

Resumen

La acelerada descarbonización de la economía, a la que muchos Gobiernos se han comprometido, implica no solo una reducción en el consumo de hidrocarburos, sino también una transformación profunda de los correspondientes mercados. Este artículo trata de ofrecer una visión organizada de lo aportado sobre este tema por diferentes perspectivas energéticas que gozan de reconocimiento internacional, así como por diferentes fuentes académicas. Este trabajo explora la oferta y la demanda de gas y petróleo en escenarios de rápida y muy rápida descarbonización, buscando aquellas tendencias comunes que ayudan a entender qué papel tienen estos hidrocarburos en ellos. La idea clave de este artículo es que el petróleo y el gas natural seguirán siendo energías clave para el mundo en los próximos treinta años, aunque el consumo de ambos hidrocarburos se reduce a medida que la economía se descarboniza. En este contexto de menor consumo, conviene destacar que el gas natural es un combustible más resiliente en los escenarios de rápida descarbonización, en particular, en la próxima década.

Palabras clave: políticas climáticas, descarbonización, escenarios, mix energético.

Abstract

The current plans for a deep decarbonization of the economy across many different countries implies not only a reduction in hydrocarbon consumption, but also a profound transformation of the corresponding markets. This article offers an organized perspective of the different energy outlooks by internationally recognized institutions as well as from different academic sources. This paper explores oil and gas supply and demand in scenarios of rapid and very rapid decarbonization, looking for common trends that help to understand the role of these energy sources. The key insight of this paper is that oil and natural gas remain as key energy sources over the next 30 years, although consumption of both hydrocarbons declines as the economy decarbonizes. In this context of progressive lower consumption, it is worth noting that natural gas is a more resilient fuel in scenarios of rapid decarbonization, particularly in the next decade.

Keywords: climate policies, decarbonization, scenarios, energy mix.

JEL classification: F01, Q54, Q55, Q56.

EL FUTURO DEL PETRÓLEO Y EL GAS NATURAL EN ESCENARIOS GLOBALES DE RÁPIDA DESCARBONIZACIÓN

Jorge BLÁZQUEZ

Oxford Institute for Energy Studies

José M.^a MARTÍN-MORENO (*)

Universidade de Vigo

I. INTRODUCCIÓN

EN los últimos tres años (2019-2021) han tenido lugar fuertes cambios en los mercados energéticos. La crisis humanitaria del COVID-19 tuvo un impacto significativo sobre la demanda de energía en 2020, en especial para el transporte, debido a los numerosos confinamientos a nivel mundial. Aún en 2022, algunas grandes ciudades chinas están confinadas por motivo del COVID-19, afectando a la demanda de energía. En el momento de escribir este artículo, el precio del petróleo supera los 100 dólares el barril. Rusia, país clave para las exportaciones mundiales de gas natural y petróleo, está en guerra con Ucrania y sus exportaciones energéticas están sometidas a sanciones. Quizá más relevante para este trabajo es la aceleración en los compromisos políticos de descarbonización que se han producido en este período de tiempo. De acuerdo con la base de datos de Net Zero Tracker (2022), el 88 por 100 de las emisiones globales están sujetas a compromisos de cero emisiones, representando el 90 por 100 del PIB global y el 85 por 100 de la población mundial. Es importante destacar que no solo se trata de países desarrollados como Estados Unidos, la Unión

Europea, Reino Unido o Japón entre otros, sino que abarca a dos de las economías emergentes clave como son China e India. En conclusión, parece existir un compromiso político y social mundial para descarbonizar el sistema energético.

En abril de 2022, el Panel Intergubernamental del Cambio Climático (2022) ponía de relieve que en los escenarios consistentes con el Acuerdo de París tenía lugar una caída acelerada del consumo de combustibles fósiles. En particular, el documento señalaba que en los escenarios que limitaban el calentamiento global a 1,5 °C (sobre niveles preindustriales) el consumo de carbón, petróleo y gas natural caía un 95 por 100, 60 por 100 y 45 por 100 en 2019-2050, respectivamente. Por otra parte, en los escenarios que limitaban el calentamiento global a 2 °C, la demanda de carbón, petróleo y gas natural caía un 85 por 100, 30 por 100 y 15 por 100 en el mismo período de tiempo, respectivamente. La descarbonización del sistema energético y las políticas destinadas a limitar el calentamiento global apuntan a un decrecimiento del consumo de petróleo y del gas con intensidad variable. Por una parte, la Agencia Internacional de la Energía (2021) publicó el esce-

nario *Net Zero 2050* donde se decía que no había necesidad de invertir en nueva oferta de petróleo y gas. En 2022, la guerra en Ucrania, los altos precios del gas natural en Europa y del petróleo a nivel internacional, están haciendo a algunos Gobiernos europeos replantearse sus políticas de producción de hidrocarburos (*Financial Times*, 5/4/2022).

Por otra, en 2019 el petróleo y gas natural representaron casi el 60 por 100 del total de energía primaria consumida en el mundo a nivel global (BP, 2021) siendo la segunda fuente de energía más utilizada en 2019 el carbón, 27 por 100 del total. Finalmente, las energías renovables (1), a pesar del fuerte crecimiento de los últimos años, representaron alrededor del 6 por 100 del total.

El mundo se encuentra frente a un reto que nunca había tenido lugar en la historia, desplazar en un intervalo de tiempo relativamente corto sus tres principales fuentes de energía: el petróleo, el carbón y el gas natural.

Derviş y Strauss (2021) llaman a este reto la *Paradoja de la Descarbonización*. Los debates en torno a la descarbonización se mueven alrededor de dos posiciones que son contradictorias. Por un lado, dado el nivel de consumo de combustibles fósiles, el crecimiento económico de las economías emergentes, y el tiempo disponible, la descarbonización del sistema energético parece imposible. Por otro, dada la importancia para la humanidad y para el propio planeta, la descarbonización del sistema energético en un corto período de tiempo parece inevitable.

En este sentido, la incertidumbre que rodea al sector del

petróleo y el gas en un contexto de rápida descarbonización es elevada, como ponen de relieve estos cuatro titulares aparecidos en la prensa española en 2018-2022: «Gas y petróleo: la inversión en combustibles fósiles está lejos de extinguirse» (*Expansión*, 12/01/2022), «La poca inversión realizada en gas y petróleo en los últimos años reducirá la oferta en el futuro» (*El Periódico de la Energía*, 24/8/2018), «Petróleo y gas: primer susto de la transición energética» (*Cinco Días*, 9/10/2021), «La incertidumbre amenaza al sector de Oil & Gas que paraliza su gasto de capital» (*El Español*, 6/2/2021).

En este contexto de fuerte incertidumbre, este trabajo trata de presentar y discutir las tendencias que van a definir la evolución de los mercados de gas y petróleo mundiales en los próximos treinta años, basándose en diferentes estudios de prospectiva energética.

El resto del artículo se organiza de la forma siguiente. La sección segunda presenta la metodología y la base de datos. Las secciones tercera y cuarta ofrecen una perspectiva de la demanda y oferta de gas y petróleo. La quinta sección aborda el problema de los precios de estas fuentes de energía y en la sección sexta se presentan las conclusiones.

II. METODOLOGÍA Y BASE DE DATOS

Dada la naturaleza prospectiva de este artículo, utilizamos tres fuentes primarias de información: El *World Energy Outlook* de la Agencia Internacional de la Energía (2021b), el *Energy Outlook* de la compañía

BP (2022), y el informe del IPCC (2022).

El *World Energy Outlook* está diseñado en torno a cuatro escenarios llamados: *Stated Policies, Announced Pledges, Sustainable Development (SD-IEA)*, y *Net Zero 2050 (NZ-IEA)*. Estos escenarios no son predicciones de lo que es probable que ocurra. Se trata de escenarios diseñados para evaluar los riesgos, explorar las oportunidades y entender las incertidumbres asociadas a la transición energética. El escenario *Stated Policies* está pensado como un escenario continuista, donde las políticas actuales y anunciadas se mantienen en el tiempo. Es un escenario de tipo *positivo* en lugar de *normativo*. En particular, las emisiones (2) de CO₂ se reducen tan solo un 6 por 100 en el período 2019-2050, muy lejos de lo necesario para evitar un rápido calentamiento global. El escenario *Announced Pledges* asume que los compromisos relativos al cambio climático realizados por los Gobiernos se llevan a cabo, es decir, que ponen en marcha medidas para alcanzar los objetivos de emisiones de gases de efecto invernadero anunciados. En este caso, las emisiones de CO₂ se reducen un 42 por 100. Finalmente, los escenarios *SD-IEA* y *NZ-IEA* están concebidos y diseñados para ser consistentes con el Acuerdo de París en lo respectivo a emisiones de carbono. En concreto, en *NZ-IEA* se alcanzan las emisiones cero y en *SD-IEA* caen un 77 por 100.

Los escenarios del *Energy Outlook* de BP son tres: *New Momentum, Accelerated (ACC-BP)*, y *Zet Zero (NZ-BP)*. *New Momentum* se trata de otro escenario de tipo *positivo* donde las preferencias sociales, las políticas

y las tecnologías evolucionan de forma consistente con el pasado reciente. Los otros dos escenarios, *ACC-BP* y *NZ-BP*, están diseñados para ser consistentes con el Acuerdo de París con una caída de emisiones de CO₂ en 2050 del 75 por 100 y el 95 por 100, respectivamente.

Finalmente, de todos los escenarios que se incluyen en la base de datos del informe IPCC solo se van a utilizar los escenarios llamados *1,5 °C con ningún o limitado overshoot* (3) y *2 °C con acción inmediata* (4), que denominaremos *1.5-IPCC* y *2.0-IPCC*, respectivamente. Para representar estos escenarios utilizaremos la mediana de estos, siguiendo la metodología del informe IPCC (2022). Este informe tiene otros escenarios que son consistentes con el Acuerdo de París, pero no están alineados con los escenarios *SD-IEA*, *NZ-IEA*, *ACC-BP* y *NZ-BP*.

Dado el objetivo de este artículo, nos vamos a centrar en los siguientes escenarios: *SD-IEA*, *NZ-IEA*, *ACC-BP*, *NZ-BP*, *1.5-IPCC* y *2.0-IPCC*. Desde nuestro punto de vista estos escenarios nos permiten definir la incertidumbre asociada al consumo y la producción de petróleo y gas natural y analizar el futuro de estos mercados en un contexto de rápida descarbonización de la economía mundial.

Por último, debemos destacar que todos los escenarios, incluyendo los del *Energy Outlook*, *World Energy Outlook* y los del IPCC, no recogen el impacto de la guerra en Ucrania y, por tanto, excluyen sus posibles implicaciones en la actividad económica y los mercados energéticos a largo plazo.

III. LA DEMANDA DE ENERGÍA EN LOS ESCENARIOS DE DESCARBONIZACIÓN

1. Consumo de petróleo

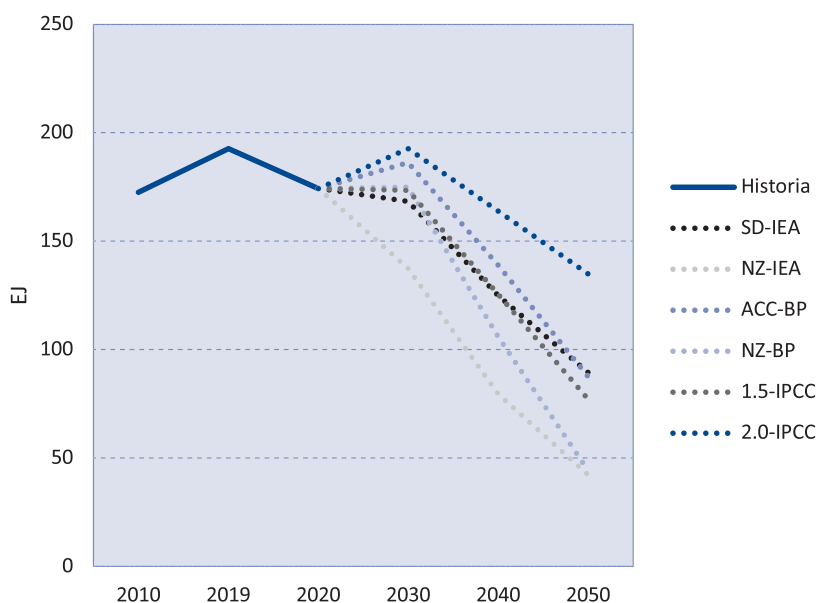
En esta sección discutimos la demanda agregada de petróleo en el período 2020-2050 y en los escenarios considerados. El gráfico 1 muestra el consumo de esta materia prima en dichos escenarios en 2010-2050. Llama la atención la caída en el consumo del año 2020 respecto al año anterior. Esto se debe a la crisis del COVID-19, que afectó fundamentalmente a la movilidad y, por tanto, mayormente al consumo de petróleo. El petróleo cayó alrededor de un 9 por 100. A partir de este año los escenarios divergen.

En el gráfico anterior podemos distinguir dos períodos,

2020-2030 y 2030-2050. En el primero de ellos se produce un aumento de la demanda de petróleo entre el 7 por 100 y 10 por 100 en dos escenarios, más que recuperando la caída de 2020 debido a la crisis del COVID-19. En los otros tres escenarios la demanda es virtualmente plana. Únicamente en el escenario *NZ-IEA* hay una caída del 20 por 100 en la demanda de petróleo. La idea principal detrás de estos números es que el mercado de petróleo es relativamente sólido en 2020-2030, aunque con una ligera tendencia a la baja.

El transporte es el principal sector demandante de petróleo, produciéndose un aumento de la demanda de servicios de transporte en este período por parte de las economías emergentes, principalmente. Esta potencial mayor demanda se ve a su vez mitigada por la mayor eficiencia

GRÁFICO 1
CONSUMO DE PETRÓLEO



Fuente: Elaboración propia.

en el transporte, por una más rápida electrificación y, en menor medida, por el uso de otros combustibles bajos en carbono que permiten contener o incluso reducir el consumo de petróleo.

A más largo, plazo 2030-2050, disminuye sustancialmente el consumo del crudo en todos los escenarios. Las reducciones en este período se sitúan en un rango entre 30 por 100 y 75 por 100. En estos escenarios la caída tiene lugar fundamentalmente en el sector transporte. En 2050 la demanda total de petróleo se sitúa en un rango entre los 23 millones de barriles al día (Mb/d) y los 74 Mb/d frente a los 98 Mb/d de 2019, año anterior a la pandemia de COVID-19. Como se aprecia hay un gap de 50 Mb/d, lo que sugiere una gran incertidumbre respecto del tamaño de la caída de la demanda de petróleo.

A este respecto, Gota *et al.* (2018) señalan cuatro factores claves para descarbonizar el sector del transporte: i) políticas que reduzcan la necesidad del transporte en sí mismo; ii) medios de transporte más eficientes; iii) mejorar la eficiencia técnica de los vehículos; y iv) descarbonizar los combustibles, pero es esta última la que más atención suele recibir. En este contexto, el *Energy Outlook 2022* de BP presenta caídas de consumo de petróleo en 2019-2050 para sus escenarios ACC-BP y NZ-BP similares a las caídas de SD-IEA y NZ-IEA, respectivamente. Dicho informe pone de relieve que la caída de consumo de petróleo en el transporte por carretera se debe a una mayor eficiencia y a la mayor electrificación. Destaca que los vehículos eléctricos en ACC-BP y NZ-BP representan alrededor del 65-80 por 100 de los kilómetros recorri-

dos en 2050, frente al 1 por 100 actual. En el mismo sentido, el *World Energy Outlook 2021* de la IEA (International Energy Agency), explica que la electrificación de los vehículos de pasajeros es clave. La electrificación de este tipo de vehículos estaría alrededor del 20 por 100 en el escenario NZ-IAE en el año 2030.

Los datos recientes avalan el cambio hacia la electrificación del transporte de pasajeros. En 2021, las ventas de vehículos eléctricos, incluyendo híbridos enchufables, crecieron hasta los 6,8 millones de unidades (5), lo que representa más del 100 por 100 de crecimiento respecto a 2020 y un 200 por 100 respecto a 2019. China y Europa encabezan las ventas totales. En el mismo sentido, la IEA en su informe *Global EV Outlook 2022* afirma que los vehículos eléctricos circulando en 2021 triplican los de los tres años precedentes.

Por otra parte, Gray *et al.* (2021) explica que la descarbonización del sector marítimo y la aviación es más complicada. La descarbonización futura del sector marítimo pasa por el hidrógeno (6) o el amoníaco (7) y requerirá de un significativo cambio en los diseños navales.

El futuro de la aviación comercial parece estar unida a los combustibles actuales, con los biocombustibles (8) como la mejor alternativa a medio plazo y el *power-to-liquid* a más largo plazo, tal como apunta Panoutsou *et al.* (2021). En el mismo sentido, el *Energy Outlook 2022* pone de relieve que la caída del consumo de petróleo en la aviación y el transporte marítimo viene explicada por el consumo creciente de los biocombustibles y de los com-

bustibles sintéticos derivados del hidrógeno. Sin embargo, en el sector aviación en 2050 el petróleo todavía representa entre el 25 por 100 y 65 por 100 del consumo total en estos dos escenarios. En el sector marítimo, los combustibles sintéticos, el gas natural y los biocombustibles ganan peso, pero no desplazan totalmente al petróleo. Con un enfoque similar, el *World Energy Outlook 2021* pone de manifiesto que hasta 2030 los biocombustibles son claves para la descarbonización.

Merece la pena destacar también el uso y consumo del petróleo como *feedstock* o materia prima para otras industrias. En este caso, el petróleo no se usa como fuente de energía y, por tanto, no tiene emisiones de CO₂ asociadas, al menos de forma inmediata. Esta es una de las demandas de energía más resilientes para el petróleo. El escenario ACC-BP explica que aproximadamente el 40 por 100 de toda la demanda de petróleo en 2050 se usa en el sector petroquímico y este porcentaje llega al 50 por 100 en caso de el escenario NZ-BP.

En cualquier caso, la transición energética está asociada a un uso más eficiente de la energía, pero también a un menor impacto medioambiental. En este sentido, los escenarios más agresivos de descarbonización suelen ir emparejados a un menor consumo de plásticos y otros derivados del petróleo, así como un mayor reciclaje de estos. Igualmente, el petróleo puede ser reemplazado como *feedstock*, en algunos casos, por *bio-feedstocks* descarbonizados. Merece la pena resaltar que BP (2019) llevó a cabo un escenario donde se exploraba el impacto sobre la de-

manda de petróleo de una prohibición de los *plásticos de un solo uso* en el año 2040. El resultado de dicho escenario apuntaba a una caída en la demanda de seis millones de barriles al día respecto al escenario base. Se trata, por tanto, de un efecto significativo sobre la potencial demanda de este combustible fósil.

Por otra parte, el informe del IPCC (2022) también ofrece información sobre el consumo de petróleo. Si nos centramos en los dos tipos de escenarios que limitan el incremento del calentamiento global a *1,5 °C con ningún o limitado overshoot* y *2 °C con acción inmediata* el informe ofrece la siguiente información: para el primer tipo de escenarios, que están alineados con *1.5-IPCC*, la caída (9) es del 60 por 100 con un rango intercuartílico de (-75 por 100, -40 por 100) en 2019-2050. Para el segundo tipo de escenarios, *2.0-IPCC*, la caída es de 30 por 100 con un rango intercuartílico de (-45 por 100, -15 por 100). Nuevamente y a pesar de que solo estamos teniendo en cuenta los escenarios consistentes con el Acuerdo de París, la incertidumbre es elevada. En el caso más favorable para el consumo de petróleo la caída sería de 15 por 100 y el caso más desfavorable de 75 por 100 en el período 2019-2050.

Finalmente, en el gráfico 2 se presenta el porcentaje de consumo de petróleo por sector en cada uno de los escenarios a 2050. El *World Energy Outlook* de la Agencia Internacional de la Energía (2021b) ofrece información detallada de la demanda de crudo a nivel sectorial y es lo que se refleja en este gráfico. Se puede apreciar la importancia del transporte en la demanda de petróleo y su impacto negativo a medida que crece la descarboni-

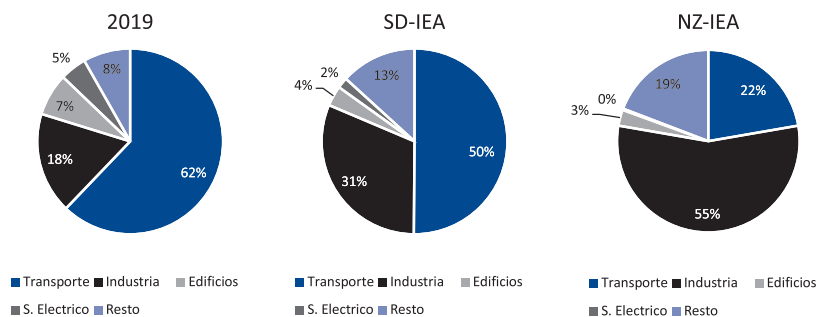
zación. Por el contrario, el consumo de petróleo en la industria, en particular como *feedstock*, crece en importancia a medida que la economía se descarboniza. La demanda de estos dos sectores representa alrededor del 85 por 100 en 2019 y alrededor del 80 por 100 en 2050.

2. Consumo de gas natural

Al igual que en el apartado anterior, en este se discute la

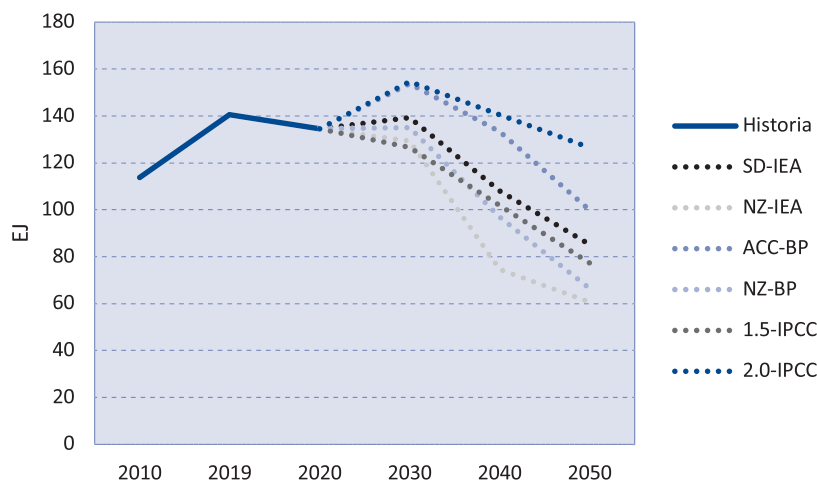
evolución del consumo de gas natural en los escenarios considerados, mostrando en el gráfico 3 su consumo y evolución. Al contrario de lo ocurre en el caso del petróleo, no se observa una caída tan significativa en el consumo en 2020, cayendo este tan solo un 2 por 100 respecto a 2019. El motivo de esta menor caída es que el gas natural se consume fundamentalmente en los sectores de generación eléctrica, industrial y de edificación (residencial y comercial), que tu-

GRÁFICO 2
CONSUMO DE PETRÓLEO POR SECTORES EN 2019 VERSUS 2050



Fuente: *World Energy Outlook 2021* (Agencia Internacional de la Energía, 2021).

GRÁFICO 3
CONSUMO DE GAS NATURAL



Fuente: Elaboración propia.

vieron un mejor desempeño que el sector transporte durante la crisis del COVID-19. Sin embargo, al igual que ocurre en el caso del petróleo, a partir de 2020 los tres escenarios divergen.

En el primer período, 2020-2030, la demanda de gas natural permanece relativamente estable o bien está al alza, dependiendo de los escenarios. En este período el rango de variación oscila entre un crecimiento del 15 por 100 o una caída del 6 por 100. A diferencia de lo que ocurre con el petróleo, la incertidumbre a corto plazo en el consumo de este combustible fósil es menor. Esto podría interpretarse en el sentido de que el gas natural es un *punto hacia la descarbonización* como sustituto del carbón, fundamentalmente en el sector eléctrico a corto plazo. A nivel mundial, el 35 por 100 de la generación eléctrica procedía del carbón y el 23 por 100 del gas natural (BP, 2021). De hecho, y usando las eficiencias medias de las plantas térmicas a nivel mundial para la generación de electricidad, se puede reemplazar 1 TWh de electricidad procedente del carbón por otro de gas con una reducción de emisiones de aproximadamente el 50 por 100. Los escenarios del IPCC refuerzan esta idea. La caída mediana en *1.5-IPCC* es del 10 por 100 en 2019-2030 con un rango intercuartílico de (-30 por 100, 0 por 100). Por el contrario, para el caso de *2.0-IPCC* se produce un aumento del 10 por 100 en el mismo período con un rango intercuartílico de (0 por 100, 15 por 100). Hay que señalar que esta visión del gas natural como *punto hacia la descarbonización* no es compartida por algunos investigadores. Por ejemplo, Gillingham y Huang (2019) destacan ventajas sociales

y medioambientales del gas natural, pero creen que no se debe considerar al gas natural como un puente hacia una economía baja en carbono. Gürsan y de Gooyert (2021) ponen de manifiesto que las inversiones en gas natural pueden reducir las inversiones en renovables, alargando la permanencia de los combustibles fósiles en el *mix* energético y retrasando la descarbonización.

Los dos sectores claves para explicar la demanda de gas natural a corto plazo son la industria y la generación eléctrica (incluyendo el sector de calor y frío). Estos dos sectores representaron en el año 2019 el 33 por 100 y el 40 por 100, respectivamente. El *Energy Outlook 2022* explica que la sustitución del carbón ayuda a mantener la demanda de gas en el corto plazo, pero la fuerte penetración de las energías renovables termina desplazando al gas del sector eléctrico a medio y largo plazo.

Por otro lado, las economías emergentes de Asia, sumidas en un proceso de industrialización, ayudan a mantener la demanda de gas natural en el corto plazo. Esta demanda, en el caso de un país clave como China, se ve reforzada por las políticas energéticas que fomentan el cambio progresivo de carbón a gas. Esta visión es consistente, por ejemplo, con un análisis de la empresa petrolera China CNPC, que espera un aumento de la penetración del gas natural en el *mix* energético desde el 9 por 100 en 2020 hasta el 12 por 100 en 2030 (Reuters, 24 junio, 2021).

En la segunda parte de la muestra, 2030-2050, al igual que en el caso del petróleo, se producen reducciones de consumo de gas natural, pero de

menor intensidad. Las caídas oscilan en un rango de 18 por 100 y el 53 por 100. Una diferencia importante entre el gas natural y el petróleo es que el CO₂ emitido por gas natural usado en la industria, en la generación eléctrica o en la producción de hidrógeno, se puede capturar y secuestrar (Babaee y Loughlin, 2018 y McGlade *et al.*, 2018). Esta particularidad convierte, en teoría al menos, al gas natural en un combustible más resiliente en escenarios de rápida descarbonización.

Centrándonos en *ACC-BP* y *NZ-BP*, el fuerte crecimiento de fuentes de energía renovables impacta negativamente sobre la demanda de gas natural en los principales centros de demanda del mundo. Además, estos descensos también vienen explicados por la disminución del uso de esta fuente de energía en la industria y los edificios, especialmente en las economías desarrolladas. Esta caída se mitiga por la emergencia de una nueva demanda de gas natural para producir hidrógeno azul. El hidrógeno azul, producido a partir de gas natural o carbón y captura y secuestro del carbono (CCS), es actualmente más barato que el hidrógeno verde producido a partir de electricidad renovable. Se espera que esta última fuente de energía se vaya haciendo relativamente más competitiva a medida que el coste de los electrolizadores y de la electricidad procedente de renovables se reduzca (Noussan *et al.*, 2021).

En general, los escenarios que son consistentes con el Acuerdo de París, incluyendo los mencionados en el párrafo anterior, suelen ir acompañados de un mayor consumo de hidrógeno

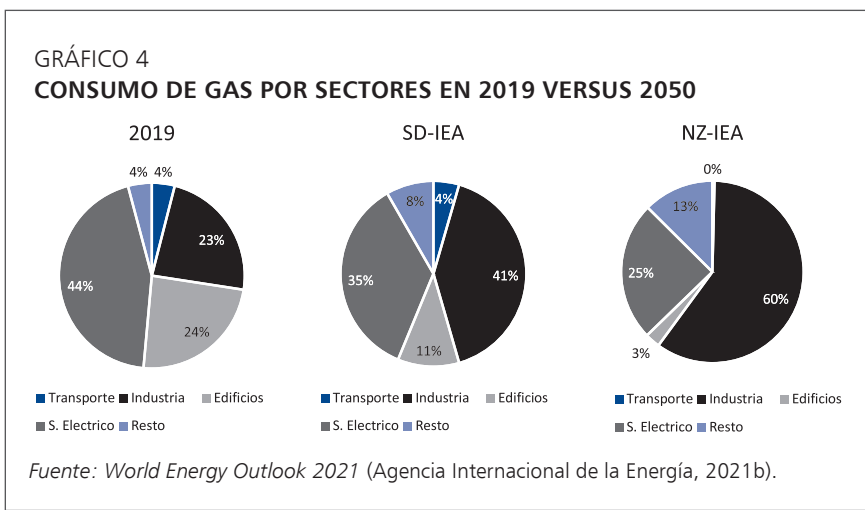
bajo en carbono. El motivo es que el hidrógeno es una alternativa para descarbonizar los sectores que son más difíciles de abatir, en particular a partir de 2030 (Hanley, Deane y Gallachóir, 2018). La aviación, el transporte marítimo, el sector del acero, el sector cerámico, etc., son difíciles de electrificar y requieren de otro tipo de solución distinta a la electrificación. En este sentido, el *Energy Outlook 2022* explica que en 2030-2050 se produce un aumento de la producción de hidrógeno multiplicándose por un factor de 3 o 4,5 dependiendo del escenario. Alrededor del 35 por 100 de este incremento se trata de hidrógeno azul, basado en el gas natural.

Para terminar con las perspectivas de la demanda de consumo de gas natural, el IPCC (2022) da información del crecimiento del consumo en 2019-2050. El escenario *1.5-IPCC* muestra una caída del 45 por 100 con un rango intercuartílico del (-60 por 100, -20 por 100), mientras que el escenario *2.0-IPCC* refleja una caída del 10 por 100 con un rango intercuartílico de (-35 por 100, 15 por 100).

Quizás la lección que podemos extraer del gráfico 3 es que, por su menor nivel de emisiones y tecnologías asociadas al CCS, el gas natural es más resistente a los escenarios de fuerte descarbonización.

Finalmente, y tal como hicimos en el caso de la demanda de petróleo, en el gráfico 4 se presenta el consumo de gas natural por sectores en 2019 y en 2050 para los escenarios del *World Energy Outlook*.

Merece la pena destacar el papel del gas natural en la gene-



ración eléctrica, que representa casi alrededor del 45 por 100 del consumo en 2019. A medida que el sistema energético se descarboniza, esta fuente de energía reduce su importancia relativa. Es importante señalar que el gas natural usado con tecnologías CCS representa alrededor del 25 por 100 y el 75 por 100 en 2050 en *SD-IEA* y *NZ-IEA*, respectivamente. El sector de edificios tiene una caída significativa en el consumo de gas. El motivo es la electrificación de este sector a medida que se progresa en la descarbonización. Finalmente, hay que mencionar que el uso del gas se concentra en el sector industrial a medida que la descarbonización se hace más profunda.

IV. LA OFERTA DE PETRÓLEO Y GAS EN LOS ESCENARIOS DE DESCARBONIZACIÓN

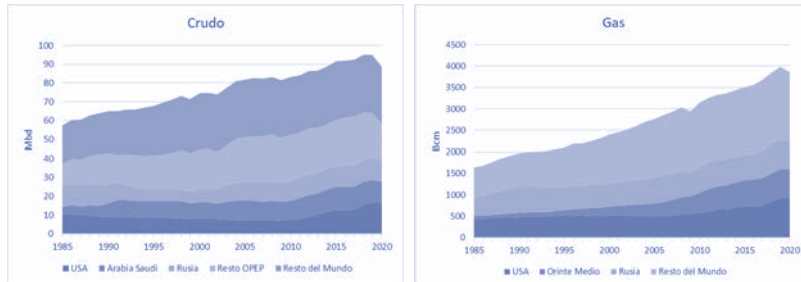
Lo primero que hay que destacar es que los modelos que analizan las tendencias energéticas con el cambio climático se centran fundamentalmente en la demanda. Esto es lo que ocurre con los *Integrated Assessment Models* en los que se basa fun-

damentalmente el informe del IPCC (2022). Por este motivo, para realizar el análisis por el lado de la oferta, las principales fuentes usadas en esta sección son el *Energy Outlook* y el *World Energy Outlook*.

La producción de petróleo en 2020 estuvo dominada por Estados Unidos, Rusia y Arabia Saudí, que representan alrededor del 45 por 100 de la producción mundial. En el caso del gas, Estados Unidos, Rusia y Oriente Medio representan alrededor del 60 por 100 de la producción mundial, tal y como se observa en el gráfico 5. De estos datos se desprende que la producción de estos hidrocarburos está concentrada en unos pocos países.

No podemos pasar por alto una mención al papel central de Rusia en suministro de gas y petróleo, lo que convierte a este país en una pieza clave en la seguridad energética mundial (Martin-Moreno, 2014). En 2020 Rusia representa alrededor de 20 por 100 de la producción mundial de gas y el 15 por 100 de petróleo. La guerra de Ucrania podría tener un impacto

GRÁFICO 5
PRODUCCIÓN DE PETRÓLEO Y GAS EN 1985 - 2020



Fuente: BP (2021).

sobre los mercados energéticos a medio y largo plazo, pero discutir estos impactos no es objeto de este artículo.

Por el lado de la producción de petróleo la evolución del suministro mundial está dominada fundamentalmente por las tendencias del *tight oil* estadounidense y la producción de los países de la OPEP.

En 2020-2030, el *tight oil* (10) estadounidense se recupera del impacto del COVID-19, y la producción alcanza un máximo en torno a los 15 Mbd. Esta tendencia del *tight oil* es común a todos los escenarios considerados por bp a corto plazo. El informe destaca que, a más largo plazo, 2030-2050, este tipo de petróleo comenzara a declinar a medida que estos nuevos pozos maduren. La producción de *tight oil* cae a unos 5 Mbd en ACC-BP y NZ-BP. El papel central, entonces, se desplaza a la OPEP. En este contexto, merece le pena señalar el artículo de Newell y Prest (2019) que explora la capacidad de Estados Unidos para reemplazar a la OPEP como productor marginal, es decir, el productor capaz de variar su producción con rapidez.

El *Energy Outlook* considera que la OPEP adopta una estrategia más competitiva en el contexto de descensos acelerados de la demanda aumentando su cuota de mercado. Si en 2020-2030, la OPEP mantenía la oferta restringida para compensar la mayor producción de *tight oil* estadounidense y otros nuevos mercados emergentes como Brasil, en 2030-2050 cambia a una estrategia más competitiva. A largo plazo, su cuota de mercado pasa del 30 por 100 en 2030 al entorno del 45 por 100 en 2050, acercándose a los máximos históricos alcanzados en los años 70. Lógicamente el mayor peso de la OPEP en la oferta mundial de petróleo tiene efectos sobre la formación de los precios de esta materia prima (Känzig, 2021; Ansari y Kaufmann, 2019 y Schmidbauer y Röschb, 2012)

El informe recalca la mayor resiliencia de los países de OPEP gracias a sus menores costes de producción. De hecho, alrededor del 70 por 100 de la caída de la producción de petróleo tiene lugar en países ajenos a la OPEP.

Merece la pena señalar que no todos los petróleos llevan asociadas el mismo nivel de emisiones de carbono. En escena-

rios de fuerte descarbonización, aquellos petróleos con menos emisiones asociadas tienen ventajas competitivas. Esta tendencia favorece a países como Kuwait, Arabia Saudí y Emiratos Árabes que tienen una menor intensidad de carbono en la producción de crudos.

El *World Energy Outlook* hace hincapié en la ausencia de inversión en nuevos campos de producción después de 2021 en el escenario NZ-IEA. La caída de la demanda y de los precios no justifican nuevas inversiones, en la medida que las empresas tendrían problemas para recuperarlas. También resalta que aquellos países con mayores costes en la producción de crudo, como los europeos o Canadá, tendrán poca o ninguna inversión desde la mitad de los años 20.

Respecto a la producción de gas en el corto plazo 2020-2030, dicha producción está ligada a una creciente demanda de gas natural licuado. Dependiendo de los escenarios, en unos se produce un ascenso y otros una reducción, no pudiéndose extraer una tendencia común. Por el contrario, en 2030-2050 se produce una caída de la producción que es común a todos ellos, como consecuencia de la caída de la demanda mundial. El *Energy Outlook* pone de manifiesto que en escenarios de rápida descarbonización la producción de gas natural cae entre un 35 por 100 y un 60 por 100. Estados Unidos, Rusia y Oriente Medio representan conjuntamente alrededor del 50 por 100 de la caída.

En el escenario NZ-IEA no hay desarrollos de nuevos campos de gas natural, más allá de los actualmente aprobados, que suman unos 420 bcm. Además,

se destaca que, dado el relativamente bajo nivel de comercio internacional de gas natural licuado, cualquier proyecto de este tipo con un precio de *break-even* por encima de 5 \$/mmBTU estaría en riesgo financiero.

V. EL PRECIO DEL PETRÓLEO Y DEL GAS NATURAL EN LOS ESCENARIOS DE RÁPIDA DESCARBONIZACIÓN

La visión sobre el precio del gas y el petróleo depende, en buena parte, de las propias políticas climáticas en los próximos treinta años. Si las políticas mundiales tienden a restringir la demanda de hidrocarburos, lo que se puede considerar como un *shock* negativo de demanda, habrá una caída de los precios en términos reales. Por el contrario, si las políticas que predominan son aquellas orientadas a reducir la producción de gas y petróleo, esto se puede considerar un *shock* negativo de oferta y, por lo tanto, habrá una subida de precios. Entre las políticas de demanda se incluyen los precios del CO₂, subida de impuestos a los combustibles fósiles, regulación sobre la eficiencia de los vehículos, etc. (Blazquez, Fuentes y Manzano, 2020). Por el lado de la oferta, podemos destacar políticas que restringen la financiación de nuevos proyectos de petróleo o gas, regulación sobre producción de hidrocarburos, dificultad para nuevos permisos de exploración, etcétera.

La base de datos IPCC (2022) recoge precios consistentes con los escenarios que hemos descrito en la sección segunda. Los precios están en dólares de 2010 por gigajulio (GJ). Para facilitar la lectura de esta sección, transformamos todos los datos a dólares de 2020

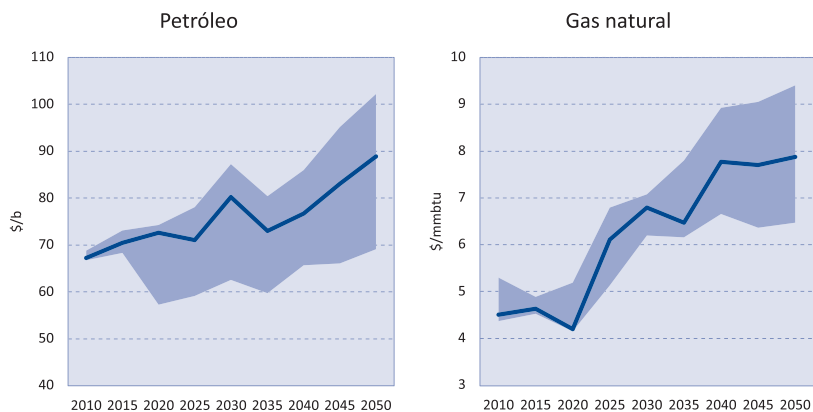
por barril de petróleo (\$/b) y, en el caso del gas, a dólares por millón de BTU (unidad térmica británica) (\$/mmBTU). El *World Energy Outlook* ofrece información de los precios en diferentes escenarios, empleando como criterio el nivel de precios necesario para garantizar una inversión suficiente en cada uno de ellos.

El precio medio del petróleo y del gas, así como las bandas que reflejan el rango intercuartílico, para los escenarios 1.5-IPCC se reflejan en el gráfico 6. Los precios de estos hidrocarburos en los escenarios 2.0-IPCC tienen una tendencia similar, pero con

mayores rangos de volatilidad. Dado que cualitativamente los resultados son similares, solo presentamos los escenarios de más rápida descarbonización.

El mensaje principal recogido en estos dos gráficos es que el precio tiende a crecer en términos reales. En general, para aquellos lectores no familiarizados con la literatura económica, el menor consumo de petróleo y gas debería llevar asociados unos menores precios. Sin embargo, estos gráficos son consistentes con políticas encaminadas a la reducción de la producción con más intensidad que la demanda.

GRÁFICO 6
PRECIOS DEL PETRÓLEO Y GAS EN ESCENARIOS 1.5-IPCC



Fuente: Elaboración propia.

CUADRO N.º 1

PRECIOS DEL PETRÓLEO Y GAS EN ESCENARIOS IEA

	NZ-IEA				SD-IEA	
	2010	2020	2030	2050	2030	2050
Precio del petróleo (\$/b)	92	42	36	24	56	50
Precio del gas natural (\$/mmBTU)						
Estados Unidos	5,2	2,0	1,9	2,0	1,9	2,0
Unión Europea	8,8	4,2	3,9	3,6	4,2	4,5
China	7,9	6,3	5,3	4,7	6,3	6,3
Japón	13,0	7,9	4,4	4,2	5,4	5,3

Fuente: Agencia Internacional de la Energía (2021b).

Por el contrario, los precios recogidos en el *World Energy Outlook* ofrecen una visión muy diferente. Los precios del petróleo y del gas natural presentan una pendiente decreciente a largo plazo. Además, son menores en el escenario *NZ-IEA*, que implica una descarbonización más profunda, que en *SD-IEA*, tal como se recoge en el cuadro n.º 1.

Dada la histórica volatilidad de los precios de estos hidrocarburos y el muy diferente comportamiento entre escenarios, estas tendencias deben tomarse con cautela.

VI. CONCLUSIONES

En los últimos cuatro años han tenido lugar acontecimientos muy importantes que han cambiado la visión que se tenía sobre los mercados energéticos. En 2015 se aprobó el Acuerdo de París, en 2020 tuvo lugar la crisis del COVID-19, en 2021 se celebró la reunión internacional sobre cambio climático (COP26) donde los países presentaron nuevos y más ambiciosos compromisos medioambientales y, finalmente, la invasión rusa de Ucrania ha añadido más incertidumbre a los mercados de petróleo y gas natural.

La acelerada descarbonización de la economía a la que muchos Gobiernos se han comprometido (alrededor del 90 por 100 de las emisiones globales están sujetas a compromisos de cero emisiones) se traducirá en una mayor presión sobre los mercados de gas y petróleo en las próximas décadas. En consecuencia, la estructura de estos mercados va a sufrir una transformación significativa.

Este artículo ha tratado de presentar una visión organizada y coherente de los papeles del gas y el petróleo en escenarios de rápida descarbonización, usando diferentes fuentes que gozan de reconocimiento internacional. Sin embargo, tal como se pone de manifiesto a lo largo del documento, las tendencias presentadas deben ser tomadas con cautela dada la enorme incertidumbre que rodea la transición energética.

Quizá la idea clave de este artículo es que el petróleo y el gas natural van a seguir siendo energías claves para el mundo en los próximos treinta años, aunque el consumo de ambos hidrocarburos se irá reduciendo a medida que la economía se descarboniza. En este contexto de menor consumo, conviene destacar que el gas natural es un combustible más resiliente ante los escenarios de descarbonización, en particular, en la próxima década.

Por el lado de la oferta, el *tight oil* estadounidense y la OPEP van a ser claves. El *tight oil* tras la recuperación de la crisis del COVID-19, será la principal fuente adicional de crudo en el corto plazo. Sin embargo, a más largo plazo, la OPEP, por sus ventajas competitivas, recupera cuotas de mercado convirtiéndose en el principal jugador de este mercado. Por su parte, el gas natural a corto plazo aumenta debido al tirón del comercio internacional de este combustible, como consecuencia del crecimiento de las economías emergentes. A más largo plazo, la caída de la demanda arrastra la producción, con Estados Unidos, Oriente Medio y Rusia, absorbiendo buena parte de dicha caída.

Finalmente, sobre el comportamiento de los precios hay que decir que hay visiones que parecen contrapuestas entre las diferentes fuentes usadas en este documento, por lo que no consideramos conveniente sacar conclusiones al respecto.

NOTAS

(*) MARTÍN-MORENO agradece la ayuda financiera recibida por parte del Gobierno español y FEDER a través de proyecto PID2021-124015NB-I00.

(1) Se excluye la energía hidráulica.

(2) Para simplificar el texto, en este artículo nos referimos siempre a emisiones de CO₂ procedentes del uso de energía y procesos industriales.

(3) El informe del IPCC incluye un total de 97 escenarios en esta definición.

(4) El informe del IPCC incluye un total de 204 escenarios en esta definición.

(5) <https://www.ev-volumes.com/>

(6) PARRA *et al.* (2019) analizan los costes asociados al hidrógeno y sus diferentes variantes. El estudio concluye que para que el hidrógeno sea clave en la transición energética hacen falta estrategias –en diferentes ámbitos– para reducir el coste.

(7) MALLOUPPAS, IOANNOU e YFANTIS (2022) discuten las limitaciones de este combustible en el sector marítimo.

(8) El artículo de LEBLANC *et al.* (2022) aborda el papel de los biocombustibles en el sector transporte, haciendo hincapié en que los biocombustibles pueden jugar un papel limitado y no dominante.

(9) Se trata de la mediana de todos los escenarios.

(10) Se incluyen los líquidos de gas natural.

BIBLIOGRAFÍA

AGENCIA INTERNACIONAL DE LA ENERGÍA (2022). *Global EV Outlook 2022. Securing supplies for an electric future.* <https://iea.blob.core.windows.net/assets/e0d2081d-487d-4818-8c59-69b638969f9e/GlobalElectricVehicleOutlook2022.pdf>

AGENCIA INTERNACIONAL DE LA ENERGÍA (2021a). *Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector.* <https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050>

<p>AGENCIA INTERNACIONAL DE LA ENERGÍA (2021b). <i>World Energy Outlook 2021. World Energy Outlook 2021 – Analysis</i> - IEA</p> <p>ANSARI, E. y KAUFMANN, R. (2019). The effect of oil and gas price and price volatility on rig activity in tight formations and OPEC strategy. <i>Nature Energy</i>, 4(4), pp. 321-328. https://www.nature.com/articles/s41560-019-0350-1</p> <p>BABAEE, S. y LOUGHLIN, D. H. (2018). Exploring the role of natural gas power plants with carbon capture and storage as a bridge to a low-carbon future. <i>Clean Technologies and Environmental Policy</i>, 20(2), pp. 379-391. https://link.springer.com/article/10.1007/s10098-017-1479-x</p> <p>BANCO MUNDIAL (2022). Carbon Pricing Dashboard. https://carbonpricingdashboard.worldbank.org/map_data (Consultada. 28.04.2022)</p> <p>BLÁZQUEZ, J., FUENTES, R. y MANZANO, B. (2020). On some economic principles of the energy transition. <i>Energy Policy</i>, 147, 111807. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421520305267</p> <p>BP (2019). <i>Energy Outlook 2019</i>. https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/energy-outlook/bp-energy-outlook-2019.pdf</p> <p>BP (2021). <i>Statistical Review of World Energy</i>. July 2021. https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2021-full-report.pdf</p> <p>BP (2022). <i>Energy Outlook 2022</i>. https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/energy-outlook.html</p> <p>CINCO DÍAS. 9/10/2021. <i>Petróleo y gas: primer susto de la transición energética</i>. https://cincodias.elpais.com/cincodias/2021/10/08/mercados/1633689082_985416.html</p> <p>DERVIŞ, K. y STRAUSS, S. (2021). <i>The decarbonization paradox</i>. OP ED Brookings. https://www.brookings.edu/opinions/the-decarbonization-paradox/</p>	<p>EL ESPAÑOL (2021). <i>La incertidumbre amenaza al sector de Oil & Gas que paraliza su gasto de capital</i>. https://www.elespanol.com/invertia/empresas/energia/20210206/incertidumbre-amenaza-sector-oil-gas-paraliza-capital/556695732_0.html</p> <p>EL PERIÓDICO DE LA ENERGÍA (2018). <i>La poca inversión realizada en gas y petróleo en los últimos años reducirá la oferta en el futuro</i>. https://elperiodicodelaenergia.com/la-poca-inversion-realizada-en-gas-y-petroleo-en-los-ultimos-anos-reducira-la-oferta-en-el-futuro/</p> <p>EXPANSIÓN (2022). <i>Gas y petróleo: la inversión en combustibles fósiles está lejos de extinguirse</i> https://www.expansion.com/economia/financial-times/2022/01/12/61df1e6de5fdea215b8b4589.html</p> <p>FINANCIAL TIMES (2022). <i>Kwasi Kwarteng orders review into fracking ban in England</i>. https://www.ft.com/content/b940ccd6-0de3-4d81-9b7d-d559daaab29b</p> <p>KÄNZIG, D. R. (2021). The macroeconomic effects of oil supply news: Evidence from OPEC announcements. <i>American Economic Review</i>, 111(4), pp. 1092-1125. https://www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/aer.20190964</p> <p>GILLINGHAM, K. y HUANG, P. (2019). Is abundant natural gas a bridge to a low-carbon future or a dead-end? <i>The Energy Journal</i>, 40(2). https://www.iaee.org/en/Publications/ejarticle.aspx?id=3325</p> <p>GOTA, S., HUIZENGA, C., PEET, K., MEDIMOREC, N. y BAKKER, S. (2019). Decarbonising transport to achieve Paris Agreement targets. <i>Energy Efficiency</i>, 12(2), pp. 363-386. https://link.springer.com/article/10.1007/s12053-018-9671-3</p> <p>GRAY, N., McDONAGH, S., O'SHEA, R., SMYTH, B. y MURPHY, J. D. (2021). Decarbonising ships, planes and trucks: An analysis of suitable low-carbon fuels for the maritime, aviation and haulage sectors. <i>Advances in Applied Energy</i>, 1, 100008.</p> <p>GÜRSAN, C. y DE GOOYERT, V. (2021). The systemic impact of a transition fuel:</p>	<p>Does natural gas help or hinder the energy transition? <i>Renewable and Sustainable Energy Reviews</i>, 138, 110552. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032120308364?dgcid=raven_sd_recommender_email</p> <p>HANLEY, E. S., DEANE, J. P. y GALLACHÓIR, B. Ó. (2018). The role of hydrogen in low carbon energy futures—A review of existing perspectives. <i>Renewable and Sustainable Energy Reviews</i>, 82, pp. 3027-3045. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032117314089</p> <p>LEBLANC, F., BIBAS, R., MIMA, S., MURATORI, M., SAKAMOTO, S., SANO, F., BAUER, N., DAIIOGLOU, V., FUJIMORI, S., GIDDEN, M. J., KATO, E., ROSE, S. K., TSUTSUI, J., VAN VUUREN, D. P., WEYANT, J. y WISE, M. (2022). The contribution of bioenergy to the decarbonization of transport: a multi-model assessment. <i>Climatic Change</i>, 170(3), pp. 1-21. https://link.springer.com/article/10.1007/s10584-021-03245-3</p> <p>MALLOUPPAS, G., IOANNOU, C. e YFANTIS, E. A. (2022). A Review of the Latest Trends in the Use of Green Ammonia as an Energy Carrier in Maritime Industry. <i>Energies</i>, 15(4), 1453. https://www.mdpi.com/1996-1073/15/4/1453</p> <p>MARTÍN-MORENO, J. M. (2014). The rise of emerging markets and its impact on global energy security. <i>Modern Economy</i>, 5, pp. 967-979. https://www.scirp.org/html/5-7200826_48767.htm</p> <p>MCGLADE, C., PYE, S., EKINS, P., BRADSHAW, M. y WATSON, J. (2018). The future role of natural gas in the UK: A bridge to nowhere? <i>Energy Policy</i>, 113, pp. 454-465. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421517307693</p> <p>NET ZERO TRACKER (2022). https://zerotracker.net/ (Consultada, 26.04.2022)</p> <p>NEWELL, R. G. y PREST, B. C. (2019). The unconventional oil supply boom: Aggregate price response from microdata. <i>The Energy Journal</i>, 40(3). https://www.iaee.org/en/publications/ejarticle.aspx?id=3350</p> <p>NOUSSAN, M., RAIMONDI, P. P., SCITA, R. y HAFNER, M. (2020). The role of</p>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

green and blue hydrogen in the energy transition – A technological and geopolitical perspective. *Sustainability*, 13(1), 298. <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/1/298>

PANEL INTERGUBERNAMENTAL DEL CAMBIO (2022). *Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change*. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/>

PANOUSOU, C., GERMER, S., KARKA, P., PAPADOKOSTANTAKIS, S., KROYAN, Y., WOJCIESZYK, M., MANIATIS, K., MARCHAND, P. y LANDALV, I. (2021). Advanced biofuels to decarbonise European transport by 2030:

Markets, challenges, and policies that impact their successful market uptake. *Energy Strategy Reviews*, 34, 100633. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211467X21000195>

PARRA, D., VALVERDE, L., PINO, F. J. y PATEL, M. K. (2019). A review on the role, cost and value of hydrogen energy systems for deep decarbonisation. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 101, pp. 279-294. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032118307421#>

REUTERS (2021). *China to use more natural gas in energy mix to 2035*

– CNPC. <https://www.reuters.com/business/sustainable-business/china-use-more-natural-gas-energy-mix-2035-cnpc-2021-06-24/#:~:text=China por 1002C por 10020the por 10020world por 10027s por 10020biggest por 10020coal,at por 10020a por 10020conference por 10020on por 10020Thursday>

SCHMIDBAUER, H. y RÖSCH, A. (2012). OPEC news announcements: Effects on oil price expectation and volatility. *Energy Economics*, 34(5), pp. 1656-1663. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140988312000072>