EMPRESAS

TRABAJO FIN DE GRADO MODELANDO EL MERCADO DEL PETRÓLEO CRUDO

Autor: Jose Antonio Leiva Orcoyen

Director: Elena María Díaz Aguiluz

Madrid

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título

Modelando el mercado del petróleo crudo

en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el

curso académico 2022/23 es de mi autoría, original e inédito y

no ha sido presentado con anterioridad a otros efectos.

El Proyecto no es plagio de otro, ni total ni parcialmente y la información que ha sido

tomada de otros documentos está debidamente referenciada.



Fdo.: Jose Antonio Leiva Orcoyen

Fecha: 27/ 11/ 2022

Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR DEL PROYECTO

Fdo.: Elena María Díaz Aguiluz

Fecha: 27/ 11/ 2022

AUTORIZACIÓN PARA LA DIGITALIZACIÓN, DEPÓSITO Y DIVULGACIÓN EN RED DE PROYECTOS FIN DE GRADO, FIN DE MÁSTER, TESIS O MEMORIAS DE BACHILLERATO

1º. Declaración de la autoría y acreditación de la misma.

El autor D. Jose Antonio Leiva Orcoyen

DECLARA ser el titular de los derechos de propiedad intelectual de la obra: Modelando el mercado del petróleo crudo, que ésta es una obra original, y que ostenta la condición de autor en el sentido que otorga la Ley de Propiedad Intelectual.

2º. Objeto y fines de la cesión.

Con el fin de dar la máxima difusión a la obra citada a través del Repositorio institucional de la Universidad, el autor **CEDE** a la Universidad Pontificia Comillas, de forma gratuita y no exclusiva, por el máximo plazo legal y con ámbito universal, los derechos de digitalización, de archivo, de reproducción, de distribución y de comunicación pública, incluido el derecho de puesta a disposición electrónica, tal y como se describen en la Ley de Propiedad Intelectual. El derecho de transformación se cede a los únicos efectos de lo dispuesto en la letra a) del apartado siguiente.

3º. Condiciones de la cesión y acceso

Sin perjuicio de la titularidad de la obra, que sigue correspondiendo a su autor, la cesión de derechos contemplada en esta licencia habilita para:

- a) Transformarla con el fin de adaptarla a cualquier tecnología que permita incorporarla a internet y hacerla accesible; incorporar metadatos para realizar el registro de la obra e incorporar “marcas de agua” o cualquier otro sistema de seguridad o de protección.
- b) Reproducir la en un soporte digital para su incorporación a una base de datos electrónica, incluyendo el derecho de reproducir y almacenar la obra en servidores, a los efectos de garantizar su seguridad, conservación y preservar el formato.
- c) Comunicarla, por defecto, a través de un archivo institucional abierto, accesible de modo libre y gratuito a través de internet.
- d) Cualquier otra forma de acceso (restringido, embargado, cerrado) deberá solicitarse expresamente y obedecer a causas justificadas.
- e) Asignar por defecto a estos trabajos una licencia Creative Commons.
- f) Asignar por defecto a estos trabajos un HANDLE (URL *persistente*).

4º. Derechos del autor.

El autor, en tanto que titular de una obra tiene derecho a:

- a) Que la Universidad identifique claramente su nombre como autor de la misma
- b) Comunicar y dar publicidad a la obra en la versión que ceda y en otras posteriores a través de cualquier medio.
- c) Solicitar la retirada de la obra del repositorio por causa justificada.
- d) Recibir notificación fehaciente de cualquier reclamación que puedan formular terceras personas en relación con la obra y, en particular, de reclamaciones relativas a los derechos de propiedad intelectual sobre ella.

5º. Deberes del autor.

El autor se compromete a:

- a) Garantizar que el compromiso que adquiere mediante el presente escrito no infringe ningún derecho de terceros, ya sean de propiedad industrial, intelectual o cualquier otro.
- b) Garantizar que el contenido de las obras no atenta contra los derechos al honor, a la intimidad y a la imagen de terceros.
- c) Asumir toda reclamación o responsabilidad, incluyendo las indemnizaciones por daños, que pudieran ejercitarse contra la Universidad por terceros que vieran infringidos sus derechos e intereses a causa de la cesión.
- d) Asumir la responsabilidad en el caso de que las instituciones fueran condenadas por infracción

de derechos derivada de las obras objeto de la cesión.

6º. Fines y funcionamiento del Repositorio Institucional.

La obra se pondrá a disposición de los usuarios para que hagan de ella un uso justo y respetuoso con los derechos del autor, según lo permitido por la legislación aplicable, y con fines de estudio, investigación, o cualquier otro fin lícito. Con dicha finalidad, la Universidad asume los siguientes deberes y se reserva las siguientes facultades:

- La Universidad informará a los usuarios del archivo sobre los usos permitidos, y no garantiza ni asume responsabilidad alguna por otras formas en que los usuarios hagan un uso posterior de las obras no conforme con la legislación vigente. El uso posterior, más allá de la copia privada, requerirá que se cite la fuente y se reconozca la autoría, que no se obtenga beneficio comercial, y que no se realicen obras derivadas.
- La Universidad no revisará el contenido de las obras, que en todo caso permanecerá bajo la responsabilidad exclusiva del autor y no estará obligada a ejercitar acciones legales en nombre del autor en el supuesto de infracciones a derechos de propiedad intelectual derivados del depósito y archivo de las obras. El autor renuncia a cualquier reclamación frente a la Universidad por las formas no ajustadas a la legislación vigente en que los usuarios hagan uso de las obras.
- La Universidad adoptará las medidas necesarias para la preservación de la obra en un futuro.
- La Universidad se reserva la facultad de retirar la obra, previa notificación al autor, en supuestos suficientemente justificados, o en caso de reclamaciones de terceros.

Madrid, a 27 de noviembre de 2022

ACEPTA



Fdo. Jose Antonio Leiva Orcoyen

Motivos para solicitar el acceso restringido, cerrado o embargado del trabajo en el Repositorio Institucional:



COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI

GRADO EN ADMINISTRACIÓN Y DIRECCIÓN DE EMPRESAS

TRABAJO FIN DE GRADO MODELANDO EL MERCADO DEL PETRÓLEO CRUDO

Autor: Jose Antonio Leiva Orcoyen

Director: Elena María Díaz Aguiluz

Madrid

Agradecimientos

Tras varios meses de investigación y desarrollo, por fin puedo decir que ha quedado un trabajo redondo. Sin embargo, esto no habría sido así sin el apoyo incondicional de Ignacio que me ha ayudado a lo largo de todo el proyecto tanto técnica como emocionalmente. Gracias a mi madre Coral, mi padre Jose y mi hermano Alejandro por sus conocimientos aportados en este trabajo, por el apoyo recibido y por darme la oportunidad de haber podido llegar hasta aquí. Gracias a mi tutora Elena, por acogerme desde el primer momento para este análisis, así como por sus conocimientos claramente reflejados en el trabajo. Gracias a Carlos, por aportarme sus conocimientos económicos, así como las herramientas del periódico que han contribuido a la consecución del estudio. Gracias a la Universidad Pontificia de Comillas por facilitarme la realización y gestión de este trabajo de fin de grado, así como todo el largo recorrido que supone la carrera. En general, gracias a todos mis amigos y familiares que han intervenido directa o indirectamente en este proyecto y en todo mi recorrido universitario.

A todos ellos,

GRACIAS.

Índice de la memoria

Capítulo 1. Introducción	4
Capítulo 2. Revisión de la literatura.....	6
2.1 Lutz Killian	6
2.2 James D. Hamilton	9
2.3 Christiane Baumeister.....	13
2.4 Ana María Herrera.....	16
Capítulo 3. Petróleo crudo	19
3.1 Definición	19
3.2 Histórico de fluctuaciones del precio.....	20
3.3 Implicaciones medioambientales.....	22
Capítulo 4. Oferta de petróleo crudo	25
4.1 Proceso de producción.....	25
4.2 Transporte	29
4.3 Factores externos que afectan la oferta de petróleo crudo	30
4.4 Oferta global de petróleo crudo (de acuerdo con países/compañías).....	32
Capítulo 5. Demanda de petróleo crudo.....	37
5.1 Usos del petróleo crudo	37
5.2 Factores externos que afectan a la demanda del petróleo crudo.....	41
5.3 Demanda global del petróleo crudo (de acuerdo con el uso y el país).....	44
Capítulo 6. Modelando el mercado del petróleo crudo.....	48
6.1 Indicadores del modelo var	48
6.2 De composición histórica del precio del petróleo crudo.....	52
Capítulo 7. Conclusiones	59
Capítulo 8. Bibliografía.....	60

Índice de figuras

Figura 1 - Descomposición Histórica del Precio del Petróleo. Obtenido de Kilian (2009) ...	8
Figura 2 - Formación de petróleo y gas natural. Obtenido de U.S. EIA (2022).....	19
Figura 3 - Como reaccionan los precios del crudo ante eventos políticos y económicos....	21
Figura 4 - Plataforma de perforación	26
Figura 5 - El ciclo del agua en la fracturación hidráulica	27
Figura 6 - Proporción de productos que salen de un barril de petróleo	28
Figura 7 - Producción de petróleo por país en 2021	34
Figura 8 - Usos del petróleo por sectores.....	37
Figura 9 - Petróleo en el día a día.....	40
Figura 10 - Precio del barril WTI vs Fortaleza del dólar	43
Figura 11 - Consumo de energía vs PIB per capita	45
Figura 12 - Consumo histórico de petróleo por regiones	46
Figura 13 - Demanda de petróleo por sectores	47
Figura 14 - Funciones impulso-respuesta del precio Brent (shocks). Fuente: elaboración propia	51
Figura 15 - Funciones impulso-respuesta del precio WTI (shocks). Fuente: elaboración propia	51
Figura 16 - Descomposición histórica del precio del petróleo.....	56

Índice de tablas

Tabla 1 - Usos de los HGLs	38
----------------------------------	----

Capítulo 1. INTRODUCCIÓN

El petróleo es un combustible fósil procedente del crudo, un recurso natural formado a partir de la sedimentación de restos orgánicos de plantas, animales y otros seres vivos a lo largo de millones de años en el interior de la corteza de terrestre sometido a grandes de presiones y temperaturas.

Se trata de una materia prima imprescindible para la producción y desarrollo de la vida en la tierra tal y como la conocemos. También conocida a finales del siglo pasado como el “oro negro”, aparte de ser materia prima en multitud de procesos de producción, es también un importante activo económico y financiero. El sector petrolífero en su conjunto, desde la exploración de pozos y producción de petróleo hasta su comercialización tanto en el mercado de materias primas como en el mercado de valores y futuros, tiene gran influencia en el crecimiento económico mundial, en la riqueza de los países productores, en el desarrollo de eventos y tomas de decisiones geopolíticas y en la sostenibilidad y cambio climático.

El petróleo se usa como materia prima para el desarrollo de multitud de productos y servicios. Sus aplicaciones mayoritarias son la producción de combustibles domésticos e industriales (gasolina, diésel), la producción de carburantes y lubricantes, o como materia prima básica para la industria petroquímica.

El comercio de petróleo se rige por las leyes de la oferta y la demanda. Sin embargo, el valor de su precio no siempre está claro. La oferta de petróleo está en su mayoría controlada por la OPEC (*Organization of the Petroleum Exporting Countries*), un conjunto de países productores de petróleo entre los que se encuentran Venezuela, países de Oriente Medio o países africanos. Forman una especie de cartel del petróleo, de manera que van ajustando la oferta en función de cómo quieren que los precios fluctúen con el ánimo de aumentar beneficios. Aunque esta organización tiene gran influencia en la oferta de petróleo, muchos otros factores entran también en juego como la situación geopolítica de los países productores, estallido de guerras o aparición de desastres naturales, entre otros.

Según la IEA (*International Energy Agency*) los países con mayor oferta de petróleo son Estados Unidos, gracias en parte a los últimos avances de producción como el *fracking*, y Arabia Saudí, debido a la gran cantidad de reservas petrolíferas que alberga el país. Algunas de las empresas más importantes del sector son *Saudi Aramco*, *Exxon*, *TotalEnergies*, o *PetroChina*, entre otras.

Por otro lado, cabe destacar la inelasticidad que presenta la demanda de petróleo. Esto se debe a la extrema necesidad que existe, en el mundo actual, de consumir petróleo, en especial en los países desarrollados, para poder disfrutar de los productos y servicios que permiten vivir en un estado de bienestar. Es por esto, que la demanda es un conductor básico de los precios. Los factores principales que afectan a esta demanda son crisis económicas globales, el crecimiento económico de los países consumidores y la especulación de futuros que existe en torno al sector petrolífero.

Poniendo en conjunto todas estas variables que circulan alrededor del petróleo, es por lo que su precio es realmente volátil e impredecible. Así el objetivo del presente documento es tratar de identificar cuáles son aquellos factores, variables o indicadores que afectan de manera directa al precio del petróleo y tratar de modelizar sus fluctuaciones. El proyecto se va a dividir en tres partes claramente diferenciadas. En primer lugar, se hará una revisión de la literatura de autores y economistas en su intento por tratar de modelizar y predecir el precio del petróleo, así como los factores que influyen en sus fluctuaciones. En segundo lugar, se hará investigación y literatura acerca del sector petrolífero, desde su exploración y producción, hasta los factores que afectan a la oferta y la demanda de petróleo. En último lugar, se desarrollará un modelo de vector auto regresivo (*VAR Model*) en el que se tratará de identificar los indicadores cuantificables que afectan al precio del petróleo.

Capítulo 2. REVISIÓN DE LA LITERATURA

A continuación, se realiza una breve revisión de los autores más destacados en el ámbito de estudio del mercado del petróleo crudo, así como los distintos modelos e indicadores utilizados que tratan de modelar los precios y la actividad económica que rodea al sector.

2.1 LUTZ KILLIAN

Las fluctuaciones del precio del petróleo muestran que, históricamente, las perturbaciones en los precios han sido provocadas por una combinación de shocks de la demanda agregada global y shocks de la demanda por precaución, a diferencia de como mayormente se cree que estas perturbaciones habían sido provocadas por perturbaciones en el suministro de petróleo.

Los **factores** determinantes del precio real del petróleo son:

- Perturbaciones en la disponibilidad física actual del petróleo crudo (**shocks en el suministro de petróleo**)
- Perturbaciones en la demanda actual de petróleo crudo motivadas por las fluctuaciones en el ciclo económico mundial (**shocks en la demanda agregada**)
- Perturbaciones conducidas por cambios en la demanda por precaución del petróleo (**shocks en la demanda por precaución**)

La **demanda por precaución** aparece por la incertidumbre ante una esperada oferta de petróleo incapaz de satisfacer la demanda prevista. Esto refleja el rendimiento a la hora de tener acceso a existencias de petróleo que sirven como seguro contra una posible interrupción del suministro de petróleo. Este tipo de interrupciones pueden aparecer debido a causas de un crecimiento de la demanda inesperado, un declive en los suministros de petróleo, o por ambas situaciones.

Para poder modelar esta demanda por precaución, Kilian (2009) diseña una medida de los cambios en la actividad real mundial que afectan a la demanda de todas las materias primas industriales. Una vez controlados tanto los shocks de la oferta de petróleo como los shocks de la demanda de todos los productos básicos industriales impulsados por el ciclo económico, se resuelve un modelo estructural dinámico de ecuaciones simultáneas donde la demanda del petróleo quedará como el residual de las mismas. Este modelo captura todos los factores omitidos y garantiza que deben ser ortogonales a las perturbaciones de la oferta de crudo y a la demanda mundial de productos industriales.

El modelo propone la construcción de un índice mensual de actividad económica mundial cuyo objetivo es obtener una medida del componente de la actividad económica mundial que impulsa la demanda de productos básicos industriales. El índice se basa en las tarifas de los fletes marítimos de carga y está explícitamente diseñado para captar los cambios en la demanda de productos industriales impulsados por el ciclo económico mundial.

Luego, se considera un modelo de vector autor regresión con datos mensuales de las siguientes variables:

- Cambio de porcentaje en la producción global del petróleo crudo
- El índice de la actividad económica real
- Precio real del petróleo

Tras la ejecución del modelo se llegan a varias conclusiones:

1. Las interrupciones imprevistas del suministro de petróleo sólo tienen un pequeño efecto positivo en el precio real del mismo. Parte de la explicación es que las interrupciones del suministro de petróleo en los países de una región tienden a desencadenar expansiones de la producción de crudo en otras partes del mundo que ayudan a compensar el déficit de producción inicial.

2. Un shock de la demanda agregada global produce un aumento de los precios con un retraso de 6 meses.
3. Los grandes aumentos del precio real del petróleo se deben a un fuerte aumento en la demanda por precaución. Esta demanda va unida a las expectativas sobre la disponibilidad de futuros suministros de petróleo, que pueden cambiar casi instantáneamente en respuesta a acontecimientos políticos exógenos. Por ello, estas perturbaciones tienden a desencadenar un aumento inmediato y brusco del precio real del petróleo.

Por ello, si descomponemos las aportaciones de cada uno de los tres tipos de shocks al precio real del petróleo se puede concluir que cada uno es distinto del anterior. Si observamos los datos históricos ubicándonos en determinados eventos clave como pueden ser la guerra entre Irán e Iraq, la revolución iraní o la guerra del golfo pérsico, entre otros, se observa que el precio real del petróleo está mayormente guiado por perturbaciones producidas en la demanda, siendo de mayor impacto directo los shocks en la demanda de precaución.

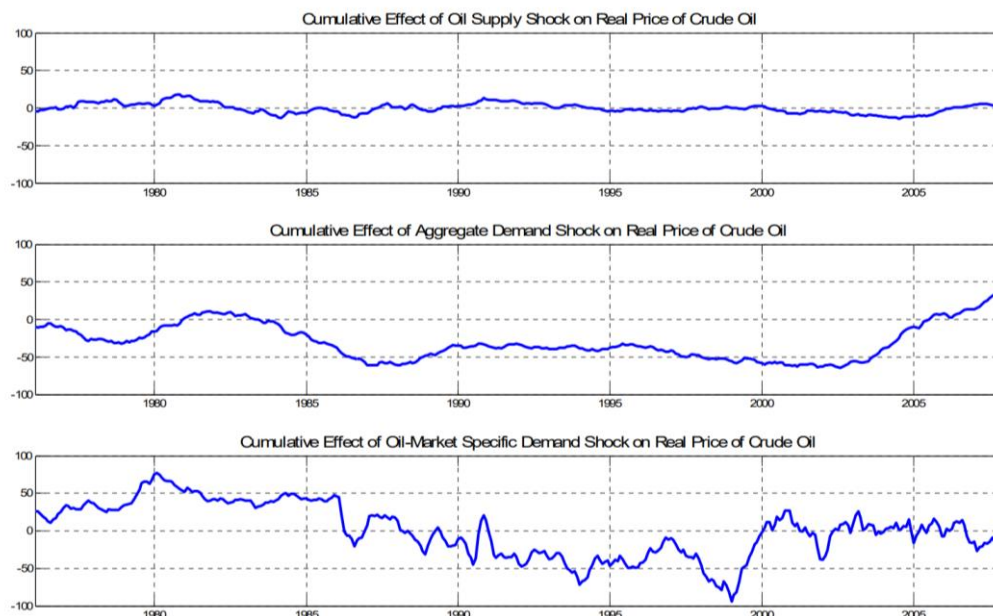


Figura 1 - Descomposición Histórica del Precio del Petróleo. Obtenido de Kilian (2009)

En el anterior gráfico se puede visualizar este efecto, siendo el primer cuadrante la aportación al precio del petróleo de los shocks por suministro, el segundo la aportación de los shocks en la demanda agregada, y el último la aportación de los shocks en la demanda por precaución.

Se aprecia como la aportación al precio por un shock en el suministro es prácticamente estable siendo la gráfica mayormente plana. En segundo lugar, vemos como los shocks en la demanda agregada ya tienen una componente más fuerte en los cambios del precio petróleo. Y, por último, los shocks en la demanda por precaución son los que realmente guían los picos y los cambios bruscos del precio del petróleo.

2.2 JAMES D. HAMILTON

Según Hamilton (2009) existen tres maneras de explicar los cambios en los precios del petróleo:

1. Investigación **estadística de las correlaciones** en datos históricos

Cambios en el precio real del petróleo históricamente han tendido a ser permanentes, difíciles de predecir, y a ser gobernados por diferentes tipos de regímenes en distintos periodos de la historia.

Tras realizar las distintas regresiones tratando de identificar las variables que afectan tanto a la ratio de cambio en el precio del petróleo como al propio precio, se llega a la conclusión de que ninguna de ellas es significativa tomando los datos históricos. Es por ello por lo que se concluye que el precio del petróleo sigue un camino aleatorio sin deriva muy difícil de predecir tanto a corto como a largo plazo.

2. Predicciones de la **teoría económica** de como deberían comportarse los precios del petróleo en el tiempo

Se examinan tres restricciones distintas en la trayectoria temporal de los precios del crudo que deberían mantenerse en equilibrio. La primera surge del arbitraje de almacenamiento, la

segunda de los contratos de futuros financieros y la tercera del hecho de que el petróleo es un recurso agotable.

Arbitraje de almacenamiento

La estrategia consiste en que el precio del barril de crudo futuro sea mayor a la suma del precio del barril de compra más las tasas de almacenamiento del barril durante el periodo de tiempo entre la compra y la venta. Cuantos más inversores sigan esta estrategia, mayor será el precio en el futuro al aumentar la demanda de barriles. Sin embargo, existe también la estrategia inversa. Dado el caso en el que el precio no sea mayor, el almacenamiento de barriles no puede quedar vacío ya que es un elemento fundamental en la cadena de suministro del petróleo. Para evitar esto, muchas veces se ofrecen incentivos para querer almacenar petróleo (en vez de haber tasas a pagar, se proponen reducciones por almacenar barriles)

Por ello debe haber un equilibrio. El precio que se espera del barril de petróleo en el futuro debe ser igual a la suma del precio de compra más las tasas de almacenamiento y menos las reducciones como incentivo. Esta igualdad implica que grandes cambios en los precios del petróleo son impredecibles.

Mercado de futuros

Similar al arbitraje de almacenamiento, solo que en este caso el inversor firma un contrato hoy para comprar barriles de petróleo en el futuro. La ventaja es que los gastos o tasa de almacenamiento desaparecen. Sin embargo, aparece un término en forma de prima de riesgo o complicaciones inducidas por los requisitos de margen.

Si se ignoran los costes de almacenamiento y la prima de riesgo, podemos asumir que el precio en el mercado de futuros será igual al precio del barril en el presente. En la práctica esto no es exactamente así, pero si es cierto que ambos valores difieren por poco y los cambios en el mercado de futuros se suelen mover en el tiempo en la misma dirección que lo hacen los cambios del precio actual. Esto nos lleva a asumir que el precio del barril hoy es mejor indicador del precio de barril mañana que el precio del mercado de futuros. A pesar de ello, esta predicción no es lo suficientemente precisa.

Petróleo como recurso agotable

Se explica mediante el principio de Harold Hotelling que iguala la renta de agotamiento al precio del barril menos los costes marginales de producción, y que este valor aumenta a la ratio de los intereses. Según este principio el precio del petróleo irá aumentando según avance el tiempo ya que las reservas para su producción van disminuyendo. Sin embargo, muchos economistas piensan que los precios históricos del petróleo no se han visto casi influenciados por la componente de la escasez.

3. Análisis de las causas y factores que conducen la **oferta y la demanda** de petróleo.

Demanda: la elasticidad del precio de la demanda es difícil de medir, pero se presume baja. La elasticidad de los ingresos es cercana a 1 en países en vías de desarrollo, mientras que para los países desarrollados es sustancialmente menor a 1.

Oferta: aparecen problemas al interpretar que la OPEC ha sido tradicionalmente un cartel y ha catalogado las perspectivas de suministro a medio plazo, a pesar de los largos plazos de desarrollo del sector. Se relaciona el reto del agotamiento del petróleo con la distribución geográfica pasada y futura de la producción de crudo.

Demanda

La elasticidad del precio de la demanda mide el porcentaje de cambio en cantidad demandada entre el porcentaje de cambio en precio a lo largo de una curva de demanda. Aunque no podamos estimarla con mucha precisión sabemos que tiene un valor muy bajo. Es un valor difícil de predecir ya que las curvas tanto de oferta como de demanda son gobernadas por muchos factores aparte del precio actual de barril de crudo, como por ejemplo los ingresos o los precios del año anterior.

Por otro lado, está la elasticidad de los ingresos de la demanda, que anterior a los años 80 fue superior a la unidad, por lo que el consumo de petróleo en proporción al crecimiento del PIB en EE. UU. era mayor. Sin embargo, este valor fue descendiendo hasta quedar por debajo de la unidad en la última década del siglo XX y principios del XXI.

Por tanto, la inelasticidad del precio implica que, si el precio del petróleo aumenta, los gastos en crudo aumentarían también, mientras que la inelasticidad de los ingresos muestra que, si el PIB crece, el porcentaje de gasto en petróleo disminuirá.

Oferta

Aunque existen grandes empresas privadas en el mercado de la producción del petróleo, quien realmente lleva la voz cantante son las empresas públicas de los países con grandes reservas de petróleo. Estos países se organizan en la OPEC, un cartel del mercado del petróleo en el que controlan su producción y precio, y entre los que se encuentran Venezuela, Arabia Saudí, Kuwait o Emiratos Árabes entre otros. La inestabilidad política de estos países provoca muchas interrupciones en la producción de crudo que afecta directamente a la producción global y por tanto al precio del petróleo.

Además, con la entrada de nuevos competidores y consumidores al mercado del petróleo como China, México o Rusia, se ha vuelto a abrir el debate de la escasez del recurso. Aunque los datos no son totalmente fiables debido a la poca transparencia de los gobiernos de los países de la OPEC (en especial los de las dictaduras de los países de Oriente Próximo) se cree que el descubrimiento de nuevas reservas haya iniciado una decadencia. Esto unido a los largos periodos de tiempo que transcurren desde el descubrimiento de una nueva reserva hasta su puesta en producción, provocan una inestabilidad que afecta directamente a los precios del petróleo que unidos a su inelasticidad provocan que aumenten descontroladamente.

Muchos autores han sugerido a lo largo del tiempo un efecto significativo de las interrupciones de suministro de energía en la actividad económica.

Hamilton propone una metodología para identificar esta relación, mediante un enfoque de modelos no lineales. Los resultados indican que un aumento en los precios del petróleo tiene una consecuencia directa en la economía, mientras que una disminución no. Además, recalca que incrementos que vienen después de un largo periodo de estabilidad de precios tienen un efecto aun mayor que aquellos que corrigen descensos previos.

A pesar de la no linealidad que se establece entre ambas variables, Hamilton estima que las transformaciones favorecidas por los datos de su modelo equivalen a centrarse únicamente en los movimientos del precio del petróleo que fueron causados únicamente por variables exógenas tales como conflictos militares. Hamilton sugiere que las interrupciones del suministro del petróleo inducidas por la guerra pueden utilizarse para estimar regresiones lineales como alternativa reducida al uso de transformaciones no lineales.

2.3 CHRISTIANE BAUMEISTER

Hay suficientes estudios y evidencias para afirmar que la relación entre los precios del petróleo y el rendimiento macroeconómico de EE. UU. ha sido muy inestable a lo largo del tiempo (Baumeister and Peersman, 2013). Uno de los factores de esta inestabilidad es el hecho de que los shocks en el precio del petróleo son meros síntomas subyacentes de los shocks en la oferta y la demanda.

Aunque fuésemos capaces de distinguir los shocks de oferta y demanda, hay que tener en cuenta también otras razones de porque la respuesta de la economía americana a estos shocks ha ido cambiando a lo largo del tiempo. Algunas de estas razones son la variación de la intensidad petrolera en la actividad económica, los cambios en la regulación de los mercados energéticos, o los cambios en la composición de la producción de automóviles y en la importancia global del sector automovilístico estadounidense. Sin embargo, hay un consenso en la literatura de que a corto plazo la elasticidad de la demanda de petróleo ha disminuido desde mediados de los 80.

Como resultado de esto, hay un gran análisis en la literatura para tratar de identificar los shocks de la oferta y entender su efecto en el precio real del petróleo y en la económica americana. Hamilton (2003) remarcó la coincidencia de las interrupciones de suministro con la consecuente subida de precios entre 1948 y 1972. Así, desarrolló una media basada en las interrupciones físicas del suministro asociadas con grandes crisis políticas de los países productores de petróleo, e investigó su poder para predecir cambios en el precio del petróleo y del PIB americano.

Kilian (2008) por su parte propuso una medida alternativa de las perturbaciones exógenas de la oferta de petróleo obtenida mediante la construcción de contrafactuales explícitos para todos los principales productores de petróleo y estudió las respuestas de la inflación y la producción real en las principales economías industriales a esta medida de las perturbaciones de la oferta de petróleo. Otro enfoque se ha basado en las restricciones de exclusión en los modelos estructurales de vectores autorregresivos (VAR) del mercado mundial del petróleo para identificar las perturbaciones de la oferta de petróleo.

Todos estos modelos tienen en común la característica de que son regresiones invariantes en el tiempo, lo que nos lleva a cuestionar como de fiables son estas estimaciones sobre los efectos de los shocks de la oferta.

Así, Baumeister and Peersman (2013) propone un modelo VAR con parámetros estructurales variantes en el tiempo para tratar de investigar como los efectos de los shocks de la oferta cambian a lo largo del tiempo. La primera generación de modelos del mercado del petróleo se basaba en las restricciones de exclusión que interpretaba la curva de la oferta como vertical en el corto plazo. Sin embargo, Baumeister and Peersman (2013) propone identificar los shocks de la oferta basándose en restricciones de signo, identificando estos shocks como disonancias en el mercado global de petróleo que mueven la producción y el precio del petróleo en direcciones opuestas.

Baumeister and Peersman (2013) mostró que cuando se normaliza un shock exógeno de la oferta en un modelo variante en el tiempo para mantener constante el cambio, el precio del petróleo y la respuesta del PIB decrecen con el tiempo. Sin embargo, la respuesta de la inflación se ha ido haciendo mayor con el tiempo. Estos dos descubrimientos pueden ser conciliados gracias a un declive a corto plazo de la elasticidad del precio en la demanda de petróleo. De hecho, se ha descubierto que la curva de la demanda de petróleo actualmente es mucho más empinada que en los años 70 u 80.

Además, también se ha demostrado que la aportación de los shocks de la oferta al precio del petróleo ha disminuido considerablemente con el tiempo, indicando que no son su principal conductor, al menos en los últimos tiempos.

Baumeister and Peersman (2013) propone un modelo que provee evidencias empíricas de que un incremento en la volatilidad del precio del petróleo se puede conciliar con un descenso de la volatilidad de la producción de crudo. Se propone un modelo Bayesiano de vector auto regresivo con parámetros variables en el tiempo con volatilidad estocástica. Con este marco de trabajo se identifican tres tipos de disonancias estructurales que conducen las fluctuaciones mundiales tanto de producción de crudo como del precio del petróleo:

- Shocks de suministro de crudo
- Shocks en la demanda de petróleo causados por cambios inesperados en la actividad económica global
- Otros shocks en la demanda de petróleo pertenecientes al mercado global de crudo

Razones por las que este modelo es el más preciso:

1. Los cambios en la estructura del mercado del petróleo han sido graduales
2. Las inversiones en el sector petrolífero implican largos plazos de espera, por lo que producciones nuevas en respuesta a incentivos por precio aparecerán de forma gradual.
3. Los sustitutos del petróleo necesitan un largo periodo de tiempo en ser efectivos

La principal conclusión es que los cambios de volatilidad en el mercado del crudo se deben a una considerable disminución de la capacidad de respuesta a los precios de la oferta y la demanda de petróleo a corto plazo a partir de la segunda mitad de la década de 1980.

Una implicación directa de estas bajas elasticidades de los precios es que incluso un pequeño exceso de demanda o de oferta de crudo requiere grandes saltos en los precios para despejar el mercado mundial del petróleo.

Por un lado, la incertidumbre derivada de la gran volatilidad del precio del petróleo ha impulsado el desarrollo del mercado de derivados, estimulando la confianza en los futuros

del petróleo como herramientas de reducción de riesgo e introduciendo las opciones de petróleo crudo como dispositivos de cobertura. Por otro lado, mientras estos instrumentos financieros fueron diseñados para lidiar con el aumento de la volatilidad de los precios del petróleo, es probable que la expansión de las posibilidades de cobertura haya jugado un papel fundamental en disminuir la sensibilidad de los consumidores y productores de petróleo frente a las fluctuaciones en los precios, contribuyendo así a inclinar aún más las curvas de oferta y demanda de crudo y dando como resultado una mayor volatilidad de los precios.

2.4 ANA MARÍA HERRERA

Su estudio se centra en 3 pilares:

- Se realiza un análisis no solo con datos de EE. UU., sino que la muestra se amplía a 18 de los países de la OCDE incluyendo tanto importadores como exportadores de petróleo
- Se propone una medida de distancia entre las funciones de repuesta al impulso, lo que nos permite evaluar la magnitud de la asimetría entre la respuesta a una innovación positiva o negativa del precio del petróleo. Esta medida de distancia es la norma acumulativa Euclídea que además añade información acerca del significado económico de dicha asimetría.
- Se usan las técnicas econométricas del estado del arte para testear la asimetría en las funciones de impulso-respuesta.

En una revisión de la literatura Herrera (2015) concluye que los modelos teóricos pueden clasificarse en dos grupos según sus implicaciones empíricas en relación con la asimetría:

- Los modelos que implican simetría se centran en los canales de transmisión directa, consideran la transmisión indirecta a través de los precios de los márgenes o los cambios en la utilización del capital, y analizan el ahorro por precaución bajo el

supuesto de que los hogares perciben las subidas y bajadas del precio del petróleo de forma simétrica.

- Los modelos que implican asimetría destacan la importancia de las perturbaciones de reasignación (debidas a una reasignación sectorial costosa o a la mano de obra inactiva), consideran el ahorro por precaución en una situación en la que el nivel futuro de empleo es incierto, o modelan simultáneamente el efecto de los cambios en el nivel de los precios del petróleo y una mayor incertidumbre.

Pero ¿cómo responde la actividad económica a las crisis de los precios del petróleo? Hasta hace poco, el consenso era que los aumentos de los precios del petróleo conducen a recesiones en los países importadores de petróleo, pero las disminuciones de los precios no conducen a expansiones.

Sin embargo, la premisa de que las pruebas basadas en la pendiente son suficientes para cuantificar el grado de asimetría en la respuesta de la actividad económica a las innovaciones del precio real del petróleo ha sido cuestionada recientemente (Kilian and Vigfusson, 2011) Se demuestra que los métodos de estimación utilizados en los estudios VAR del efecto macroeconómico de las innovaciones de los precios del petróleo suelen producir estimaciones incoherentes de los verdaderos efectos de los aumentos imprevistos del precio del petróleo debido a la censura aplicada a la variable del precio del petróleo. Además, estas pruebas no abordan la cuestión que interesa a la mayoría de los investigadores y analistas políticos de si la respuesta de la actividad económica a las innovaciones del precio del petróleo es simétrica.

Para explorar la cuestión de la asimetría, Herrera (2015) utiliza datos sobre 18 países de la OCDE y 3 grupos de países para estimar un modelo de ecuaciones simultáneas que anida los efectos simétricos y asimétricos de los precios del petróleo sobre el crecimiento de la producción industrial. Este conjunto de datos incluye tanto países importadores como exportadores netos de petróleo. En primer lugar, se calcula las funciones impulso- respuesta de las crisis de los precios del petróleo, tanto positivas como negativas, teniendo en cuenta el historial y el tamaño de la crisis. Luego, para intuir la magnitud de la asimetría, se propone

una medida de la diferencia entre las respuestas a las innovaciones positivas y negativas: la distancia acumulada. Tanto en el estudio de las funciones de respuesta al impulso como en la medida de la distancia acumulada, se ha observado cierta asimetría en el caso de algunos países que son grandes exportadores o importadores de petróleo.

Luego, se prueba la nula simetría conjunta en la respuesta del crecimiento de la producción industrial a los aumentos y disminuciones del precio del petróleo desde el impacto hasta un año después del shock. Utilizando valores críticos robustos de minería de datos, se encuentra muy poca evidencia de asimetría. Los resultados sugieren que, para la mayoría de los 18 países de la OCDE, un modelo lineal constituye una buena aproximación para la respuesta de la producción industrial a una crisis del precio del petróleo.

Los modelos teóricos de las perturbaciones del precio del petróleo difieren en cuanto a la forma funcional de la relación entre el precio del petróleo y la macroeconomía. En particular, mientras que algunos mecanismos de transmisión generan asimetría, otros no lo hacen. Los resultados propuestos por Herrera (2015) tienen implicaciones en cuanto a qué teoría se ajusta mejor a las respuestas observadas para los países importadores y exportadores de petróleo.

Así se concluye que los modelos con las siguientes características implican una respuesta asimétrica:

- Modelos que subrayan la importancia de las perturbaciones de reasignación
- Modelos que consideran el papel del ahorro por precaución cuando los niveles de empleo futuros son inciertos
- Los que modelan la inversión irreversible en un marco de equilibrio parcial
- Modelos que consideran los cambios en el nivel de precios del petróleo y la incertidumbre de los precios del petróleo simultáneamente

Capítulo 3. PETRÓLEO CRUDO

3.1 DEFINICIÓN

El petróleo crudo es un producto petrolífero líquido de origen natural compuesto por depósitos de hidrocarburos y otros materiales orgánicos formados a partir de los restos de animales y plantas que vivieron hace millones de años. Se le llama combustible fósil porque está formado por antiguos fósiles ya que procede de plantas y animales acuáticos que vivían incluso antes de que existieran los dinosaurios. A lo largo de millones de años, los restos de estas plantas y animales se trituraron y calentaron entre capas de rocas y arena hasta convertirse en piscinas subterráneas de petróleo crudo. La palabra petróleo significa aceite de roca o aceite de la tierra.

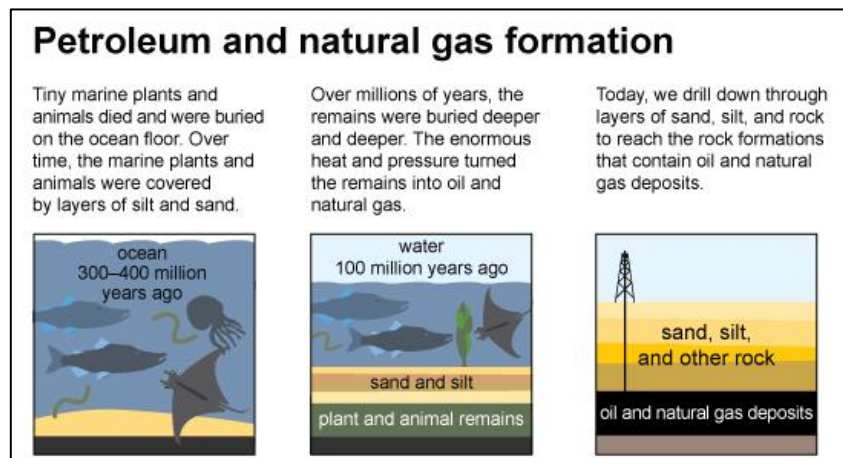


Figura 2 - Formación de petróleo y gas natural. Obtenido de U.S. EIA (2022)

El petróleo crudo y otros hidrocarburos existen en forma líquida o gaseosa en piscinas o depósitos subterráneos, en pequeños espacios dentro de las rocas sedimentarias y cerca de la superficie terrestre en arenas bituminosas (o petrolíferas). Los productos petrolíferos son combustibles fabricados a partir del petróleo crudo y de los hidrocarburos contenidos en el gas natural, aunque también pueden fabricarse a partir del carbón, el gas natural y la biomasa.

Es un recurso natural en bruto que se extrae de la tierra y se refina en productos como la gasolina, el combustible para aviones y otros derivados del petróleo. Además, es una mercancía global que cotiza en los mercados de todo el mundo, tanto como petróleo al contado como a través de contratos de derivados. Muchos economistas consideran que el petróleo es la materia prima más importante del mundo, ya que actualmente es la principal fuente de producción de energía.

El petróleo crudo es un recurso no renovable, lo que significa que no puede ser sustituido de forma natural al ritmo que lo consumimos y es, por tanto, un recurso limitado. Esto es así debido al largo proceso de formación (millones de años).

Hay muchos tipos diferentes de petróleo crudo. El Instituto Americano del Petróleo (API) creó una norma de medición basada en la densidad, denominada gravedad API, que agrupa los tipos de crudo en dos clasificaciones de peso (ligero y pesado), sin embargo, algunas empresas incluyen también en esta clasificación el nivel de peso medio.

La industria, por su parte también utiliza dos clasificaciones para el contenido de azufre. El petróleo crudo es dulce o amargo en función del porcentaje de azufre que contiene. El crudo dulce suele tener menos del 1% de azufre, mientras que el agrio tiene un contenido de azufre superior al 1%. Las clasificaciones se combinan y se utilizan para etiquetar el peso y el contenido de azufre del crudo.

3.2 HISTÓRICO DE FLUCTUACIONES DEL PRECIO

A partir de los años 80 la literatura acerca de las causas de las fluctuaciones del precio del petróleo ha evolucionado de manera sustancial. Inicialmente, se pensaba que todas aquellas grandes fluctuaciones el precio se debían a perturbaciones en el flujo global de producción de crudo asociadas con eventos exógenos políticos tales como guerras y revoluciones entre los países miembros de la OPEC.

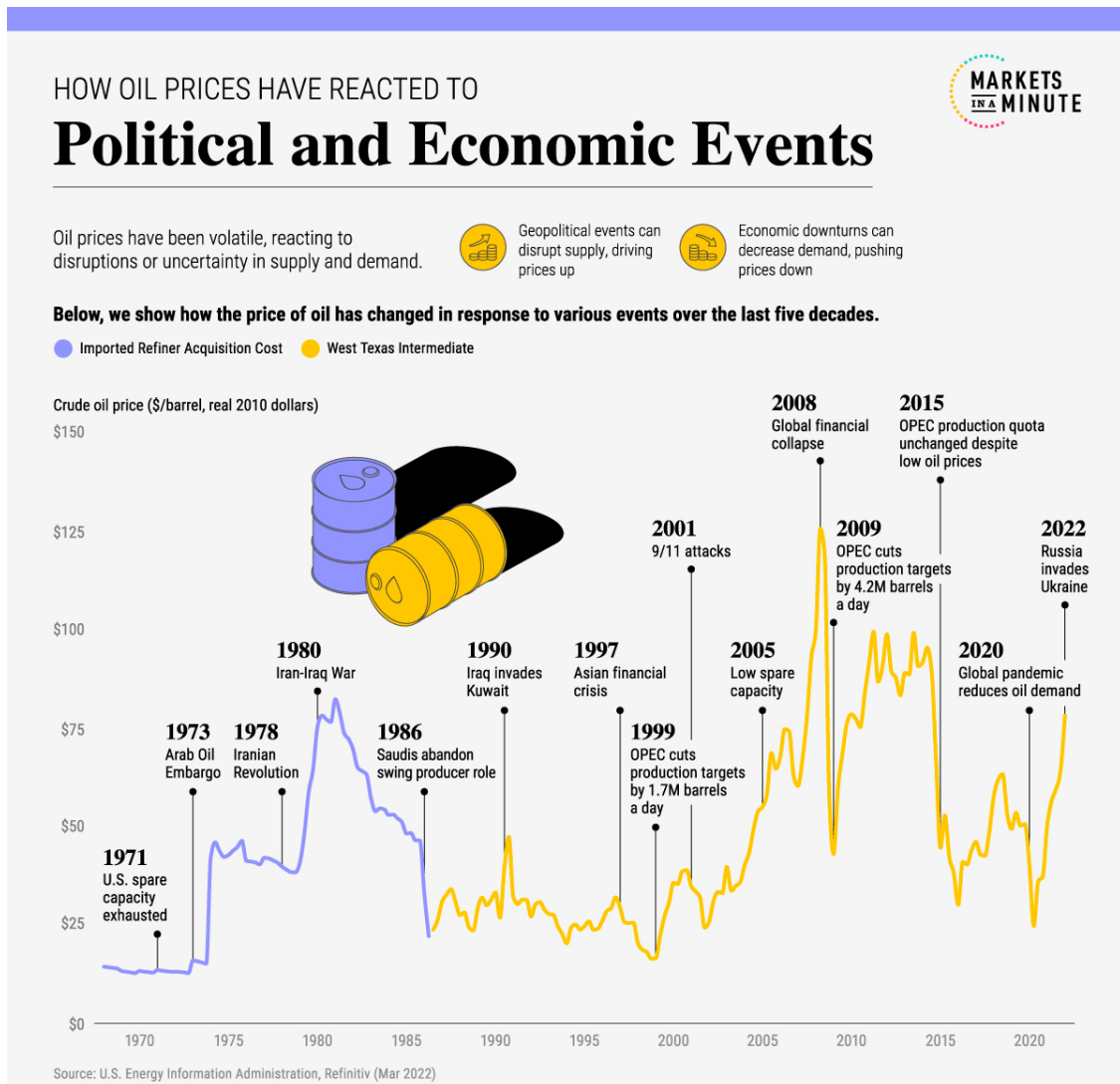


Figura 3 - Como reaccionan los precios del crudo ante eventos políticos y económicos

Con el paso de los años se ha demostrado que esta explicación es uno de los motivos, pero no el único. De hecho, las mayores fluctuaciones datadas desde 1973 se explican mayormente por cambios en la demanda de petróleo crudo. El factor determinante más importante, de lejos, es el cambio de tendencia en el flujo de la demanda de crudo asociada al ciclo económico mundial. A medida que la economía se expande, lo hacen de igual forma la demanda por materias primas industriales que incluyen el petróleo, presionando un aumento en el precio de este.

Además, es importante mencionar los cambios en la demanda de existencias de petróleo, que se refleja en cambios en la expectativa de los precios. Esta demanda no aparece por una necesidad inmediata de petróleo, sino para salvaguardar una posible escasez futura en el mercado de petróleo. Históricamente, la demanda de existencias ha sido alta en tiempos de tensión geopolítica en Oriente Medio, en momentos de baja capacidad de producción de petróleo, y ante la expectativa de un fuerte crecimiento económico mundial.

3.3 *IMPLICACIONES MEDIOAMBIENTALES*

A pesar de que los derivados del petróleo han incrementado el desarrollo y la calidad de vida, la localización, producción, transporte y consumo de estos productos tiene efectos muy negativos sobre el medio ambiente.

La exploración y perforación de pozos petrolíferos crean perturbaciones en los ecosistemas terrestres y marinos. Por ejemplo, las técnicas sísmicas usadas para encontrar los depósitos petrolíferos debajo de los océanos dañan tanto a peces como a mamíferos acuáticos, o que la perforación de un pozo petrolífero terrestre requiere un vaciado total de las vegetaciones existentes en los alrededores del pozo de petróleo.

Las infraestructuras construidas para la extracción de petróleo y gas natural pueden dejar impactos radicales en los ecosistemas terrestres salvajes. La construcción de carreteras, instalaciones y lugares de perforación requiere de un uso de maquinaria pesada que puede destrozar partes del ecosistema salvaje con daños, a veces, irreversibles. Por ejemplo, muchos desarrollos de combustibles fósiles localizados en lugares semiáridas con pocas precipitaciones para poder recuperar su estado original van a necesitar, sin ninguna duda, la intervención humana y una gran cantidad de recursos.

La extracción de petróleo supone una amenaza para la vida animal. Los elevados ruidos, el movimiento humano y el tráfico de vehículo puede perturbar la comunicación de los animales, así como el cuidado de sus crías, además de separar o fragmentar los hábitats de muchas especies.

Una técnica de producción de petróleo muy famosa en Estados Unidos es la fracturación hidráulica o fracking, que se usa para extraer petróleo a partir de yacimientos de pizarra u otras formaciones geológicas muy estrechas. Esta técnica requiere de grandes cantidades de agua y usa químicos potencialmente peligrosos para poder fracturar los estratos de roca. En algunos lugares, el elevado uso de agua destinado al fracking puede afectar a la disponibilidad de agua destinada a otros usos como el consumo o la agricultura. Además, tiene un efecto potencialmente peligroso sobre los hábitats acuáticos. La construcción deficiente de pozos puede dar lugar a fugas o derramamientos de fluidos de la fracturación.

La elevada cantidad de agua desechada contiene químicos en disolución y otros contaminantes que deben ser tratados antes de la eliminación o reutilización del agua. Generalmente, esta agua se vierte en pozos más profundos o acuíferos de agua salada que puede causar futuros terremotos.

La contaminación impacta directamente en las comunidades. Más de 12 millones de personas viven a menos de media milla de pozos activos y plantas de procesamiento de petróleo, quedando expuestas a una contaminación diaria (The wilderness society, 2021). La contaminación del aire perteneciente a los combustibles fósiles puede llevar a problemas respiratorios, cardiovasculares u otras enfermedades, y es responsable de las muertes de más del 13% de las personas mayores de 14 años en Estados Unidos. Además, también se desprenden sustancias tóxicas al suelo y a las fuentes de agua potable causando cáncer, problemas de hígado y malformaciones en el nacimiento.

La extracción de combustibles fósiles, además, aleja al turismo y a los visitantes. Los cazadores, pescadores o excursionistas que se adentran en la naturaleza no esperan encontrar tanques de petróleo, postes eléctricos o compresores ruidosos. Estos desagradables efectos pueden acabar perjudicando a las comunidades locales que dependen del turismo para vivir. En 2019, los visitantes de los parques nacionales gastaron 21.000 millones de dólares en sus viajes y provocaron la creación de 341.000 empleos (Thomas et al., 2022)

Las emisiones durante el proceso de producción de petróleo, así como las que se desprenden de los productos finales que consumimos están acelerando el cambio climático. Estados Unidos es uno de los países del mundo que más gases efecto invernadero emite y casi un cuarto proviene de la extracción de combustibles fósiles.

Así, también es importante tener en cuenta la contaminación lumínica. El resplandor procedente de las plantas de extracción de petróleo es tan potente que es visible desde el espacio. La gran mayoría de esta luz es producida por el quemado, o el resplandor del gas natural, plataformas petrolíferas o almacenes. *The wilderness society (2021)* ha descubierto que este elevado brillo puede dañar a polinizadores como las abejas, perturbando sus ciclos de sueños, alimentación y reproducción lo que lleva a la disminución de polinización de plantas como puede ser el cardo de la col. El brillo también está cambiando importantes paisajes culturales desde donde ver las estrellas, pero esto podría desaparecer para el ojo humano debido al resplandor procedente de los complejos petrolíferos y gasísticos.

Por otro lado, se encuentran los derrames de petróleo. Estos suelen ser fruto de accidentes en pozos petrolíferos o en el transporte en oleoductos, barcos, trenes o camiones que mueven el petróleo desde los pozos hasta las refinerías. Los derrames de petróleo contaminan el suelo y el agua y pueden causar explosiones devastadores e incendios. Los grandes derrames de petróleo son asesinos directos de la vida animal y puede causar daños a largo plazo en ecosistemas marinos y terrestres. Pequeños derrames durante la extracción que no salen en los titulares pueden ser igual de dañinos.

Por último, cuando los pozos de petróleo y gas natural dejan de ser rentables, es necesario que sean desconectados y abandonados de una manera regulada para que los lugares donde se encuentran los pozos puedan volver a su estado original. Sin embargo, los pozos que no cumplen con estas regulaciones suponen un riesgo con posibles fugas de fluidos y gases que pueden interferir con el desarrollo futuro de la superficie del pozo.

Capítulo 4. OFERTA DE PETRÓLEO CRUDO

4.1 PROCESO DE PRODUCCIÓN

El proceso de producción completo del petróleo desde su extracción hasta su venta al consumidor se puede dividir en 3 fases:

- Actividades upstream: conllevan todas las actividades de exploración de depósitos de petróleo crudo, así como la extracción de este.
- Actividades midstream: implican la distribución de petróleo crudo a las refinerías, así como la refinación del petróleo en productos procesados. En esta fase incluimos también el transporte de los productos terminados hasta los mercados mayoristas y minoristas.
- Actividades downstream: son las pertenecientes al sector de venta al consumidor final. Las estaciones gasolineras son la cabeza más visible dentro de este tipo de actividades, aunque también podemos encontrar compañías que entreguen propano o butano para cocinas o calefacciones.

Localización de depósitos de petróleo y gas natural

La localización de los depósitos es responsabilidad de los geólogos. En el pasado, los geólogos interpretaban las características de la superficie, de las rocas y los tipos de suelos, y en algunos casos muestras de perforaciones superficiales. Actualmente, los geólogos hacen uso de imágenes por satélite, así como variedad de otro tipo de métodos:

- Medidores de gravedad para medir pequeños cambios en el campo gravitacional de la tierra que puedan indicar el flujo de petróleo
- Medidores del campo magnético terrestre
- Sensores de olor de hidrocarburos denominados sniffers

- Sismología, creando ondas que atraviesan capas de rocas escondidas e interpretando las ondas reflejadas en la superficie.

Perforación y extracción

Una vez situados los depósitos petrolíferos debemos preparar la tierra para comenzar el proceso de perforación. La tierra debe estar alzada y nivelada, una fuente de agua debe abastecer la zona o sino un pozo acuífero debe ser perforado. Por último, se debe cavar un foso de reserva para depositar todos los sedimentos y barros provenientes de la perforación.

Una vez preparada la tierra se da paso a la excavación de varios agujeros que dejarán paso a la plataforma y al pozo principal.

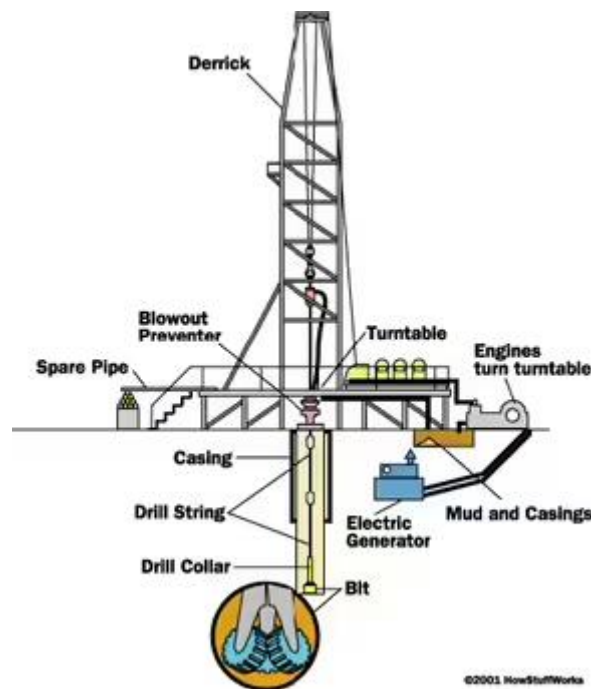


Figura 4 - Plataforma de perforación

Una vez realizada la perforación con ayuda de la plataforma, ésta se retira y comienza el proceso de extracción de petróleo a través del pozo. En muchos lugares del mundo, este es el punto en el que se realiza fracking (fracturación hidráulica). Se trata de un método de

extracción que consiste básicamente en fracturar mediante agua a presión mezclada con arena y otros elementos las zonas rocosas del subsuelo en las que están alojadas las reservas de hidrocarburos.

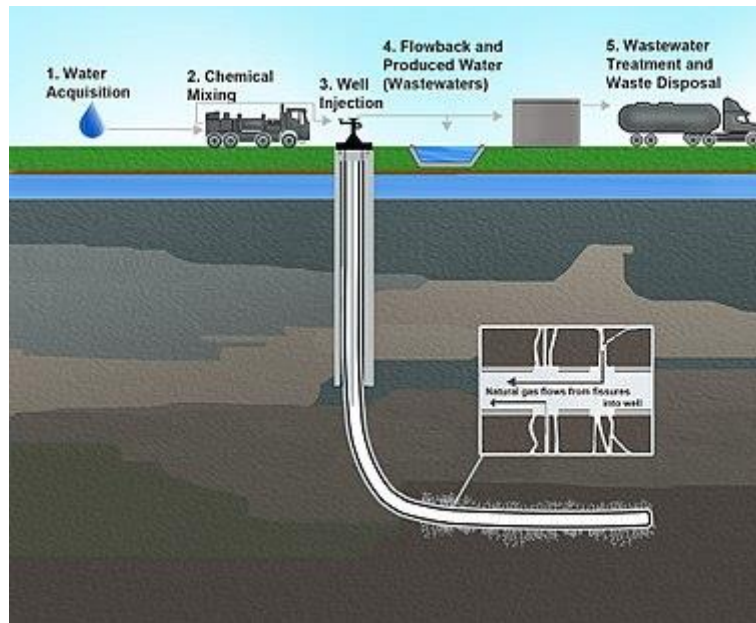


Figura 5 - El ciclo del agua en la fracturación hidráulica

Proceso de refinado

Un barril de crudo contiene una mezcla de todo tipo de hidrocarburos, es por ello por lo que las refinerías de petróleo se encargan de separar todo en sustancias útiles. El proceso se puede dividir en 3 categorías de procesos químicos:

- **Destilación:** conlleva la separación de materiales en función de sus diferencias de volatilidad. Los distintos componentes del crudo tienen diferentes tamaños, pesos y temperaturas de ebullición, por lo que el primer paso es separarlos. Gracias a los distintos puntos de ebullición la separación es relativamente sencilla y se denomina destilación fraccional.

- **Conversión:** después de la destilación, aquellas fracciones pesadas se dividirán nuevamente en fracciones más ligeras y con mayor valor como la gasolina. Dentro de este proceso encontramos tres alternativas: el cracking, que utiliza calor, presión, catalizadores y en determinadas ocasiones hidrógeno para romper las moléculas del hidrocarburo en otras más ligeras; la alteración, que crea gasolina a partir de combinar algunos productos secundarios gaseosos derivados del cracking; y la reforma, que usa calor, presión moderada y catalizadores para convertir nafta (un líquido de hidrocarburos) en componentes de la gasolina con un alto octanaje.
- **Tratamiento:** una vez las fracciones están destiladas y químicamente procesadas son tratadas para eliminarles las impurezas como compuestos orgánicos con sulfuro, nitrógeno, oxígeno, agua o metales disueltos.

Tras el tratamiento las fracciones se enfrían y se mezclan conjuntamente de nuevo para crear productos finales tales como: gasolina, aceites lubricantes, queroseno, diésel, químicos para hacer plásticos y polímeros, etc.

Products Made from a Barrel of Crude Oil (Gallons) (2011)

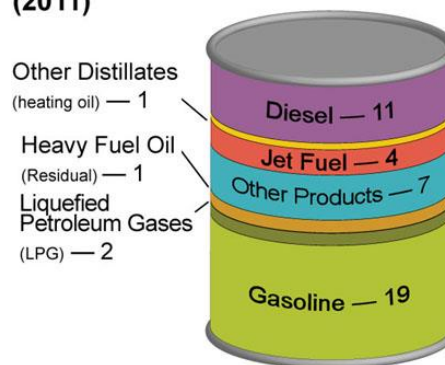


Figura 6 - Proporción de productos que salen de un barril de petróleo

4.2 TRANSPORTE

Llevar el petróleo al mercado es un proceso que requiere de distintas tecnologías tanto para su transporte como para su almacenamiento. Esta fase del proceso de producción del petróleo se encaja en las actividades midstream. El petróleo generalmente se produce en localizaciones alejadas de donde posteriormente se consume, por ello se han creado redes de transporte para conducir el petróleo a las refinerías donde se procesa el petróleo, así como para conducir los productos refinados a los lugares de consumo. Por otro lado, las instalaciones reservadas para el almacenamiento de crudo se utilizan para balancear la oferta y demanda tanto del petróleo como de los productos refinados.

El petróleo se transporta generalmente de cuatro formas distintas:

- **Oleoductos:** es la forma más común de transportar petróleo. Los oleoductos generalmente se usan para mover petróleo crudo desde las cabezas de los pozos hasta las refinerías. Requieren de menor energía para operar que los camiones o trenes, y además tienen una huella de carbono menor.
- **Ferrocarril:** el envío de petróleo por tren se ha intensificado con el tiempo debido al aumento de las nuevas reservas petrolíferas a lo largo de todo el mundo. Los relativos bajos costes de capital y periodos de construcción hacen del ferrocarril una alternativa ideal a los oleoductos para trayectos de larga distancia. Sin embargo, tiene algunos inconvenientes como pueden ser la velocidad de transporte, las emisiones de carbono y los accidentes.
- **Camión:** aunque son el método de transporte más limitado en términos de capacidad de almacenamiento, son los que tienen mayor flexibilidad en cuanto a destinos potenciales. Generalmente, son el último paso del proceso de transporte, entregando el petróleo y los productos refinados a los destinos de consumo y/o almacenamiento.
- **Barco:** en aquellos lugares en los que el transporte por tierra no es posible, el petróleo se entrega por vía marítima. Una barcaza tanque media es capaz de transportar 300.000 barriles de crudo, el equivalente a 45 vagones tanque de un tren a un tercio de su coste. Comparado con el oleoducto, los barcos son entre un 20 y un 35% más

baratos, en función de la ruta. Generalmente estos barcos transportan petroquímicos y gas natural a las plantas químicas. Las desventajas de este medio de transporte son la velocidad y los problemas medioambientales.

4.3 FACTORES EXTERNOS QUE AFECTAN LA OFERTA DE PETRÓLEO CRUDO

Aunque, aparentemente, la oferta de petróleo debería regirse por las leyes de la oferta y la demanda como cualquier otro producto o servicio, como hemos visto a lo largo de todo el trabajo esto no es así. La curva de la oferta de petróleo es claramente inelástica a corto plazo y depende de un cartel organizado de países productores de petróleo.

La *Organización de Países Exportadores de Petróleo* (OPEC) es una organización permanente intergubernamental creada en la *Conferencia de Bagdad* de 1960 cuyos miembros fundadores fueron Irán, Iraq, Kuwait, Arabia Saudí y Venezuela. Actualmente la OPEC cuenta con 13 países miembros que se han ido uniendo y separando a lo largo de los años. El objetivo de la OPEC es:

- Coordinar y unificar las políticas acerca del petróleo entre los países miembros, de manera que se consiga asegurar unos precios estables y justos para los productores de petróleo
- Ofrecer una oferta de petróleo a los países consumidores eficiente, económica y regular
- Asegurar un rendimiento justo del capital para todos aquellos que invierten en el sector petrolífero

La OPEC y el resto de los países productores de petróleo no miembros (Rusia, Canadá, México, China, etc.) son el principal factor que afecta a la oferta y suministro de petróleo. En función de sus políticas son capaces de influir en el precio del petróleo de manera que ajustan el suministro según crean oportuno. Estos países juegan con varios factores a su favor.

Cómo se afirmaba en el primer párrafo del apartado, la OPEC es un cartel que fija los precios del petróleo ajustando el suministro de crudo. Aquí los países juegan con dos variables opuestas que trataran de equilibrar con el objetivo de conseguir el mayor beneficio posible. Por un lado, a mayor oferta de petróleo, el precio disminuirá, por lo que cuando quieran aumentar el precio tratarán de reducir este suministro. Sin embargo, no deben de perder de vista tampoco el hecho de mantener la cuota de mercado que tienen respecto al resto de países productores. Este último punto ha sido de gran controversia entre los países miembros de la OPEC llevando en muchos casos al incumplimiento de varias políticas impuestas para los países miembros para salvaguardar la cuota de mercado individual de cada uno.

Adicional a las decisiones de los países productores de suministrar más o menos petróleo, está el factor del estado de las reservas petrolíferas. Esto afecta de igual manera ya que, aquellos países con grandes cantidades de reservas de petróleo (sean productores o no) son capaces de influir en la oferta de petróleo de manera que si deciden vender el petróleo de sus reservas el suministro global aumentará y si deciden acumular estarán absorbiendo la oferta existente y, por tanto, reduciéndola.

El hecho de que el petróleo es un recurso difícil de explorar, extraer y producir unido con el hecho de que se trata de un recurso agotable influye en la decisión de los países a la hora de explotar depósitos petrolíferos, así como la cantidad de suministro a ofertar. Así el precio de exploración de yacimientos petrolíferos, su extracción y posterior refinamiento afectarán de manera directa. De la misma manera, los avances tecnológicos en materia de maquinaria y metodologías ubicadas alrededor de la extracción del petróleo afectarán también reduciendo estos costes de exploración, extracción y producción. Por otro lado, el retardo que existe entre el descubrimiento de un yacimiento petrolífero y la capacidad de producción de crudo es muy extensa de manera que afecta de igual manera a la oferta.

Otro factor externo que influye en la oferta de petróleo sería las relaciones políticas entre los distintos países productores de petróleo, la situación política de estos países, así como el desarrollo de guerras y conflictos armados. En general, los países productores de petróleo son naciones con una inestabilidad política o naciones gobernadas por dictaduras que en

innumerables ocasiones deriva en revoluciones, tensiones políticas y guerras. Estos acontecimientos afectan directamente en la producción de petróleo, en tanto en cuanto las plantas petrolíferas pueden verse afectadas por bombardeos de una guerra o revueltas, al mismo tiempo que la producción se puede frenar debido a tensiones políticas con otros países.

Dejando de lado los factores que son propiamente responsabilidad de los países productores a continuación se enumeran dos factores que se escapan del alcance de cualquier país u empresa productora, pero que podría afectar de igual manera a la oferta de petróleo. Entre estos factores se encuentran los desastres naturales y las condiciones climáticas de los lugares de extracción y producción de petróleo. Las inclemencias climáticas pueden provocar el cierre de plantas petrolíferas durante períodos de tiempo o pueden sufrir una disminución considerable de su capacidad productiva. Llevado al extremo, con determinados desastres naturales estas plantas pueden quedar inutilizadas, lo que incluye la reconstrucción o reparación de estas, aumentando los costes de producción y retrasando la producción hasta la puesta en funcionamiento.

4.4 OFERTA GLOBAL DE PETRÓLEO CRUDO (DE ACUERDO CON PAÍSES/COMPAÑÍAS)

La producción de petróleo crudo en el mundo se estimó en una media de 95.6 millones de barriles diarios en 2021 (US Energy Information Administration, 2022). Más o menos la mitad de los países del mundo producen petróleo en alguna medida. Sin embargo, a pesar de la capacidad productiva individual de cada país, muchos de ellos no siempre producen a su máxima capacidad. Hay veces en que su capacidad de producción se ve limitada por las fuerzas del mercado o los propios intereses económicos del país. Además, a pesar del continuado crecimiento de las energías renovables, la producción de petróleo sigue teniendo un rol fundamental en la economía mundial.

En 2021, la OPEC fue el grupo de países líder en la producción de petróleo con 31.7 millones de barriles por día, seguido de la OCDE con 31 millones de barriles diarios.

Estados Unidos es el líder productor de petróleo del mundo con una media de 18.9 millones de barriles diarios, lo que representa un 20% de la producción mundial en 2021. Sin embargo, no fue hasta 2018 cuando consiguió adelantar a Rusia y Arabia Saudí. La gran mayoría de este incremento de producción se debe a la fracturación hidráulica, también conocida como fracking, de las formaciones de pizarra de Texas y Dakota del Norte. En 2020 se convirtió por primera vez en exportador desde 1949, aunque se espera que vuelva a ser importador en 2022.

Arabia Saudí contribuye con una producción de 10.8 millones de barriles diarios, el 11% de la producción total de petróleo. El sector petrolero representa aproximadamente un 42% del producto interior bruto del país, un 87% de sus ingresos presupuestarios y un 90% de sus ingresos de exportaciones (CIA World Factbook, 2022).

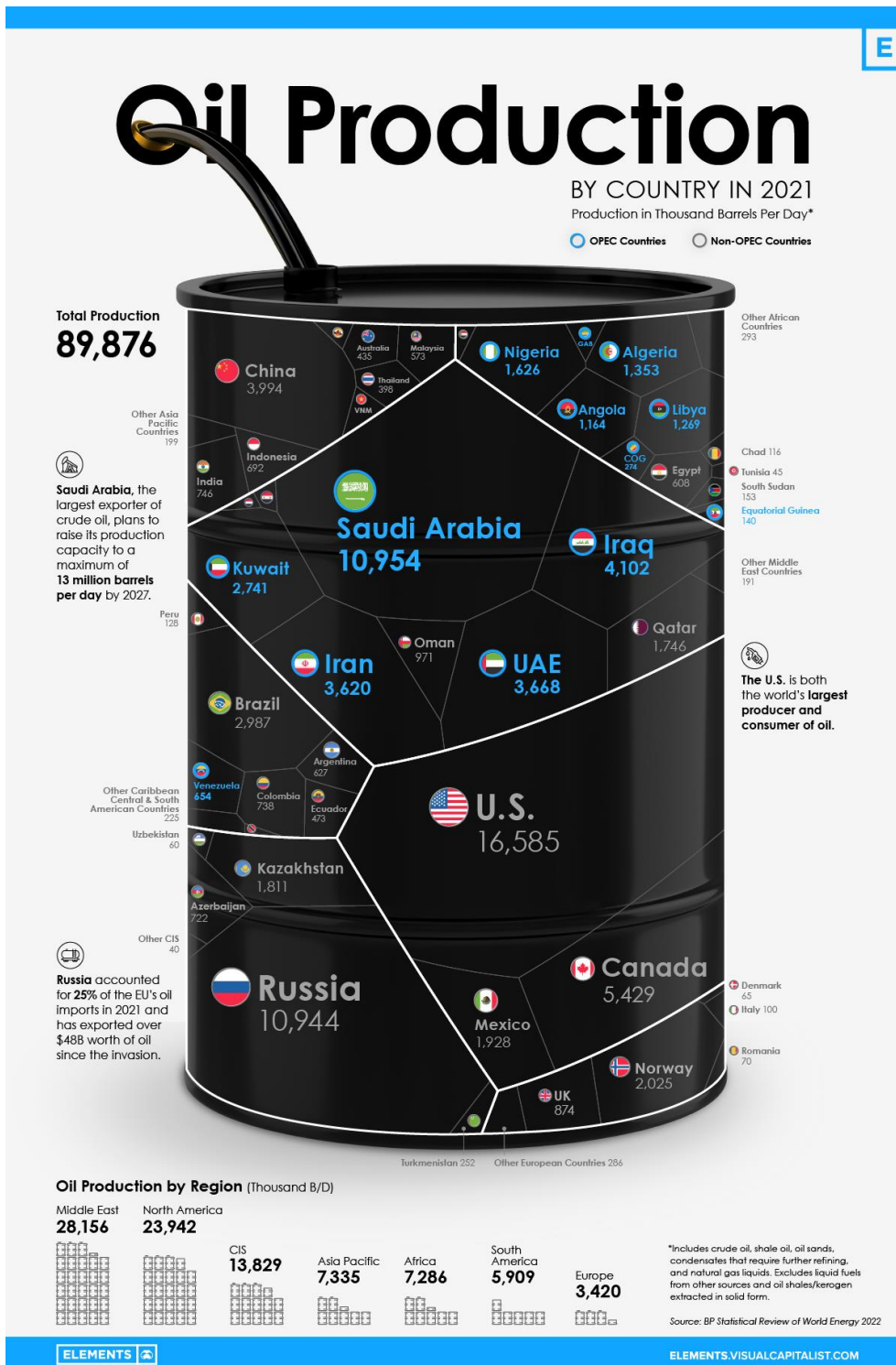


Figura 7 - Producción de petróleo por país en 2021

Rusia, al igual que Arabia Saudí, representa un 11% de la producción global de petróleo. Las regiones más importantes son Siberia Occidental, Urales-Volga, Siberia Oriental y el Extremo Oriente. La industria petrolífera fue privatizada tras la caída de la Unión Soviética, pero en 2001 el estado forzó una consolidación y reestructuración.

Canadá es la cuarta potencia productora de petróleo con 5.5 millones de barriles diarios, un 6% de la producción total. Sus principales zonas de explotación son Alberta, la cuenca sedimentaria del oeste de Canadá y los yacimientos en alta mar del Atlántico.

China produce cerca de 5 millones de barriles diarios, un 5% de la producción mundial. En 2017 adelantó a Estados Unidos como el mayor país importador de petróleo del mundo. Sus regiones del norte y centro del país son responsables de la gran mayoría de la producción doméstica. Además, las compañías cada vez invierten más en técnicas de extracción mejorada de petróleo, con el uso de polímeros o inyecciones de agua, que compensen los declives de la producción.

Por otro lado, si nos adentramos en el mundo de las propias compañías encargadas de la producción de petróleo, podemos encontrar compañías energéticas, ya sean nacionales o privadas, que constituyen las mayores compañías que jamás han existido en el mundo. Muchas de estas compañías son bien conocidas como *British Petroleum* (Reino Unido), *Royal Dutchsell* (Holanda), *Exxon* (EEUU), *Chevron* (EEUU), *Saudi Aramco* (Arabia Saudí), *Gazprom* (Rusia), *China National Petroleum Corporation* (China), *Equinor* (Noruega), *TOTAL* (Francia) y *ENI* (Italia).

La industria petrolera está dividida en los tres segmentos de upstream, midstream y downstream, por lo que cada segmento tiene un número de compañías independientes. Sin embargo, las grandes empresas de petróleo y gas se consideran integrales, ya que sus negocios se concentran a lo largo de los tres segmentos.

Según datos de febrero de 2022, *Saudi Arabian Oil Co.* es la mayor empresa petrolera del mundo con unos ingresos de 1.3 trillones de dólares americanos y una capitalización de mercado de 7.5 trillones de dólares. La compañía controla la segunda mayor reserva de

petróleo del mundo y tiene extensas operaciones de refinería en Arabia Saudí, Estados Unidos, China, Japón, India y Corea del Sur.

En segundo lugar, se encuentra *PetroChina Co. Ltd.* Con unos ingresos de 367 billones de dólares y una capitalización bursátil de 95.8 billones. La compañía está comprometida con la exploración, desarrollo, producción y venta de petróleo, gas y productos derivados del petróleo. Le sigue *China Petroleum & Chemical Corp.*, una productora y distribuidora de productos derivados del petróleo y de petroquímicos.

En la cuarta plaza del ranking está *Exxon Mobil Corp.* con una capitalización bursátil de 325.4 billones de dólares. La empresa americana se dedica al negocio del petróleo global y los petroquímicos. Se encarga de explorar, producir, comerciar, transportar y vender crudo y gas natural. Es la segunda compañía del mundo en capitalización y la cuarta en ingresos.

Por último, mencionar dos empresas europeas como *TotalEnergies SE* y *BP PLC* con 146.4 y 101.6 billones de dólares en capitalización bursátil, respectivamente. La empresa francesa explora y produce crudo, gas natural y electricidad con bajas emisiones de carbono, y es propietaria de estaciones de servicio en Europa, Estados Unidos y África. La compañía británica BP se encuentra envuelta en la exploración, producción y suministro de petróleo y petroquímicos. Además, comercializa también con energía solar.

Capítulo 5. DEMANDA DE PETRÓLEO CRUDO

5.1 USOS DEL PETRÓLEO CRUDO

El petróleo crudo y otros líquidos producidos por los combustibles fósiles son refinados y convertidos en derivados del petróleo que los consumidores utilizan para diferentes propósitos.

El petróleo ha sido históricamente la mayor fuente de energía del consumo energético estadounidense. Los derivados del petróleo se usan para propulsar vehículos, calentar edificios o para producir energía. En el sector industrial, la industria petroquímica usa el petróleo como materia prima para fabricar productos como plásticos, poliuretanos, disolventes y cientos de otros productos intermedios y finales.

En 2021, el consumo medio de petróleo en Estados Unidos fue de 19.78 millones de barriles al día, y se repartió de la siguiente manera entre los principales sectores consumidores.

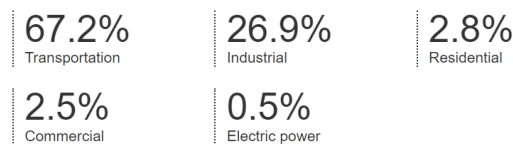


Figura 8 - Usos del petróleo por sectores

La gasolina es el derivado del petróleo más consumido en Estados Unidos. En 2021, el consumo de medio de gasolina fue de unos 8.8 millones de barriles diarios, lo que equivale a un 44% del consumo total estadounidense del petróleo.

El combustible destilado es el segundo derivado del petróleo más consumido en Estados Unidos. Entre los combustibles destilados encontramos el diésel y el combustible para calefacción. El diésel se utiliza en los motores de máquinas pesadas destinadas a la

construcción, camiones, autobuses, tractores, barcos, trenes, algunos automóviles y generadores eléctricos. Los combustibles para calefacción se usan en calderas y hornos para calentar casas y edificios, calefacción industrial, y para producir electricidades en centrales eléctricas. El consumo total de combustibles destilados en media en 2021 fue de unos 3.94 millones de barriles al día, el equivalente a un 29% del consumo americano total de petróleo (US Energy Information Administration, 2022).

En tercer lugar, se encuentran los gases de hidrocarburos líquidos (HGLs) que incluyen el propano, etano, butano y otros HGLs que se producen en las plantas de procesamiento de gas natural y refinerías de petróleo. Los HGLs son productos versátiles que se usan en el sector residencial, comercial, industrial, transporte y eléctrico. En la siguiente tabla se aprecian los principales HGLs con sus usos intermedios y sus usos en productos terminados.

HGL	Usos	Productos terminados
Etano	<ul style="list-style-type: none"> - Materia prima de la industria petroquímica para la producción de etileno. - Producción de energía. 	Plásticos, anticongelantes y detergentes.
Propano	<ul style="list-style-type: none"> - Combustible para calefacción, calentamiento de agua, cocinar, secadora y transporte. - Materia prima de la industria petroquímica. 	Combustible para cocinas y secadores. Plásticos.
Butano	<ul style="list-style-type: none"> - Materia prima para la industria petroquímica y refinerías de petróleo. - Mezcla de combustibles de gasolina. 	Gasolina, plásticos, caucho sintético, combustibles ligeros.
Gasolina natural	<ul style="list-style-type: none"> - Materia prima para la industria petroquímica. - Aditivos para la gasolina. - Diluyente de componentes pesados del petróleo crudo. 	Gasolina, etanol desnaturalizado y disolventes.
Refinado de olefinas	<ul style="list-style-type: none"> - Materias primas intermedias de la industria petroquímica. 	Plásticos, caucho artificial, pinturas y disolventes, resinas.

Tabla 1 - Usos de los HGLs

El combustible para aviones es el cuarto derivado del petróleo más consumido en Estados Unidos. Su consumo medio fue de 1.37 millones de barriles diarios en 2021, lo que supone un 7% del consumo total de petróleo. Después encontramos otros tipos de uso como puede ser parafina, lubricantes, ceras, cloruro de polivinilo, barnices, fertilizantes, poliéster, polietileno, fabricación de neumáticos, asfalto, etc. En la siguiente imagen se trata de tener una visual de la cantidad de usos que le damos al petróleo en nuestro día a día.



Figura 9 - Petróleo en el día a día

5.2 FACTORES EXTERNOS QUE AFECTAN A LA DEMANDA DEL PETRÓLEO CRUDO

Al igual que la oferta, la demanda de petróleo crudo es bastante inelástica, sobre todo a corto plazo ya que la necesidad del petróleo es imperativa para una gran cantidad de productos y servicios de los que hacemos uso en el mundo moderno. Es por ello, por lo que por mucho que suba o baje el precio del petróleo, la industria y los consumidores van a seguir necesitando independientemente del precio.

Aun así, la demanda es el conductor principal de los precios del petróleo en el mercado y para ello es importante identificar cuáles son los factores que guían las fluctuaciones de la demanda.

Las crisis económicas y financieras son un factor clave en la demanda de petróleo. Es el ejemplo de la crisis asiática de 1997 o la crisis financiera mundial de 2008 que provocaron una caída en picado de la demanda de petróleo ya no solo por los propios consumidores sino también por políticas impuestas por los gobiernos. Este último, es otro factor que influye en la demanda, las leyes y regulaciones de los distintos gobiernos. En este sentido los gobiernos restringen el uso y consumo de petróleo por beneficio propio, por mantener las reservas, reducir el impacto de una crisis, políticas sostenibles, etc.

Conviene tener en cuenta también como factor de influencia la aparición de eventos extraordinarios y desastres naturales como por ejemplo la pandemia del Covid-19, huracanes o tsunamis que condicionan directamente la demanda de petróleo ya sea por necesidad o por incapacidad de crear demanda.

En relación con el ámbito económico, otro aspecto importante es el crecimiento económico de cada país y asociado a esto el estado de bienestar de los países ricos, al que aspiran los países en vías de desarrollo y del tercer mundo. Cuanto mayor es el crecimiento económico de un país y mayor su riqueza, mayor será el consumo de bienes y productos que requieren del petróleo como materia prima. Un ejemplo claro de esto es el boom que sufrió la demanda

a finales del siglo XX gracias al rápido y fuerte desarrollo de países del continente asiático como pueden ser China o India.

Unido al crecimiento económico se encuentran los avances tecnológicos. Cuánto más avanzada tecnológicamente se encuentre una sociedad mayor será su predisposición para hacer uso de productos que utilicen el petróleo como materia prima.

No obstante, en los tiempos que corren, una sociedad realmente avanzada se puede relacionar con una sociedad concienciada con el medio ambiente, la sostenibilidad y el cambio climático. Esta vertiente, provoca el rechazo al uso de combustibles fósiles (entre los que se encuentra el petróleo) y apuesta por el uso de nuevas tecnologías y fuentes de energía alternativas y renovables que no sean perjudiciales para nuestro planeta. En este sentido, la fuerza con que la sociedad se encuentre concienciada, los avances tecnológicos en esta materia y la cantidad de inversores y gobiernos dispuestos a crecer en este sentido, afecta de manera directa al consumo y demanda de petróleo.

Por otro lado, la fortaleza del dólar estadounidense es otro factor para tener en cuenta para la demanda de crudo. Desde 1944 el dólar ha sido la moneda de referencia del mundo tras convertirse en el patrón oro, de esta manera el petróleo se compraba y vendía en dólares. Esta premisa sigue siendo así en el presente donde los barriles de crudo de todo el mundo se compran en dólares estadounidenses. Esto tiene dos implicaciones, cuando el valor del dólar es alto, se necesitarán menos dólares para comprar un barril de crudo y por tanto la demanda aumentará. De forma inversa, cuando el dólar se debilita, el precio del petróleo aumenta y por tanto la demanda disminuye. Esta relación inversa se puede apreciar de manera clara en la siguiente gráfica.

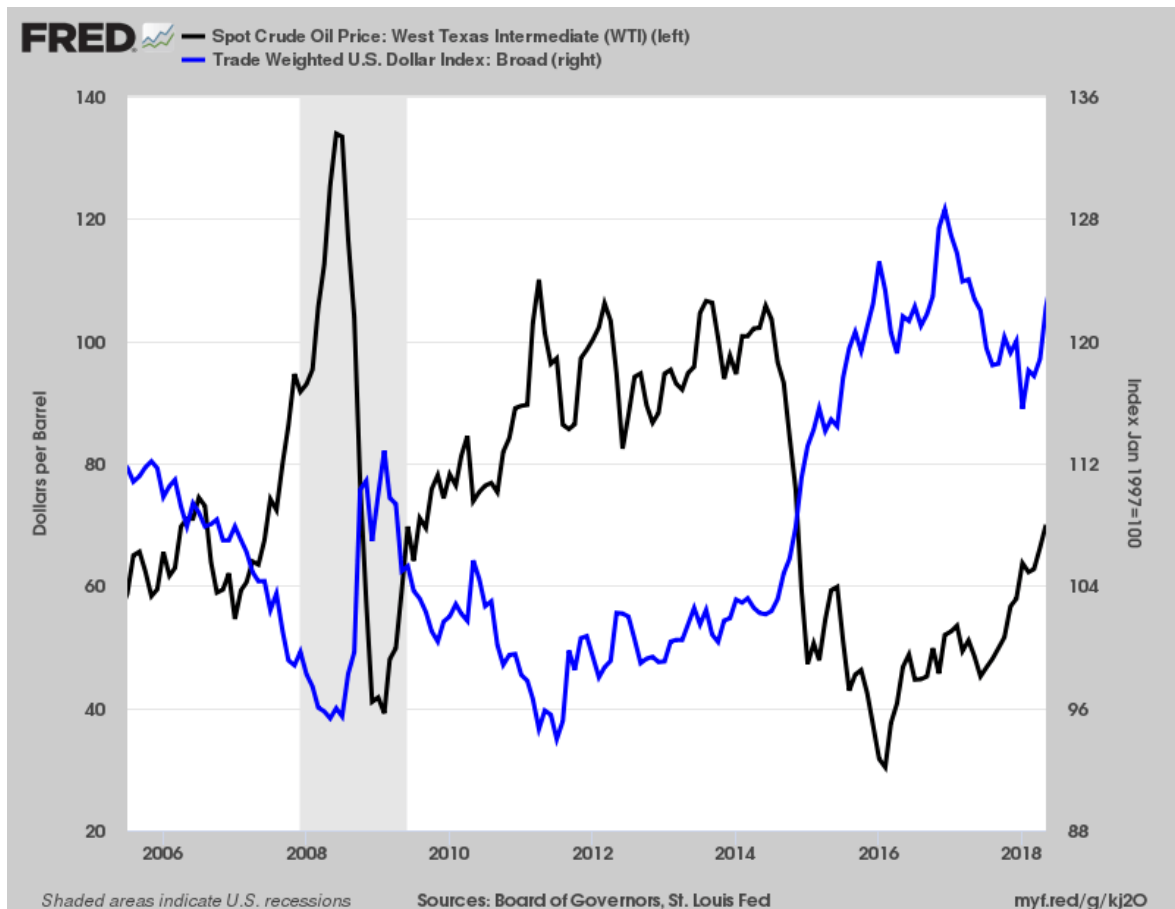


Figura 10 - Precio del barril WTI vs Fortaleza del dólar

Otros factores para tener en cuenta a la hora de analizar la demanda de crudo son los precios de transporte de los barriles, así como los costes de almacenamiento. Existen dudas sobre si incluir estos factores en la oferta o la demanda, pero finalmente se ha preferido incluirlos en la demanda ya que su fluctuación afecta directamente a que el precio del producto final sea mayor o menor. El precio del transporte del crudo va unido a los avances tecnológicos, así como a la facilidad de llegar a los distintos lugares donde se requiere. El precio del almacenamiento irá unido a la especulación, si se espera que el precio en el futuro sea mayor, los costes de almacenamiento serán mayores. Inversamente, si se espera que el precio sea menor, los costes se reducirán llegando en algunos casos a ser negativos, como ocurrió durante la pandemia del Covid-19.

Sin embargo, uno de los factores más influyentes tanto en la demanda como en el precio del petróleo es la especulación bursátil. Esto es lo que *Kilian* (2008) en sus análisis denominaba demanda por precaución. La especulación del mercado de futuros del petróleo es el mayor conductor de la demanda de crudo. Se basa en intentar prever como estará el precio del crudo en el futuro y en función de eso aumentar o disminuir la demanda de este. Alrededor del mundo de la especulación encontramos muchas variables que entran en juego, ya que en muchos casos se usa como herramienta financiera de cobertura, pero a grandes rasgos lo que busca es que el precio del crudo en el futuro sea mayor a la suma del precio del petróleo hoy más los costes de almacenamiento de este hasta el momento de su venta. La especulación es el factor clave del que se desprenden el resto de los factores ya que, las guerras, la situación política de los países productores, las previsiones de crecimiento económico o la fortaleza del dólar, así como una transición hacia el uso de energías renovables y verdes influye de manera directa en la especulación y por tanto en la demanda de crudo.

5.3 DEMANDA GLOBAL DEL PETRÓLEO CRUDO (DE ACUERDO CON EL USO Y EL PAÍS)

El petróleo es una fuente de energía necesaria en el mundo actual. Su uso es indispensable para disparidad de usos, como se ha explicado en el apartado 5.1, como puede ser producción de combustibles o petroquímicos entre otros. A pesar de que los organismos productores de petróleo, como la OPEC, consideran que el crudo seguirá siendo importante en el futuro, la industria energética se ha esforzado por encontrar una alternativa a este combustible fósil. Una de esas alternativas que genera gran entusiasmo es el hidrógeno. El elemento químico más abundante del universo ha cobrado especial interés por su potencial como portador de energía. Al igual que el petróleo, puede servir como materia prima o ingrediente principal para los combustibles de transporte, la generación y el almacenamiento de energía, y también la producción de productos químicos. Aunque hoy en día se obtiene principalmente a partir de la conversión del gas natural (el llamado hidrógeno gris), la mayoría de las inversiones se dirigen a hacer más rentable la producción de hidrógeno mediante electrólisis utilizando electricidad renovable (hidrógeno verde).

Sin embargo, a pesar de la creciente concienciación con el medio ambiente y el cambio climático y el giro que están tratando de tomar los gobiernos hacia el uso de energías sostenibles y verdes como alternativa a los combustibles fósiles que son un recurso agotable y dañino para nuestro planeta, el consumo de petróleo sigue creciendo. Esto se debe a varios factores, pero el más importante es el crecimiento económico de los gigantes asiáticos, así como el de los países en vías de desarrollo. Cuanto mayor es el crecimiento económico de un país mayor será su tendencia a consumir derivados del petróleo. En la siguiente gráfica se puede apreciar como los países con mayor PIB per cápita son los que hacen mayor uso de petróleo per cápita.

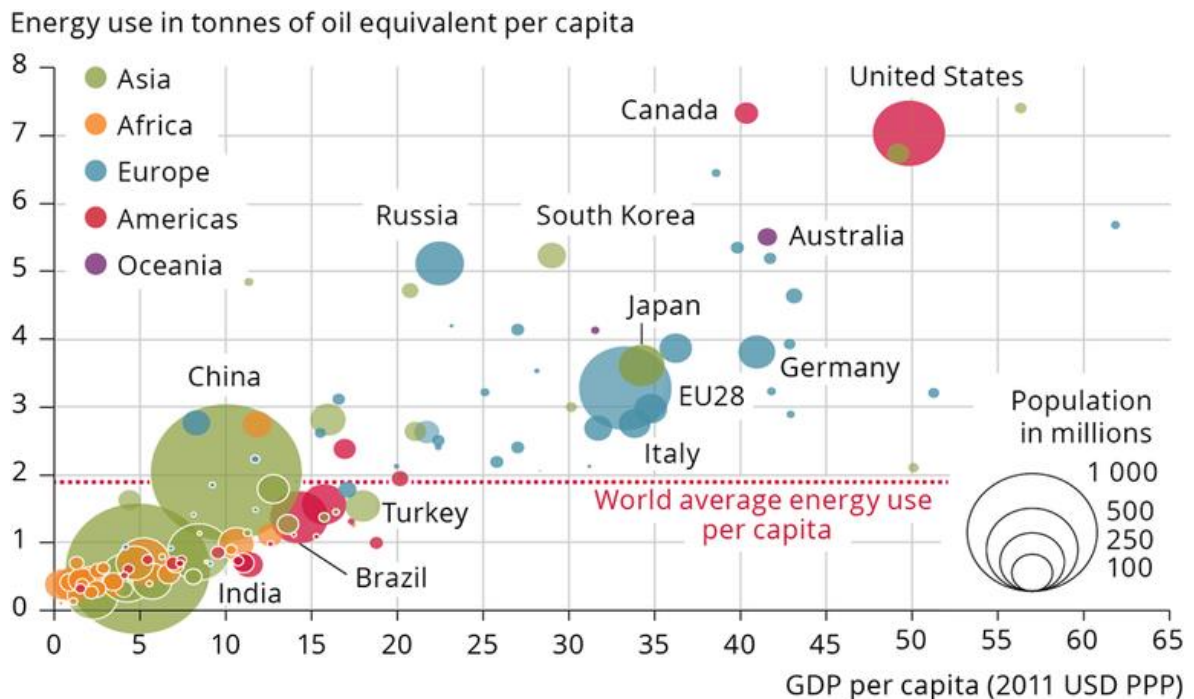


Figura 11 - Consumo de energía vs PIB per cápita

También es importante recalcar, que las empresas más poderosas del mundo giran en torno al sector de las materias primas, y por tanto alrededor del sector petrolífero. Esto unido a las herramientas financieras de futuros del mercado petróleo hacen que sea un sector bastante instaurado y reticente a promover políticas que reduzcan su consumo.

En la siguiente gráfica elaborada por *British Petroleum* se puede apreciar el consumo de petróleo a lo largo de la historia en el mundo, dividido por distintas regiones. En ella se aprecia como en los últimos años el consumo de petróleo ha llegado a los cien millones de barriles de crudo diarios. Estados Unidos se coloca como líder en consumo de crudo con una demanda que representa un 20% del consumo total mundial, le sigue China con un 13%, y después India, Japón y Rusia con porcentajes cercanos al 4%. Relacionando estos datos con la gráfica anterior, se puede contrastar como China a pesar de tener un PIB per cápita menor al de muchos otros países, su consumo global es de los más elevados debido a la elevada población del país. Algo parecido pasa con India.

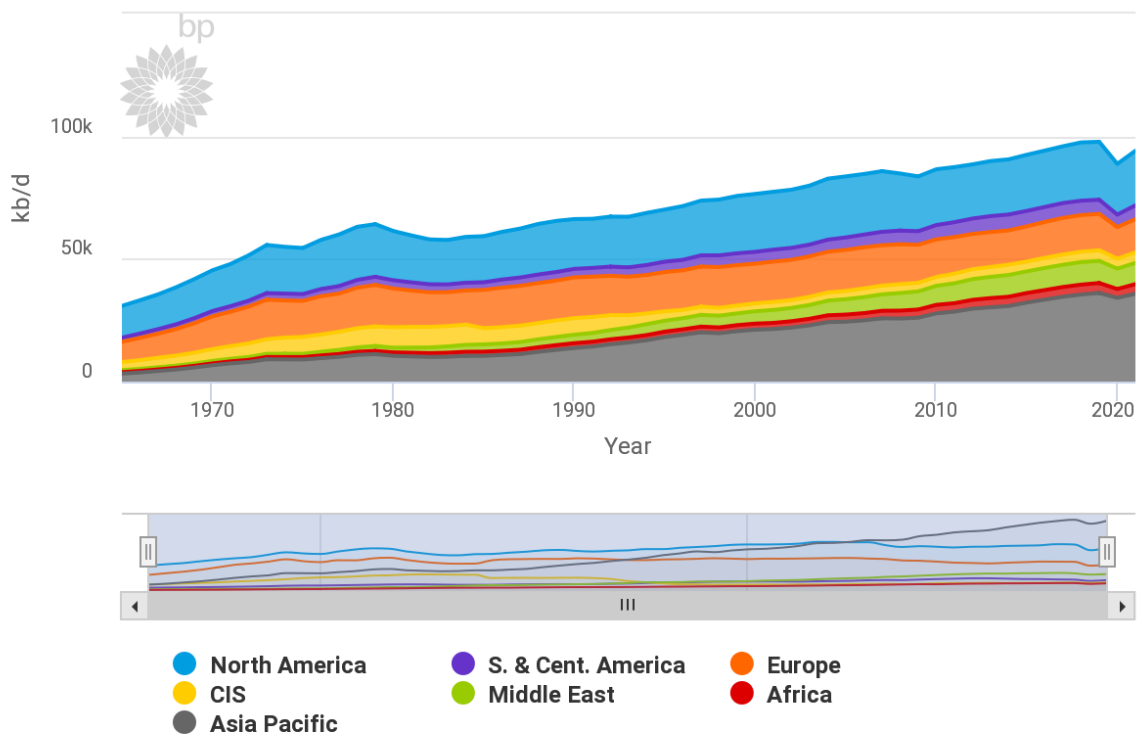


Figura 12 - Consumo histórico de petróleo por regiones

Por último, analizamos el motor de la demanda según los distintos sectores a los que suministra el petróleo. Como se puede ver en la siguiente gráfica el sector de la carretera es el que más petróleo consume en todo el mundo. Representa más de un tercio de la demanda

mundial de petróleo, en gran parte debido a la dependencia de los motores de gasolina fabricados con petróleo. La OPEC prevé que la demanda mundial de productos petrolíferos alcance los 109 millones de barriles diarios en 2045, y se espera que los combustibles para el transporte, como la gasolina y el gasóleo, sigan siendo los productos más consumidos. Se prevé que la demanda de gasóleo y gasoil ascienda a 30 millones de barriles diarios en 2045, frente a los 26,4 millones de barriles de 2019. La demanda de gasolina se prevé en 27,4 millones de barriles en 2045. La demanda de petroquímicos para la producción de plásticos y derivados también tiene una componente significativa con un 16.2% de la demanda.

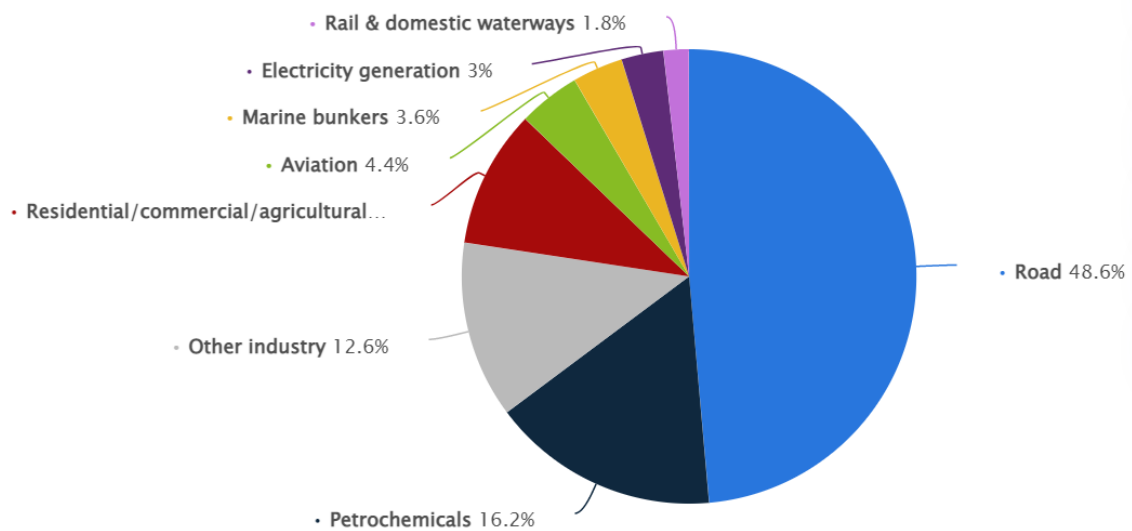


Figura 13 - Demanda de petróleo por sectores

Capítulo 6. MODELANDO EL MERCADO DEL PETRÓLEO CRUDO

6.1 INDICADORES DEL MODELO VAR

Tras el estudio de los factores que afectan a la oferta y a la demanda del petróleo crudo, así como el análisis de la oferta y demanda global del mismo, es necesario traducir esta investigación literaria en datos cuantificables que puedan ser introducidos en un modelo. El modelo utilizado para este proyecto será el modelo de vector autorregresivo (VAR model en inglés).

El número de variables a incluir en el modelo es indefinido, sin embargo, para este estudio se ha optado por usar seis indicadores que tratan de modelizar los factores que influyen en el precio del petróleo. Es importante recalcar, que los datos extraídos para los distintos indicadores se encuentran con una frecuencia mensual desde enero de 1993 hasta diciembre de 2019. Los indicadores se introducirán en el siguiente orden, siendo los primeros indicadores las variables más exógenas, y los últimos las más endógenas.

En primer lugar, se incluirá el **índice GPR** (Geopolitical Risk Index) creado por Caldara y Iacoviello (2022). Se trata de una medida de los acontecimientos geopolíticos adversos y de los riesgos asociados construida a partir de un recuento de los artículos de prensa que cubren las tensiones geopolíticas, y examinan su evolución y sus efectos económicos. El índice refleja los resultados de la búsqueda automatizada de textos en los archivos electrónicos de 10 periódicos: Chicago Tribune, Daily Telegraph, Financial Times, The Globe and Mail, The Guardian, Los Angeles Times, The New York Times, USA Today, The Wall Street Journal y The Washington Post. Caldara y Iacoviello (2022) calculan el índice contando el número de artículos relacionados con acontecimientos geopolíticos adversos en cada periódico para cada mes (como parte del número total de artículos de noticias).

El índice se dispara en torno a las dos guerras mundiales, al comienzo de la guerra de Corea, durante la crisis de los misiles en Cuba y después del 11-S. Un mayor riesgo geopolítico presagia una disminución de la inversión, de los precios de las acciones y del empleo. Un mayor riesgo geopolítico también se asocia a una mayor probabilidad de catástrofes económicas y a mayores riesgos a la baja para la economía mundial.

En segundo lugar, se introducirá un indicador que refleje la **producción de petróleo** crudo en el mundo. Este indicador contendrá los datos mensuales de la producción mundial de petróleo extraídos del Nasdaq Data Link (2022). Este indicador nos servirá para identificar el peso que tienen en el precio final del petróleo los déficits o el exceso de suministro de petróleo.

Después, se incluirá en el modelo el **Bloomberg Commodity Indices** (BCOM). Se trata de un índice de precios de materias primas ampliamente diversificado distribuido por Bloomberg Index Services Limited. El índice sigue los precios de los contratos de futuros sobre materia primas físicas en los mercados de materias primas. Además, está diseñado para minimizar la concentración en una sola materia prima o sector (actualmente cuenta con 23 futuros de materias primas en 6 sectores). Este indicador servirá como variable representativa en el modelo de la demanda, ya que el co-movimiento del precio de todas las commodities se considera representativo de la actividad económico mundial que genera la demanda de materias primas (Kilian and Zhou, 2018; Alquist and Coibion, 2020; Delle Chiaie et al, 2021; Diaz and Perez-Quiros, 2021).

Tras este, se introduce un indicador que refleje los niveles de las **reservas estratégicas de petróleo**. Este indicador será una representación de la especulación existente alrededor del sector petrolífero de manera que se trata de un indicador de la demanda. Al no disponer de los datos de las reservas estratégicas de todos los países del mundo, en el modelo se incluirán los referentes a las reservas de los Estados Unidos extraídos del Nasdaq Data Link (2022). Inicialmente, la creación de esta reserva estratégica estadounidense servía como protección ante crisis petroleras como el embargo petrolífero de 1970 de la OPEC a Estados Unidos y otros países occidentales, la guerra del Golfo Pérsico, el inicio de la primavera árabe o

eventos climáticos devastadores que afectan al suministro de petróleo. Se buscaba la independencia energética que evitara las consecuencias de interrupciones abruptas en el suministro mundial de petróleo. Actualmente, gracias en gran parte al *fracking*, Estados Unidos se ha convertido en un exportador neto de crudo, por lo que la reserva estratégica se usa más como herramienta de control del mercado, absorbiendo o suministrando oferta y demanda según los intereses del país.

En quinto lugar, se introduce la variable a estudiar, el **precio del barril de petróleo Brent**. En este análisis se realizarán dos modelos independientes uno explicando el precio del barril Brent y otro explicando el precio del barril WTI. Con esta variable se busca recoger toda la información extra que el modelo no está siendo capaz de explicar con el resto de las variables, es decir, todo el resto de los indicadores que afectan al precio del petróleo y cuyas variables no se han incluido en el modelo. Tanto el barril Brent como el barril WTI son mezclas de petróleos que difieren en el lugar de extracción, su composición y los países en los que son puntos de referencia. Mientras el Brent es punto de referencia en Europa, Oriente Medio y África, el WTI es punto de referencia en Estados Unidos. A pesar de sus diferencias, las fluctuaciones que sufren sus precios son muy similares ya que ambos se ven influenciados por los mismos factores.

Por último, se incluye la variable más endógena del modelo, el **indicador de la divisa**. Tal y como se ha descrito en apartados anteriores, el dólar es la moneda de referencia en el comercio de barriles de petróleo crudo, o también conocido en el sector como el petrodólar. Por ello se va a introducir como representante de esta variable un indicador que recoja la fortaleza del dólar respecto al euro.

Una vez construido el modelo con todas las variables recién descritas se procede a ejecutarlo. A continuación, se muestran las funciones impulso-respuesta, sacadas por el modelo, que denotan cómo el precio del petróleo responde a los diferentes shocks identificados en el modelo:

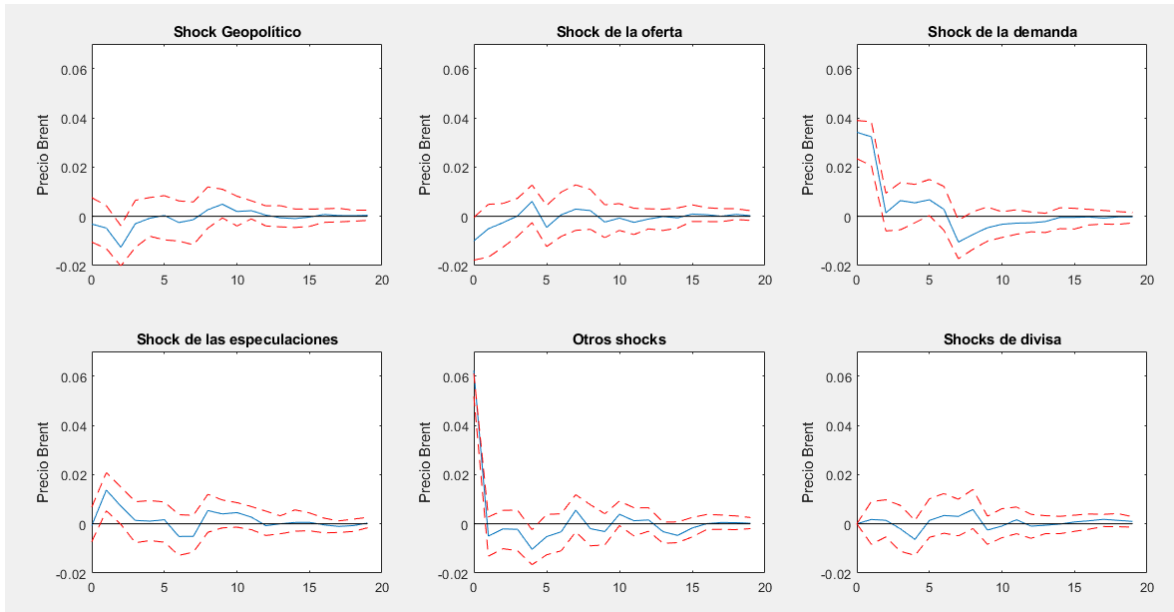


Figura 14 - Funciones impulso-respuesta del precio Brent (shocks). Fuente: elaboración propia

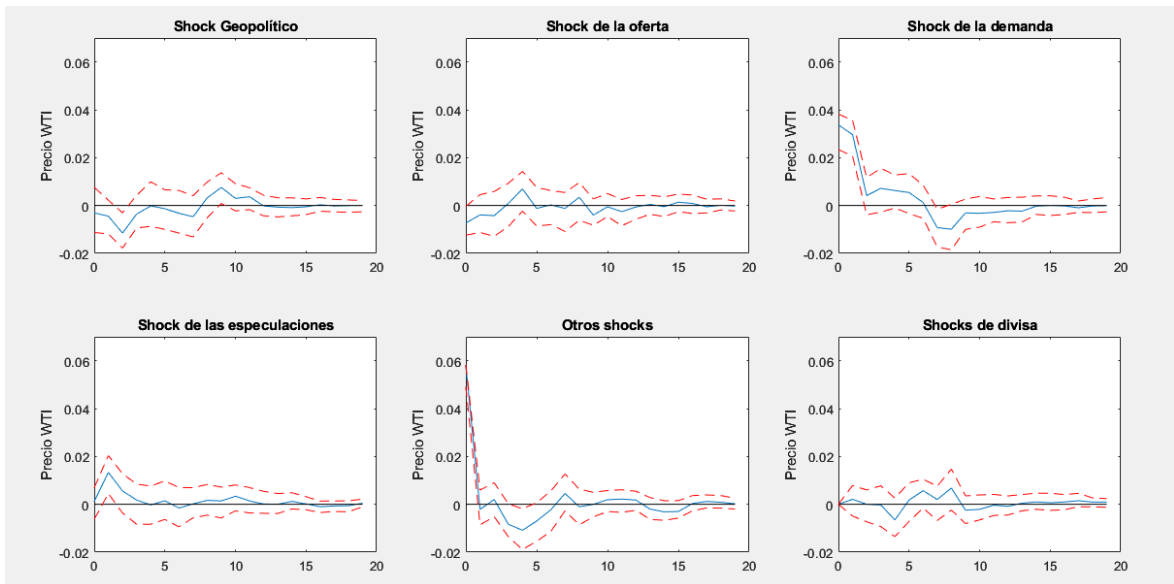


Figura 15 - Funciones impulso-respuesta del precio WTI (shocks). Fuente: elaboración propia

Como es de esperar, los resultados son muy parecidos para el precio Brent como para el WTI. Se puede observar que el precio del petróleo responde de manera inmediata y significativa a un incremento de la demanda, definido como la actividad económica global. A su vez, un incremento en los niveles de producción (shock de oferta), genera, como es esperado, un decrecimiento del precio del petróleo, pero que no es comparable ni en magnitud ni en significancia estadística con el efecto de la demanda. Adicionalmente, observamos que un incremento en el riesgo geopolítico disminuye el precio del petróleo, aún si es sólo en los primeros dos meses, lo que sugiere que el precio absorbe principalmente la caída de la demanda resultante de eventos geopolíticos adversos más que la posible caída en la oferta (producción) del petróleo. **TAMBIÉN**, observamos que un shock especulativo, donde se acumulan inventarios debido a precios futuros esperados mayores, **RESULTA** en una subida de los precios en el mercado inmediato. Por último, no se observa ningún efecto significativo del cambio del valor del dólar americano en el precio del petróleo.

6.2 DE COMPOSICIÓN HISTÓRICA DEL PRECIO DEL PETRÓLEO CRUDO

Para analizar la de composición histórica del precio del petróleo se ha optado por realizar un modelo VAR con las variables indicadas en el apartado anterior. Dicho modelo proporcionará información acerca del peso de cada uno de los shocks al precio del petróleo, así como la aportación de cada uno de ellos a lo largo del período de estudio. El rango de estudio elegido es desde enero de 1993 hasta diciembre de 2019, debido a la disponibilidad de datos fiables excluyendo los dos últimos años con la pandemia del Covid-19 debido a la inestabilidad que genera en el modelo.

Aunque el modelo contenga datos desde 1993 a continuación se va a hacer un repaso de la literatura con los eventos más importantes a lo largo de la historia del precio del petróleo.

Crisis de 1973/74

A primera vista, el shock producido en el precio durante estos años parecía deberse a un shock negativo en el suministro de petróleo. La oferta cayó en el último trimestre de 1973 y el precio se incrementó. Es común asociar este shock con la guerra entre Israel y la coalición de países árabes que tuvo lugar en octubre de 1973.

Sin embargo, esta guerra tuvo lugar en Israel, Egipto y Siria, países que no son grandes productores de petróleo ni miembros de la OPEC. Es por esto, que el shock no puede atribuirse únicamente al desencadenamiento de la guerra.

Los países árabes de la OPEC disminuyeron la producción de petróleo, primero en un 5% y después en un 25% adicional, además de aumentar los precios fijados de su petróleo. Hamilton (2013) interpreta este hecho como un embargo a los países occidentales que apoyaban a Israel como una extensión del conflicto militar en vez de tomarlo como una respuesta endógena a las condiciones económicas.

No obstante, Kilian and Barsky (2001) ofrecen una explicación alternativa de estos mismos datos. Se centran en el hecho de que a principios de 1973 el precio del petróleo se había fijado como resultado de los acuerdos de Teherán - Trípoli de 1971 entre compañías y gobiernos de los países productores de Oriente Medio. En cambio, cuando la demanda global de petróleo se aceleró en 1972 y 1973, reflejo de un boom económico mundial, muchos países de Oriente Medio comenzaron a operar al límite de sus capacidades sin poder incrementar el suministro de petróleo, mientras que otros, que si tenían más capacidad de producción tuvieron que aumentar su oferta. Esto unido a la depreciación del dólar y una creciente inflación en Estados Unidos provocó el rechazo de los acuerdos, de manera que los productores de petróleo decidieron disminuir la oferta de crudo con precios mayores. Esta decisión estaba claramente motivada por los efectos acumulados de la devaluación del dólar, una inflación inesperada y una alta demanda de petróleo alimentada por un fuerte crecimiento económico mundial, lo que produjo un aumento endógeno del precio en relación con las condiciones macroeconómicas globales.

Crisis de 1979/80

Esta crisis se caracterizó por un aumento del precio del petróleo WTI de 15\$ por barril en 1978 a casi 40\$ en 1980. La perspectiva tradicional de Hamilton (2013) expresa que, el aumento de precios se debió a una disminución del suministro de petróleo iraní debido a la revolución de Irán. Sin embargo, Kilian (2008) alega que los tiempos no coinciden ya que, la revolución iraní empezó a finales de 1978 y no fue hasta febrero de 1979 cuando se produjo la mayor reducción de suministro de petróleo iraní que, además, se amortiguó en parte con un aumento de la producción de petróleo por parte de Arabia Saudí. En términos generales, la producción de petróleo de la OPEC en enero de 1979 era un 8% menor que 6 meses antes, pero en abril de ese mismo año el déficit se redujo a un 0% con el precio de barril aún por debajo de los 16\$.

Por ello, Kilian y Murphy (2010) afirman que la revolución iraní influyó en el precio del petróleo, pero afectó más por las expectativas del precio, más que por un shock en el suministro. Modelos empíricos del mercado de petróleo confirman que el shock en la oferta tuvo un rol minoritario en el aumento del precio de 1979. Sin embargo, confirma que el aumento acumulado del precio se asocia con un aumento de la demanda de existencias de petróleo en anticipo una futura escasez, presumiblemente como reflejo de las tensiones geopolíticas entre Estados Unidos e Irán, y entre Irán y sus vecinos, pero también ante la expectativa de un aumento de la demanda futura de petróleo debido a un boom de la economía global.

Los años 80 y 90

En septiembre de 1980 Iraq invade Irán causando la destrucción de instalaciones de petróleo iraní y perturbando las exportaciones de petróleo tanto de Irán como de Iraq. Este evento fue seguido de un incremento en el precio del petróleo WTI de 36\$ a 38\$, que se atribuye a la guerra entre Irán e Iraq. Este es un ejemplo muy ilustrativo ya que representa un shock en el suministro de petróleo en ausencia de cambios en la demanda, reflejando pequeños cambios en el precio.

A principios de los años 80 se vio un sistemático declive en el precio del petróleo. Una razón de esta caída fue el cambio en los regímenes de políticas monetarias de todo el mundo hacia políticas de contracción económica, aumentando los tipos de interés. La recesión global desencadenó una disminución de la demanda de petróleo y por tanto su precio. Esto se amplificó debido a los esfuerzos de los países industrializados por reducir el uso de petróleo. Además, las perspectivas a la baja de un futuro crecimiento económico unidas a los altos tipos de interés hacían menos atractivo mantener existencias de petróleo, causando la venta de todos los inventarios acumulados en 1979. Es importante añadir que algunos países como México, Noruega o Reino Unido se convirtieron en países productores ante los persistentes incrementos en el precio. La cuota de mercado de los países de la OPEC disminuyó de un 53% en 1973 a un 43% en 1980 y a un 28% en 1985 (Hamilton, 2013)

La OPEC trató de frenar la caída de precios con un acuerdo entre sus países de reducir el suministro de petróleo. Este acuerdo no fue efectivo ya que muchos países lo incumplieron y el precio continuó disminuyendo.

No fue hasta 1990, con la invasión de Kuwait, cuando el precio del petróleo volvió a subir. La perturbación de la producción de petróleo iraquí y kuwaití tuvo un rol importante en la subida de precios. Aunque, un factor igual de importante fue la alta demanda de existencias de petróleo ante un posible ataque a los campos petroleros de Arabia Saudí. Solo a finales de 1990, cuando la coalición liderada por Estados Unidos movió a sus tropas a Arabia Saudí para evitar la invasión, el precio del petróleo volvió a disminuir junto con la demanda de existencias. Sin la existencia de este excepcional evento habría sido difícil explicar el rápido retorno a los bajos precios de 1991, dado que la producción de Kuwait e Iraq tuvo una recuperación lenta.

A finales de los 90 el precio cayó aún más llegando a 11\$ en diciembre de 1998. Esta reducción del precio se asoció a la crisis financiera asiática de mediados de 1997, seguida de varias crisis económicas en otros países incluyendo Rusia, Brasil o Argentina.

A partir de esta fecha es cuando se empiezan a tener datos de las variables utilizadas en el modelo y podemos comparar sus resultados con la literatura.

A continuación, la Figura 16 muestra la de composición histórica del precio del crudo Brent para el periodo estimado del modelo VAR⁵

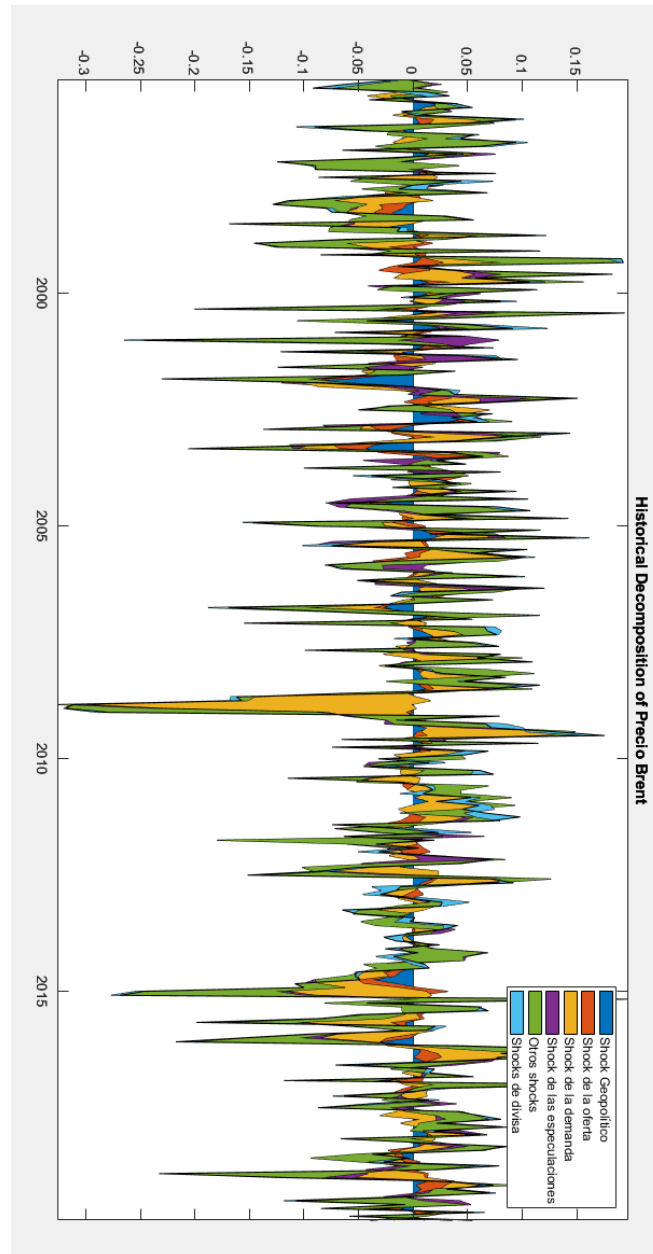


Figura 16 - De composición histórica del precio del petróleo

⁵ También se generó la de composición histórica del precio del crudo WTI. Los resultados son similares y están disponibles bajo petición.

Se aprecia como a partir de 1999 el precio empezó a recuperarse gracias a un aumento de la demanda como resultado de la recuperación económica, gracias a cortes en la producción de petróleo y a un aumento de la demanda de existencias en previsión del endurecimiento de los mercados del petróleo. A esto se le unió en 2002 y 2003 dos grandes perturbaciones en el suministro de petróleo: el descenso de la oferta del crudo venezolano por disturbios civiles, y el descenso del suministro debido a la guerra de Iraq. Sin embargo, este déficit de oferta se compensó con aumentos de producción en otras partes del mundo. Además, la preocupación de que esta guerra afectase la producción del petróleo saudí fue menor, por lo que la demanda de existencias no tuvo cambios significativos. Por ello el aumento de precio del petróleo fue mucho menor teniendo en cuenta que el único factor fue un shock en la oferta.

Inicios de siglo y crisis financiera global

El mayor aumento de precios se produjo entre mediados de 2003 y 2008 pasando de 28\$ a 134\$ por barril de petróleo WTI. Los autores de la literatura se ponen de acuerdo en que esta escalada se debió a aumentos de la demanda de crudo más que a perturbaciones en el suministro. El aumento de la demanda se debió a un inesperado crecimiento de la economía global, guiada por una importante demanda de los países emergentes en Asia. Este efecto se puede ver en la *Figura 14* ya que la mayoría de la gráfica en torno al año 2005 se tiñe de verde (otros shocks) y amarillo (shock de la demanda) cuando se producen aumentos en el precio.

Una visión alternativa de esta escalada de precios podía ser el aumento exponencial de la inversión en el mercado de futuros de petróleo que de alguna manera hizo aumentar su precio. Sin embargo, esta visión no concuerda con el modelo de demanda de existencias de petróleo que no tuvo cambios hasta 2008. Esto se aprecia claramente en la *Figura 14* en los años siguientes al año 2000 que la gráfica es prácticamente morada (shock de la especulación) para los aumentos del precio.

La crisis financiera de 2008 ilustra perfectamente el poder de los efectos de un fuerte declive en la demanda de commodities en el precio de estas materias primas. La demanda disminuyó

en previsión una mayor recesión global causando que el precio cayera de 134\$ a 39\$ en febrero de 2009. En cambio, cuando quedó claro que el colapso del sistema financiero mundial no era inminente el precio se recuperó. Esto se ve reflejado en la *Figura 14* en torno al año 2009 que la mayor parte de la caída de los precios se debió a un shock en la demanda producido por la crisis financiera y una desaceleración económica.

Entre 2010 y 2014 hubo varios shocks menores tanto en la oferta como en la demanda. Por ejemplo, en 2011 la subida de precios se atribuye en parte a la primavera árabe iniciada en Libia, así como las tensiones en Irán en 2012. Además, durante este periodo hubo un cambio de referencia del petróleo WTI al Brent. El modelo de este proyecto no identifica de forma clara este evento ya que, aunque podemos ver una parte de la gráfica de la *Figura 14* en torno al año 2011 en azul marino (shock geopolítico) no puede ser considerado significativo.

Después de un largo periodo de estabilidad entre 2014 y 2015 el precio se redujo de 112\$ a 47\$ por barril. Parte de esta reducción se debió a un declive en la actividad económica global (*Figura 14* con tonos amarillos en torno a 2015). Por otro lado, influyó también un shock en la producción de petróleo ya que se produjo un aumento inesperado de la oferta por parte de Estados Unidos, así como el aumento en la producción de otros países como Canadá y Rusia. Además, influyó también un descenso en la demanda de almacenamiento de petróleo.

Capítulo 7. CONCLUSIONES

En relación con la interpretación del modelo en cuanto al estudio tanto de la de composición histórica del precio del petróleo como de las respuestas a los distintos shocks, se puede concluir que las fluctuaciones en el precio del petróleo son generadas principalmente por cambios en la demanda. Se aprecian ejemplos como la caída de precios de 2008 debido a la crisis financiera global, así como su consecuente recuperación en 2009 compensando el déficit de demanda durante la crisis, y las caídas entre 2014 y 2016 como consecuencia de una disminución de la actividad económica e industrial, y la recuperación en torno a 2017 y 2018. Identificamos shocks especulativos en relación con los futuros, a principios del siglo XXI con el boom de las herramientas financieras en torno al sector petrolero haciendo subir sus precios. También se identifican shocks geopolíticos y shocks de la oferta, como el 11-S, la revolución iraní, la guerra de Irak o la primavera árabe en Libia, entre otros. Sin embargo, estos dos últimos shocks no son tan determinantes si los comparamos con el shock de la demanda.

Con esto se puede concluir lo que otros autores de la literatura llevan augurando desde hace tiempo: los precios del petróleo vienen determinados en su mayor medida por la demanda. Ni interrupciones en la oferta, ni tensiones geopolíticas llegan a influir como lo hace la demanda, ya sea tanto para disminuir el precio tras crisis económicas, como para incrementarlo debido a aumentos de la actividad económica.

Sin embargo, está claro que estimar el precio del petróleo es un estudio realmente complejo y que en muchos casos se escapa de lo cuantitativo debido a la inestabilidad de su mercado, la inelasticidad tanto de su oferta como de su demanda y a la aparición de eventos extraordinarios impredecibles.

Capítulo 8. BIBLIOGRAFÍA

- Agrupación Gasoil. (Marzo de 2019). *Los 7 factores que afectan el precio del petróleo*. (Agrupación Gasoil) Recuperado el Noviembre de 2022, de <https://www.agrupaciongasoil.es/blog/los-7-factores-que-afectan-el-precio-del-petroleo/>
- Aja, A. (s.f.). *Fracturación hidráulica e hidrofracturación, mejor que fracking*. (Fundeu) Recuperado el Octubre de 2022, de <https://www.fundeu.es/recomendacion/fracturacion-hidraulica-mejor-que-fracking-1511/>
- Ali, U. (Noviembre de 2021). *Top ten companies by oil production*. (Offshore Technology) Recuperado el Noviembre de 2022, de <https://www.offshore-technology.com/analysis/companies-by-oil-production/>
- Almoguera, P. A., Douglas, C. C., & Herrera, A. M. (2011). Testing for the cartel in OPEC: non-cooperative collusion or just non-cooperative? *Oxford Review of Economic Policy*, 27(1), 144-168.
- Alquist, R., Bhattarai, S., & Coibion, O. (2020). Commodity-price comovement and global economic activity. *Journal of Monetary Economics*, 41-56.
- Amadeo, K. (Mayo de 2022). *What Affects Oil Prices?* (The Balance Money) Recuperado el Noviembre de 2022, de <https://www.thebalancemoney.com/how-are-oil-prices-determined-3305650#:~:text=What%20affects%20the%20price%20of,40%25%20of%20the%20world's%20oil.>

- Amadeo, K. (6 de Junio de 2022). *What is crude oil?* Obtenido de The balance: <https://www.thebalancemoney.com/crude-oil-prices-trends-and-impact-on-the-economy-and-you-3305738>
- Amoros, R. (Julio de 2022). *Visualizing the World's Largest Oil Producers*. (Visual Capitalist) Recuperado el Noviembre de 2022, de <https://www.visualcapitalist.com/visualizing-the-worlds-largest-oil-producers/>
- Analista IG España. (2022). *Los 7 factores que afectan al precio del petróleo*. Obtenido de IG: <https://www.ig.com/es/estrategias-de-trading/los-7-factores-que-afectan-el-precio-del-petroleo-190307>
- Babypips. (2022). *The U.S. Dollar And Oil Relationship Is Changing*. (Babypips) Recuperado el Noviembre de 2022, de <https://www.babypips.com/learn/forex/us-dollar-and-oil-relationship-changing>
- Bajpai, P. (Marzo de 2022). *Top Factors That Affect the Price of Oil*. (Investopedia) Recuperado el Noviembre de 2022, de <https://www.investopedia.com/articles/investing/072515/top-factors-reports-affect-price-oil.asp>
- Barsky, R. B., & Kilian, L. (Julio de 2001). Do we really know that oil caused the great stagflation? A monetary alternative. *NBER Macroeconomics Annual*, 16, 137-183.
- Baumeister, C., & Kilian, L. (2015). Forecasting the Real Price of Oil in a Changing World: A Forecast Combination Approach. *Journal of Business & Economic Statistics*, 33(3), 338-351.
- Baumeister, C., & Kilian, L. (2016). Forty Years of Oil Price Fluctuations: Why the Price of Oil May Still Surprise Us. *Journal of Economic Perspectives*, 30(1), 139-160.

- Baumeister, C., & Peersman, G. (Febrero de 2012). The Role of Time-Varying Price Elasticities in Accounting for Volatility Changes in the Crude Oil Market. *Journal of Applied Econometrics*, 28(7), 1087-1109.
- Baumeister, C., & Peersman, G. (2013). Time-varying effects of oil supply shocks on the US economy. *American Economic Journal: Macroeconomics*, 5(4), 1-28.
- Bloomberg Professional Services. (2022). *Bloomberg Commodity Indices*. Obtenido de Bloomberg: <https://www.bloomberg.com/professional/product/indices/bloomberg-commodity-index-family/>
- Blumsack, S. (2020). *Penn State University*. (Department of Energy and Mineral Engineering) Recuperado el Octubre de 2022, de <https://www.e-education.psu.edu/eme801/node/470>
- British Petroleum. (Enero de 2011). *BP Energy Outlook 2030*. Recuperado el Noviembre de 2022, de <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/energy-outlook/bp-energy-outlook-2011.pdf>
- British Petroleum. (2022). *bp energy charting tool*. (British Petroleum) Recuperado el Noviembre de 2022, de <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy/energy-charting-tool-desktop.html#/results/et/oil-cons/unit/kb/d/regions/tNOA/tSCA/tEUR/tCIS/tMIEA/tAFR/tAP/view/area>
- Caldara, D., & Iacoviello, M. (2022). Measuring Geopolitical Risk. *American Economic Review*, 1194-1225. Obtenido de <https://www.matteoiacoviello.com/gpr.htm>
- CIA. (2022). *Saudi Arabia*. Obtenido de The world factbook: <https://www.cia.gov/the-world-factbook/countries/saudi-arabia/#economy>

- Delle Chiaie, S., Ferrara, L., & Giannone, D. (2017). Common Factors of Commodity Prices. *Working papers, Banque de France*, 1-37.
- Díaz, E. M., & Perez-Quirós, G. (2021). GEA tracker: A daily indicator of global economic activity. *Journal of International Money and Finance*, 102-400.
- EPA. (2013). *The hydraulic fracturing water cycle*. Obtenido de United States Environmental Protection Agency: <https://web.archive.org/web/20130525032531/http://www2.epa.gov/hfstudy/hydraulic-fracturing-water-cycle>
- European Environment Agency. (Febrero de 2015). *Correlation of energy consumption and GDP per person*. (European Environment Agency) Recuperado el Noviembre de 2022, de <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/correlation-of-per-capita-energy>
- Foro Nuclear. (2022). *¿Qué es el petróleo y qué usos tiene?* (Foro Nuclear) Recuperado el Noviembre de 2022, de <https://www.foronuclear.org/descubre-la-energia-nuclear/preguntas-y-respuestas/sobre-distintas-fuentes-de-energia/que-es-el-petroleo-y-que-usos-tiene/>
- Freudenrich, C. (4 de Enero de 2001). *How Oil Refining Works*. (How stuff works) Recuperado el Octubre de 2022, de <https://science.howstuffworks.com/environmental/energy/oil-refining.htm>
- Freudenrich, C., & Strickland, J. (12 de Abril de 2001). *How Oil Drilling Works*. (How stuff works) Recuperado el Octubre de 2022, de <https://science.howstuffworks.com/environmental/energy/oil-drilling8.htm>
- Hamilton, J. D. (Abril de 2003). What is an oil shock? *Journal of econometrics*, 113(2), 363-398.
- Hamilton, J. D. (Mayo de 2009). Understanding crude oil prices. *The energy journal*, 30(2).

- Hamilton, J. D. (2013). Historical oil shocks. En *Routledge handbook of major events in economic history* (págs. 258-284). Routledge.
- Hazardous substance Research Centers/South & Southwest Outreach Program. (2003). Environmental Update #12. *Environmental Updates*. Obtenido de https://cfpub.epa.gov/ncer_abstracts/index.cfm/fuseaction/display.files/fileID/14522
- Herrera, A. M., Hu, L., & Pastor, D. (2018). Forecasting crude oil price volatility. *International Journal of Forecasting*, 34(4), 622-635.
- Herrera, A. M., Lagalo, L. G., & Wada, T. (2015). Asymmetries in the response of economic activity to oil price increases and decreases? *Journal of International Money and Finance*, 50, 108-133.
- Hoz, A. M. (2020). Estudio de los factores fundamentales que explican y predicen el comportamiento del precio del petróleo. Madrid: Universidad Pontificia de Comillas.
- International Association for Oil & Gas Producers. (s.f.). *Oil in everyday life*. Recuperado el Noviembre de 2022, de <https://www.iogp.org/oil-in-everyday-life/>
- Khan, F. (6 de Mayo de 2022). *Market Minute: Historical impact of Political & Economic events on Oil prices*. Obtenido de Medium: <https://medium.com/open-source-x/market-minute-historical-impact-of-political-economic-events-on-oil-prices-6a6855b6a51>
- Kilian, L. (13 de Junio de 2008). Not all oil price shocks are alike: Disentangling demand and supply shocks in the crude oil market. *American Economic Review*, 99(3), 1053-1069.
- Kilian, L. (12 de Julio de 2008). The economic effects of energy price shocks. *Journal of economic literature*, 46(4), 871-909.

- Kilian, L. (2010). Oil price volatility: Origins and effects. *WTO Staff Working Paper*(ERSD-2010-02).
- Kilian, L. (5 de Octubre de 2014). Oil price shocks: Causes and Consequences. *Annual Review of Resource Economics*, 6(1), 133-154.
- Kilian, L., & Baumeister, C. (Agosto de 2014). What central bankers need to know about forecasting oil prices. *International Economic Review*, 55(3), 868-889.
- Kilian, L., & Murphy, D. P. (2014). The role of inventories and speculative trading in the global market for crude oil. *Journal of Applied Econometrics*, 454-478.
- Kilian, L., & Vigfusson, R. J. (2011). Are the responses of the U.S. Economy Asymmetric in Energy Price Increases and Decreases? *Quantitative Economics*, 419-453.
- Kilian, L., & XiaoqingZhou. (2018). Modeling fluctuations in the global demand for commodities. *Journal of International Money and Finance*, 57-78.
- Leffler, W. L. (2008). *Petroleum refining in non technical language*. Oklahoma: Penn Well Corporation. Obtenido de <https://www.iwp.edu/wp-content/uploads/2020/06/Petroleum-Refining-in-Nontechnical-Language-by-Leffler-William-L..pdf>
- Liberto, D. (23 de Septiembre de 2022). *Crude Oil*. Obtenido de Investopedia: <https://www.investopedia.com/terms/c/crude-oil.asp#citation-28>
- Library of Congress. (2022). *Oil and Gas Companies*. (Library of Congress) Recuperado el Noviembre de 2022, de [https://guides.loc.gov/oil-and-gas-industry/companies#:~:text=Many%20of%20them%20are%20well,%2C%20and%20ENI%20\(Italy\)](https://guides.loc.gov/oil-and-gas-industry/companies#:~:text=Many%20of%20them%20are%20well,%2C%20and%20ENI%20(Italy).).
- Library of congress. (s.f.). *Oil and Gas Industry: A Research Guide*. (Library of congress) Recuperado el Octubre de 2022, de <https://guides.loc.gov/oil-and-gas-industry/midstream/modes>

- Mariano, J. B., & Rovere, E. L. (s.f.). Environmental impacts of the oil industry. *Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS)*. Obtenido de <https://www.eolss.net/sample-chapters/c08/e6-185-18.pdf>
- McFarlane, G. (Julio de 2022). *Oil Price Analysis: The Impact of Supply and Demand*. (Investopedia) Recuperado el Noviembre de 2022, de <https://www.investopedia.com/articles/investing/100614/oil-price-analysis-impact-supply-demand.asp#:~:text=Oil%20is%20abundant%20and%20in,rises%2C%20so%20too%20should%20prices.>
- MCKEEVER, A. (2022). *¿Qué es la Reserva Estratégica de Petróleo de los Estados Unidos?* Obtenido de National Geographic: <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/que-es-la-reserva-estrategica-de-petroleo-de-los-estados-unidos>
- Medleva, V. (17 de Enero de 2020). *Capital*. Recuperado el 29 de Octubre de 2022, de <https://capital.com/crude-oil-price-history>
- Nath, T. i. (Agosto de 2022). *The Correlation of Commodities to Inflation*. (Investopedia) Recuperado el Noviembre de 2022, de <https://www.investopedia.com/articles/investing/020816/importance-commodity-pricing-understanding-inflation.asp>
- Ohio State University. (s.f.). *Crude Oil Commodity Chain*. Obtenido de OSU: <https://u.osu.edu/zupan17/crude-oil-commodity-chain/step-2/>
- OPEC. (2022). *Brief History*. (OPEC) Recuperado el Noviembre de 2022, de https://www.opec.org/opec_web/en/about_us/24.htm
- Ranken Energy Corporation. (s.f.). *Products made from petroleum*. Recuperado el Noviembre de 2022, de <https://www.ranken-energy.com/index.php/products-made-from-petroleum/>

- Reiff, N. (Agosto de 2022). *10 Biggest Oil Companies*. (Investopedia) Recuperado el Noviembre de 2022, de <https://www.investopedia.com/articles/personal-finance/010715/worlds-top-10-oil-companies.asp>
- Ross, J. (4 de Mayo de 2022). *Visual Capitalist*. Recuperado el 28 de Octubre de 2022, de <https://advisor.visualcapitalist.com/historical-oil-prices/>
- Rühl, C., & Erker, T. (Septiembre de 2021). *Oil Intensity: The Curiously Steady Decline of Oil in GDP*. (Center on Global Energy Policy) Recuperado el Noviembre de 2022, de <https://www.energypolicy.columbia.edu/research/report/oil-intensity-curiously-steady-decline-oil-gdp>
- Santibáñez, V. d. (2015). *La caída del precio del petróleo: Factores desencadenantes e implicaciones sobre el PIB ruso*. Madrid: Universidad Pontificia de Comillas. Obtenido de <https://repositorio.comillas.edu/rest/bitstreams/16342/retrieve>
- Sönnichsen, N. (Octubre de 2022). *Daily global crude oil demand 2006-2026*. (Statista) Recuperado el Noviembre de 2022, de <https://www.statista.com/statistics/271823/daily-global-crude-oil-demand-since-2006/>
- Sönnichsen, N. (Enero de 2022). *Leading oil demanding sectors in the OECD 2020*. (Statista) Recuperado el Noviembre de 2022, de <https://www.statista.com/statistics/307194/top-oil-consuming-sectors-worldwide/>
- Student energy. (s.f.). *Oil storage*. (Student energy) Recuperado el Octubre de 2022, de <https://studentenergy.org/transport/oil-storage/>
- Student energy. (s.f.). *Oil Transport*. (Student energy) Recuperado el Octubre de 2022, de <https://studentenergy.org/transport/oil-transport/>

- Tayari, F. (2020). *Factors Influencing Crude Oil Price*. (PennState College of Earth and Mineral Sciences) Recuperado el Noviembre de 2022, de <https://www.e-education.psu.edu/ebf301/node/752>
- Tesoro Público. (2022). *OCDE Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico*. (Ministerio de Asuntos Económicos y Transformación Digital) Recuperado el Noviembre de 2022, de <https://www.tesoro.es/asuntos-internacionales/ocde-organizacion-para-la-cooperacion-y-desarrollo-economico#:~:text=Actualmente%20existen%2034%20pa%C3%ADses%20miembros,Polonia%2C%20Portugal%2C%20Rep%C3%ABlica%20Eslovaca%2C>
- The Investopedia Team. (Julio de 2022). *The World's Top Oil Producers*. (Investopedia) Recuperado el Noviembre de 2022, de <https://www.investopedia.com/investing/worlds-top-oil-producers/>
- The wilderness society. (Julio de 2021). *7 ways oil and gas drilling is bad for the environment*. Recuperado el Octubre de 2022, de <https://www.wilderness.org/articles/blog/7-ways-oil-and-gas-drilling-bad-environment>
- Thomas, C. C., Flyr, M., & Koontz, L. (2022). *2021 National Park Visitor Spending Effects*. Fort Collins, Colorado: Natural Resource Stewardship and Science. Obtenido de <https://www.nps.gov/subjects/socialscience/vse.htm>
- U.S. Energy Information Administration Data. (2022). *Crude oil including lease condensate production*. Obtenido de Nasdaq Data Link: https://data.nasdaq.com/data/EIA/INTL_57_1_WORL_TBPD_M-crude-oil-including-lease-condensate-production-world-monthly
- U.S. Energy Information Administration Data. (2022). *Strategic Petroleum Reserve*. Obtenido de Nasdaq Data Link: https://data.nasdaq.com/data/EIA/STEO_COSQPUS_M-strategic-petroleum-reserve-monthly

- US Energy Information Administration. (Septiembre de 2022). *Hydrocarbon gas liquids explained*. Recuperado el Noviembre de 2022, de <https://www.eia.gov/energyexplained/hydrocarbon-gas-liquids/uses-of-hydrocarbon-gas-liquids.php>
- US Energy Information Administration. (19 de Abril de 2022). *Oil and petroleum products explained*. Obtenido de US Energy Information Administration: <https://www.eia.gov/energyexplained/oil-and-petroleum-products/>
- US Energy Information Administration. (Agosto de 2022). *Oil and the environment*. Recuperado el Octubre de 2022, de <https://www.eia.gov/energyexplained/oil-and-petroleum-products/oil-and-the-environment.php>
- US Energy Information Administration. (Febrero de 2022). *Oil prices and outlook*. Recuperado el Noviembre de 2022, de <https://www.eia.gov/energyexplained/oil-and-petroleum-products/prices-and-outlook.php>
- US Energy Information Administration. (2022). *Petroleum and other liquids*. (US Energy Information Administration) Recuperado el Noviembre de 2022, de <https://www.eia.gov/international/data/world/petroleum-and-other-liquids/annual-refined-petroleum-products-consumption>
- US Energy Information Administration. (Abril de 2022). *Refining crude oil*. Recuperado el Octubre de 2022, de <https://www.eia.gov/energyexplained/oil-and-petroleum-products/refining-crude-oil.php>
- US Energy Information Administration. (Julio de 2022). *Use of oil*. Recuperado el Octubre de 2022, de <https://www.eia.gov/energyexplained/oil-and-petroleum-products/use-of-oil.php>
- US Energy Information Administration. (Septiembre de 2022). *Where our oil comes from*. Recuperado el Noviembre de 2022, de <https://www.eia.gov/energyexplained/oil-and-petroleum-products/where-our-oil-comes-from.php>

Villalba, C. (2019). *Análisis y predicción del precio del petróleo*. Buenos Aires: Universidad del Salvador.

Villalobos, F. S. (2018). *Factores que nos ayudan a predecir el precio del petróleo*. Madrid: Universidad Pontificia de Comillas.

World Population Review. (2022). *Oil Producing Countries*. (World Population Review) Recuperado el Noviembre de 2022, de <https://worldpopulationreview.com/country-rankings/oil-producing-countries>

Worldometer. (2022). *Oil left in the world*. (Worldometer) Recuperado el Noviembre de 2022, de <https://www.worldometers.info/oil/>