



Facultad de Ciencias Humanas y Sociales

TRANSICIÓN Y DEPENDENCIA ENERGÉTICA EN LA UNIÓN EUROPEA

Alumno: Lucas Castellanos Lafita

Clave: 201805006

Profesor: Jaime Tatay Nieto

Resumen

El impacto del cambio climático es cada vez más evidente en la sociedad. Los desastres naturales como huracanes, inundaciones y sequías son recordatorios constantes de las posibles consecuencias que se pueden derivar de no actuar contra esta crisis. Ante esta situación, la Unión Europea aprobó en 2020 el Pacto Verde Europeo, el cual establece un conjunto de políticas medioambientales y el objetivo de alcanzar la neutralidad climática en 2050. No obstante, los efectos de la guerra en Ucrania, y la crisis del COVID-19, han resaltado la importancia de otro desafío en la Unión: la seguridad energética. El presente trabajo tiene como objetivo principal analizar las proyecciones energéticas para 2050 y sus posibles implicaciones en la dependencia energética de la Unión.

Palabras Clave: Transición energética, dependencia, seguridad energética, Pacto Verde Europeo, neutralidad climática.

Abstract

The impact of climate change is increasingly evident in society. Natural disasters such as hurricanes, floods and droughts are constant reminders of the potential consequences of failing to act against this crisis. Against this backdrop, the European Union adopted the European Green Deal in 2020, which sets out a set of environmental policies and the goal of achieving climate neutrality by 2050. However, the effects of the war in Ukraine, and the COVID-19 crisis, have highlighted the importance of another challenge in the EU: energy security. The main objective of this paper is to analyse energy projections for 2050 and their possible implications for the EU's future energy dependence.

Key Words: Energy transition, dependence, energy security, European Green Deal, zero emissions.

Índice

| | | |
|--------|---|----|
| 1. | Introducción..... | 5 |
| 1.1. | Interés del tema..... | 5 |
| 1.2. | Objetivos..... | 6 |
| 1.3. | Metodología..... | 6 |
| 1.4. | Estructura..... | 7 |
| 2. | Consumo energético en la UE..... | 7 |
| 2.1. | Evolución del carbón y del petróleo..... | 8 |
| 2.2. | Evolución del consumo del Gas Natural..... | 12 |
| 2.3. | Evolución de la energía nuclear..... | 15 |
| 2.4. | Energía renovable..... | 17 |
| 3. | Pacto Verde Europeo..... | 19 |
| 3.1. | Introducción y objetivos..... | 19 |
| 3.2. | El COVID-19 y la guerra en Ucrania..... | 22 |
| 3.3. | La guerra en Ucrania..... | 24 |
| 4. | Análisis de posibles escenarios..... | 25 |
| 4.1 | Escenario pesimista: el gas natural..... | 25 |
| 4.1.1. | Asunciones y <i>mix</i> energético del escenario pesimista..... | 26 |
| 4.1.2. | Nuevos escenarios de dependencia del escenario pesimista..... | 28 |
| 4.1.3. | Conclusiones del escenario pesimista..... | 29 |
| 4.1. | Escenario conservador: la energía renovable..... | 30 |
| 4.2.1. | Asunciones y <i>mix</i> energético del escenario optimista..... | 30 |
| 4.2.2. | Nuevos escenarios de dependencia del escenario conservador..... | 32 |
| 4.2.3. | Conclusiones del escenario conservador..... | 33 |
| 4.3. | Escenario optimista: la energía renovable..... | 35 |
| 4.3.1. | Asunciones y <i>mix</i> energético del escenario optimista..... | 35 |
| 4.3.2. | Nuevos escenarios de dependencia del escenario optimista..... | 36 |

| | |
|--|----|
| 4.3.3. Conclusiones del escenario optimista..... | 38 |
| 5. Conclusiones finales..... | 39 |
| 6. Referencias | 42 |

Índice de Figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1: <i>Mix</i> energético en la EU en 2020 | 8 |
| Figura 2: Producción de carbón en la EU entre 1990 y 2021 | 9 |
| Figura 3: Dependencia de importación del gas natural | 14 |
| Figura 4: Principales importadores de Uranio en la UE en 2020 | 17 |
| Figura 5: Principales áreas del Green Deal | 21 |

1. Introducción

En la primera parte del Trabajo de Fin de Grado se expondrán las razones que han motivado la elección del tema, los objetivos del presente trabajo, la metodología utilizada y la estructura planteada.

1.1. Interés del tema

El cambio climático es un fenómeno cada vez más presente en la sociedad. Los recientes eventos como huracanes, inundaciones y sequías son un permanente recuerdo de las consecuencias que se pueden derivar de la inacción frente a la crisis climática. Asimismo, la guerra de Ucrania y el COVID-19 han reflejado la vulnerabilidad de la Unión Europea frente a otros estados debido a su dependencia energética.

En este contexto, tras el acuerdo de la ONU en 2015, la Unión Europea presentó el Pacto Verde Europeo, cuyo principal objetivo es conseguir la neutralidad de emisiones en 2050. A través de este programa, la Unión no solo pretende luchar contra el cambio climático, si no también reducir la dependencia con terceros estados y aumentar su seguridad energética.

La elección del tema transición y dependencia energética en la Unión Europea para la elaboración del Trabajo Fin de Grado (TFG) se debe a dos motivos. En primer lugar, en el ámbito profesional se ha seleccionado este tema por el interés en conocer las políticas que la Unión Europea está implementando para realizar la transición y cómo afectarán al futuro de la seguridad energética. A través de este trabajo se pretende aprender cuales son los objetivos establecidos por la Unión Europea, cómo se alcanzarán y qué efectos tendrán en los ciudadanos y estados miembros.

En segundo lugar, en el ámbito personal se ha seleccionado el tema por el afán de investigar sobre dos cuestiones de actualidad, como son la transición energética y la dependencia de la Unión. Con este trabajo se pretende profundizar más en el asunto y obtener conocimientos que permitan enriquecer y valorar opiniones políticas y periodísticas.

1.2. Objetivos

El objetivo del Trabajo Fin de Grado (TFG) es analizar los posibles escenarios de dependencia que se pueden generar a partir de la transición energética. Por tanto, el trabajo tiene los siguientes objetivos:

- Analizar y comprender el consumo energético de la Unión Europea en la actualidad, así como su evolución histórica.
- Analizar y comprender los niveles actuales de dependencia, así como su evolución histórica.
- Entender cuáles son las políticas implementadas por la Unión Europea para hacer frente a la crisis climática y explicar los efectos del COVID-19 y de la guerra en Ucrania.
- Explicar tres escenarios diferentes de consumo energético en la Unión Europea para alcanzar los objetivos establecidos y analizar las posibles consecuencias, a nivel de seguridad y dependencia, que se podrían derivar de cada uno de ellos.
- Determinar la viabilidad de las políticas, así como las consecuencias que tendrán en el futuro de la Unión.

1.3. Metodología

La metodología utilizada será inductiva, ya que se pretende en un primer momento analizar los datos para, a continuación, obtener conclusiones.

El proceso de elaboración del presente trabajo se ha dividido en dos partes. En la primera, se ha analizado la situación actual e histórica de la Unión, así como todas las políticas implementadas para hacer frente a la crisis climática y el efecto del COVID-19 y la guerra de Ucrania. Para ello, se ha recurrido a literatura obtenida a través de dos principales motores de búsqueda como *Google Scholar* y *DialnetPlus*. Adicionalmente, se han utilizado fuentes gubernamentales como Eurostat que proporciona información detallada del consumo energético de todos los estados miembros. Por último, se ha recurrido a organizaciones independientes como la Asociación Nuclear Mundial.

La segunda parte ha consistido en el planteamiento de tres escenarios distintos (pesimista, conservador y optimista) con tres posibles *mixs* energéticos en 2030 y 2050. Estos tres escenarios se han obtenido de tres fuentes diferentes:

- Escenario pesimista: elaborado a través del escenario de referencia de la UE por el que se proyectó el consumo en 2030 y 2050 basándose en las políticas vigentes en el momento de su publicación.
- Escenario conservador: desarrollado siguiendo los datos del estudio de Mckinsey con el objetivo de estudiar la transformación eléctrica en la Unión Europea.
- Escenario optimista: datos obtenidos de la Agencia Internacional de Energía en 2021, que describe un escenario global y europeo para alcanzar el objetivo de limitar la temperatura global a un 1,5 C en 2050.

Finalmente, debido a que algunos conceptos utilizados en este tema son técnicos y no han sido estudiados por el alumno que elabora el Trabajo Fin de Grado (TFG), se ha recurrido a nuevas tecnologías como *ChatGPT* para comprender toda la terminología compleja que requiere conocimientos profundos del sector energético.

1.4. Estructura

El TFG está estructurado en cinco partes. En la introducción se desarrollará el interés del tema, los objetivos, la metodología y la estructura.

En segundo lugar, se detallará el consumo energético de la UE en la actualidad, así como su evolución histórica. Este se dividirá en cuatro fuentes principales: carbón y petróleo, gas natural, energía nuclear y renovables.

En tercer lugar, se analizará el Pacto Verde Europeo, sus objetivos y las políticas que nacen de este. Adicionalmente, se estudiarán los efectos del COVID-19 y la guerra de Ucrania sobre dichas políticas.

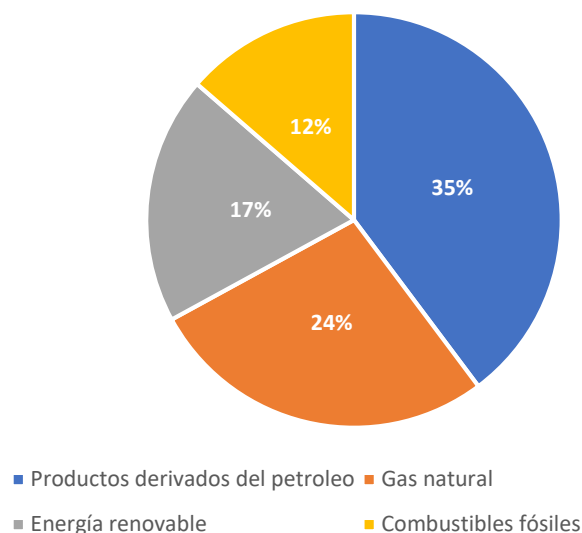
En cuarto lugar, se desarrollarán tres escenarios diferentes (pesimista, conservador y optimista) sobre el consumo energético de la Unión Europea en 2030 y 2050 y se profundizarán en las posibles implicaciones en la seguridad de la Unión. Finalmente, se presentarán las conclusiones obtenidas, determinando la viabilidad de los objetivos y el impacto de las políticas de la Unión Europea.

2. Consumo energético en la UE

El *mix* energético de la UE en 2020 estaba formado por cinco fuentes: productos derivados del petróleo (35%), gas natural (24%), energía renovable (17%) y combustibles fósiles (12%) (Eurostat, 2022k). Solo el 42,5% de dichas fuentes provenían del mercado

interno, mientras que el 57,5% eran importadas del exterior (Eurostat, 2022d). Esta es una de las peores cifras de dependencia recogidas en los últimos 30 años, con un aumento del 7% desde 1990.

Figura 1: Mix energético en la EU en 2020



Fuente: elaboración propia con datos obtenidos de (Eurostat, 2022d)

No obstante, es importante entender la evolución histórica que ha tenido el mix energético, dentro del mercado europeo, y cómo ha ido alterando sus importaciones y exportaciones, aumentando la dependencia de la UE sobre terceros estados.

2.1. Evolución del carbón y del petróleo.

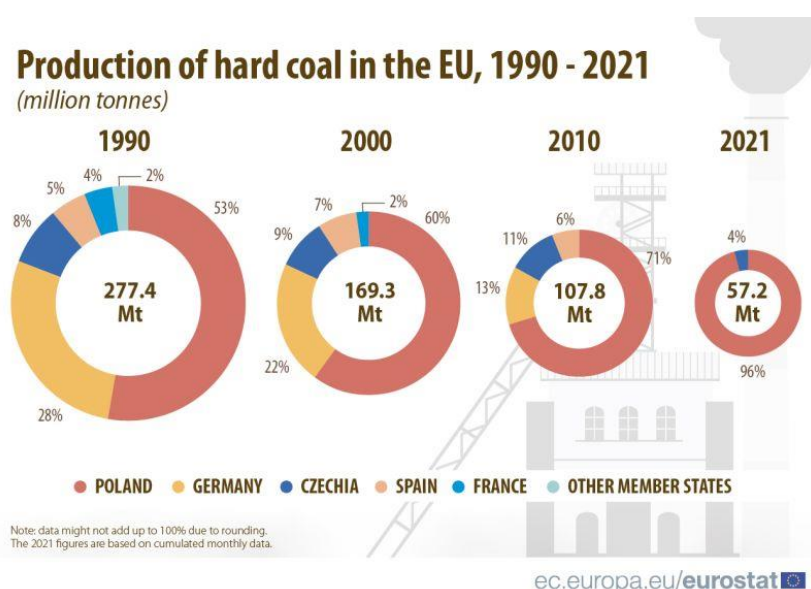
Tanto el carbón como el petróleo han sido, y son, dos fuentes esenciales en el consumo energético europeo debido a su alta eficiencia. Sin embargo, sus elevadas emisiones de CO₂ y otros contaminantes como oxidos de azufre, de nitrógeno..., han convertido su sustitución en uno de los principales objetivos de la Unión Europea.

El carbón fue uno de los elementos que llevaron a la coordinación, y posterior creación de la Unión. Su producción fue regulada a través de la comunidad del acero y del carbón creada en 1951 a través del tratado de Paris. En 1965, el carbón representaba, en los estados de UE 27, el 46% de su mix energético, llegando incluso a ser superior al petróleo. En los años posteriores comenzó su caída hasta llegar al 11% en 2020 (Our World in Data, 2022).

Esta disminución del consumo de carbón conlleva una menor producción, excluyendo el Lignito cuya logística, debido a sus características, es elevadamente costosa y no compensa su importación. Por lo tanto, es más eficiente el consumo en lugares próximos a la producción (Kavalov & Peteves, 2015)

En 1990, de los 28 miembros, 13 de ellos producían carbón: Polonia, Alemania, República Checa, Francia, Rumania, Bulgaria... Actualmente, solo mantienen abiertas sus mineras Polonia, la cual es la responsable del 94% de la producción a nivel europeo, y República Checa (Alves Dias et al., 2018).

Figura 2: Producción de carbón en la EU entre 1990 y 2021



Fuente: datos obtenidos de (Eurostat, 2022a)

A pesar de haber disminuido la demanda del carbón, el ritmo de la caída de la producción ha sido mucho más elevado. Mientras que en 2019 el 71% de la demanda de carbón estaba cubierto por la oferta interna, esta cifra apenas llegaba al 39% en 2020. En consecuencia, los niveles de dependencia han aumentado un 32% durante los últimos 30 años, alcanzando en algunos estados miembros como Grecia o Rumanía una dependencia superior al 100% (Eurostat, 2022a).

Las principales naciones importadoras han ido evolucionando a lo largo de los años, sin embargo, Rusia siempre ha mantenido una posición de liderazgo. En 2020, el 55% provenía de Rusia, seguido por Estados Unidos y Australia, Kazajistán, Mozambique o Reino Unido, los cuales han ido remplazando a Ucrania o Noruega (Eurostat, 2022a).

El uso del carbón está enfocado a dos principales vertientes. En primer lugar, se destina la transformación a energía, que en 2020 representaba un 20% de su producción y la cual ha sido uno de los principales objetivos a reducir. En segundo lugar, el carbón se emplea por la industria del metal y del acero que requieren una elevada intensidad energética para sus fábricas de coque (European Commission, 2023).

A pesar de ello, numerosos estados miembros se han puesto como objetivo finalizar con su consumo de carbón. Naciones como Austria o Portugal acabaron con ese consumo en 2021 y en la actualidad exportan las reservas que mantienen. Por otro lado, España junto a Finlandia, Dinamarca y Países Bajos han establecido dicho objetivo en 2030. Destacan estados como Alemania, quien ha aplazado su objetivo hasta 2038 o Polonia y Bulgaria quienes ni si quiera han establecido una fecha de fin de consumo (European Commission, 2023).

En cuanto a los productos derivados del petróleo comenzaron con un amplio crecimiento. Como se ha mencionado anteriormente, en los principios de los años 60 el carbón dominaba la posición del mix energético de los estados europeos. No obstante, durante el final de los años 60, los productos derivados del petróleo comenzaron a ocupar una presencia dominante, sobrepasando al carbón. A finales de los años 70, alcanzaron un consumo máximo de 8.215 (TWh) representando el 50% del *mix* energético.

La crisis del petróleo en la década de los 70 motivó que muchos de los estados miembros modificasen sus políticas reduciendo su dependencia de esta fuente energética y a los estados exportadores de petróleo (Our World in Data, 2022). Tras la crisis, el consumo de los productos derivados del petróleo comenzó un descenso que continua hoy en día alentado por la crisis climática y el establecimiento de objetivos para convertirse en una economía de cero emisiones. Además, la mayor eficacia en el consumo de los vehículos ha permitido un aumento de la demanda sin conllevar un incremento del consumo (McGovern et al., 2020).

En la actualidad, los productos derivados del petróleo mantienen su posición de liderazgo, pero con una participación más diluida, ya que en 2020 su consumo representó el 35% del mix energético (el doble que la siguiente fuente). En total, el consumo descendió 2.593 (TWh) pasando de 8.215 (TWh) durante su pico en los años 70 a 5.622 (TWh) en 2020 (Our World in Data, 2022).

A pesar de los intentos de reducir el consumo de los productos derivados del petróleo, actualmente su demanda es cinco veces la del carbón, siendo su retirada del mercado europea más lenta. A esto se añade que los ciudadanos y las empresas europeas tienen una mayor sensibilidad a las variaciones en el precio del petróleo. Un claro ejemplo es el efecto que tuvo la bajada del precio del petróleo durante la crisis económica, en la que, en solo seis meses, descendió un 75% (McGovern et al., 2020). Una elevada sensibilidad y volatilidad del mercado frente al petróleo genera altos grados de inseguridad en la economía.

En especial afecta al sector del transporte por carretera, el cual en 2020 consumía el 48% de los productos derivados del petróleo, un incremento del 35% entre 1990 y 2020, aunque ha tenido algunos momentos de menor demanda debido a la crisis económica y el COVID-19 (Eurostat, 2022i). Esto demuestra que, a pesar de las mejoras en la eficiencia de los vehículos, estas son eclipsadas por un mayor volumen de coches. Adicionalmente, en 2020 solo el 7% de las fuentes de consumo del transporte provenían de energías renovables (Eurostat, 2022i), lo que ejemplifica el gran impacto medioambiental del sector.

El otro 49% que no está destinado al transporte por carretera está ampliamente diversificado. Entre ellos resaltan el transporte aéreo, la industria, dividida en consumo energético y demanda para terceros asuntos (en total representa un 22% del consumo) y los consumidores menores como viviendas privadas, el destinado para la energía y o el transporte marítimo (Eurostat, 2022i).

Al mismo tiempo, a diferencia del carbón, la producción de derivados del petróleo en la Unión Europea siempre ha sido escasa. Esto conlleva que gran parte del consumo interno tenga que ser importado. El petróleo crudo se produce principalmente en Rumanía, Italia y Dinamarca, mientras que sus principales importadores son Rusia, Noruega, Kazajistán, Estados Unidos, Arabia Saudí, Nigeria, Iraq, Reino Unido, Azerbaiyán, Argelia, Libia, México y Brasil (Eurostat, 2022i). De todos estos estados, cinco de ellos pertenecen a la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP).

Por el otro lado, Alemania, Italia, Países Bajos y España son unos de los principales productores de productos derivados del petróleo excluyendo el petróleo crudo. Los productos que más se ofertan es el Gasoil y el Diesel, unas de las principales

exportaciones a nivel europeo (Eurostat, 2022i). Sin embargo, estas representan una ínfima parte del consumo total (Eurostat, 2022c).

En 1990 la ratio de dependencia de los países de la Unión Europea era del 93%, tanto para el total de los productos derivados del petróleo como para petróleo crudo. Con el paso del tiempo, la demanda de los productos derivados del petróleo disminuyó, pero al igual que con el carbón, su producción también decreció. Esto conllevó un aumento de la ratio, la cual ya era elevada, a una superior (en 2020 el nivel de dependencia ascendió al 96%) (Eurostat, 2022i). Este es una de las ratios de dependencia más elevados entre las distintas fuentes de energía, lo que refleja el poder que poseen los estados importadores sobre la Unión Europea.

Para reducir ese grado de dependencia y, sobre todo para aumentar la sostenibilidad de las fuentes de energía, la Unión Europea está trabajando alternativas que puedan sustituir a los productos derivados del petróleo en especial en el sector del transporte (Eurostat, 2022c). Para ello, se están trabajando en numerosos biocombustibles, de los cuales se hablará más adelante.

2.2. Evolución del consumo del Gas Natural

El consumo total energético de la UE se ha mantenido en niveles constantes durante la última época. No obstante, como se ha ido mencionando, las que eran unas de sus dos principales fuentes durante los años 90 (carbón y petróleo), han ido disminuyendo su presencia en el mercado europeo. Estos han sido reemplazados por tres medios energéticos alternativos: el gas natural, la energía nuclear y la energía renovable. En primer lugar, se analizará el consumo del gas natural (Our World in Data, 2022).

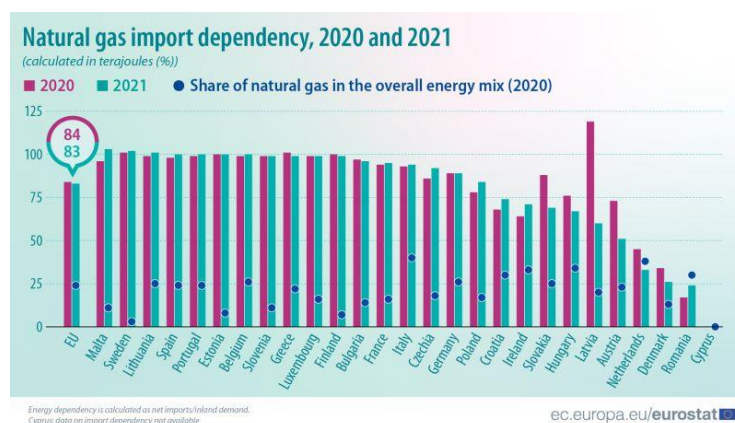
Esta fuente de energía alternativa cogió mucha fuerza durante los primeros años del siglo XX, en especial durante la crisis económica del 2008, ya que sirvió como instrumento para la recuperación de la economía europea, y sobre todo para la alemana. Entre los años 70 y 2020, el consumo del gas natural aumentó un 40%. Este crecimiento se ha mantenido en 2021 donde se ha registrado una demanda 4% superior a la del año previo. Al comienzo de los años 2000, el gas natural superó a el carbón y se posicionó en segunda posición. En la actualidad, mantiene ese puesto ya que representa el 23% del mix energético, justo detrás de los productos derivados del petróleo (Eurostat, 2022k).

La principal razón por la que se ha convertido en uno de los principales sustitutos del carbón y de los productos derivados del petróleo, es que genera menos emisiones de CO₂ y, por lo tanto, es una fuente más limpia en comparación con el carbón y el petróleo. Al mismo tiempo, proporciona una mayor eficiencia a la hora de generar electricidad y es capaz de mantener un suministro constante a diferencia de la energía renovable. Puede soportar y absorber alteraciones en la demanda del mercado eléctrico sin ningún coste extraordinario y responder fácilmente cuando no hay suficiente viento o luz solar. Además, proporciona una fuente de energía para el calentamiento de los domicilios particulares (Dilaver et al., 2014).

Por esa razón el consumo de gas está distribuido entre la generación de electricidad, cuyo 20% en 2020 fue generado por gas natural, la industria, donde es la principal fuente de energía representando un 32%, y los domicilios familiares, en el que también fueron la principal fuente de consumo con un 31,7% (Eurostat, 2022e). Por lo tanto, son los domicilios familiares y la industria los principales demandantes de gas natural (Eurostat, 2022b).

No obstante, al igual que con los productos derivados del petróleo, la producción de gas natural en la Unión Europea es reducida. Los principales estados miembros que producen gas natural son: Países Bajos, Rumania, Alemania y Polonia. Sin embargo, su consumo es mucho más elevado y las producciones escasamente cumplen con la demanda, En 2021 el índice de dependencia de la UE fue del 83%. Representa un porcentaje elevado de importación, aunque es menor que el que tiene de los productos derivados del petróleo (Eurostat, 2022g).

Figura 3: Dependencia de importación del gas natural



Fuente: obtenido de (Eurostat, 2022g)

El elevado nivel de dependencia se debe a que la demanda del consumo ha ido aumentando durante las últimas décadas. Este crecimiento, acompañado de un descenso continuado de la producción, han disparado el índice de dependencia. En los últimos 30 años, la ratio ha ascendido de aproximadamente un 50% en 1990 a un 83% en 2020 (Eurostat, 2022d).

Las importaciones, por lo tanto, han aumentado considerablemente. El principal estado que se ha visto beneficiado por este crecimiento ha sido Rusia, quien en 2020 exportaba el 41% del total del consumo. El resto de las importaciones provenían de Noruega, Argelia, Estados Unidos, Reino Unido, Libia... (European Commission, 2021).

Para realizar la transición al gas natural y poder permitir las importaciones de terceros países, los países miembros de la Unión Europea han ido construyendo a lo largo de los últimos años la infraestructura necesaria para poder transportar el gas natural. Actualmente, existen dos métodos de importación: mediante gasoductos o a través de gas natural licuado. El más eficiente es el transporte a través de gaseoductos, pero la disposición de puertos capaces de importar gas natural licuado otorga mayor dependencia y resiliencia a la hora de hacer frente a la dependencia energética (Di Bella et al., 2022).

En 2021 la Unión Europea tenía cuatro líneas principales de gaseoductos a través de las que se importaban gas natural. La principal es la que conecta Rusia, una de ella denominada *Nord Stream* y la cual se discutirá en este trabajo. El segundo gaseoducto con mayor capacidad proviene de Noruega, mientras que los últimos parten de África del Norte y de Azerbaiyán (Di Bella et al., 2022).

En cuanto al suministro de gas natural licuado, debido a su menor eficiencia, su capacidad de suministro es mucho menor. El estado miembro que más accesos tiene es España, seguido de Francia, Italia y Bélgica. No obstante, el movimiento interno del gas natural licuado es mucho más complejo debido a la escasez de infraestructura intra europea. Un claro ejemplo es la conexión hispanofrancesa, por la cual España solo puede exportar un 10% de sus capacidades de importación (Di Bella et al., 2022).

2.3. Evolución de la energía nuclear.

Al igual que el gas natural, la energía nuclear ha servido como sustituta del petróleo y el carbón. No obstante, su consumo ha generado numerosas polémicas debido a los residuos nucleares que genera y a las potenciales consecuencias que se pueden derivar de un accidente como el de Fukushima.

En los años 70 la demanda de la energía nuclear era muy reducida. Ocupaba una cuarta posición detrás del gas, con una diferencia del 10% (la energía nuclear representaba un 2% del mix energético). La crisis del petróleo puso en evidencia la necesidad de generar una mayor independencia por parte de la UE frente a los estados exportadores de petróleo, y la energía nuclear se determinó como alternativa viable, sobre todo a la hora de producir electricidad (Our World in Data, 2022).

El mayor pico de consumo fue durante el principio de los años 2000, en especial de 2004 a 2007, cuando se introdujeron nuevos reactores en el mercado ((Eurostat, 2022h). Con la crisis económica y la caída del consumo generalizado de la energía, la producción nuclear comenzó a descender debido a su politización y el conflicto que generaba en numerosas comunidades. En la actualidad, representa un 25% del mix energético, siendo su consumo un 75% superior al de los años 70, pero un 20% inferior al de 1990. Los principales estados miembros consumidores son Francia, Alemania, España, Suecia, Bélgica y Rumania (Our World in Data, 2022) (Eurostat, 2022h).

Una de las grandes ventajas de la energía nuclear es que su producción requiere de combustibles abundantes y fácilmente accesibles. El principal es el uranio, el cual se puede encontrar en numerosas partes del mundo, sin elevados costes de extracción y siendo fácilmente almacenable (Van der Zwaan, 2008). Estas características lo convierten una materia prima atractiva y barata. El precio de uranio ha variado durante los últimos años de 35 USD/kg previo a la crisis económica, hasta 350 USD/kg en 2007. Durante los

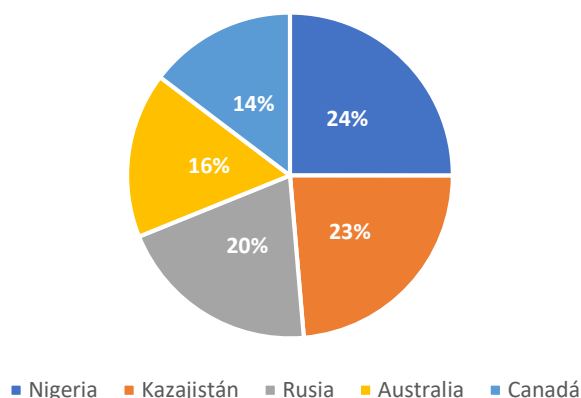
años siguientes se estabilizó pasando de 180 USD/kg a 35 USD/kg en 2016 (Ruxing Gao et al., 2019). Hoy en día el precio mantiene cierta estabilidad rondando los 50 USD/kg (Investing.com, 2023). A pesar de su volatilidad en los últimos años, el precio de la energía nuclear no se ha visto afectado ampliamente, ya que representa una pequeña parte del cómputo de total de costes, y sus compras se realizan mediante futuros a muy largo plazo, ayudando a facilitar una mayor estabilidad en los precios.

Esta misma asunción se ve reflejada en un estudio sobre la OCDE, el cual detalla que la energía nuclear es la fuente que menos se ve afectadas por variaciones en su combustible. Ese mismo estudio ratifica, que, en comparación con el gas y el petróleo, la energía nuclear es la más competitiva en Europa, especialmente cuando se utilizan predicciones con retornos más reducidos o cercanos al 5% (Keppler, 2010).

Por el otro lado, la Unión Europea cuenta con recursos relacionados con el uranio para reducir la dependencia en el ámbito de la energía nuclear. Con el objetivo de explicar los niveles de producción de Uranio en la UE es importante explicar cuál es el funcionamiento básico de un reactor. Este necesita de un combustible (Uranio) para producir energía, el cual está formado por dos elementos un 0,7% del el U-235 y un 99,3% del U-238. El problema es que un reactor requiere de al menos un 3% o 4% de U-238, para poder operar (US energy Information Administration, 2012). Por ello, el ucranio debe pasar por un proceso de enriquecimiento antes de ser desplazado a una planta de energía nuclear. En 2021, solo Alemania, Francia y Países Bajos disponían de plantas de enriquecimiento de Uranio (Eurostat, 2022h).

En cuanto a su producción en 2021, la UE fue capaz de abastecer sus reactores con 2.000 toneladas de Uranio. Estas se produjeron en Alemania, España, Francia, Rumanía y Suecia. No obstante, este importe es bastante escaso y, por lo tanto, fue necesario importar 11.795 toneladas de Nigeria (24,35%), Kazajistán (23,0%), Rusia (19,7%), Australia (15,5%) y Canadá (14,3%) (World Nuclear Association, 2022). Otra de las fuentes de los reactores es el uranio reciclado. Con las nuevas tecnologías se es capaz de reciclar el 97% y reducir el desperdicio al 3%. Francia es uno de los principales estados miembros líderes en esa tecnología, ya que actualmente recicla un 10% de su consumo. Sus objetivos establecidos son aumentar al 25% dicha cuantía en 2025 y conseguir un 30% en el largo plazo (Oano, 2022).

Figura 4: Principales importadores de Uranio en la UE en 2020



Fuente elaboración propia con los datos obtenidos de (World Nuclear Association, 2022)

A pesar del futuro prometedor de la energía nuclear, muchos estados se han marcado como objetivos acabar con su producción en los próximos años. Esto genera un problema a la hora de gestionar los ciclos de los reactores. Mientras la vida de los reactores está marcada hasta los 45 años, muchos de los estados están renovándolas para aumentar su vida hasta los 60 y poder hacer una transición ordenada (la media de los reactores en la Unión Europea es de 31 años). Solamente Francia tiene un reactor en construcción (World Nuclear Association, 2013).

2.4. Energía renovable.

La energía renovable ha sido la principal fuente donde la Unión Europea ha invertido más durante la última década. La elevada dependencia frente a otros estados, así como el objetivo de convertirse en una economía cero emisiones, han puesto a esta fuente en el foco de las políticas de la Unión.

Para hablar sobre energía renovable es importante definir el concepto. Según la ONU: es aquella fuente que deriva de recursos naturales, los cuales se reabastecen a un ritmo más elevado que su consumo (ONU, 2023). La Unión Europea categoriza dentro de esta definición a la: producción eólica, solar, hidroeléctrica, mareomotriz, geotérmica y biocombustibles (Eurostat, 2023b). Se dividen en las más tradicionales como son la hidroeléctrica o los biocombustibles o las nuevas tecnologías como son la eólica, o la solar (Simionescu et al., 2020).

La energía renovable ha sufrido durante las últimas décadas grandes transformaciones. En los años 70 las energías renovables representaban escasamente un 5% del total de la producción de energía. Este provenía principalmente de la energía hidroeléctrica a través de embalses que entraron en activo durante esa década en varios estados de la Unión como en España, y la cual se destinaba al consumo de electricidad. No obstante, la energía hidráulica ha mantenido un crecimiento moderado a lo largo de los años, ya que desde los años 70 solo ha crecido un 20% (Our World in Data, 2022).

El resto de las fuentes de energía renovable apenas existían durante la década de los años 70. La crisis del petróleo hizo necesaria una mayor diversificación en el ámbito energético, en especial de aquellas que no dependiesen de recursos naturales escasos. Por ello, se inició un proceso de investigación en busca de alternativas, sobre todo en los últimos años de la década de los 80, cuando comenzó a concienciarse sobre la emisión de CO₂ y los efectos que estaban teniendo en el medioambiente (Rodríguez, 2020).

En 1980 se formó el Panel Intergubernamental de Cambio Climático de la ONU, donde se acordó un plan para luchar contra el cambio climático. Es en esta época cuando se puede observar el auge de fuentes renovables alternativas a la energía hidráulica, especialmente la energía eólica y solar (Rodríguez, 2020). La energía eólica junto a la hidráulica representa las mayores fuentes renovables de consumo de electricidad (un 36% y 33% respectivamente). Por el otro lado, la energía solar es la tercera, con un 15%, pero es la fuente que más ha crecido durante los últimos años (Eurostat, 2022j).

En general destaca el crecimiento de la presencia de energías renovables en el mix de la Unión Europea. Han evolucionado de un 5% en 1990 hasta un 17% que representa hoy en día. Su principal destino sigue siendo la producción de electricidad, el cual el 37,5% de esta provenía de fuentes renovables. Aunque, la diversificación de las fuentes ha facilitado extender su uso a la calefacción y el transporte (Eurostat, 2023b).

El consumo es diferente por cada estado miembro. Resaltan países como Austria, Suecia, Noruega o Islandia, ya que más del 70% de su electricidad consumida en 2020 provenía de fuentes renovables. Por el otro lado, estados como Malta, Luxemburgo, Hungría o República Checa apenas llegaban al 15% en su consumo de electricidad (Eurostat, 2023b).

Aunque la energía renovable reduce los niveles de dependencia de la Unión Europea gracias a la ausencia de recursos materiales escasos controlados por otros estados, no los

elimina completamente. El valor de los materiales importados para la producción de energía solar fue de 8 billones de euros, frente a los 2 billones de euros que se exportaron. Similar es la situación con los biocombustibles, ya que importaron 3 billones de euros y exportaron 1.5 billones de euros. Esta tendencia se rompe con la energía eólica quien importó solo 0,3 billones de euros y exportó alrededor de 3 billones de euros (Eurostat, 2022f).

En la energía solar resalta la alta dependencia de la Unión Europea, en especial con China de la cual importa el 89% de los materiales de producción de placas solares. Esta es seguida por Taiwán, Malasia, Estados Unidos, quienes apenas llegan al 2%. En cuanto a las importaciones de biocombustibles destaca Argentina con un 41%, Reino Unido (14%), China (13%) y Malasia (13%) (Eurostat, 2023a).

3. Pacto Verde Europeo

El Pacto Verde Europeo es un conglomerado de iniciativas que tienen como objetivo revolucionar la política energética de la Unión Europea, y establecer los pasos necesarios para convertirse en una organización con estados que emitan cero emisiones para 2050 (LOONELA et al., 2019).

3.1. Introducción y objetivos

La presidenta de la comisión europea, Ursula Vonder Leyen. estableció en su discurso de investidura en 2019 la creación de un Pacto Verde Europeo que implementase una: “estrategia de crecimiento, un crecimiento que aporta más de lo que consume” (Loonela et al., 2019). Con ese espíritu, se presentó una hoja de ruta por la que se pretendían promover una serie de políticas que convirtiesen a la UE en una economía de cero emisiones para 2050, manteniendo la competitividad y el espíritu moderno.

Previamente, la Unión Europea había establecido varios compromisos como, por ejemplo, firmando y ratificando el Acuerdo de París, por el que se acordaba limitar y bajar el calentamiento global por debajo de 2°, o mediante su participación en la agenda 2030 de la Organización de las Naciones Unidas donde estableció el objetivo de reducir el 32% de las emisiones de CO₂ (Loredana Pîrvu, 2020). No obstante, en ningún momento, la UE a nivel interno promovió una movilización tan amplia como la llevada a cabo con el Pacto Verde Europeo.

Es importante clarificar, que el Pacto Verde Europeo, no es en ningún momento una ley por sí sola, sino que representa un conjunto de iniciativas y objetivos que afectan a las diferentes ramas y sectores de la sociedad y la economía (FETTING, 2019). En el propio Pacto Verde Europeo se establece una hoja de ruta para los legisladores europeos que deben aprobar las determinadas directivas, directrices o reglamentos para poder cumplir con dichos objetivos.

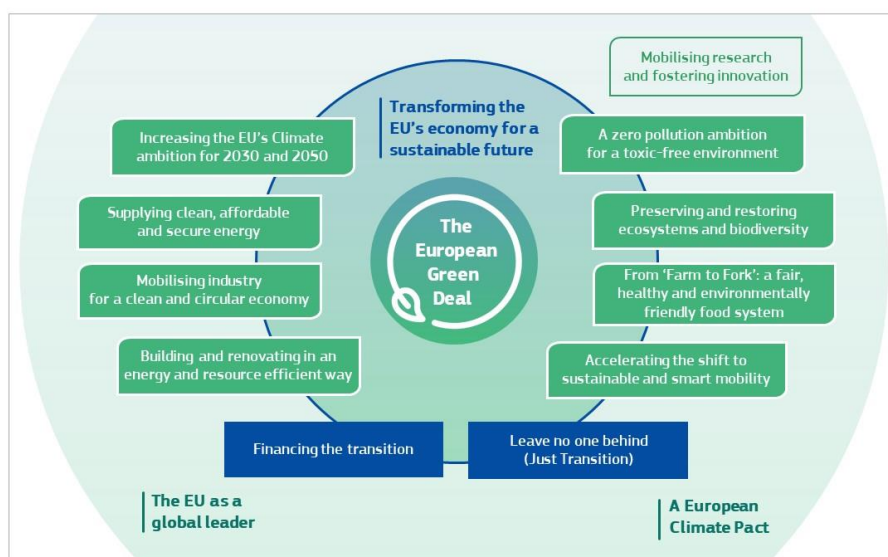
Las iniciativas que se establecieron en el Pacto Verde Europeo son:

- Reducir las emisiones de CO₂ en 2030 y 2050. Se establecieron nuevos objetivos, elevando la reducción de CO₂ y otros contaminantes en 2030 al 55% y llegando a cero emisiones en 2055. Estos fueron una de las principales iniciativas y la que más impacto se espera tener en el futuro del mercado energético. (EU, 2022).
- Suministrar energía limpia, segura y económica. El 75% de las emisiones de efecto invernadero provienen de la energía, por ello la UE estableció como principal iniciativa transformar las fuentes de suministros de la UE. Entre ellas destacan, la energía renovable *offshore* (producción de energía eólica costera) y el hidrógeno. También aboga por una mayor comunicación y mejora de la infraestructura intra europea, con el objetivo de hacer más eficiente el intercambio energético. Por último, propone modificaciones legislativas para mejorar la eficiencia energética e incrementar el uso de renovables antes de 2030 (EU, 2022).
- Movilizar la industria para una economía limpia y circular, y convertirla en un acelerador del cambio y de la innovación (FETTING, 2019).
- Construir y renovar de una forma eficiente tanto desde un ámbito energético como de gestión de recursos (FETTING, 2019). Entre esta iniciativa entra la propuesta de legislación para baterías, las cuales deberán de cumplir con una serie de requisitos mínimos durante su proceso productivo con el objetivo de incentivar el reciclaje y alargar su vida útil (EU, 2022).
- Establecer el objetivo de cero emisiones para un medio ambiente sin contaminaciones (EU, 2022).
- Conservar y restaurar todos los ecosistemas y biodiversidad (EU, 2022).
- Establecer un sistema de alimentación justo, saludable y sostenible (EU, 2022).

- Acelerar el cambio a una movilidad sostenible e inteligente (EU, 2022).

La implementación de estos objetivos debe ser acorde con una transición justa, tanto para los ciudadanos como para las comunidades afectadas, incentivando el empleo, facilitando la inversión y mejorando la infraestructura y sistemas que mejoren la calidad de vida de las personas que residen en los estados y regiones afectados (LOONELA et al., 2019).

Figura 5: Principales áreas del Green Deal



Fuente: obtenido de (EU, 2022)

Para regular estos objetivos, la Unión Europea tuvo que modificar algunas directivas del sector energético como son: la directiva 2018/2001, la cual establecía el objetivo de reducir emisiones en un 32% para 2030, la directiva 2017/2002, de similares características y la regulación 347/2013 de la infraestructura de conexiones energéticas intra europeas. En el lado climático también se reformó la directiva 2003/87/EC que regulaba el sistema de transacciones de emisiones de efecto invernadero (Loredana Pîrvu, 2020).

Estas fueron sustituidas por la ley del cambio climático, firmada en abril de 2021 y con entrada en vigor en 2021. A través de este reglamento, se unificaron numerosas directivas, reforzando aún más el carácter vinculante para los estados miembros (Comisión Europea, 2023b). Al mismo tiempo, se introdujeron nuevos objetivos

obligatorios, como el de emitir cero emisiones en 2050 o las modificaciones al objetivo de 2030. Se reconocieron nuevas tecnologías como el sumidero de carbono, capaz de absorber CO₂ de la atmósfera y reducirla del aire, y se crearon nuevos instrumentos gubernamentales como la junta asesora de científicos europeos. Por último, también se modificaron los instrumentos de intercambio de transacciones de emisiones de efecto invernadero para añadir nuevas industrias como el transporte (Comisión Europea, 2023a).

Para financiar todas las transiciones, la Unión Europea creó un plan de inversiones que canalice todas las financiaciones en una cooperación público-privada. El plan contiene dos fuentes principales, el presupuesto de la UE, el cual aportará por lo menos 500 mil millones de euros, y el programa de inversiones *investEU* (FETTING, 2019).

Para canalizar todas las inversiones se utilizan dos instrumentos principales: el Banco Europeo de Inversiones y los bancos y programas nacionales de los estados miembros. Es aquí donde, con la ayuda de la UE, se espera movilizar al sector privado y obtener más de 1 billón de euros en proyectos sostenibles. Asimismo, existen más de 12 instituciones de la UE que ayudan a encaminar todas las contribuciones que los estados, compañías y ciudadanos reciben (FETTING, 2019).

El Pacto Verde establece cuatro principales áreas de inversión. En primer lugar, en infraestructura sostenible como parques eólicos *offshore* o mejora de las conexiones energéticas. En segundo lugar, la investigación de nuevas tecnologías (hidrógeno, y digitalización). En tercer lugar, en las pequeñas y medianas empresas, como las pymes donde poder reforzar la sostenibilidad. Por último, en aspectos sociales y mejora de habilidades que permitan y refuercen la investigación e innovación en Europa (FETTING, 2019).

3.2. El COVID-19 y la guerra en Ucrania

En 2020 surgió un virus en la ciudad china de Wuhan, el cual tuvo un impacto global. Se impusieron restricciones de movilidad internacional, y la mayoría de los países comenzaron un periodo de cuarentena, restringiendo la movilidad a sus ciudadanos. Esto tuvo un gran impacto en el mercado energético global, y en especial en el europeo (IEF, 2020).

En primer lugar, se produjo un brusco descenso de la demanda energética. Mucha de la actividad económica e industrial se vio paralizada y, por lo tanto, se demandaron menos

productos energéticos (IEF, 2020). Sectores como el aéreo paralizaron completamente sus operaciones, lo que conllevó una fuerte caída de las emisiones contaminantes y caídas históricas en el precio del gas y del petróleo (Felsenthal & Young, 2021).

El COVID-19 pudo tener efectos positivos para cumplir objetivos a corto plazo, ya que el menor consumo de fuentes contaminantes y la menor demanda energética favorecieron unas emisiones menores a las previstas por los estados miembros. No obstante, a largo plazo el COVID-19 afectó a la producción de renovables, ya que paralizó muchos de los proyectos que se estaban llevando a cabo (IEF, 2020). Surgieron nuevas barreras en los suministros de productos esenciales para la producción de renovables, como en China, uno de los principales exportadores de placas solares y al mismo tiempo, uno de los mayores afectados por el COVID-19 (IEF, 2020). Todo esto afectó a la innovación de nuevas tecnologías necesarias para conseguir los objetivos, y quitó el foco al problema del cambio climático (Felsenthal & Young, 2021).

Por lo tanto, es evidente que la hoja de ruta del Pacto Verde Europeo se ha visto afectada por la pandemia mundial. A pesar de los constantes esfuerzos por parte de dirigentes de la Unión Europea para animar a los estados miembros a no aplicar soluciones con una visión reducida al corto plazo, algunas de las iniciativas se tuvieron que posponer un periodo de tiempo (Loredana Pîrvu, 2020).

Estas fueron, por ejemplo, la estrategia de la integración de los sistemas energéticos, que tiene como propósito conectar todas las fuentes energéticas para realizar un consumo óptimo de ellas, o la construcción de proyectos eólicos *offshore* con la que aumentar el consumo de energía renovables explotando uno de los principales recursos de la UE (Loredana Pîrvu, 2020).

Para combatir los efectos del COVID-19, la UE estableció durante el periodo de recuperación los fondos *Next Generation* y los fondos de recapitalización, con el objetivo de fortalecer a las empresas que habían sufrido las consecuencias de la pandemia. No obstante, con el propósito de mantener el Pacto Verde Europeo como una prioridad, a estos fondos se le añadió la obligatoriedad de que fuesen inversiones sostenibles. Sin embargo, es muy complicado determinar el grado de sostenibilidad de todas las operaciones y, por lo tanto, no se puede concluir si el efecto que ha tenido la implementación de esta medida ha sido positiva (FETTING, 2019).

3.3. La guerra en Ucrania

En diciembre de 2021 el mercado energético de la Unión Europea experimentó un incremento en precios elevado. La amenaza por parte del estado ruso a invadir Ucrania hizo sonar todas las alarmas por la posible respuesta de la UE, y dos semanas después de la invasión, el petróleo subió un 40%, el carbón un 130% y el gas un 180% (Jakob Fèveile et al., 2022).

La UE ya había tenido una serie de conflictos con Rusia previamente debido a sus políticas internacionales, como cuando se produjo la invasión de Crimea en 2014. Pese a ello, la UE mantenía una amplia dependencia energética con Rusia (en 2020 representaba el 24,4% del total de las importaciones energéticas) (Eurostat, 2022a).

La principal fuente de importaciones rusas en 2020 era el gas natural, del que el 41% consumido en 2020 provenía de Rusia, seguido por el petróleo y el carbón con un 36,5% y el 19,3% respectivamente (Eurostat, 2022a). Por lo tanto, dos de las fuentes primarias en el mix energético (con una representación mayor del 50%) eran ampliamente dependientes de Rusia, justificando que cuando la UE impuso medidas restrictivas debido a la invasión de Ucrania, el precio del mercado eléctrico subiese en total un 8% (Jakob Fèveile et al., 2022).

Durante la reunión del consejo europeo del 30 y 31 de mayo de 2022, los representantes de gobierno de estados miembros aprobaron un conglomerado de medidas para diversificar las fuentes energéticas y sus rutas, acelerar el crecimiento de las renovables, optimizar el consumo energético y mejorar las conexiones inter europeas del gas y de la electricidad (European Council, 2023).

Entre las medidas que destacaron fueron: la creación de una nueva conexión para las importaciones del gas natural mediante Turquía y la unión de España y Francia a través de la instalación de una nueva infraestructura en los pirineos franceses, y la construcción de nuevos puertos para importar y almacenar el gas licuado y natural (European Council, 2023).

Al mismo tiempo, se ha fortaleció la presencia de las renovables en Europa, permitiendo la modificación del mercado eléctrico para poder beneficiarse de los costes menores de producción y así fomentar más la demanda. Este sistema se ha aplicado con

gran éxito en España y Portugal y se pretende replicarlo en el mercado europeo (European Council, 2023).

Por último, la UE ha implementado una medida polémica, pero de gran importancia para conseguir los objetivos marcados en el Pacto Verde Europeo. El 6 de julio de 2022, el parlamento europeo aprobó la introducción de la energía nuclear y el gas natural como fuentes verdes, es decir que producen cero emisiones contaminantes (Atay Alam et al., 2022). Este cambio, el cual fue ratificado después por el consejo europeo, es de gran importancia ya que para cumplir los objetivos de reducir emisiones para 2030 y 2050, los estados miembros podrán disponer de ambas fuentes energéticas en su *mix* energético (BBC, 2022).

Esta medida fue conflictiva, ya que algunos estados como Austria y Luxemburgo consideran que la energía nuclear y el gas natural producen daños en el medioambiente ya sea o bien por los residuos o por las emisiones que produce (Atay Alam et al., 2022).

No obstante, el COVID-19 y la guerra de Ucrania han marcado dos hitos en la historia de la UE y del sistema de consumo energético. Lo que en 2019 era un documento que comprometía estados alejando a ciudadanos, ambas crisis han reflejado las consecuencias que tienen las decisiones tomadas sobre la transición energética. Estas se han trasladado a los ciudadanos mediante precios elevados, lo que ha generado una grave crisis política en numerosos países. Por lo tanto, se clarificado que la transición energética no es solo un reto por descubrir nuevas tecnologías, sino que esta también debe ser justa y con el menor impacto posible en la vida de los ciudadanos europeos.

4. Análisis de posibles escenarios

A continuación, se desarrollarán tres escenarios con diferentes proyecciones energéticas para la Unión Europea en 2030 y 2050. Para el desarrollo del Trabajo Final de Grado estos tres escenarios se han categorizado, según el grado de dependencia y realismo, como pesimista, conservador y optimista.

4.1 Escenario pesimista: el gas natural

Los siguientes datos se han obtenido en base al escenario de referencia de 2020 de la UE, específicamente de las estimaciones del modelo MIX. La UE realizó estas

proyecciones del futuro consumo en 2050 y 2030 basándose en las políticas vigentes en el momento de su publicación.

4.1.1. Asunciones y *mix* energético del escenario pesimista

El siguiente escenario realiza asunciones generalizadas, con un ritmo de población decreciente que alcanza los 440 millones de habitantes en 2050, un crecimiento del PIB moderado del 1,4% distribuido de forma similar a la actualidad, y una mejora en la tecnología de determinadas fuentes energéticas, en especial la solar y eólica. En cuanto a los precios de los combustibles, se estima una subida generalizada del petróleo, el gas y el carbón (Vita et al., 2021).

Las políticas comentadas anteriormente en el apartado del Green Deal y que el escenario de referencia de la UE asume son las siguientes:

- Directiva de energía renovables que establece un objetivo de al menos un consumo de energía renovable del 32% en 2030 en la producción de energía eléctrica (Vita et al., 2021).
- La aplicación de la directiva de eficiencia energética, la cual establece el objetivo de mejorar la eficiencia energética en un 32,5% en 2030 (Vita et al., 2021).
- La inversión en infraestructura para el desarrollo del mercado interno europeo, garantizando el correcto flujo de energía y electricidad y eliminando todas las barreras para una correcta conexión de los estados miembros (Vita et al., 2021).
- La diversificación de fuentes energéticas asegurando la independencia a nivel energético de la UE y garantizando la seguridad de suministro con una estabilidad en los precios (Vita et al., 2021). Asimismo, se asume la plena solidaridad y cooperación entre todos los estados miembros.
- La investigación e inversión en nuevas tecnologías como el hidrógeno y la energía eólica *offshore*, así como fuentes secundarias muy poco desarrolladas en la actualidad (biocombustibles) (Vita et al., 2021).

Debido a las políticas asumidas, en especial a la de eficiencia energética, este escenario proyecta un descenso del 17% del consumo de la energía primaria en 2050 frente a 2005, una cifra un poco superior a la de 2030 que se estima que sea una reducción del 11% en comparación a 2005 (Vita et al., 2021).

No obstante, a pesar de la reducción de la demanda energética debido a una mayor eficiencia, se prevé un aumento del consumo de electricidad del 9% en 2030 y del 22% en 2050 que será abastecido primariamente por energía renovable, ya que esta aumentará un 88% en 2030 y 143% en 2050 frente a 2005 (Vita et al., 2021).

Por lo tanto, el *mix* energético de la UE en 2030 continuará liderado por los productos derivados del petróleo (27%), seguido por el gas natural (22%), la energía nuclear (11%), la biomasa (13%), los combustibles fósiles (9%), la energía eólica (6%), la solar (3%), la hidroeléctrica (3%) y otras fuentes de energía renovable (3%) (Vita et al., 2021). Estas proyecciones continúan con las tendencias de descenso del carbón y el petróleo comentadas al principio del presente trabajo, con un ritmo de crecimiento más exacerbado en el carbón, que pasarían a representar de un 12% (la fuente primaria en la actualidad) a un 9% en 2030. Asimismo, los productos derivados del petróleo disminuirían un 3% (Eurostat, 2022d).

El gas natural y la energía nuclear mantendrían una presencia similar a la que actualmente representan, debido a que varían residualmente entre ambos años. Por último, la energía renovable experimentaría un mayor crecimiento (de un 17% a un 26%) con la energía eólica y la biomasa siendo las dos fuentes que más desarrollo representan (Vita et al., 2021).

El escenario asume que en 2050 se mantienen los ritmos de decrecimiento del petróleo y carbón, los cuales representarían el 27% y 3% respectivamente. La energía renovable continuaría creciendo hasta alcanzar el 36%, destacando en esta etapa la energía eólica y solar. En cuanto al gas natural y la energía nuclear, mantendrían su estabilidad (Vita et al., 2021).

Las emisiones se reducirían un 40% en 2050 respecto a 1990, con un descenso por unidad de PIB de la UE del 81%. No obstante, este escenario no es suficiente para alcanzar los objetivos de la UE de reducir las emisiones de CO₂ un 55% en 2030 y alcanzar la cero emisiones en 2050. El objetivo de este escenario es representar el consumo de energía en 2030 y 2050 en base a las políticas implementadas hasta 2020, asumiendo que no se introducen ninguna nueva legislación en el asunto y que se siguen las tendencias de mercado (Vita et al., 2021).

4.1.2. Nuevos escenarios de dependencia del escenario pesimista

En primer lugar, previamente a analizar los nuevos escenarios de dependencia, es importante destacar que este escenario de referencia elaborado por la UE incluye asunciones hasta 2020. Por lo tanto, los efectos de la guerra de Ucrania no son considerados a la hora de realizar las estimaciones.

En este escenario, tanto en 2030 como en 2050 se asume que las dos principales fuentes de energía serán el petróleo y el gas natural. Esto genera un gran problema de dependencia, ya que actualmente ambas fuentes de energía representan los ratios de importación más elevados de la Unión Europea (93% y 83% respectivamente) (Eurostat, 2022). Asimismo, los niveles de producción de ambos recursos en la UE son escasos y están en decrecimiento, lo que puede conllevar que en un periodo de tiempo estos alcancen niveles cercanos al 100%.

Adicionalmente, las variaciones en el precio de ambas fuentes tienen grandes efectos en los ciudadanos. A pesar de que las cantidades que se demandarán serán menores debido a un descenso de su consumo y a una mayor eficiencia, este se verá compensado por la subida en los precios debido a la disminución de las reservas globales. Según estudios recientes, las reservas globales del petróleo se estiman que tengan una duración de 50-80 años, dependiendo de los niveles de consumo (Owen et al., 2010). Esto conllevaría una subida de precios según fueran avanzando los años. El estudio de referencia asume una subida de precios cercana al 112 %.

Estas cifras no asumen el impacto de la guerra de Ucrania y, por lo tanto, no miden el efecto que pueda tener las futuras relaciones de la UE con los países importadores. Los principales estados con reservas de petróleo en la actualidad, es decir, con capacidad de mantener una línea de suministro durante un periodo largo de tiempo son: Venezuela, Arabia Saudí, Canadá, Irán, Iraq, Rusia, Kuwait, Emiratos Árabes, Estados Unidos y Libia. Por otro lado, aquellos estados con mayores reservas de gas natural son Rusia, Irán, Qatar, Turkmenistán, Estados Unidos, Venezuela, Arabia Saudí, Emiratos Árabes Unidos, Nigeria y Argelia (Satista, 2023). Estos estados dificultan la capacidad de la UE de diversificar sus fuentes y generan un problema en la seguridad energética de los países miembros.

Antes esta situación, la UE debe centrarse en mejorar sus relaciones institucionales con países de Oriente Medio (Arabia Saudí, Qatar, Emiratos Árabes Unidos), de América

del Norte (Canadá y Estados Unidos) y de África (Argelia). En este escenario, dichos estados deben constituir una prioridad para la UE, con el objetivo de no convertirse en una situación de vulnerabilidad. Asimismo, la UE debería replantear su relación con terceros países que no supongan una amenaza para la seguridad nacional. Entre ellos, estaría Venezuela, quien en un largo plazo se podría convertir en un aliado esencial, pero cuya situación política complica las relaciones diplomáticas y las actividades económicas.

No obstante, a pesar de la elevada dependencia de los países del petróleo y el gas natural, la ratio de importaciones global disminuiría al 50% gracias al aumento de las energías renovables. En este escenario, dentro de dicha fuente energética, destaca ampliamente el elevado consumo de biocombustibles, como fuente transitoria hasta que la energía eólica *offshore* obtenga más capacidad. Estos pueden tener efectos negativos como un aumento en el precio de los alimentos cuyas consecuencias pueden ser demoledoras para los ciudadanos, y, por lo tanto, requerirán de ayudas que permitan hacerlo competitivos (EPA, 2013). Todo esto, puede encarecer su implementación repercutiendo indirectamente en los ciudadanos.

4.1.3. Conclusiones del escenario pesimista

El escenario de referencia de la UE en 2020 son unas proyecciones pesimistas del consumo y de la evolución tecnológica de la UE. La principal premisa son las políticas implementadas en 2020, las cuales no tenían en consideración los efectos de la guerra de Ucrania. Además, no se asumían ninguna modificación ni ampliación de dichas políticas en los años siguientes, sino que se realizan las proyecciones con las evoluciones de mercado.

Ante esta situación pesimista, la UE se enfrentaría a un grado elevado de dependencia. El gas y el petróleo son recursos limitados controlados por estados con gobiernos inestables y ajenos a los valores de la UE. Para hacer frente a esta situación, la UE tendría que reforzar lazos con aquellos estados con mayores similitudes como son Estados Unidos y Canadá, al mismo tiempo, que tendrían que reducir la aplicación del artículo 2.1 del Tratado de la Unión Europea en la relación con otros estados.

Al no haber conseguido reducir su dependencia de ambas fuentes, la UE debería modificar sus prioridades y permitir relaciones con aquellos países que no cumplen los valores de la unión pero que tampoco suponen ninguna amenaza para la seguridad

nacional. Por ejemplo, después de la guerra de Ucrania se ha evidenciado que Rusia no debe ser uno de los principales exportadores ya que supone una amenaza para la seguridad de los vecinos de la unión. No obstante, otros países de oriente medio, los cuales no comparten los valores de la unión, pero cuyas acciones no amenazan la integridad ni seguridad de los ciudadanos europeos podrían convertirse en aliados (siempre manteniendo una posición diversificada, y nunca alcanzando el 50% de las importaciones que representaba Rusia en 2020). En conclusión, ante la dependencia frente a los recursos limitados, se recomendaría la aplicación de una visión más pragmática desde el punto de vista de las relaciones internacionales.

Para ello, se debería de reforzar la infraestructura de la Unión, permitiendo una mejor integración de los distintos mercados de los países miembros, reforzando la instalación de puntos de conexión de gas licuado y aumentando la capacidad de reservas para hacer frente a situaciones de crisis.

En este escenario destaca el escaso consumo de hidrogeno. Al haberse realizado las proyecciones en 2020, previo a la crisis de Ucrania, y con las políticas vigentes en ese momento, este dato ejemplifica la ausencia de incentivo que existía para utilizar esta tecnología. Aunque en la actualidad gracias a la guerra de Ucrania se han implementado medidas para fomentar su producción, el escenario refleja que es un elemento esencial, ya no solo para conseguir la neutralidad climática sino también para reducir la dependencia energética de la unión.

4.1. Escenario conservador: la energía renovable

El escenario conservador se ha desarrollado siguiendo los datos obtenidos del estudio realizado por la consultora Mckinsey en 2010, con el objetivo de investigar la transformación eléctrica en la Unión Europea.

4.2.1. Asunciones y *mix* energético del escenario optimista

El estudio de McKinsey estima un crecimiento del PIB en la UE del 1,8%, similar a otras proyecciones realizadas. Sin embargo, la población de la UE se calcula que tendrá un ritmo de crecimiento negativo decreciendo de 494 millones de habitantes a 476 millones (Vahlenkamp & Feldhaus, 2010).

Al ser un estudio realizado previo a la introducción del *green deal*, en las asunciones no se enuncian las políticas del momento de la UE, sino aquellas medidas necesarias para alcanzar las emisiones neutras en 2050. Entre estas medidas destacan las siguientes:

- Los objetivos de mejora en la eficiencia del consumo y producción de las distintas fuentes energéticas. El estudio proyecta una mejora de la eficiencia del 2% anual.
- Una mayor electrificación de la UE, así como una mejora en las conexiones entre los diferentes estados miembros (Vahlenkamp & Feldhaus, 2010).
- La inversión en las siguientes tecnologías: nuclear, solar, eólica, biomasa, geotérmica y sistema de captura de CO₂. En las proyecciones no se recurre a ninguna tecnología que no se estuviese trabajando en el momento de su publicación (Vahlenkamp & Feldhaus, 2010).
- La estimación del consumo de energía nuclear se basa en una producción neutra en los estados que en su momento declararon su paralización como es el caso de Alemania. Asimismo, se estima una producción constante en los siguientes estados miembros: Portugal, Irlanda, Austria, Noruega, Grecia, Luxemburgo, Malta, Chipre, Estonia y Letonia (Vahlenkamp & Feldhaus, 2010).
- Se cumple con la ley del cambio climático, ya que a pesar de no estar en vigor en el momento que se realizó el estudio, este lo establece como un objetivo a seguir (Vahlenkamp & Feldhaus, 2010).

Con estas asunciones Mckinsey proyecta que el consumo total de la energía disminuirá. No obstante, la producción eléctrica incrementará en un 40% entre 2020 y 2050, siendo el 90 % de esta energía renovables (Vahlenkamp & Feldhaus, 2010).

En 2050 el *mix* energético estará compuesto por alrededor de un 84% de energía limpia, la cual en el informe categorizan dentro de este concepto a las energías renovables y la nuclear. El gas se mantendría como una de las principales fuentes de combustibles con un 13%, mientras que el petróleo y el carbón representarán un 3% y 1% respectivamente. Por lo tanto, en este escenario se mantiene el descenso del carbón y petróleo, ya que la demanda sufre una caída del casi el 30% y el 10% desde 2020 (Vahlenkamp & Feldhaus, 2010). Ambas fuentes se proyectan que aumenten su ritmo de decrecimiento a partir de 2040, generando posibles problemas en las compañías que produzcan este tipo de materia primas. El gas natural también sufrirá un descenso

pronunciado debido a que pasará de representar un 24% en la actualidad a un 13% en 2050 (Vahlenkamp & Feldhaus, 2010).

Las dos principales fuentes serán la energía renovable y la nuclear. Su uso se implementará principalmente para la producción de electricidad, donde la energía nuclear representará el 42% y las renovables el 32% (lideradas por la energía eólica, la biomasa y la solar) (Vahlenkamp & Feldhaus, 2010).

A pesar de que los combustibles fósiles contaminantes representarán el 4% del total de la demanda, el escenario alcanzaría la neutralidad de las emisiones de CO₂ en 2050 gracias al uso de la tecnología como la captura de CO₂ (Vahlenkamp & Feldhaus, 2010).

4.2.2. Nuevos escenarios de dependencia del escenario conservador

El escenario desarrollado por la consultora Mckinsey detalla las proyecciones de un escenario conservador, por el que la fuente predominante en el futuro *mix* energético de la UE serán la energía nuclear y la renovable. Esto permite reducir los niveles de dependencia a una cifra aproximada del 80% (Vahlenkamp & Feldhaus, 2010). Sin embargo, a pesar de la disminución de los niveles de dependencia por la caída de los combustibles, la UE seguirá teniendo que considerar posibles consecuencias derivadas de un consumo tan elevado de energía nuclear.

En primer lugar, las centrales nucleares en Europa llevan en declive numerosos años. Las políticas de los estados que han ido implementando a lo largo de los últimos años, incentivados por el miedo generalizado en la ciudadanía a causa de los recientes accidentes nucleares, han llevado a la ausencia de nuevas centrales en la UE (Corner et al., 2011). Con la guerra de Ucrania, la Unión se encuentra en una situación de conflicto, ya que, en caso de que la energía renovable no alcance los niveles tecnológicos, se ha evidenciado que el gas natural es una fuente de la que los países miembros quedarían muy dependientes y se pondría en riesgo la seguridad energética (Campbell, 2022). Por lo tanto, se requiere de otra alternativa que permita contrarrestar posibles errores o fallos en las proyecciones de la energía renovable.

Este escenario describe la energía nuclear como la mejor alternativa ante dicha situación. No obstante, en caso de tener que recurrir a esta fuente, la UE tendría que hacer frente a un problema. Actualmente, la edad media de las centrales nucleares en Europa es de 39 años, y la vida útil de estas es de 40, prorrogables hasta los 50-60 años (Biol, 2019).

Ante la incertidumbre de cómo gestionar esta fuente de energía, y porque es más económico, la Unión está renovando todas sus centrales para prorrogarlas hasta los 50-60 años de vida útil (Biol, 2019). Mientras esta solución es válida a corto plazo, a largo plazo genera un periodo de incertidumbre si se alcanza el fin de la vida útil de las centrales nucleares y la unión no ha alcanzado el desarrollado suficiente para depender de la energía renovable.

En esta situación la UE se vería obligada a construir nuevas centrales nucleares, las cuales requieren de una inversión elevada y, por lo tanto, encarecerían el precio de la energía generando una crisis energética.

El segundo problema que conlleva la producción de energía nuclear es la elevada electrificación que se requiere. Como se ha mencionado antes, el consumo de electricidad aumentaría un 40%, obligando a reformar e intensificar las actuales instalaciones (Vahlenkamp & Feldhaus, 2010). Esto puede generar vulnerabilidades a efectos adversos del clima y a ciberataques como el que sufrió Estados Unidos recientemente.

En último lugar, la UE generaría una nueva dependencia con aquellos países exportadores de uranio (Kazajistán, Canadá, Sudáfrica, Brasil, China, Ucrania, Tanzania, Uzbekistán, Mongolia y Rusia) (Statista, 2019). Es importante destacar que el grado de dependencia sería menor que el de los combustibles fósiles, debido a que es un recurso más abundante y con un efecto menor en el precio final de la electricidad.

4.2.3. Conclusiones del escenario conservador

A pesar de que el escenario planteado por la consultora Mckinsey se elaboró en 2010 y no incluye asunciones como el objetivo de España de reducir la energía nuclear, tampoco analiza las consecuencias derivadas de la guerra de Ucrania. Por lo tanto, es un escenario realista dentro de los parámetros contemplados.

La reducción del consumo de combustibles favorece a la UE, ya que sus niveles de producción son casi inexistentes y, por lo tanto, disminuye la ratio de importación. En este escenario, el principal riesgo para su seguridad es la propia Unión. La ausencia de una política común que permita establecer unos objetivos claros y precisos sobre cómo poder gestionar el consumo de esta fuente genera incertidumbre, y provoca la toma de decisiones a corto plazo sin considerar las repercusiones en la seguridad de la Unión a largo plazo (Pampel, 2011).

En la actualidad, la Unión se encuentra ampliamente dividida entre países como Francia, Finlandia o estados del centro este, los cuales tienen el conocimiento y la tecnología para poder desarrollar una política de energía nuclear fuerte a nivel nacional, frente a Alemania, Portugal o España que ven a la energía nuclear como un peligro para la seguridad de sus ciudadanos por los residuos que genera (Pampel, 2011). Ante esta situación la Unión debe encontrar una posición en común.

Por un lado, debe garantizar un porcentaje mínimo de producción de energía nuclear, ya que todo escenario considera que al menos la energía nuclear mantendrá los niveles de consumo actuales (con la guerra en Ucrania se ha demostrado que la energía nuclear es mejor alternativa que el gas natural). Para ello, la UE deberá financiar programas de desarrollo nuclear que le permitan construir nuevas centrales o renovar las existentes. Esto requiere de elevadas inversiones, las cuales si no son suplementadas con ayudas de la Unión podrá afectar al precio del mercado eléctrico.

Por otro lado, la Unión tendrá que invertir en la investigación de los reactores de pequeño tamaño que otorgarán flexibilidad para adaptarse a pequeños desajustes en la oferta y demanda del mercado eléctrico. Estos instrumentos serán esenciales cuando los reactores de la UE alcancen el final de su vida útil, sin capacidad de renovación, y con la energía renovable no habiendo conseguido el desarrollo tecnológico para satisfacer la demanda. En esta situación, este instrumento otorgará flexibilidad a la Unión ya que no requieren de una elevada inversión inicial y permiten hacer frente a desajustes temporales. China es uno de los principales estados con mayor inversión en centrales nucleares (la edad media de sus centrales nucleares es de 8 años) (Biol, 2019). Por lo tanto, en el caso de que la Unión Europea no aumente la inversión en innovación de esta tecnología, se puede convertir en dependiente del país asiático a nivel de producción y suministro.

Por último, la Unión deberá asegurar que toda la electrificación necesaria para poder realizar la transición energética se realice de manera ordenada y segura. La implementación de este escenario requerirá de una elevada inversión en infraestructura que potencie la conexión de todos los sistemas eléctricos de los estados miembros. Esto puede conllevar problemas en la seguridad comunes a todos los países como, por ejemplo, un ciberataque. Con el objetivo de evitar esta situación, la Unión deberá establecer unos criterios comunes de construcción y mantenimiento que minimicen los posibles riesgos (Bailey et al., 2020).

4.3. Escenario optimista: la energía renovable

Los siguientes datos se han obtenido basándose en el escenario desarrollado por la Agencia Internacional de la Energía en 2021 para alcanzar cero emisiones en 2050, siguiendo el objetivo de limitar la temperatura global a 1,5 ° C en 2050, tal y como fue establecido en el Tratado de París. Este escenario también contó con la colaboración de la Comisión Europea.

4.3.1. Asunciones y *mix* energético del escenario optimista

El siguiente escenario estima un ritmo de crecimiento de la población mundial del 0,4%. No obstante, en la UE se mantiene constante con una población de 450 millones de habitantes. El PIB mundial crece 2,6% entre 2020 y 2050, aunque en la UE este se reduce al 1,4% durante el mismo periodo (IEA, 2021).

Las políticas mencionadas anteriormente y que el escenario asume son las siguientes:

- Adopción de objetivos como la ley del clima, por la que se asume una reducción de las emisiones netas del 55% para 2030 en comparación con los niveles de 1990 (IEA, 2021).
- La adopción de medidas como la inversión en infraestructuras para conectar los mercados intra europeos y permitir una mayor flexibilidad en el consumo eléctrico. Asimismo, el desarrollo de nuevas tecnologías como el hidrogeno, la energía eólica *offshore*, y la captura de CO₂ (IEA, 2021).
- La cooperación internacional y la plena solidaridad de todos los estados miembros (IEA, 2021).
- La asunción de una transición justa y equitativa, por la que se consideran todos los agentes (estados, regiones, comunidades) afectados por la transición y teniendo en cuenta cada una de las capacidades de los estados miembros (IEA, 2021).

En cuanto al consumo total de energía final, se reduce un 8% en 2050 respecto al 2020. Esto se debe a una mayor eficiencia de las fuentes energéticas y del consumo. Asimismo, debido a unas mejoras en la infraestructura y en los puntos de conexión, el consumo de electricidad aumenta un 20% frente a 2020 (IEA, 2021).

Por lo tanto, el *mix* energético en 2030 de la UE se estima que esté compuesto por la energía renovable, principalmente eólica y solar (30%), los productos derivados del petróleo (28%), el gas natural (23%), la energía nuclear (12%) y el carbón (6%) (IEA, 2021). Estas proyecciones continúan con el descenso del petróleo y del carbón, especialmente de este último debido al cierre de las fábricas de producción de los países europeos. Adicionalmente, este estudio proyecta una caída del 7% del petróleo marcando un elevado ritmo de decrecimiento (Eurostat, 2022d).

Las energías renovables experimentan un elevado crecimiento, especialmente la energía solar y eólica, incrementando de un 17% en 2020 a un 30% en 2030 (IEA, 2021). Por último, la energía nuclear y el gas natural mantienen cierta estabilidad durante ambos años.

En 2050 se prevé una caída del petróleo, el cual desciende a un 8%, del gas natural, con un consumo de un 11% y del carbón que apenas representa un 3%. Por otro lado, la energía renovable aumenta considerablemente duplicando su consumo con un 67% (IEA, 2021). Dentro de la energía renovable, aumenta la energía solar y eólica, pero también incrementan los biocombustibles y la energía hidráulica. Finalmente, la energía nuclear se mantiene constante representando un 11% del consumo (IEA, 2021).

Para obtener unas emisiones cero, el escenario contempla el uso de nuevas tecnologías como la captura y almacenamiento de CO₂ en aquellos sectores con amplias complejidades para la descarbonización. En 2050 la implementación de esta tecnología permite la reducción de un 19% del total de las reducciones de las emisiones (IEA, 2021)

4.3.2. Nuevos escenarios de dependencia del escenario optimista

El escenario desarrollado por la Agencia Internacional de Energía contempla una serie de proyecciones optimistas, que beneficiarían la seguridad y dependencia de los estados. La demanda de productos derivados del petróleo, el carbón y el gas natural experimentarían una elevada reducción en la demanda que pasaría de 900 millones de barriles al día en 2020 a 24 millones de barriles en 2050 (IEA, 2021). En consecuencia, el precio por barril sufriría una caída a niveles nunca registrados históricamente.

Mientras este descenso de la demanda y aumento de la oferta beneficia a los estados, ya que reduce la dependencia frente a los países exportadores de petróleo y permite reducir el precio de los combustibles, también puede tener consecuencias inesperadas. Un

aumento drástico de la demanda y, por lo tanto, del precio, puede conllevar grandes consecuencias en aquellos países cuyas balanzas de exportación son altamente dependientes de las exportaciones del petróleo (Venezuela, Qatar, Emiratos Árabes Unidos, Arabia Saudí...) (IEA, 2021).

Al reducir tanto el precio, debido a un aumento de la oferta, puede generar revueltas o movimientos sociales que desestabilicen el país y la región, poniendo en riesgo el suministro de combustibles. Aunque, el petróleo, el gas y el carbón representen una pequeña parte del *mix* energético, su consumo sigue siendo fundamental para mantener industrias de alto grado de importancia e incluso para poder suministrar otras fuentes energéticas (IEA, 2021). Por ello, la paralización del suministro de los combustibles puede producir crisis energéticas de grandes dimensiones.

Al mismo tiempo, el nuevo *mix* energético tiene un elevado consumo de energías renovables. A pesar de que la demanda de las energías renovables se produce dentro de la UE (será esencial un sistema óptimo de conexión intra europeo y la mejora del mercado regional), la construcción de esta infraestructura puede generar nuevas dependencias.

El COVID-19 fue un ejemplo de cómo muchos estados son dependientes de las placas solares que se producen en China, ya que la pandemia paralizó muchos proyectos debido al cierre de fronteras (Biurrun, 2023). La eficiencia de los paneles y el precio hacen que la tecnología China sea altamente demandada. No obstante, esto sitúa a la UE en una posición vulnerable, sobre todo cuando los productos que importa son de obligado cumplimiento (actualmente existen directivas y reglamentos que obligan a alcanzar determinados objetivos de consumo renovable).

Otro de los elementos que pueden generar niveles de dependencia y problemas en el mercado energético es el suministro de materias primas esenciales como litio, cobalto y cobre, cuya demanda se espera que en 2050 aumente aproximadamente 40 veces la actual (IEA, 2021). El único país miembro que tiene reservas de litio es Portugal, aunque sus reservas no son suficientes para abastecer a la UE. Por lo tanto, la unión deberá importar la mayoría de litio que se requiera de países como Australia, Chile, China, Argentina y Brasil (Bhutada, 2023). Sin embargo, a diferencia de la situación de los combustibles estos elementos son más abundantes en el planeta y los países exportadores mantienen buenas relaciones diplomáticas con la UE.

4.3.3. Conclusiones del escenario optimista

El escenario de la Agencia Internacional de la Energía contempla situaciones optimistas en comparación con las otras proyecciones, es más, el grado de estas proyecciones es tan optimista que el 46% de la tecnología necesaria para conseguir los objetivos establecidos en este escenario (biocombustibles, captura de CO₂, hidrógeno...) todavía no ha sido completamente desarrollada. Por lo tanto, el principal reto de la UE actualmente es invertir en investigación con el objetivo de aumentar la tecnología disponible para poder alcanzar sus objetivos. Este reto todavía está lejos de ser afrontado ya que, ejemplificando, una de las tecnologías que es fundamental para poder cumplir con este escenario es la captura de CO₂ a la que la UE solamente le dedica un 4% en su presupuesto de investigación (Lepsa, 2015).

Adicionalmente, con el objetivo de reducir la dependencia a tecnologías producidas por otros estados, la UE debe garantizar la retención de talento, así como que la innovación se produzca por compañías y ciudadanos europeos. Según un informe de la OCDE, la mayoría de los países miembros patentaron mayores inventos que la media global, no obstante, todavía existen algunos miembros como Irlanda, Polonia o Italia que están por detrás de la lista (Cervantes et al., 2023), cuando se patenta una nueva tecnología es esencial que la parte de la producción se mantenga en la UE para garantizar una independencia y evitar situaciones como la actual dependencia de las placas solares producidas en China. Para ello, la UE debe proteger a las compañías renovables europeas a través de políticas fiscales y comerciales que eliminen las diferencias competitivas y hagan frente a las desigualdades producidas por subsidios otorgados por terceros países (Biurrun, 2023).

Otro de los retos que la UE debe afrontar es la transición justa y sostenible, incluyendo todos los estados, ya sean miembros o simplemente países afectados. Para evitar la situación descrita previamente, la UE deberá otorgar ayudas a aquellos estados que se vean afectados por la caída del precio del petróleo, en especial los más vulnerables y dependientes, así como garantizar un precio ordenado y justo, garantizando una transición sostenible. De este modo, la UE reduce el riesgo de marcadas subidas en el precio del petróleo, el cual será esencial para determinadas industrias que no podrán consumir fuentes alternativas.

Finalmente, la UE deberá reforzar sus alianzas con aquellos estados con elevadas reservas de litio y otros minerales esenciales para la transición. Entre ellos se encuentra Australia, Chile y Argentina con los que la UE mantiene una relación cercana, y, por lo tanto, debe mantener y asegurar acuerdos y tratados que aseguren un suministro a costes razonables. Adicionalmente, la UE deberá reforzar la innovación en materia de reciclaje de baterías, ya que será uno de los principales medios a los que poder hacer frente a la dependencia de otros estados. También, se deberá garantizar que la extracción de estos minerales no ocasiona ningún efecto tanto en el medio ambiente como en la estabilidad regional. Por ello, se deberá evitar situaciones como las existentes en Congo, país que se ha envuelto en conflictos armados por la producción de coltán (Sutherland, 2011).

5. Conclusiones finales

Durante los últimos años, la Unión Europea ha disminuido su consumo de carbón y petróleo, y ha incrementado el uso de gas natural para compensar esta reducción. A su vez, las políticas del Pacto Verde Europeo han fomentado el aumento de energías renovables en el mix energético. Sin embargo, tanto la crisis del COVID-19 como la guerra de Ucrania han puesto en evidencia la alta dependencia energética de la UE en Rusia, lo que representa un riesgo para la seguridad energética.

Después de analizar tres proyecciones distintas del consumo energético en 2050, se han alcanzado tres conclusiones. En primer lugar, el uso del gas natural como fuente energética no se presenta como una opción viable para la Unión Europea. La crisis provocada por la guerra en Ucrania ha puesto de manifiesto la peligrosa dependencia de la UE de países con una situación política e institucional inestable. En caso de que el gas natural se convierta en la principal fuente de energía de la UE, ésta se encontraría en una situación vulnerable frente a estados que no compartan sus valores. Esta situación obligaría a la Unión a replantear los principios que rigen su política exterior, lo que sería interpretado como un retroceso histórico.

Por lo tanto, es evidente que el uso del gas natural no es una alternativa viable para garantizar la seguridad energética de la Unión Europea. El escenario de referencia elaborado por la UE, basado en las políticas implementadas en 2020, deja claro que dichas medidas no son suficientes para proteger a los ciudadanos de la UE. Es necesario buscar otras fuentes de energía más estables y sostenibles que permitan garantizar la seguridad energética de la UE a largo plazo. Con este fin, la UE debe fortalecer las políticas que

incentiven la energía renovable, aumentando la ambición del Pacto Verde Europeo y convirtiendo las políticas en directivas y reglamentos de obligatorio cumplimiento para todos los estados miembros. Asimismo, la Unión debe fortalecer la financiación de la transición energética supervisando su implementación e incentivando la innovación.

No obstante, es importante señalar que el gas natural no desaparecerá del consumo, especialmente durante el proceso de transición hacia un *mix* energético más sostenible. En consecuencia, la Unión Europea debe garantizar un suministro mínimo estable con los estados que compartan los mismos valores de la Unión y, para ello, necesita reforzar su infraestructura de gas licuado, así como aumentar sus capacidades de reserva.

En segundo lugar, la energía nuclear es una fuente que proporcionaría seguridad energética, pero sobre la que no existe consenso generalizado para su implementación. La Unión Europea está ampliamente dividida en cuanto al desarrollo de esta tecnología, lo que lleva a la conclusión de que no es una opción completamente viable para reemplazar a los combustibles fósiles. No obstante, la mayoría de las proyecciones indican que la energía nuclear mantendrá una presencia similar al *mix* actual. Por lo tanto, la Unión debe garantizar unos niveles de suministro, incentivando la innovación en este ámbito y regulando la construcción y cierre de plantas nucleares. De lo contrario, existe un riesgo significativo de generar periodos de crisis energéticas y dependencia con China para la construcción de nuevos reactores.

Por último, la energía renovable presenta ventajas significativas como la reducción de la dependencia de los combustibles fósiles y la promoción de alternativas sostenibles. Sin embargo, es necesario reconocer que aún existe un amplio margen para el desarrollo tecnológico en esta área. En particular, la energía eólica offshore, la biomasa y las baterías requieren mayor fortalecimiento para maximizar su potencial.

Asimismo, la producción masiva de esta tecnología conlleva la extracción de minerales esenciales como el litio y el cobalto lo que generaría un nuevo espacio geopolítico, pero, a diferencia de la producción del petróleo y del gas natural, la UE mantiene una relación cercana con los principales países con mayores reservas de estos minerales. Para evitar que ese nuevo espacio geopolítico se convierta en un peligro para la seguridad de la Unión, se debe establecer políticas y acuerdos internacionales que fomenten la producción responsable y sostenible, el acceso justo, así como la investigación del reciclaje y el nuevo uso de tecnologías que reduzcan la dependencia.

En conclusión, la transición energética requiere la utilización de todas las tecnologías disponibles, a pesar de que la gran mayoría de ellas aún no han alcanzado su máximo potencial de desarrollo. La característica renovable de estas tecnologías representa una ventaja significativa al favorecer la reducción de la dependencia de los combustibles fósiles y mejorar la seguridad energética de los ciudadanos de la Unión Europea.

No obstante, es importante reconocer que la eliminación completa de los niveles de dependencia no es posible, ya que la transición energética puede generar nuevos escenarios geopolíticos que requieren que la UE se anticipe a los acontecimientos y establezca acuerdos y tratados para asegurar un suministro constante de energía. Es de vital importancia que la UE esté preparada para enfrentar estos retos y trabaje conjuntamente con países y organizaciones internacionales para garantizar la estabilidad del suministro energético a largo plazo.

6. Referencias

- Alves Dias, P., Kanellopoulos, K., Medarac, H., Kapetaki, Z., Miranda-Barbosa, E., Shortall, R., Czako, V., Telsnig, T., Vazquez-Hernandez, C., Lacal Arantegui, R., Nijs, W., González-Aparicio, I., Trombetti, M., Mandras, G., Peteves, S., & Tzimas, E. (2018). *EU coal regions: Opportunities and challenges ahead*. Recuperado el 10 de abril de 2023 de <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC112593>
- Atay Alam, H., Kottasová, I., Dewan, A. & Ramirez, R. (2022). *European Parliament says natural gas projects can be considered 'green' for investments*. CNN. Recuperado el 10 de abril de 2023 de <https://www.cnn.com/2022/07/06/world/eu-votes-natural-gas-nuclear-green-sustainable-climate/index.html>
- Bailey, T., Maruyama, A., & Wallance, D. (2020). *The energy-sector threat: How to address cybersecurity vulnerabilities*. Mckinsey. Recuperado el 10 de abril de 2023 de <https://www.mckinsey.com/capabilities/risk-and-resilience/our-insights/the-energy-sector-threat-how-to-address-cybersecurity-vulnerabilities>
- BBC. (2022). *Climate change: EU moves to label nuclear and gas as sustainable despite internal row*. BBC News. Recuperado el 10 de abril de 2023 de <https://www.bbc.com/news/world-europe-60229199>
- Bhutada, G. (2023). *This chart shows which countries produce the most lithium*. Recuperado el 10 de abril de 2023 de <https://www.weforum.org/agenda/2023/01/chart-countries-produce-lithium-world/>
- Birol, F. (2019). *Nuclear power in a clean energy system*. Recuperado el 10 de abril de 2023 de:

[https://iea.blob.core.windows.net/assets/ad5a93ce-3a7f-461d-a441-8a05b7601887/Nuclear Power in a Clean Energy System.pdf](https://iea.blob.core.windows.net/assets/ad5a93ce-3a7f-461d-a441-8a05b7601887/Nuclear_Power_in_a_Clean_Energy_System.pdf)

Biurrun, P. (2023). *Siemens gamesa alerta del asalto chino a la eólica, ¿estamos a tiempo?* Expansión. Recuperado el 10 de abril de 2023 de: <https://www.expansion.com/economia-sostenible/2022/10/20/634fe6a9e5fdeae33f8b45ea.html>

Campbell, C. (2022). *As putin threatens nuclear disaster, europe learns to embrace nuclear energy again*. Time. Recuperado el 10 de abril de 2023 de: <https://time.com/6169164/ukraine-nuclear-energy-europe/>

Cervantes, M., Criscuolo, C., Dechezleprêtre, A., & Pilat, D. (2023). *OECD science, technology and industry policy papers*. Recuperado el 10 de abril de 2023 de: https://www.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/driving-low-carbon-innovations-for-climate-neutrality_8e6ae16b-en;jsessionid=XsgSYfKEaalzaSw5LVMeoNKbz1-qOEo8mF9SgwxU.ip-10-240-5-176

Comisión Europea. (2023a). *European Climate Law*. Recuperado el 10 de abril de 2023 de: https://climate.ec.europa.eu/eu-action/european-green-deal/european-climate-law_en

Comisión Europea. (2023b). *Tipos de legislación*. Recuperado el 10 de abril de 2023 de: https://european-union.europa.eu/institutions-law-budget/law/types-legislation_es

Corner, A., Venables, D., Spence, A., Poortinga, W., Demskei, C., & Pidgeon, N. (2011). *Nuclear power, climate change and energy security: Exploring british public attitudes*. Recuperado el 10 de abril de 2023 de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421511004939>

- Di Bella, G., Flanagan, M., Foda, K., Maslova, S., Pienkowski, A., Stuermer, M., & Toscani, F. (2022). *Natural gas in europe*. IMF Working Paper. Recuperado el 10 de abril de 2023 de: <https://www.imf.org/en/Publications/WP/Issues/2022/07/18/Natural-Gas-in-Europe-The-Potential-Impact-of-Disruptions-to-Supply-520934>
- Dilaver, O., Dilaver, Z., & C.Hunt, L. (2014). *What drives natural gas consumption in europe? analysis and projections - ScienceDirect*. Journal of Natural Gas Science and Engineering. Recuperado el 10 de abril de 2023 de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1875510014000870>
- EPA. (2013). *Economics of biofuels*. Recuperado el 10 de abril de 2023 de: <https://www.epa.gov/environmental-economics/economics-biofuels>
- EU. (2022). *European Green Deal*. Recuperado el 10 de abril de 2023 de: <https://www.consilium.europa.eu/en/policies/green-deal/>
- European Commission. (2023a). *Coal regions in transition*. Recuperado el 10 de abril de 2023 de: https://energy.ec.europa.eu/topics/oil-gas-and-coal/eu-coal-regions/coal-regions-transition_en
- European Commission,. (2023b). *EU strategy on energy system integration*. Recuperado el 10 de abril de 2023 de: https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-systems-integration/eu-strategy-energy-system-integration_en
- European Commission. (2021). *Quarterly report on European gas markets*. Market Observatory for Energy DG Energy, 14(4). Recuperado el 10 de abril de 2023 de: https://energy.ec.europa.eu/system/files/2022-04/Quarterly%20report%20on%20European%20gas%20markets_Q4%202021.pdf
- European Council. (2023). *Impact of Russia's invasion of Ukraine on the markets: EU response*. Recuperado el 10 de abril de 2023 de:

<https://www.consilium.europa.eu/en/policies/eu-response-ukraine-invasion/impact-of-russia-s-invasion-of-ukraine-on-the-markets-eu-response/>

Eurostat. (2022a). *Coal production and consumption statistics*. Recuperado el 10 de abril de 2023 de: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Coal_production_and_consumption_statistics

Eurostat. (2022b). *Energy consumption in households*. Recuperado el 10 de abril de 2023 de: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Energy_consumption_in_households

Eurostat. (2022c). *Energy statistics - an overview*. Recuperado el 10 de abril de 2023 de: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Energy_statistics_-_an_overview

Eurostat. (2022d). *EU energy mix and import dependency*. Recuperado el 10 de abril de 2023 de: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=EU_energy_mix_and_import_dependency

Eurostat. (2022e). *EU's industries dependent on electricity and natural gas - products eurostat news - eurostat*. Recuperado el 10 de abril de 2023 de: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/w/DDN-20221202-2>

Eurostat. (2022f). *Green energy products 2020: EU imports exceed exports*. Recuperado el 10 de abril de 2023 de: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/-/ddn-20211202-1>

Eurostat. (2022g). *Natural gas supply statistics*. Recuperado el 10 de abril de 2023 de: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Natural_gas_supply_statistics

- Eurostat. (2022h). *Nuclear energy statistics*. Recuperado el 10 de abril de 2023 de: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Nuclear_energy_statistics
- Eurostat. (2022i). *Oil and petroleum products - a statistical overview*. Recuperado el 10 de abril de 2023 de: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Oil_and_petroleum_products_-_a_statistical_overview
- Eurostat. (2022j). *Renewable energy on the rise: 37% of EU's electricity*. Recuperado el 10 de abril de 2023 de: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/-/ddn-20220126-1>
- Eurostat. (2022k). *Shedding light on energy in the EU: Where does our energy come from?*. Recuperado el 10 de abril de 2023 de: <https://ec.europa.eu/eurostat/cache/infographs/energy/bloc-2a.html>
- Eurostat. (2023a). *International trade in products related to green energy*. Recuperado el 10 de abril de 2023 de: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=International_trade_in_products_related_to_green_energy
- Eurostat. (2023b). *Renewable energy statistics*. Recuperado el 10 de abril de 2023 de: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Renewable_energy_statistics
- Felsenthal, M., & Young, D. (2021). *El impacto de la COVID-19 sobre los mercados de productos básicos se hace notar principalmente en los precios de la energía; es probable que la demanda de petróleo se siga contrayendo después de 2021*. World Bank. Recuperado el 10 de abril de 2023 de: <https://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2020/10/22/impact-of-covid->

[19-on-commodity-markets-heaviest-on-energy-prices-lower-oil-demand-likely-to-persist-beyond-2021](#)

FETTING, C. (2019). *The european green deal. ESDN Repor.* Recuperado el 10 de abril de 2023 de: https://www.esdn.eu/fileadmin/ESDN_Reports/ESDN_Report_2_2020.pdf

IEA. (2021). *Net zero by 2050 A roadmap for the global energy sector.* Recuperado el 10 de abril de 2023 de: https://iea.blob.core.windows.net/assets/deebef5d-0c34-4539-9d0c-10b13d840027/NetZeroBy2050-ARoadmapfortheGlobalEnergySector_CORR.pdf

IEF. (2020). *The coronavirus and its impact on the energy sector.* Recuperado el 10 de abril de 2023 de: <https://www.ief.org/resources/files/news/analysis-reports/ief-insight-brief---the-coronavirus-and-its-impact-on-the-energy-sector.pdf>

Investing.com. (2023). *Precio Uranio hoy | Cotización Uranio - Investing.com.* Recuperado el 10 de abril de 2023 de: <https://es.investing.com/commodities/uranium-futures>

Jakob Feveile, A., Friderike, K., Tobias, S., & Eliza, L. (2022). *The impact of the war in ukraine on euro area energy markets.* Recuperado el 10 de abril de 2023 de: https://www.ecb.europa.eu/pub/economic-bulletin/focus/2022/html/ecb.ebbox202204_01~68ef3c3dc6.en.html

Kavalov, B., & Peteves, S. (2015). *The future of coal.* Recuperado el 10 de abril de 2023 de: <https://core.ac.uk/download/pdf/38614323.pdf>

Keppler, J. (2010). *How competitive is nuclear energy?* NEA News, (28.1). Recuperado el 10 de abril de 2023 de: <https://www.oecd-nea.org/nea-news/2010/28-1/NEA-News-28-1-1-how-competitive.pdf>

- Lepsa, B. (2015). *EU R&D funding for low carbon energy technologies*. Recuperado el 10 de abril de 2023 de: <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC99158>
- LOONELA, V., RIETDORF, L. & CRESPO PARRONDO, A. (2019). *El Pacto Verde Europeo*. European Commission - European Commission. Recuperado el 10 de abril de 2023 de: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/es/ip_19_6691
- Loredana Pîrvu, E. (2020). *The european green deal – a feasible ambitious initiative?* Recuperado el 10 de abril de 2023 de: file:///C:/Users/Lucas%20Castellanos/Downloads/+JDSR+10+1+2020+final_2_68.pdf
- McGovern, M., Heald, S., & Pirie, J. (2020). *Oil dependency in the EU*. Recuperado el 10 de abril de 2023 de: https://www.transportenvironment.org/wp-content/uploads/2021/07/2020_CE_Oil_Dependency_in_EU_report.pdf
- NEA. (2020). *Uranium 2020: Resources, production and demand*. Oecd. Recuperado el 10 de abril de 2023 de: https://www.oecd-nea.org/jcms/pl_52718/uranium-2020-resources-production-and-demand
- Our World in Data. (2022). *Energy consumption by source, European Union (27)*. Our World in Data. Recuperado el 10 de abril de 2023 de: <https://ourworldindata.org/grapher/energy-consumption-by-source-and-country>
- Owen, N., Oliver, R., & King, A. (2010). *The status of conventional world oil reserves—Hype or cause for concern?* Recuperado el 10 de abril de 2023 de: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.02.026>
- Pampel, F. (2011). *Support for nuclear energy in the context of climate change: Evidence from*

- the european union*. Sage. Recuperado el 10 de abril de 2023 de: <https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/1086026611422261>
- Rodríguez, L. (2020). *Evolution of renewable energy: How energy use has changed over time* — *RatedPower*. Recuperado el 10 de abril de 2023 de: <https://ratedpower.com/blog/evolution-renewable-energy/>
- Ruxing, G., Hyo On Nam, H., & Won Il, K. (2019). *The economic competitiveness of promising nuclear energy system: A closer look at the input uncertainties in LCOE analysis*. *Energy Research*, 43(9), 3928-3958. Recuperado el 10 de abril de 2023 de: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/er.4393>
- Satista. (2023). *Leading countries by proved natural gas reserves worldwide in 2010 and 2020*. Recuperado el 10 de abril de 2023 de: <https://www.statista.com/statistics/265329/countries-with-the-largest-natural-gas-reserves/>
- Simionescu, M., Strielkowski, W., & Tvaronaviciene, M. (2020). *Renewable energy in final energy consumption and income in the EU-28 countries*. *Energies*. Recuperado el 10 de abril de 2023 de: <https://www.mdpi.com/1996-1073/13/9/2280>
- Statista. (2019). *Países con las mayores reservas de uranio 2019*. Recuperado el 10 de abril de 2023 de: <https://es.statista.com/estadisticas/635410/paises-con-las-mayores-reservas-de-uranio/>
- Sutherland, E. (2011). *Coltan, the congo and your cell phone*. Recuperado el 10 de abril de 2023 de: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1752822
- US energy Information Administration. (2012). *The nuclear fuel cycle - U.S. energy information administration (EIA)*. *Nuclear Explained*. Recuperado el 10 de abril de 2023 de: <https://www.eia.gov/energyexplained/nuclear/the-nuclear-fuel-cycle.php>

- Vahlenkamp, T., & Feldhaus, P. (2010). *Transformation of europe's power system until 2050 including specific considerations for germany*. Recuperado el 10 de abril de 2023 de: https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/dotcom/client_service/epng/pdfs/transformation_of_europes_power_system.ashx
- Van der Zwaan, B. (2008). *Prospects for nuclear energy in europe*. Int. J. Global Energy Issues, 30. Recuperado el 10 de abril de 2023 de: <https://www.inderscience.com/info/inarticle.php?artid=19858>
- Vita, A., Capros, P., & Paroussos, L. (2021). *EU reference scenario 2020*. Recuperado el 10 de abril de 2023 de: <https://data.europa.eu/doi/10.2833/35750>
- World Nuclear Association. (2013). *Plans for new nuclear reactors worldwide - world nuclear association*. Recuperado el 10 de abril de 2023 de: <https://world-nuclear.org/information-library/current-and-future-generation/plans-for-new-reactors-worldwide.aspx>
- World Nuclear Association. (2022). *Nuclear power in the european union - world nuclear association*. Recuperado el 10 de abril de 2023 de: <https://www.world-nuclear.org/information-library/country-profiles/others/european-union.aspx>