



GRADO EN COMERCIO

TRABAJO DE FIN DE GRADO

**“ENERGÍA RENOVABLE EN ESPAÑA:
EVOLUCIÓN Y FUTURO”**

RICARDO MANUEL BRAVO DE LALLANA

FACULTAD DE COMERCIO
VALLADOLID, Julio 2021



TRABAJO DE FIN DE GRADO

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

GRADO EN COMERCIO

CURSO ACADÉMICO 2020/2021

“ENERGÍA RENOVABLE EN ESPAÑA:
EVOLUCIÓN Y FUTURO”

Trabajo presentado por:

Ricardo Manuel Bravo de Lallana

Tutora del Trabajo:

María Inés Sanz Díez

Facultad de Comercio

Valladolid, en Julio de 2021

Índice

1. Introducción.....	7
2. Energía	8
3. Energía no Renovable	13
3.1 Petróleo	13
3.2 Carbón.....	19
3.3 Gas Natural.....	21
3.4 Energía Nuclear	24
3.5 Hidrógeno	30
3.6 Consecuencias del uso de las energías no renovables.....	32
4. Energías Renovables	35
4.1 Energía Hidráulica	37
4.2 Energía Marina	39
4.3 Energía Geotérmica.....	42
4.4 Energía de Biomasa	43
4.5 Energía Eólica.....	46
4.6 Energía Solar.....	50
5. Marco legal de las energías renovables, autoconsumo.....	56
6. Conclusiones	60
7. Bibliografía.....	62

Índice de gráficos:

Gráfico 1 Fuentes de energía en Inglaterra de 1560 a 1859	10
Gráfico 2 Uso energético global	14
Gráfico 3 Principales exportadores de crudo a España	14
Gráfico 4 Teoría del Pico de Hubbert	15
Gráfico 5 Predicción de producción de petróleo por la AIE	16
Gráfico 6 extracción de petróleo excluyendo Fracking	17
Gráfico 7 Número de derrames de petróleo en los océanos	19
Gráfico 8 Cantidad de petróleo derramado en los océanos	19
Gráfico 9 Consumo eléctrico en Corea del Sur 2019	21
Gráfico 10 Producción Eléctrica Global	25
Gráfico 11 CO2 en la atmósfera terrestre	33
Gráfico 12 Inversión Pública en Energía Marina	40
Gráfico 13 Progresión del Peso de la Energía Eólica en España	47
Gráfico 14 Previsión de Generación de Electricidad en España	54
Gráfico 15 Variación del precio de la electricidad	58

Índice de ilustraciones:

Ilustración 1 Países con presencia de Greenpeace	11
Ilustración 2 Mina de Carbón a cielo abierto en España	20
Ilustración 3 Principales Gasoductos en Europa	22
Ilustración 4 Dependencia Europea del Gas Natural Ruso	23
Ilustración 5 centrales nucleares españolas	26
Ilustración 6 Zona de exclusión de Chernóbil	28
Ilustración 7 Países participantes del Proyecto ITER	30
Ilustración 8 Progresión de acidez de los mares hasta 1990	34
Ilustración 9 Predicción de acumulación de CO2 en el Observatorio Mauna Loa de Hawai	36
Ilustración 10 Esquema de una Central Eléctrica de Bombeo	39
Ilustración 11 Central por ósmosis	42
Ilustración 12 Representación de uso de energía geotérmica	43
Ilustración 13 Representación de Energía de la Biomasa	45
Ilustración 14 Distintas Plataformas Flotantes para Aerogeneradores	50
Ilustración 15 radiación solar en un año	51
Ilustración 16 Paridad de red solar en el mundo	52
Ilustración 17 Radiación solar media en Europa	55
Ilustración 18 autoconsumo por compensación	57
Ilustración 19 ayuda de IBI a instalaciones fotovoltaicas	59
Ilustración 20 Ayuda al ICIO en CyL	59

1. Introducción

Las fuentes energéticas a nivel global están virando desde los recursos fósiles, contaminantes y finitos, hacia las fuentes renovables, cuidadosas con el medio ambiente e ilimitadas. Es importante conocer el porqué de estos cambios, así como el origen y el porvenir de las distintas fuentes energéticas para conseguir tener un papel predominante en un sector cada vez más importante.

Vivimos en una sociedad que depende más que nunca de la energía. Prácticamente todo nuestro día a día se puede traducir en consumo energético. Esto ha provocado cambios en nuestro ecosistema notables desde hace tiempo y que actualmente tratamos de paliar. Debemos conseguir el modo de ser sostenibles con nuestro planeta a la par que no disminuyamos nuestra calidad de vida, y esto es posible gracias al rápido avance tecnológico que hace cada vez más viables las energías renovables. Cada vez más queda claro que el futuro de la energía que consumamos tendrá un carácter cada vez más renovable, estas se agrupan dentro de un gran abanico de posibles fuentes, las cuales estudiaremos en este trabajo.

El Presente trabajo realizará un análisis sobre la evolución del uso de las distintas energías que el ser humano ha aprovechado para nuestro funcionamiento económico, industrial y personal. Se prestará especial atención a los cambios globales que han provocado que cada vez sean más necesarias y su importancia en el futuro de toda la sociedad. Por esto, este estudio va enfocado hacia las energías más utilizadas y no se centrará en una sola fuente, refiriéndose este trabajo al impacto que han tenido las distintas fuentes y la evolución que estas han experimentado hasta la

La posición geográfica envidiable de España, así como nuestra orografía e hidrografía favorecen enormemente el uso masivo de ciertas energías renovables. Esto puede además ser para España una gran baza de diferenciación y competencia con el resto de países, pues se trata de un sector con un gran uso de tecnología y con un alto valor añadido, a la par que te da una muy buena imagen en el exterior.

Por último veremos como la instalación de placas fotovoltaicas y otros tipos de energías renovables en nuestras casas o empresas puede ayudarnos a reducir considerablemente la tarifa de la luz, ayudando de esta manera no solo a parar el cambio climático sino también a aumentar nuestro ahorro.

2. Energía

Según la Real Academia Española (RAE, 2021) la energía es “la capacidad que tiene un sistema para realizar un trabajo”, siendo el trabajo también según la RAE “el producto de la fuerza por la distancia que recorre su punto de aplicación”. Esto indica que la masa y la energía están estrechamente relacionadas. Dicha energía se puede hacer notar en forma de calor, (energía térmica), luz (energía electromagnética), velocidad (energía cinética), energía nuclear, energía química, etc.

La energía nos rodea por todos lados y nosotros mismos somos energía. El ser humano ha estado desde sus inicios en constante lucha para poder llegar al mejor aprovechamiento tanto de su propia energía como de la energía de medio ambiente. Ejemplo claro es el fuego y como el humano siempre ha querido “domesticarlo” para su propio beneficio, ya sea tanto para fines bélicos como para fines culinarios.

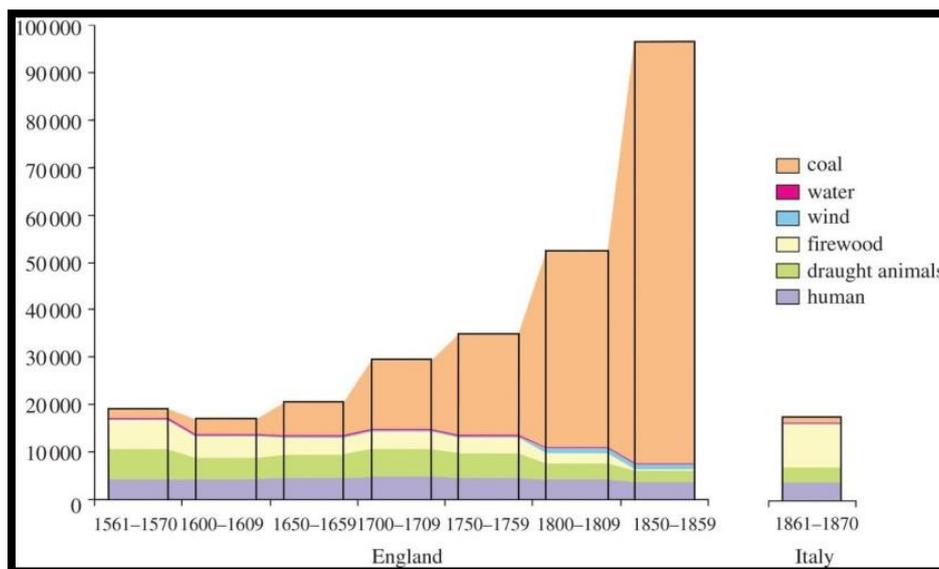
La energía ha sido parte de la sociedad humana desde nuestros inicios. Existe un gran paso desde el mundo antiguo hasta la Edad Media y el Renacimiento, desde la energía sustentada de la energía animal hasta, gradualmente, el uso de distintas fuentes del medio que nos rodea, con especial hincapié en la energía hidráulica y eólica con la invención de los molinos. En *Domesday Book*, que es un registro completado por orden del rey Guillermo I de Inglaterra, se encuentran documentos que especifican la existencia de un molino en Inglaterra cada 200/400 habitantes en el año 1085 y por supuesto ya más cercano a nuestra era todos recordamos las aventuras del D. Quijote con estos gigantes.

Con la Revolución Industrial y los distintos inventos producto de esta época viene una nueva manera de producir energía, ya no solo se busca movimiento de inercia o empuje en la naturaleza. Gracias a la invención de la máquina de vapor por James Watt y las consiguientes invenciones de la locomotora por Stevenson o el barco de vapor por Fulton se usan estas fuentes energéticas de forma mucho más variada. Estas invenciones producen una serie de cambios en todos los aspectos de la sociedad, pudiendo diferenciarse en cuatro grandes grupos. Estos cambios tan significativos para la humanidad solo se pueden entender si se toma a la energía y a la electricidad como actores principales de nuestra historia, según Muñoz (2012) estos cambios son:

- Cambios demográficos: se produce el éxodo rural, la gente abandona las pequeñas localidades para buscar una vida mejor en las ciudades. Se producen también grandes migraciones internacionales y se incrementan las diferencias económicas de las distintas regiones. Se produce además un aumento de población a escala global como nunca antes visto en la historia de la humanidad, pasando de 1.000 a 2.000 millones entre 1800 y 1900.
- Cambios económicos: Se desarrolla el capitalismo y las grandes empresas privadas. La producción en serie y las economías de escala florecen.
- Cambios sociales: La sociedad pasa de ser una sociedad estamental a una de clases. Nace el proletariado, nueva clase social muy numerosa con cada vez más poder económico y social que marcará el incremento de la demanda debido a su incipiente poder económico.
- Cambios ambientales: Estos cambios de producción de energía, con la cada vez mayor población y su cada vez mayor demanda de bienes y servicios, provocaron que el ser humano incidiera como nunca antes en el medio ambiente.

Aunque en su momento no se tomaba como algo dañino, como efecto del gran crecimiento de las economías de los países, en especial de Inglaterra, cada 20 años se duplicaba la demanda y producción de hulla y se multiplicaron por 100 las fundiciones en Inglaterra entre 1750 y 1850, con la consiguiente contaminación que esto produce. El consumo energético cambió de forma radical, como se puede ver en el siguiente gráfico el uso del carbón creció exponencialmente a lo largo de estos años.

Gráfico 1 Fuentes de energía en Inglaterra de 1560 a 1859



Fuente: Wrigley, 2013.

En el mundo moderno la invención del motor por explosión cambió por completo el panorama energético de nuestras sociedades. El petróleo pasó a ser la fuente de energía más común sobrepasando al carbón y los países productores pasaron a tener un gran poder en el panorama internacional. Las fuentes de energía eran principalmente de origen fósil y, por consiguiente, de gran impacto medioambiental. La sociedad estaba muy poco concienciada y no veía esto como un problema, pues había ayudado a incrementar enormemente el nivel de vida del ciudadano medio tanto en Europa como en Norte América.

Esto empieza a cambiar con la aparición de movimientos ecologistas hacia el tercer cuarto del siglo pasado, sobre todo con la publicación del libro *Primavera Silenciosa*, de Rachel Carson en 1962, la fundación de World Wildlife Fund, (fondo mundial para la naturaleza en español, WWF por sus siglas en inglés) un año antes y el nacimiento de Greenpeace en 1973.

Actualmente estas dos organizaciones se han convertido en abanderados internacionales de la lucha contra el cambio climático, la protección de la vida salvaje y la concienciación social. Ambas son ampliamente reconocidas, como ejemplo de ello podemos ver en la Figura 1 los países en los que Greenpeace posee representación directa.

Claramente estamos ya hechos a un estilo de vida que nos sería muy difícil de cambiar, pero la mayoría de actividades que realizamos tienen un coste medioambiental para nuestro planeta. En este trabajo no hablaré sobre si debemos cambiar o no nuestros hábitos, sino de, dando por supuesto que esto va a pasar, cual es el papel de las energías renovables y el porqué de su importancia.

Antes de hablar de las distintas energías renovables y de las características de cada una, explicaré brevemente las fuentes de energías más importantes hoy día (no renovables) y de su repercusión en el planeta.

3. Energía no Renovable

Según Quiroa (2019), la energía no renovable es “aquella energía que se obtiene de un recurso natural escaso y limitado”. A grandes rasgos esto quiere decir que utilizamos elementos producidos en nuestro planeta de forma natural para transformarlos y conseguir aprovecharlos en nuestro beneficio. No tiene por ende una característica intrínseca de energía contaminante, aunque como veremos es algo que va muy ligado a la mayoría de estos recursos.

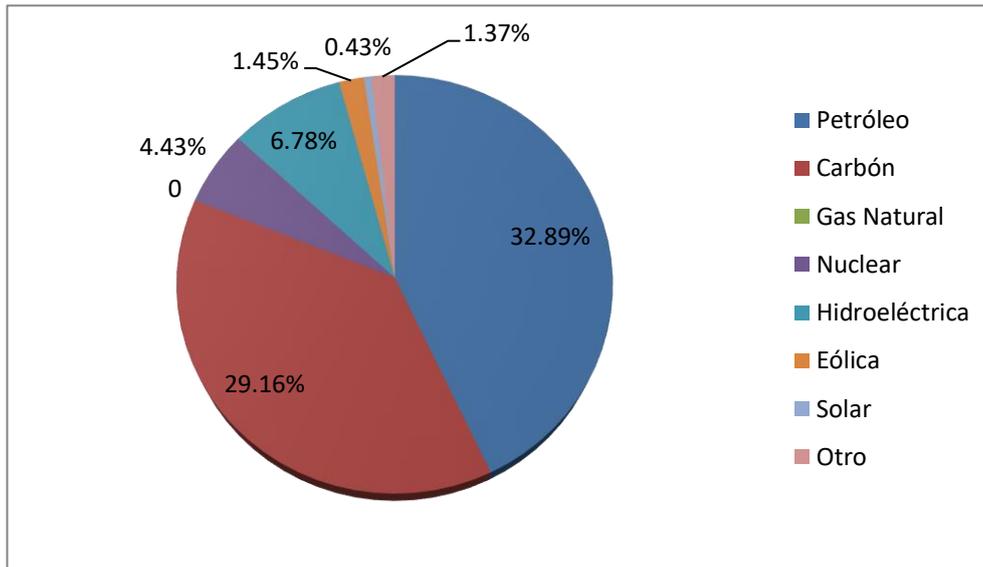
A continuación nos dispondremos a explicar los distintos tipos de energías no renovables: petróleo, carbón, gas natural, energía nuclear e hidrógeno.

3.1 Petróleo

Según la Empresa Nacional del Petróleo de Chile, el petróleo es “un recurso natural líquido y aceitoso que se encuentra en las rocas sedimentarias de las profundidades del mar o la tierra, formando principalmente por Hidrógeno y Carbono”. El origen del petróleo es una mezcla de estos elementos orgánicos, Hidrógeno y Carbono (que forman hidrocarburos), que se forma gracias a su acumulación en el fondo de los océanos y aplastados por sedimentos durante millones de años. Esta masa con el paso del tiempo se va desplazando hacia el centro de la tierra hasta encontrar una roca porosa e impermeable cuyos huecos rellena. Esta es la principal razón por la que se puede encontrar petróleo a distintas profundidades y con calidades distintas, pues el proceso de extracción y refinado del petróleo depende del tipo de roca en el que se encuentre.

Aunque esta fuente se conoce desde hace milenios, en China ya se utilizaba en el 600 a.C. aunque principalmente como arma de guerra, cogió gran protagonismo a partir de 1859 en Pensilvania, Estados Unidos, con la primera perforación de un pozo petrolífero gracias a Edwin Drake. A partir de entonces su uso se incrementó de manera exponencial en todo el planeta, representando hoy día alrededor de un tercio del uso energético global, como se puede ver en el gráfico 2.

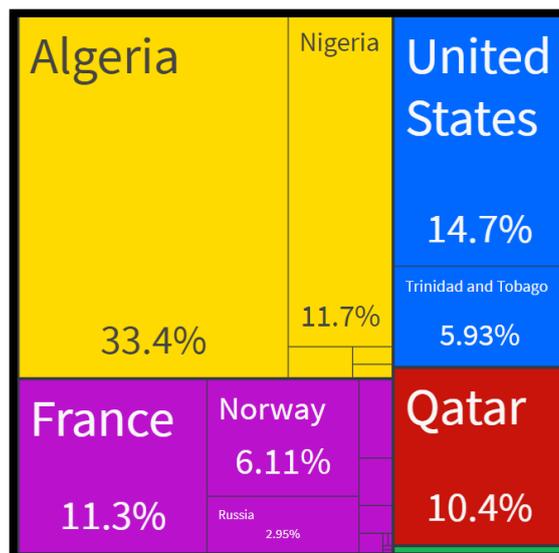
Gráfico 2 Uso energético global



Fuente: elaboración propia a partir de datos de Roca, 2018

Dada su gran importancia, los lugares donde se puede encontrar este recurso han pasado a ser de gran valor estratégico internacional. Lamentablemente en España hay muy poca cantidad y de escasa calidad. España depende de otros países para su importación, siendo Argelia, Estados Unidos y Francia los principales. En el gráfico 3 vemos, según datos del Observatorio de Complejidad Económica (OEC por sus siglas en inglés), las importaciones totales de crudo a España en el año 2019.

Gráfico 3 Principales exportadores de crudo a España



Fuente: OEC (2020)

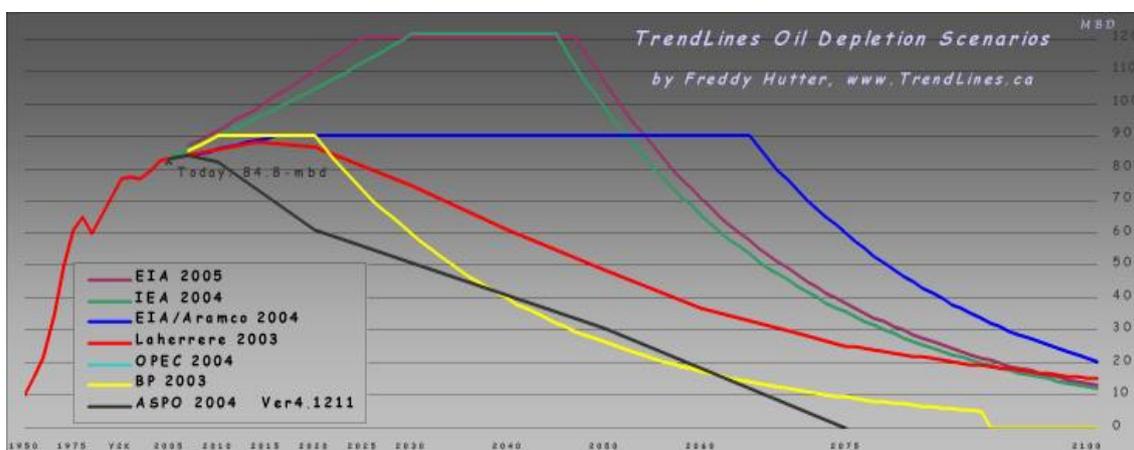
Los países con capacidad productora de petróleo poseen una gran baza negociadora frente al resto de países. La OPEP (Organización de Países Exportadores de Petróleo), debido a distintos incidentes internacionales, ha sido capaz de poner en jaque a las economías desarrolladas en más de una ocasión, aunque especialmente importante fue la crisis del petróleo de 1973. Esta situación forzó a occidente a buscar soluciones para poder garantizar el correcto funcionamiento de sus economías, apareciendo innovadores modos de extracción de petróleo y búsqueda y explotación de nuevos pozos a gran escala, como los del Mar del Norte y Alaska. A la par se desarrollaron nuevas fuentes de energía, como ya veremos más adelante.

La producción de petróleo aumentó a nivel mundial, pero la dependencia de nuestras economías hacia esta fuente de energía continuó e incluso aumentó dada la inexistencia de una fuente alternativa viable. Esto es algo de lo que King Hubbert teorizó ya en 1956 y realizó la siguiente teoría.

Hubbert (1956), predijo correctamente que el pico de producción convencional de petróleo en Estados Unidos se produciría en 1970. Fue capaz de calcularlo teniendo en cuenta los pozos que había descubiertos, los que estaban por entonces siendo explotados y la previsión de encontrar nuevos. Con esto y teniendo en cuenta la subida constante de la demanda de petróleo, elaboró su teoría.

Tras su éxito al predecir correctamente el pico petrolero en Estados Unidos, Hubbert pronosticó, al igual que la Asociación para el Estudio del Pico del Petróleo y del Gas como podemos ver en el gráfico 4, que en 1995 o como máximo en el año 2000 se llegaría al pico petrolero mundial. En este momento la producción mundial de petróleo comenzaría a descender de manera irrevocable. En la imagen podemos ver distintas estimaciones de distintos grupos, la más optimista poniendo el pico en 2070

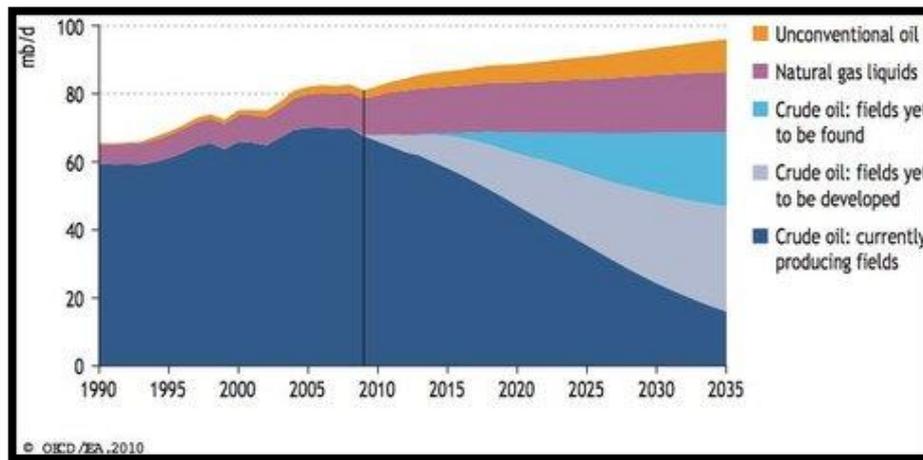
Gráfico 4 Teoría del Pico de Hubbert



Fuente: Trendlines, 2015.

Hubbert falló por mucho, no solo la producción no cayó sino que ha ido progresivamente marcando nuevos récords de producción, pero no fue el único que predijo erróneamente el futuro. En el año 2010 la Agencia Internacional de la Energía (AIE) anunció que, según sus estudios, la humanidad había llegado a este pico petrolero en el año 2006. El gráfico 5 muestra esta predicción.

Gráfico 5 Predicción de producción de petróleo por la AIE



Fuente: IEA, 2021.

La Agencia Internacional de la Energía falló, al igual que Hubbert, al subestimar la cantidad e inmensidad de los nuevos pozos descubiertos así como los avances de eficiencia de los motores modernos, pero sobre todo las nuevas tecnologías de extracción como el fracking. Sánchez, (2015) “el fracking o fracturación hidráulica es la inyección en las rocas de un líquido a altas presiones para agrietar o abrir fisuras para conseguir la extracción de crudo”. Esta nueva forma de extracción permite extraer el petróleo de las rocas sedimentarias en las que se encuentra, mucho menos porosas que las de pozos convencionales y por tanto mucho más lentas de extraer si no se usase el fracking. Además, extraer estos pozos mediante métodos convencionales conllevaría un gran peligro de derrumbamiento al poder crear vacíos en las rocas, e incluso en caso de no derrumbamiento estos vacíos en las rocas, hay que recordar que son mucho menos porosas, podrían tardar años o décadas en rellenarse.

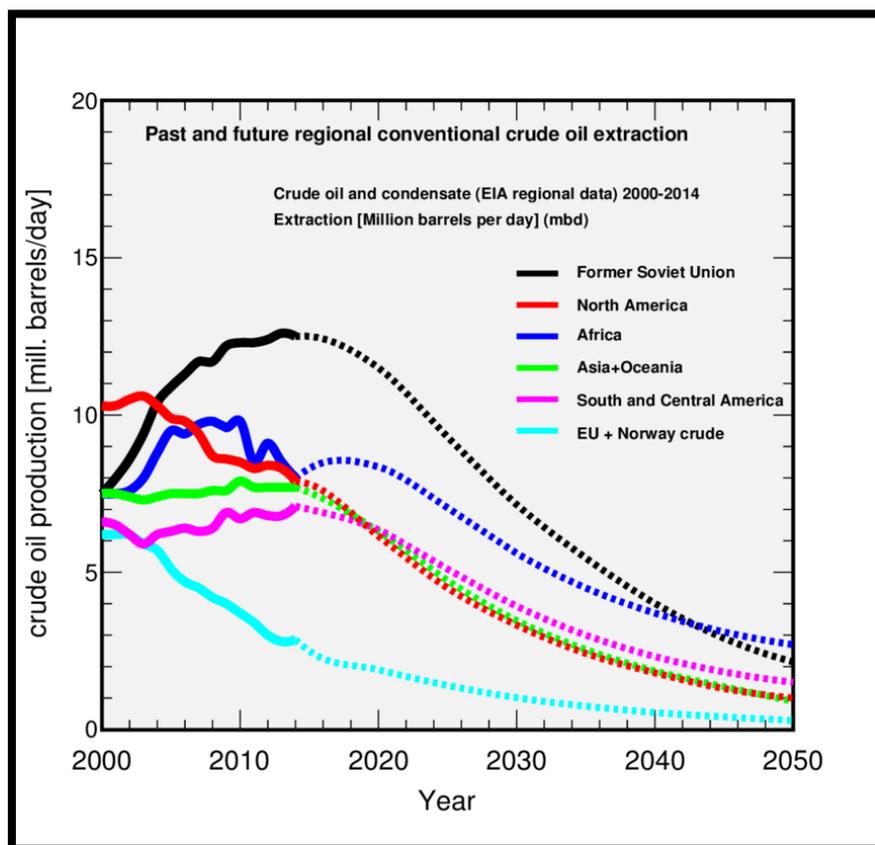
Aun siendo el petróleo un recurso que se forma de forma completamente natural, su periodo de formación es tan largo que no es posible tomarlo como un recurso renovable. Que el pico del petróleo pase o no pase no es la cuestión, sino cuándo pasará. Cuando el cénit llegue todavía quedarán en las entrañas de la Tierra la mitad de las reservas totales que había en 1800, el problema es que la velocidad de extracción de petróleo depende de la densidad del petróleo en cuestión.

Hoy día las estimaciones más optimistas establecen el pico dentro de 100 años. Pero esto no es la corriente mayoritaria, la Agencia Internacional de la Energía (AIE, 2010) predijo que pasará en 2035. Paralelamente, la Royal Society de Londres (2014), dijo que para que la economía global no se vea gravemente dañada por el pico de Hubbert, la producción de petróleo debe mantenerse estable hasta al menos el mismo año 2035.

Hablando de la demanda, Ben van Beurden (2020), presidente de la compañía estatal de petróleos noruega Equinor, declaró que debido a la pandemia que vivimos el pico de la demanda de petróleo se verá antes de 2030.

En el gráfico 6 podemos ver la predicción futura de extracción de crudo mediante métodos convencionales. Según The Biophysical Center (2016), en Europa agotaremos nuestras reservas en la primera mitad de este siglo y dependeremos completamente de las importaciones.

Gráfico 6 extracción de petróleo excluyendo Fracking



Fuente: Dittmar, 2016

A parte de las razones geopolíticas por las que España y la unión Europea deben buscar una fuente de energía alternativa, el uso del petróleo conlleva también un desgaste a nuestro planeta debido a su propia naturaleza orgánica.

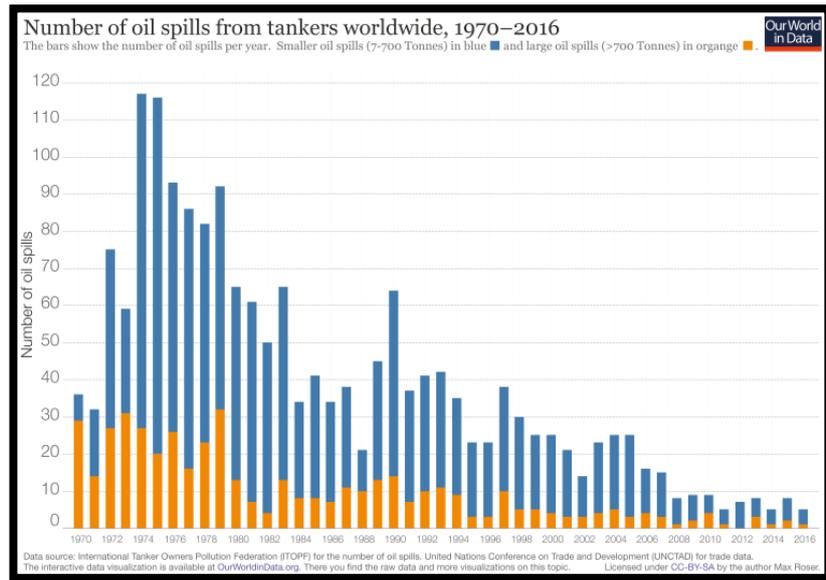
Al combustionar, el petróleo emite una serie de productos residuales perjudiciales para el medio ambiente como CO₂, SO_x (óxido de azufre), NO_x (óxidos nitrosos), todos estos elementos importantes para el calentamiento global. El petróleo además es insoluble en agua, lo cual es óptimo para el uso humano, pero nefasto en caso de derrame y en donde sea necesaria una limpieza.

La indivisibilidad del petróleo es especialmente importante en el caso de las mareas negras, que son derrames de petróleo en el mar. Las consecuencias de estas pasan por dañar todo el ecosistema debido a que las aves se quedan varadas al no poder volver a volar, los peces se intoxican y mueren y las plantas del fondo marino (si es que el derrame se ha producido cerca de la costa) no pueden realizar la fotosíntesis al no pasar la luz del sol y mueren. Además, las zonas costeras quedan completamente arrasadas e imposibilitan a los pescadores de la zona faenar pues aunque pescaran algo sería altamente peligroso al poder pasar alguna intoxicación por ingesta de petróleo al ser humano.

En el gráfico 7 podemos ver la cantidad de derrames en la historia y el gráfico 8 el volumen de estos derrames. Como se ve en los gráficos, la cantidad de derrames y el petróleo derramado ha disminuido enormemente desde que existen estudios sobre el tema, aun así cada año se producen derrames que cuestan miles de vidas animales y miles de millones de euros en pérdidas o limpieza de las aguas y las playas.

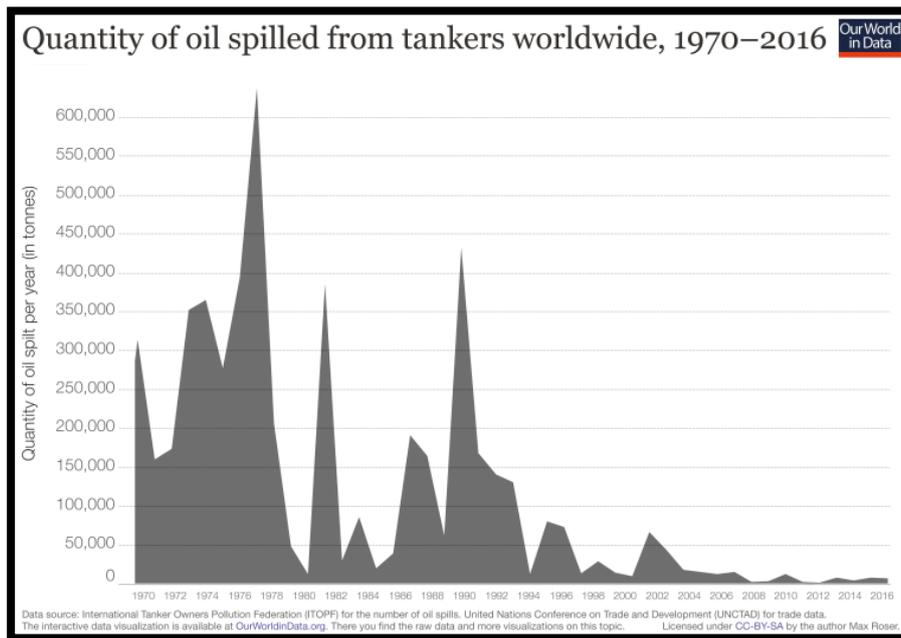
En España tenemos en el recuerdo del desastre del Prestige, con unas mareas negras que llegaban desde el norte de Portugal hasta las costas francesas y en donde las costas gallegas se llevaron la peor parte. Una gran movilización ciudadana consiguió minimizar el impacto del desastre de manera eficiente, pero aún con todo según Wrecked Exotics (2008) fue el su momento el tercer accidente (no natural) más caro de la historia (después de Chernóbil y la explosión del Columbia), con un coste según la diputación de Pontevedra de 12.000 millones de euros. Cabe decir que más tarde sería superado por 2 acontecimientos muy cercanos a este trabajo, el incidente de la central nuclear de Fukushima debido al terrible terremoto que sufrió Japón; y al incendio del DeepWater Horizon, una plataforma petrolífera entre Cuba, Estados Unidos y México.

Gráfico 7 Número de derrames de petróleo en los océanos



Fuente: Rose, 2017

Gráfico 8 Cantidad de petróleo derramado en los océanos



Fuente: Rose, 2017

3.2 Carbón

Según la Agencia Internacional de la Energía (AIW, 2020) “el carbón es una roca sedimentaria, también de origen orgánico al igual que el petróleo. En este caso se trata de organismos únicamente vegetales que se van agrupando bajo pequeñas

capas de agua y que tras el paso de millones de años y con ayuda de ciertos microorganismos que no pueden vivir en presencia de oxígeno, el oxígeno y el hidrógeno se van perdiendo en un proceso llamado aromatización y se forma lo que denominamos carbón.” No es una energía renovable y se engloba dentro de los combustibles fósiles.

En España el carbón solo significa el 4% de la energía generada en nuestro país, aunque a escala global únicamente es superado por el petróleo. En la revolución industrial fue la principal fuente de energía debido a su fácil aprovechamiento y a su abundancia en la corteza terrestre.

En la ilustración 1 podemos ver un ejemplo de mina de carbón en España.

Ilustración 2 Mina de Carbón a cielo abierto en España



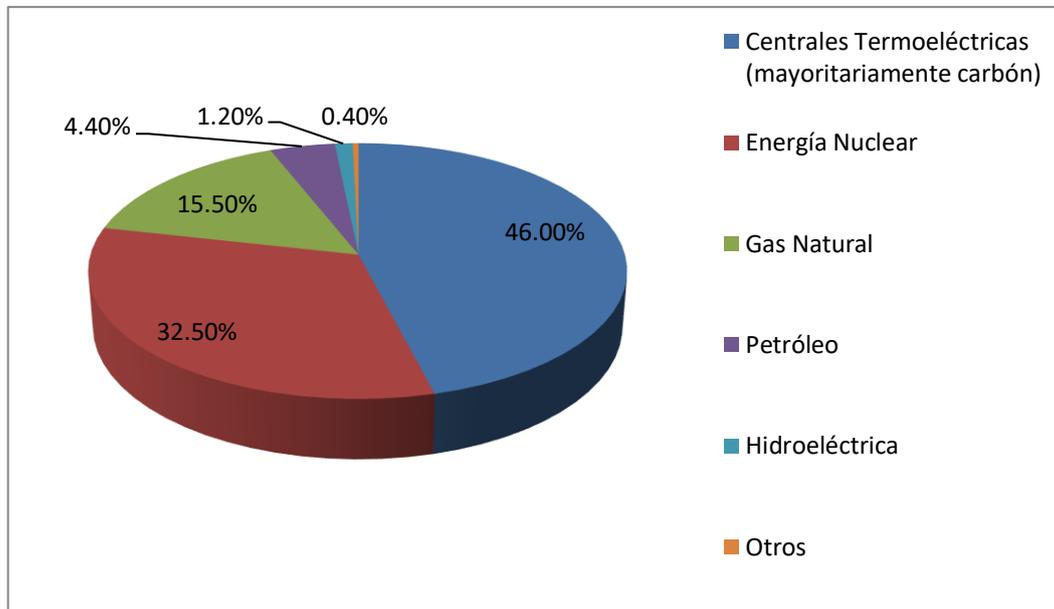
Fuente: Sanz, 2011

En los últimos años, sobre todo en los países desarrollados, su uso como fuente de energía ha ido disminuyendo debido a su alta contaminación. En España por ejemplo está previsto que cierren todas las centrales termoeléctricas del país para el año 2026, cuando la central *Es Muterar* en Baleares cerrará sus puertas.

Aún con todo, se mantiene en ciertos países debido a sus puntos fuertes, que no son pocos. Es mucho más barato que las alternativas no renovables, que favorecen la producción a gran escala en una central y por tanto se puede mantener una producción estable para asegurar el suministro eléctrico del país.

En el gráfico 9 podemos ver como una economía fuerte y moderna como Corea de Sur sigue dependiendo enormemente de este combustible, debido principalmente a su bajo coste.

Gráfico 9 Consumo eléctrico en Corea del Sur 2019



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de Lee, 2020

La contaminación del carbón es especialmente perjudicial para el medio ambiente debido a su combustión. Según Greenpeace (s.f.), en el año 2012 las centrales térmicas de carbón fueron responsables del 65% de las emisiones por generación eléctrica a pesar de solo abastecer el 14% de la demanda. Debido al coste de arrancar una central, esta debe permanecer en funcionamiento las 24 horas con un coste medioambiental y económico muy alto debido a la poca demanda de electricidad por la noche.

También en España, según el Instituto Internacional de Derecho y Medio Ambiente (IIDMA, 2015) la contaminación de las centrales térmicas provocaron en el año 2014 en nuestro país 709 muertes prematuras y 10.500 casos nuevos de asma, entre muchos otros datos.

3.3 Gas Natural

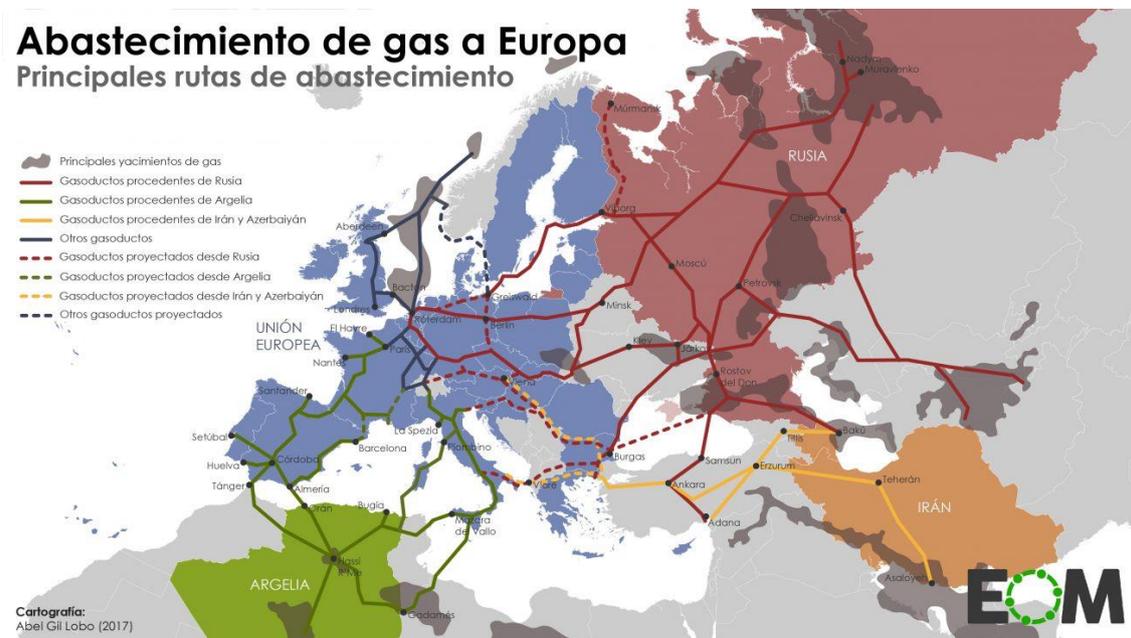
El gas natural es también un hidrocarburo de origen natural. Su origen y extracción está muy ligado al del carbón y al petróleo, aunque también se puede encontrar en pozos de manera independiente. El gas natural proviene al igual que sus compañeros, sólidos de plantas y animales en descomposición tras millones de años

en las condiciones apropiadas. No es un recurso renovable y se considera un recurso fósil.

Muchos residuos de actividades humanas (procesado de basuras, ganadería intensiva,...) producen una digestión anaeróbica (sin oxígeno), es decir, una fermentación de la materia orgánica en donde el resultado es un gas de composición muy parecida al gas natural, el biogás. Dado que se asemeja mucho en las características y usos al gas natural, el biogás es la única energía renovable que puede usarse en aplicaciones eléctricas, térmicas y carburante.

En el aspecto de extracción del gas natural, esta es muy parecida al del gas natural de hecho en muchas ocasiones estos dos recursos se encuentran juntos. Aunque se le conoce desde los inicios de extracción de petróleo, se le solía ver al gas natural como un residuo desechable sin ningún uso aparente ya que muchas veces podía provocar incendios en las explotaciones petrolíferas, así que se quemaba al gas. Debido a que era un gas existía el gran problema de su transporte para el uso cotidiano o industrial. En el siglo XX ya estaban muy extendidos los oleoductos (el primer oleoducto data del 1861, obra de Victory M.Thompson) pero no fue hasta el siglo XX que los gasoductos empezaron a usarse de manera extensiva y el uso del gas natural creció exponencialmente. En la ilustración 3 se pueden ver los principales gasoductos de Europa y la procedencia del gas.

Ilustración 3 Principales Gasoductos en Europa

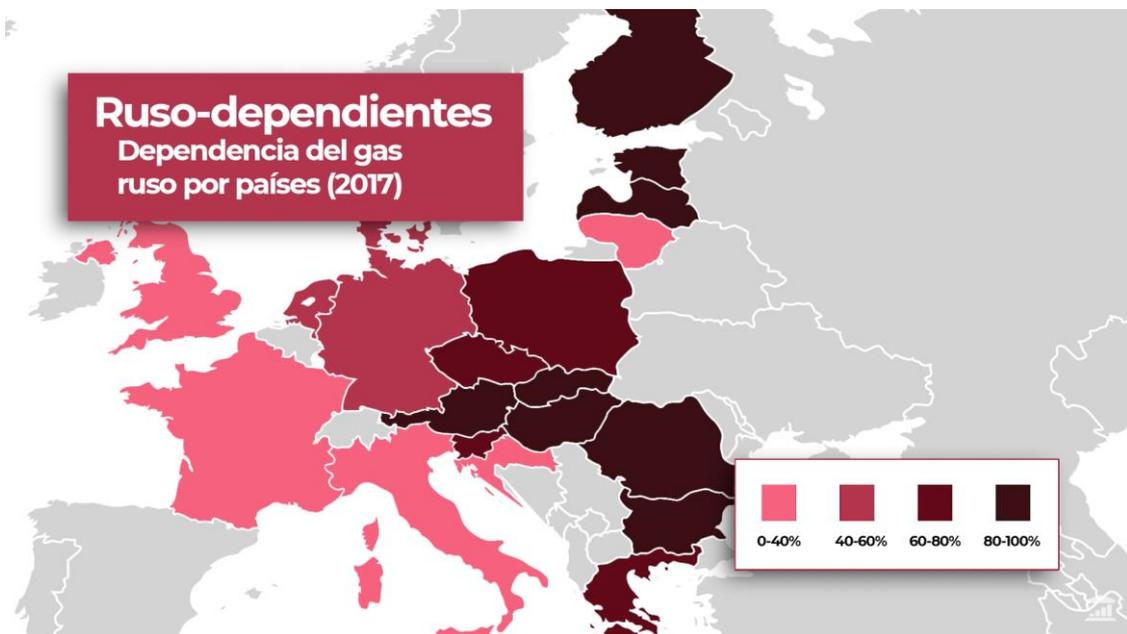


Fuente: El orden mundial, 2018

Aunque Europa (y España) no puede quejarse de poseer riqueza mineral, desde luego no tuvimos suerte a la hora del reparto del petróleo y del gas natural. El principal problema no ambiental que se encuentra Europa con el uso del gas natural es la gran dependencia que tenemos con el extranjero. Europa no tiene gas natural, encima este es un recurso mucho menos repartido geográficamente por el mundo asique existen menos productores, (40% Rusia) y su transporte ha sido hasta hace pocos años siempre mediante gasoductos. Todo esto quiere decir que si tu economía depende del gas natural, dependerá también de un número muy limitado de países extranjeros y de sus políticas

Rusia es el principal exportador de gas natural a la Unión Europea, y varios países dependen completamente de Rusia para la obtención de este recurso. Debido a varias disputas políticas entre los gobiernos de Rusia y Ucrania, este último país se quedó sin suministro de gas natural hasta que aceptara las exigencias rusas en 2006; en 2009 se volvió a repetir algo parecido y ante el apoyo de la U.E a Ucrania, Rusia cortó el suministro entero de gas natural hacia todo el Este de Europa (lo notaron también Francia e Italia).

Ilustración 4 Dependencia Europea del Gas Natural Ruso



Fuente: Fonseca, 2018.

La solución para Europa ante el poder de disuasión que tiene Rusia puede ser el gas natural licuado. Gracias a esto, el gas natural se puede transportar mediante comercio marítimo permitiendo a la Unión Europea diversificar enormemente su cartera de proveedores de gas.

¿El problema? El gas natural licuado es bastante más caro, la Unión Europea ha optado por reforzar sus lazos con Rusia con la construcción por parte de Alemania/Rusia del gasoducto Nord Stream II, que comunicará a estos dos países de manera directa ahorrándose intermediarios pero haciendo más grande su dependencia.

El suministrador de gas para España ha sido tradicionalmente Argelia. Desde que Estados Unidos posee grandes superávits de gas natural por el fracking y se decidió a exportarlo a gran escala gracias al gas natural licuado, Estados Unidos se ha convertido en el principal importador de gas en España con un 62% y Argelia un 18.4%. Aún con esta mejora (el cambio de suministrador se debió a mejor precio) se puede decir que dependemos enormemente de las políticas de estos dos países.

3.4 Energía Nuclear

La energía nuclear es la energía contenida en el núcleo de todos los átomos, este está compuesto por protones y neutrones siendo la fuerza que mantiene unidas estas partículas la que denominamos energía nuclear.

Para liberar esta energía existen dos métodos: fisión y fusión. La fusión nuclear forma un átomo más pesado combinando (fusionando) 2 o más átomos, con este método es con el que el Sol produce tanta energía; la fisión nuclear toma de partida un átomo pesado y lo divide en 2 o más átomos distintos, esto es como funcionan a grandes rasgos todas las centrales nucleares del planeta.

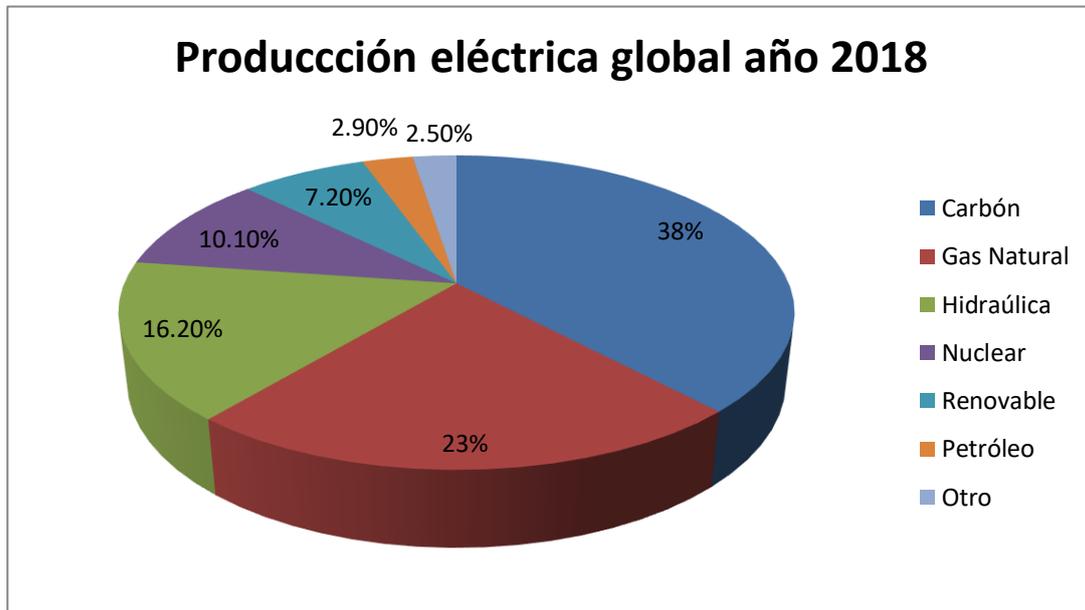
En ambos casos, fusión y fisión, se produce una pequeña pérdida de masa que se transforma en radiación y calor, como ya descubrió Einstein en su famosa ecuación $E=mc^2$. La energía calorífica producida se utiliza para generar vapor y producir electricidad.

El conocimiento humano de la energía nuclear se llevó a cabo prácticamente en su totalidad durante la primera mitad del siglo pasado: La radiación que emanaba de algunos elementos se descubrió en 1896 gracias a Henri Becquerel; el origen nuclear de la radiación fue descubierto por Rutherford en 1911; en 1930 Enrico Fermi produjo la primera fisión nuclear artificial; en 1932 Hans Bethe teorizó sobre la fusión nuclear describiendo así el funcionamiento de las estrellas.

Lo avances para la generación de electricidad gracias a la energía nuclear vinieron a raíz de ensayos alemanes y estadounidenses durante la Segunda Guerra Mundial: En 1942 el Proyecto Manhattan dirigido por Robert Oppenheimer construyó el primer reactor nuclear humano de la historia, más tarde en 1945 se utilizaría la primera bomba nuclear. La generación eléctrica empezó en 1951 con el Experimental Breeder

Reactor I EBR-1 en Idaho, Estados Unidos. A partir de entonces la energía nuclear en el mundo no ha hecho más que ganar peso, hasta su estancamiento la última década

Gráfico 10 Producción Eléctrica Global



Fuente: Roca, 2018

La energía nuclear necesita de unas instalaciones muy particulares para su uso como fuente de electricidad, las centrales nucleares. Actualmente hay alrededor de 440 centrales nucleares en el mundo, con unas 50 en construcción. Por el otro lado, muchos países como España y Alemania se han comprometido al “abandono nuclear”, cerrando todas sus centrales o no permitiendo la construcción de nuevas.

Este abandono nuclear empezó en 1979, cuando la planta nuclear de Three Mile Island, situada en Harrisburg, en el estado estadounidense de Pensilvania, vomitó desechos y productos radiactivos varios kilómetros a la redonda. No hubo fallecidos directos pero se estima que dos millones de personas fueron afectadas de forma inmediata por esta radiación. Tras esto y, sobre todo, tras el desastre de Chernóbil en 1986, varios países tomaron medidas en contra de la energía nuclear, como Italia que la prohibió en 1986.

En la ilustración 5 se puede ver donde se encuentran las centrales nucleares españolas.

Ilustración 5 Centrales nucleares españolas



Fuente: RTVE, 2017

La mejor baza que tiene la energía nuclear respecto a las demás fuentes de energía no renovables es su eficiencia, cinco gramos de uranio producen la misma energía que 1000 kg de carbón, o 565 l de petróleo, o 480 m³ de gas natural. También su estabilidad de producción, una central nuclear media debe parar cada 18 o 24 meses para recargar combustible, aprovechando este tiempo para realizar las debidas revisiones. Esto provoca que un país industrializado como Italia, cuarto consumidor de electricidad europeo, que no tiene centrales nucleares dependa en un 66% de producción interna de la quema de combustibles fósiles; además el 16% de la energía consumida en 2016 fue importada desde Francia, todo según datos de la Energy Information Administration (EIA, 2017), agencia estadounidense.

Por el lado negativo, se estima que las reservas de Uranio²³⁵ que son rentables de extraer de la Tierra se agotarán en 200 años (Roper, 2020). El problema de la energía nuclear reside en su propio funcionamiento, en el modelo actual de fisión nuclear las centrales más modernas solo consumen el 10% del uranio, siendo el resto residuos nucleares que necesitan ser almacenados correctamente para evitar la contaminación del medio ambiente.

Los residuos nucleares en España se clasifican según su nivel de radiación, siendo labor del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN, s.f.), distinguiendo cuatro grupos:

- Residuos exentos de radioactividad: son los que, aunque se han generado como resultado del hacer humano, se pueden encontrar en la naturaleza y su radiación no daña en especial al medio ambiente. Reciben el nombre de NORM (Materiales Radiactivos de Origen Natural). Son residuos corrientes de la minería y de la extracción de petróleo y gas.
- Residuos de baja radioactividad: se consideran de este tipo los residuos producidos en una central nuclear y con un periodo de semidesintegración inferior a 30 años. En España el almacenamiento de estos residuos se realiza in situ en las propias centrales, en almacenamientos superficiales.
- Residuos de media radioactividad: se considera de igual forma que los de baja radioactividad, con una semidesintegración menor a 30 años, aunque con mayor radiación. Se almacenan de igual manera.
- Residuos de alta radioactividad: son los que tardan más de 30 años en semidesintegrarse, además pueden producir calor y estar activos durante cientos o miles de años. Son los restos del uranio o plutonio enriquecidos usados como combustible de las centrales. En España la empresa estatal ENRESA se ocupa de su gestión, que consta de 3 fases:
 - 1) Almacenamiento inicial, se almacena durante unos años para su enfriamiento y limpieza en piscinas de las propias centrales.
 - 2) Almacenamiento intermedio, se almacena después durante 20 ó 30 años en Almacenes Temporales Individualizados (ATI) de las centrales o en el Almacén Temporal Centralizado (ATC) que dispone ENRESA.
 - 3) Almacenamiento definitivo, bajo tierra en un Almacenamiento Geológico Profundo (AGP), se trata de la gestión final de los residuos de donde no se sacarán (a no ser que haya un problema de fuerza mayor) nunca.

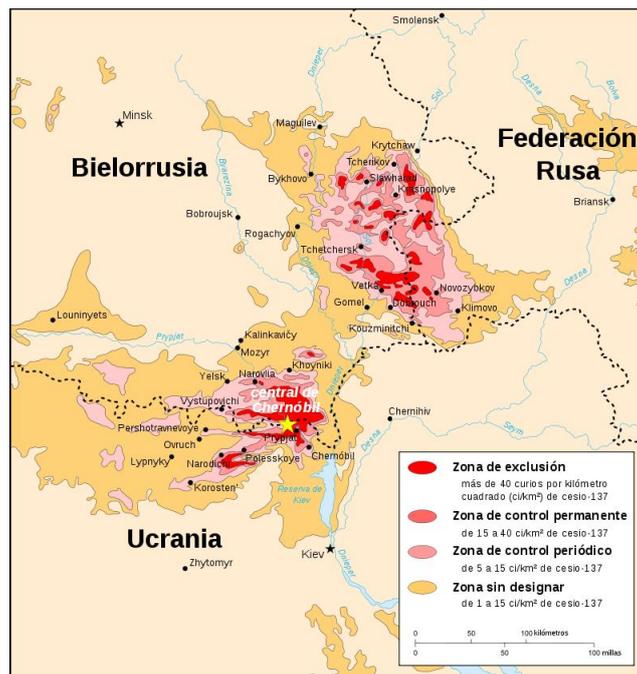
Todo esto provoca un gran rechazo social a la energía nuclear, que sumado a su gran coste inicial situado entre cuatro y cinco mil millones de años y que más el

coste operacional y la gestión de los desechos nucleares, resulta en un tiempo de amortización según la Sociedad Nuclear Española de aproximadamente 30 años.

El rechazo social hacia la energía nuclear viene influenciado especialmente por los dos desastres más importantes de esta industria, Chernóbil y Fukushima.

El accidente de Chernóbil sucedió en 1986 en la central nuclear de Vladimir Llich Lenin, cerca de la ciudad de Prípiat (construida y fundada con el propósito de que albergara a los trabajadores de la central), hoy abandonada debido al incidente pero que llegó a tener 40.000 habitantes. Se liberaron 500 veces más sustancias radioactivas que en Hiroshima, teniendo la Unión Soviética que evacuar a 116.000 personas. Murieron 31 personas de forma directa, 600.000 personas recibieron dosis elevadas de radiación por el accidente o por su limpieza y niveles variados de radiación llegaron a al menos 13 países de Europa Oriental. Un radio de 30 km alrededor de la central sigue hoy en día en zona de exclusión. Todo esto queda ilustrado en la Ilustración 6.

Ilustración 6 Zona de exclusión de Chernóbil



Fuente: United States Nuclear Regulatory Commission, 2018

El accidente de Fukushima se produjo debido al terremoto y posterior tsunami que sacudió el norte de Japón en 2011. En cuanto los sensores de la central nuclear de Fukushima detectaron este terremoto, de intensidad 9 según la escala de Richter, los reactores de fisión se detuvieron. Debido a la falta de suministro eléctrico, se empezó a consumir diesel para enfriar los motores de fisión según estaba previsto en

circunstancias de este tipo. Cincuenta minutos más tarde azotó a la central un tsunami de 14 metros de altura, llenando de agua toda la base de la central e inundando los generadores de emergencia impulsados por diésel lo que produjo una serie de explosiones de hidrógeno en los reactores. Debido a las radiaciones que se produjeron a consecuencia de estas explosiones, se decretó una zona con un radio de 20 km de exclusión, afectando a 154.000 personas.

El coste medioambiental de este accidente perjudicó especialmente al océano, ya que la mayor parte del agua que inundó la central retornó contaminada al mar una vez el nivel del agua se estabilizó. Tras un estudio, Woods Hole Oceanographic Institution (WHOI, 2015) detectó la presencia de cesio radioactivo a 2500km de la costa de San Francisco proveniente del accidente de Fukushima, e indicaba que seguía habiendo fugas en la central. A día de hoy, diez años después del accidente, más de 5000 personas siguen trabajando en las labores de limpieza y desmantelamiento de la central (Sacristán, 2021)

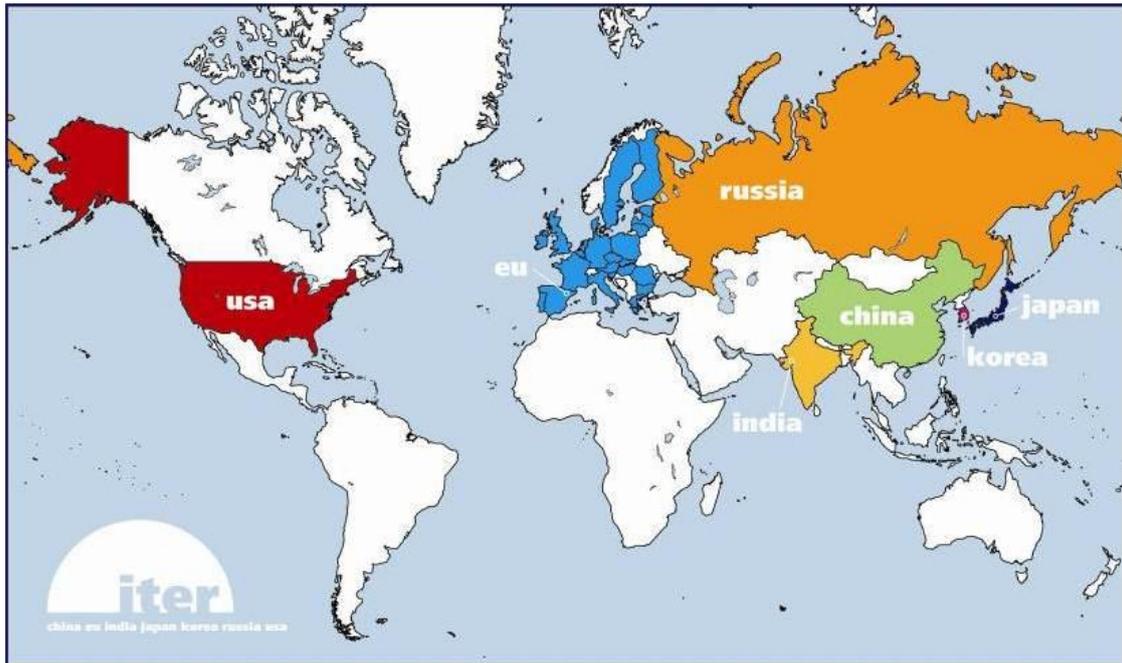
Por otro lado, el coste económico según el gobierno japonés ha sido de 170 mil millones de euros (La Vanguardia, 2016), lo que lo convierte en el accidente no natural más caro de la historia tras Chernóbil, que tiene un gasto aproximado de 350.000 millones. Para ponerlo en perspectiva, la suma de ambos accidentes supone el 40% del PIB español en 2019 (1.25 billones de euros).

Para terminar este apartado cabe mencionar la energía nuclear de fusión. Este es el método que usan las estrellas de nuestro cosmos para producir la ingente cantidad de energía que producen. A escala humana aún estamos muy lejos de poder manejarla a placer.

Investigaciones sobre la fusión nuclear existen desde el inicio del Proyecto Manhattan y en 1952 se llevó a cabo la primera fusión artificial tras el estallido de la bomba *Ivy Mike* por parte de Estados Unidos.

Aún con todo, la energía nuclear de fusión para uso civil no está prevista para antes de 2060. Esto se debe a que para su aprovechamiento se debe de llegar a temperaturas sostenidas de entre 150 y 300 millones de grados kelvin, 10 veces más caliente que nuestro Sol y es que tenemos que compensar la falta de gravedad, en comparación con el Sol, con más calor. Existen varios experimentos a gran escala que buscan la obtención de electricidad por este método, especial importancia tiene ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor) donde España participa a través de la Unión Europea. Expertos han catalogado este proyecto como el mayor esfuerzo internacional desde la Estación Espacial Internacional (López, 2020). También participan en el proyecto, aunque no como miembros sino como cooperadores técnicos, Canadá, Australia y Kazajistán.

Ilustración 7 Países participantes del Proyecto ITER



Fuente: Aguilar, 2013.

3.5 Hidrógeno

El Hidrógeno como fuente de energía es un caso peculiar. Aunque es el elemento más abundante de nuestro universo en la Tierra se encuentra siempre junto a otros elementos, por lo que es necesaria una separación previa para su posible utilización. Por esta razón el hidrógeno no es considerado una fuente de energía per se sino un vector energético (Ares, Leardini, Sánchez, Fernández, y Ferrer, 2019)

Un vector energético es una sustancia con capacidad para ser almacenada y después ser utilizada en otro momento o lugar, como las pilas o los condensadores. Esto hace que el futuro del hidrógeno como fuente de energía no sea para producir electricidad, sino como combustible para grandes barcos o aviones, habiéndose usado ya para algunas naves espaciales de la NASA.

Aunque en nuestro planeta no se encuentre Hidrógeno de forma solitaria, sí que lo podemos encontrar de forma masiva junto a otros elementos en forma de distintas partículas, de acuerdo a su origen y tratamiento para separar los elementos, se le clasifica de varias maneras (Fernández, 2021).

- Hidrógeno marrón: se obtiene a través de la gasificación del carbón, debido a que expulsa CO₂, cada vez se usa menos.
- Hidrógeno gris: se obtiene gracias al reformado por vapor del gas natural. Aunque ha sido el más usado últimamente cada

vez disminuye más su uso debido a la contaminación que produce, también mucho CO₂.

- Hidrógeno azul: se obtiene mayoritariamente de yacimientos de gas natural, es el más utilizado por la industria.
- Hidrógeno turquesa: es el más reciente, se obtiene por pirólisis de hidrocarburos, especialmente gas natural. La pirólisis es la descomposición química de un elemento a altas temperaturas en ausencia de oxígeno.
- Hidrógeno verde: es del que más expectativa se tiene en el futuro. Se consigue a través de la electrólisis del agua y, además, la energía necesaria viene de energías renovables. En España se abrirá la primera planta de este tipo en 2022. Este tipo de Hidrógeno se considera energía renovable, pero al estar tan poco desarrollada y extendida por ahora, lo engloba en los métodos de producción energética a base de Hidrógeno.

Al igual que con los reactores de fusión nucleares, hay que decir que la tecnología del aprovechamiento de hidrógeno para uso energético está muy lejos de ser algo generalizado. Según la Asociación Española de Operadores de Productos Petrolíferos (AOP, 2020), el uso de este elemento de forma que no emita emisiones (en teoría emitiría únicamente Helio, inocuo para el ser humano y para el medio ambiente), hace falta una gran inversión en infraestructura como estaciones de servicio y refinerías especiales antes de poder tomarla en cuenta en el mercado global de la energía.

Otras entidades como AleaSoft Energy Forecasting (El periódico de la energía, 2020), empresa fundada por la Universidad Politécnica de Cataluña y dedicada a ofrecer previsiones en el sector energético global o local, sitúa al Hidrógeno como un factor decisivo en el panorama internacional en un plazo medio, que relegará a los combustibles fósiles a un segundo plano como combustible del transporte y que se usará a la par de las presas hidráulicas como almacenamiento de energía.

Para terminar existen dos impedimentos importantes que han menguado su capacidad para crecer en el mercado global. El primero es su dificultad de transporte, ya que por su muy baja densidad es muy fácil que haya fugas, debido a esto se suele transportar en forma líquida, lo que a la par incrementa su precio al deber transportarse en contenedores muy especiales. El segundo impedimento es su tremenda volatilidad, y es que está catalogado como un gas muy inflamable, esto es un gran problema,

sobre todo en el transporte, ya que se necesita de una pila de gran fortaleza para aguantar los posibles golpes.

Para terminar el apartado veremos como uso masivo de todas estas fuentes energéticas no renovables nos ha afectado a nosotros y al medio ambiente.

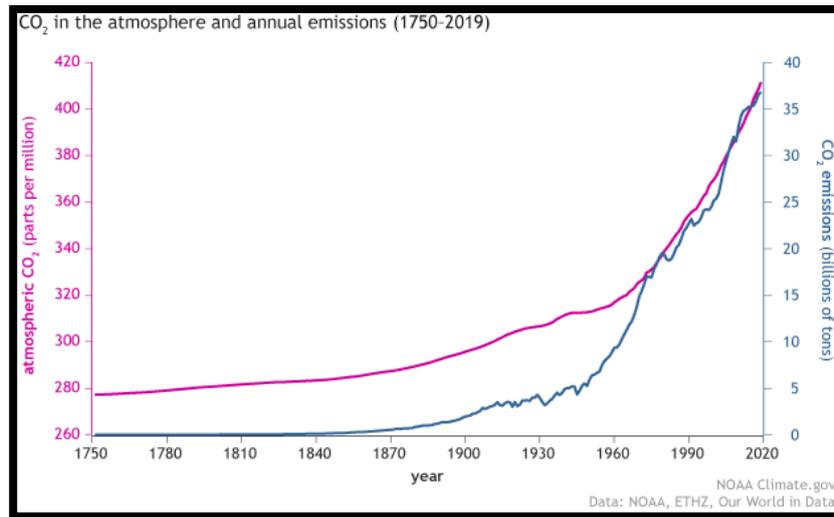
3.6 Consecuencias del uso de las energías no renovables

Voy a aprovechar este punto para, de forma rápida, explicar el cambio climático que estamos viviendo y las consecuencias de usar tanto recurso fósil como lo hace nuestra sociedad. La quema de combustibles fósiles (ojo, no nucleares) libera a la atmósfera una serie de gases contaminantes y nocivos para la vida. El cambio que está experimentando la Tierra desde que el ser humano quema estos combustibles no tiene igual en toda su historia (excepto en las grandes extinciones). Trataremos aquí solo las contaminaciones que son directamente perjudiciales para el ser humano, y no otras como la contaminación lumínica o la sonora. Cabe decir también que nos centraremos en la contaminación provocada por el uso de las energías mencionadas anteriormente, no por ejemplo en la contaminación por uso de plaguicidas, plásticos o aerosoles, igual o incluso más contaminantes a escala global que el aprovechamiento energético de los recursos fósiles, nucleares y en menor medida el hidrógeno.

La contaminación atmosférica se define como la presencia en el aire de sustancias que son dañinas para la vida, gases como el monóxido de carbono o los óxidos de nitroso son directamente veneno para nuestros pulmones. El proceso de deforestación global para ganar terreno de cultivo ha incrementado este problema, pues la vegetación tiene un papel crucial en la absorción de los gases de efecto invernadero. Este efecto invernadero causa que la temperatura global esté aumentando ya que la luz del Sol no puede abandonar la atmósfera terrestre debido principalmente a la alta cantidad de CO₂. Este gas ha aumentado su presencia en la atmósfera terrestre un 45% desde el inicio de la Revolución Industrial.

Desde el “Bum” del automóvil se ha generado un nuevo problema, la calidad del aire en las ciudades. Actualmente todos los países desarrollados tienen problemas de la calidad del aire en las mayores ciudades de cada país, solamente en España se estima que 44.600 personas fallecen al año debido a la contaminación atmosférica, es decir, un 10,7% de la cantidad total de decesos en España (García, 2021). A escala global se estima que la cantidad de decesos es de 4,6 millones de personas (science daily, 2020).

Gráfico 11 CO2 en la atmósfera terrestre

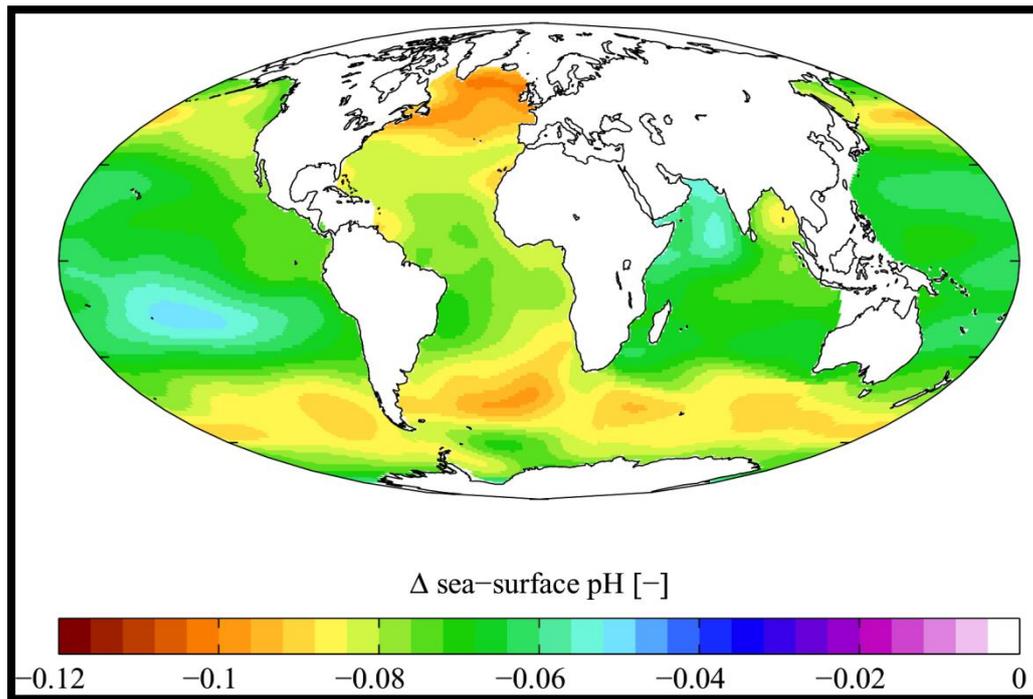


Fuente: OECD, 2020

Otro gran problema es la contaminación hídrica. Esto es, básicamente, la liberación de desechos humanos en las aguas del mundo. También puede ser como efecto secundario de la contaminación atmosférica, pues al estar cubierta la Tierra en tres cuartas partes de agua, mucha de esta contaminación acaba en los océanos. De forma directa en las centrales eléctricas de cualquier tipo, también las nucleares, se utiliza agua para refrigerar los motores y aunque se intenta limpiar el agua antes de devolverla al mar, muchas veces es imposible.

Aunque también es debido en parte a los recursos sólidos arrojados al mar como plásticos y distintos metales, un estudio de la Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica de EE.UU (NOAA, 2014) dice que la acidez del mar ha aumentado un 30% en el siglo XX, también calculándose en el mismo estudio que para el año 2100 el aumento será del 100%. Esto se produce porque los océanos han servido como almacén de muchos gases tóxicos que el ser humano ha producido. Las consecuencias futuras de esta acidificación de los mares está aún por ver ya que por ahora todo son especulaciones, pero lo que es seguro es que numerosas especies marinas se verán afectadas e incluso la pesca para consumo humano puede correr escasez.

Ilustración 8 Progresión de acidez de los mares hasta 1990



Fuente: OECD, 2020.

Como último punto hablaré de la contaminación de los suelos, que debido a vertidos o uso voluntario de distintos productos se produce una degradación del suelo e incapacita o empeora la calidad de vida de los seres vivos en esa zona. Los derivados del petróleo, así como las pruebas atómicas así como sus desechos y accidentes toman parte en gran medida de este problema.

Si el que se contamine la tierra ya es malo de por sí, lo peor es la contaminación de los acuíferos ubicados en las profundidades. Esto puede provocar en el futuro (unido a que habrá menos agua potable debido a la mayor evaporación de los ríos y lagos, así como la desaparición de los glaciares) una escasez de agua potable no en muchos países del mundo. En España más de una cuarta parte del territorio está amenazado con desertificarse, por lo que problemas de agua potable en ciertas zonas es algo que se debe tener en cuenta. Según el gobierno de España (Ministerio de Transición Ecológica y el Reto Demográfico de España, 2020) este porcentaje de desertificación puede aumentar al 80%.

Hablaremos ahora de las energías que pretenden sustituir a las mencionadas hasta ahora, entendiendo como las consecuencias el propio uso de los mismos recursos fósiles ha sido el que ha propiciado la aparición de sus sustitutos.

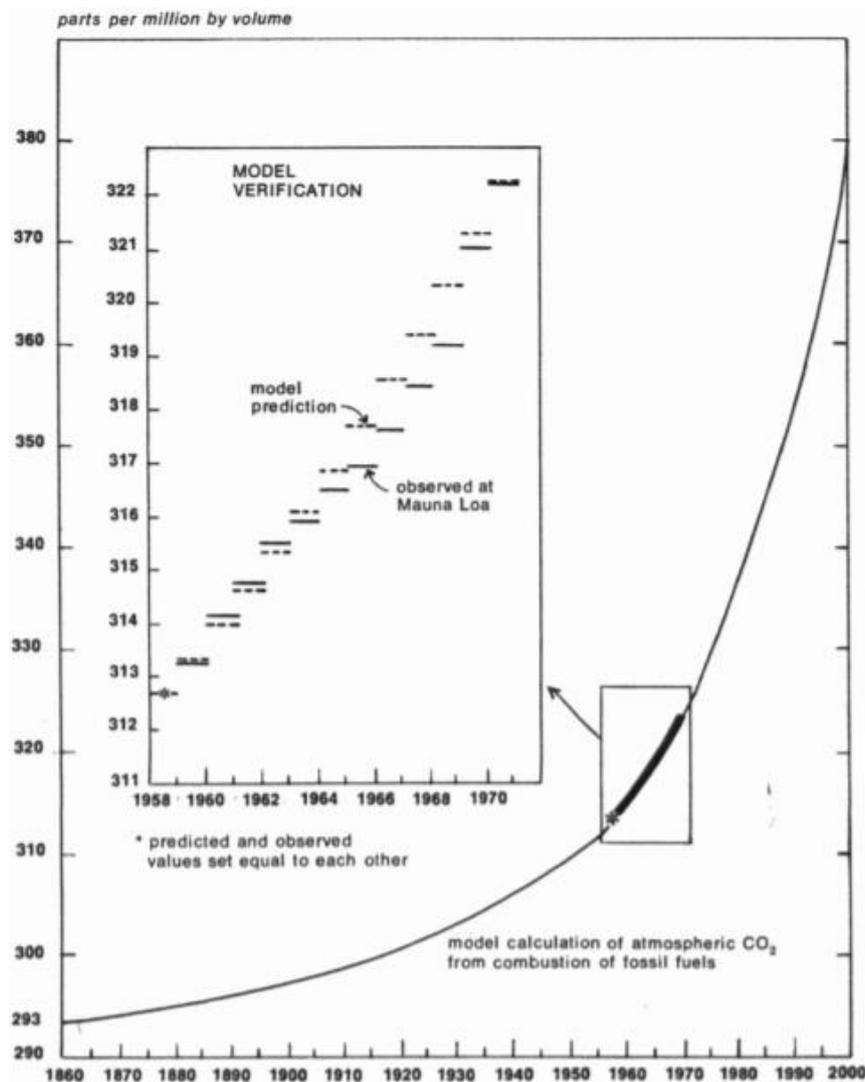
4. Energías Renovables

Se consideran energías renovables las que proceden de fuentes inagotables e indefinidas. Claros ejemplos son la energía que nos proporciona el Sol o los vientos en nuestro planeta. También se les conoce como energías alternativas o energías verdes, pero el término también muy extendido de energía sostenible es más cerrado en sus características, refiriéndose además de lo ya nombrado a las fuentes de energía que no provoquen ningún daño en el medio ambiente y con un impacto mínimo en el medio en que se encuentran, por lo que la energía hidráulica (de las presas) y la biomasa no entren en esta categoría. Como dato curioso, algunos medios defienden a la energía nuclear como energía sostenible, aunque nunca renovable (Planas, 2019).

Desde los inicios de la humanidad se han utilizado estos medios como fuentes de energía, cabe recordar el Domesday Book escrito en tiempos de Guillermo I de Inglaterra que detallaba la cantidad de molinos por habitante en Inglaterra. Ahora bien, el término de “energías renovables” es algo muy reciente.

En los años 70 del siglo pasado, influenciados por los efectos de los recursos fósiles y nucleares y distintas teorías como la Teoría del Pico de Hubbert, se originó una corriente pensadora deseosa de cambio en cuanto a los recursos utilizados por la sociedad, la repercusión en el medio y la sostenibilidad del modelo actual de consumo. El Club de Roma y su informe “Los límites al crecimiento” (Meadows, Meadows, Randers y Behrens, 1972) son un claro ejemplo de esta nueva tendencia. En la ilustración 9 podemos ver como la predicción de CO₂ era de 380 partes por millón, predicción que atinó a la perfección. En 2019 esta cifra tocó máximos de 415,26 ppm (Mauna Loa Observatory, 2021). En el mismo trabajo se predecía una subida de la temperatura global media de 2 grados Celsius para el año 2050.

Ilustración 9 Predicción de acumulación de CO₂ en el Observatorio Mauna Loa de Hawai



Fuente: Meadows, 1972

Con esta nueva mentalidad, también en los años 70, se originó el término de fuentes alternativas, alternativas que surgían y cada vez eran más deseadas a los recursos hasta entonces explotados de forma general y con los inconvenientes que acarreaban. El término ha ido evolucionando, pero no su fin último de reducir el malgaste que sufre el planeta por nuestro crecimiento económico y modo de vida. A continuación veremos las fuentes renovables más importantes, su funcionamiento y su futuro.

4.1 Energía Hidráulica

La energía hidráulica utiliza la fuerza de caída del agua gracias a la gravedad para mover unas turbinas y producir electricidad. Según el Foro de la Industria Nuclear Española (Foronuclear, 2020), es la energía renovable más usada en todo el planeta, representando el 17% de la electricidad consumida a nivel mundial y el 7% del consumo de energía primaria. Está muy extendida por todo el planeta, aunque como es lógico los países con los mayores ríos y lluvias son los que producen más de esta energía.

La electricidad conseguida a través de esta fuente se realiza gracias a la construcción de centrales hidroeléctricas, estas centrales generalmente se construyen en un desnivel del cauce de un río. La primera central de este tipo se construyó en 1879 en las cataratas del Niágara, en la zona estadounidense, una pequeña central para alimentar las farolas de la ciudad homónima del estado de Nueva York.

Desde sus inicios no ha estado exenta de polémicas medioambientales, pues es cierto que interrumpe el cauce natural de los ríos y puede llegar a secar partes del cauce en ciertos momentos del año. También, por su propia naturaleza, estas centrales se suelen ubicar lejos de los centros urbanos, por lo cual hace falta una larga red eléctrica para llevar la electricidad al consumidor final. Esto último, unido a lo complicado que es su construcción hace necesario un gran desembolso inicial.

Aún con todo, la energía hidroeléctrica presenta muchas más ventajas que inconvenientes, según un estudioso español, (Alarcón, 2018), es la mejor “batería” de la que dispone el ser humano, pues el agua se almacena a buen recaudo y sin problemas, transformando en cuanto se necesite en la red la energía potencial y cinética que lleva el agua en electricidad. Este punto hace de la energía hidroeléctrica uno de los pilares fundamentales de cualquier red de consumo. Además de los beneficios obvios de esta fuente, como su teórica inagotabilidad, su alto nivel energético y nula emisión de gases, la energía hidráulica permite contener las posibles crecidas de los ríos y mejora el abastecimiento de las zonas de riesgo. Ejemplo conocido en nuestra comunidad es el Embalse del Porma que, además de producir electricidad para los pueblos circundantes, les protege de las inundaciones y riadas que se producían a menudo en la zona.

Las centrales hidroeléctricas se pueden dividir de varias maneras, enunciaré a continuación la clasificación de la empresa italiana Enel (Enel Green power, 2018). Existen muchos factores de distinción, pero los más importantes son la altura de caída del agua, el régimen de flujo de agua, el caudal y la pendiente.

- Centrales de agua fluvente: estas centrales utilizan la propia fuerza que trae el río para mover las turbinas. La electricidad producida dependerá de la fuerza del río, la altura de la central y el caudal del río. El agua fluye prácticamente con total normalidad, sin necesidad de tuberías ni muros. Son generalmente de menor potencia instalada que las siguientes y, además, dependen por completo de las variaciones de caudal del río a lo largo del día y del año.
- Centrales de embalse: usan grandes cantidades de agua almacenada para después dejarla caer de un lado a otro y producir la electricidad. Se pueden dividir entre las que usan una masa de agua, como un lago, preexistente y las que recurren a presas en los ríos para funcionar. De este estilo son las centrales más grandes e importantes, la Presa de las Tres Gargantas en China la mayor del mundo es de este estilo, siendo capaz de producir el 3% del consumo eléctrico del país. Otra central importante puede ser la de Itaipú situada entre Brasil y Paraguay, esta central fue capaz en el año 2009 de producir el 95% del consumo eléctrico de Paraguay y el 15% de Brasil (Ares, 1983).
- Centrales de bombeo o reversibles: estas centrales poseen dos vertientes. La vertiente superior funciona de igual manera que una central de embalse, dejando correr el agua hacia el otro lado de la presa cuando se quiera producir electricidad. La diferencia entre estas dos centrales es que en las centrales de bombeo se almacena el agua en vertiente inferior, la vertiente que se encuentra más avanzada en cuanto al cauce del río se refiere. En las horas en las que el consumo energético sea menor y, por ende, más barata la electricidad, se bombea el agua hacia la vertiente superior y se repite el proceso cuando sea necesario. Su principal característica es que se deja de depender de las posibles condiciones meteorológicas, además de posibilitar el uso más habitual de los generadores de la central. Este tipo de central necesita que la energía utilizada para el bombeo sea de origen renovable para poder ser considerada como tal. Se puede ver un esquema de este estilo de central en la ilustración 9.

La potencia hidroeléctrica instalada en España es la quinta de Europa, jugando además la hidroeléctrica española un papel muy importante en el futuro energético europeo, según El Ágora (El ágora, 2020) gracias a las centrales por bombeo, donde España es ya la cuarta potencia europea y con intención de subir puestos, pues se

están llevando a cabo actualmente reformas en las centrales ya existentes para hacerlas de bombeo, España puede convertirse en un almacén de energía limpia para el sur de Europa, necesario si la Unión quiere conseguir los objetivos que se ha puesto de obtener un 80% de su energía de fuentes renovables. Con esto, España podría ganar un gran peso en el mercado energético europeo. La siguiente ilustración representa como funciona una central eléctrica de bombeo.

Ilustración 10 Esquema de una Central Eléctrica de Bombeo

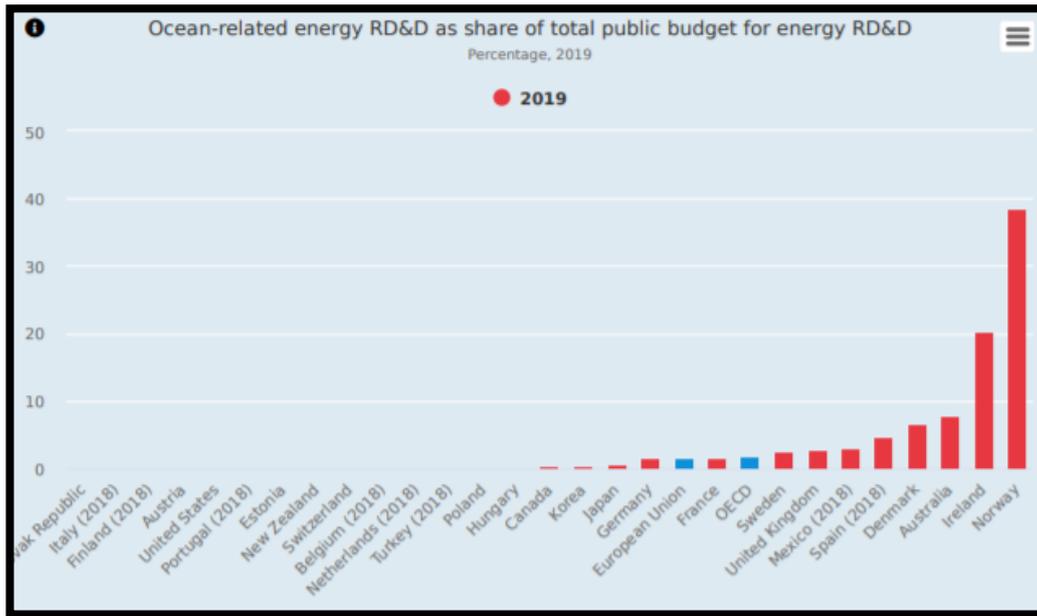


Fuente: SectorElectricidad, 2016

4.2 Energía Marina

La energía marina es aquella cuya fuente es la fuerza y naturaleza de nuestros mares y océanos. Existe gran variedad de formas de aprovechar toda esta energía y es probablemente la fuente energética que engloba a la variedad más amplia de formas distintas de producción eléctrica. Dado que el 70% de la Tierra está cubierta por agua, siendo un 97% de esta agua marina u oceánica, es una fuente energética con mucho potencial de futuro aunque no muy relevante a día de hoy. Según datos de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OECD, 2020), la inversión pública en este sector ha aumentado enormemente durante los últimos años, siendo España el quinto inversor a nivel mundial, como podemos ver en el gráfico 12 y el noveno a nivel de patentes.

Gráfico 12 Inversión Pública en Energía Marina



Fuente: OECD, 2020

Los distintos tipos de energía, según la Energy Information Administration de EE.UU (EIA, 2020) marina son los siguientes:

- Energía Mareomotriz: utiliza la fuerza de las mareas, estas se producen por el contraste gravitatorio entre la Tierra y la Luna (y en menor medida el Sol). Se trata de una central hidroeléctrica que separa en dos una zona de mareas altas, cuando la marea sube y llega a su tope se cierran las reclusas, cuando la marea ya ha bajado se vuelven a abrir y se genera la electricidad gracias a las turbinas. También existen las centrales reversibles, que generan electricidad al pasar el agua por las turbinas al subir la marea.
- Energía de las Corrientes: las corrientes marinas recorren el planeta de lado a lado, por lo que su potencial es innegable. Aun con esto hoy día es prácticamente inviable económicamente debido a su alto coste, además de tener unos costes iniciales muy altos, se debe transportar la electricidad desde zonas con corrientes muy fuertes hasta tierra firme con su consiguiente gasto, además el coste de mantenimiento es igual de elevado. La central más importante de este tipo se encuentra entre México y Estados Unidos, en el golfo de México, y el gobierno americano ha estimado que solo se aprovecha el 1x1000 de la energía que se podría captar por esta zona, siendo 50 veces mayor que la que

transcurre en las cataratas del Niágara (Departamento del Interior de Estado Unidos, 2006)

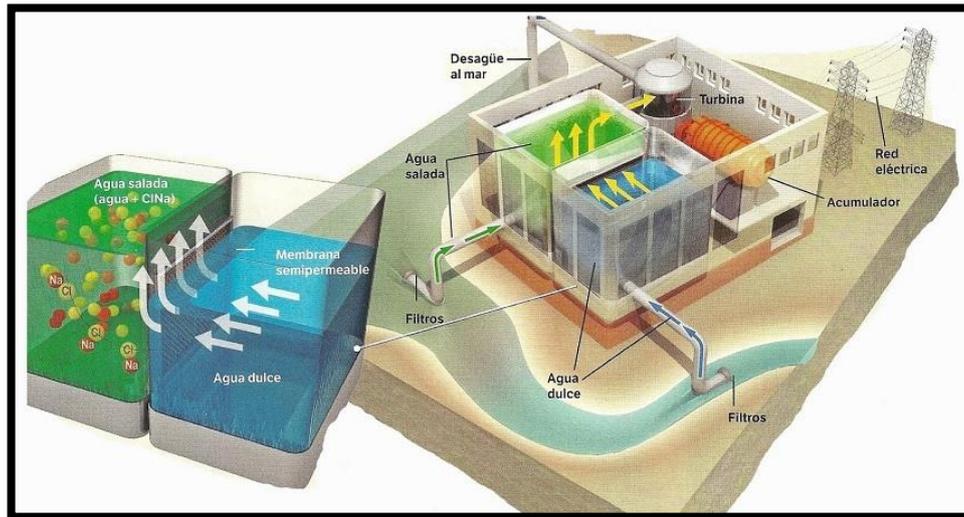
- Energía Maremotérmica: aprovecha la diferencia de temperatura entre el fondo de los mares y su superficie. En aguas tropicales de gran profundidad existen grandes desequilibrios térmicos que pueden facilitar que esta sea una prominente fuente energética en el futuro. El funcionamiento actual se basa en tubos de amoníaco que según se calientan y enfrían van subiendo y bajando, moviendo unas turbinas y generando electricidad.
- Energía de las Olas o Energía Undimotriz: Se trata básicamente de aprovechar la fuerza del oleaje para producir electricidad, el origen de las olas radica en el rozamiento de la superficie marina con el viento. El método más común es la instalación de unas boyas flotantes a ras de mar que, gracias a la fuerza de las olas, muevan unas turbinas colocadas en el fondo del mar. Hoy en día sus costes son muy elevados, aunque el Departamento de la Energía de Estados Unidos estimó en 2020 que el poder de las olas que golpearon las costas del país equivale al 64% del total de la energía consumida por el país, y está actualmente estudiando cómo aprovecharlo (EIA., 2020).
- Energía/Potencia Osmótica o Energía Azul: la osmosis es el movimiento del agua de un compartimento hacia otro debido a la diferencia de concentración de agua, pasando el de mayor concentración hacia el de menor, consiguiendo así la estabilidad. Esta diferencia de concentración de agua es provocada por su salinidad.

Vamos a pensar en el hipotético caso de tener un recipiente de agua dividido en dos por una membrana semipermeable, por la cual el agua puede pasar pero no la sal. Con agua a la misma salinidad, el nivel de agua en ambas partes del recipiente es el mismo. Si, por el contrario, se echase sal en una lado del recipiente se produciría un movimiento de agua desde el lado menos salado (con mayor concentración de agua) hacia el lado salado (con menor concentración de agua). En esta membrana de separación se produce una presión muy particular denominada presión osmótica.

Como bien se puede pensar, este método está ideado para obtener energía gracias a la presión osmótica (inherente de cualquier solución líquida, incluida el agua) que se podría producir en la desembocadura de los ríos en los mares u océanos. Su futuro está más que seguro y se

da por supuesto que será una de las energías más importantes en un futuro, sobre todo para las ciudades costeras con grandes ríos, pero en la actualidad las membranas semipermeables necesarias son demasiado caras. En la siguiente ilustración 11 podemos ver como es el funcionamiento teórico de una de estas centrales.

Ilustración 11 Central por ósmosis



Fuente: Hora, 2012

4.3 Energía Geotérmica

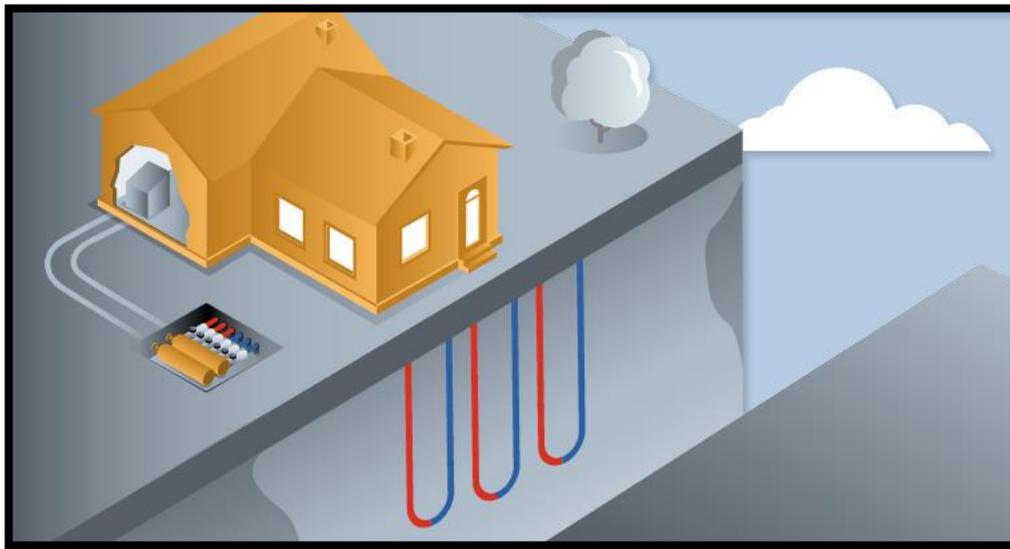
La energía geotérmica es el aprovechamiento del calor interno de la Tierra para consumo humano. Este uso puede ser para transformar esta energía en electricidad o para consumo directo del ser humano en forma de calor. En todos los casos se trata de unas perforaciones en la corteza de la Tierra (las más profundas de este tipo son de 3000 metros) para buscar cavidades llenas de agua con masas de rocas muy calientes por debajo suyo. Al bullir el agua debido al calor intenso, sube precipitadamente en forma de gas. Si la masa de agua es grande y su temperatura mayor de 150 grados Celsius, entonces se colocan unas turbinas para la generación de electricidad. En el caso de que no llegue hasta esta temperatura, pero sea al menos mayor a 30 grados Celsius, se puede usar para calefactar zonas de uso industrial o zonas públicas o residencias privadas dependiendo de su temperatura gracias a bombas de calor.

En España no existe una actividad geológica importante, por lo que esta energía se usa casi exclusivamente para la calefacción de distintos edificios y zonas residenciales. Un ejemplo puede ser la estación Pacífico del Metro de Madrid, que regula la temperatura de sus 1090m² de espacio gracias a esta energía; también se

han construido edificios residenciales en Cataluña con tecnología para utilizar esta tecnología como se puede ver representado en la ilustración 12. En dicha figura se muestra una estación geotérmica vertical (que suele rondar entre los 20 y 150 metros dependiendo del volumen de espacio que se quiera calentar), también se puede hacer horizontal al suelo a una profundidad de 1 ó 2 metros, reduciendo enormemente el coste aunque empeorando los resultados.

A escala internacional, países con gran actividad volcánica (que favorece la aparición de grandes géiseres en la superficie), como Islandia, han apostado fuerte por esta tecnología, representando el 25% del total de la energía producida en el país y un 66% de la energía primaria consumida (Orkustofnun National Energy Authority, 2020).

Ilustración 12 Representación de uso de energía geotérmica



Fuente: PrecioGas, 2019

4.4 Energía de Biomasa

Por la biomasa de un entorno se entiende la totalidad de la masa biológica que se puede encontrar en él. Se puede hablar de biomasa total o de biomasa diferenciando especies, familias genéticas, etc. El origen primordial de la biomasa es el Sol, pues se produce una energía química en las plantas que estas transforman en materia orgánica, los animales usamos después esto para subsistir. Esta materia es la que se puede transformar de diversas maneras para consumo humano.

Según la Dirección General de Energía y Minas de Aragón (Combustibles de Aragón, 2016) la procedencia de la materia prima se distinguen tres tipos de biomasa, estas son natural, residual y producida:

- La energía de biomasa natural es la que se produce de forma natural en el medio ambiente sin intervención humana. Ejemplos pueden ser las ramas, hojas y piñas que recogemos para poder encender un fuego. El uso extensivo de esta energía sería perjudicial, ya que no respetaríamos al propio medio ambiente y su autoregeneración.
- Por otro lado la energía de biomasa residual es la que se produce como sobrante de una actividad humana. Las industrias ganaderas o forestales, e incluso la propia vida humana en las ciudades, producen grandes cantidades de residuos que en vez de eliminar sin más se transforman para el consumo humano. La obtención de biogás, consecuencia de una descomposición anaeróbica de los materiales orgánicos, es un gran ejemplo pues se suele utilizar para conseguir electricidad. Cabe matizar que este tipo de biomasa es energía que se producirá siempre a consecuencia de las actividades industriales o rutinarias que realizamos, por lo que no hay más que aprovecharla en beneficio propio en vez de abandonarla.
- Por último la biomasa producida, se trata de cultivos plantados específicamente para su aprovechamiento energético. La colza, el girasol o el chopo son algunas de las plantaciones más comunes. Por su propia naturaleza necesitan de grandes extensiones y tiempo para crecer y que puedan regenerarse, por lo que aunque disponen de una gran energía su uso se centra más en las “baterías naturales” al mismo estilo que las presas hidráulicas.

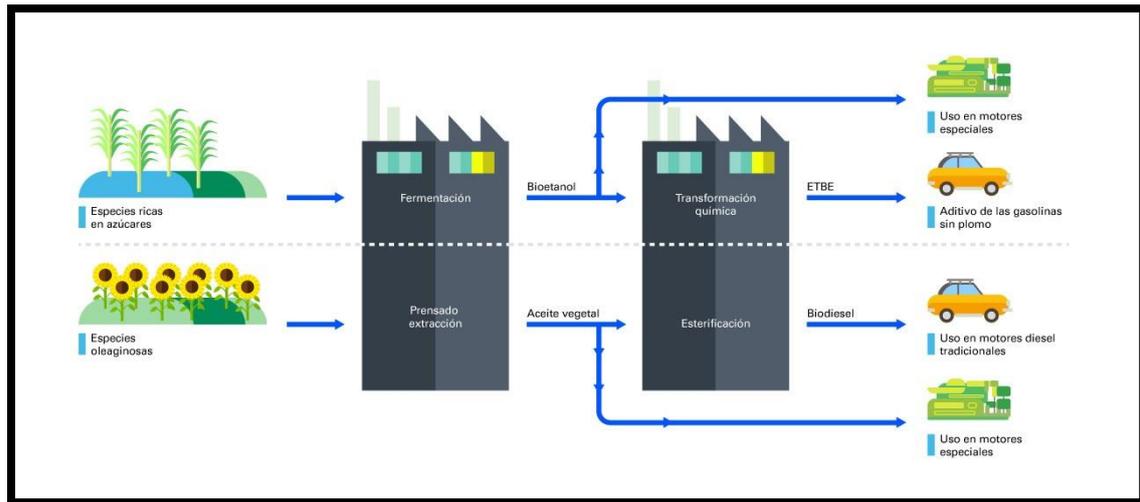
Debido a la inmensidad de distintas materias primas de las que dispone la biomasa, existen diversos métodos para la conversión de esta a energía utilizable por el ser humano. Para no hacer esta exposición demasiado extensa, dividiré todos estos distintos procesos en dos grandes grupos: procesos termoquímicos, que usan el calor para conseguir la energía; y los bioquímicos, que usan distintos microorganismos para conseguir lo propio (Endesa, 2015).

- Procesos termoquímicos: cuanto menos humedad posea el compuesto orgánico, mejor para este modelo de biomasa. Existen cuatro grandes procesos distintos:
 - 1) Combustión, consiste simplemente en quemar los residuos orgánicos para generar aire caliente que mueve unas turbinas y estas generan electricidad, o directamente para consumo calorífico y calentar hogares o industrias.

- 2) Pirólisis, consiste en descomponer la biomasa usando mucho calor aunque sin oxígeno, por lo que no prende. Este método produce como resultado una serie de gases hidrogenados aprovechables para conseguir electricidad y carbón vegetal.
 - 3) Gasificación, existe cuando se prende el compuesto orgánico a muy altas temperaturas en un porcentaje muy cuidado y cambiante de aire/oxígeno. Produce como resultado dos gases, el gasógeno y el gas de síntesis. El gasógeno se utiliza para generar electricidad al quemarlo, el gas de síntesis puede ser usado para conseguir combustibles como el metanol y la gasolina.
 - 4) Co-combustión, este último consiste en usar biomasa como combustible en las grandes centrales eléctricas de carbón, reduciendo así el consumo de este mineral tan contaminante.
- Procesos bioquímicos: se realiza para aprovechar las biomásas con alta humedad. Se utilizan microorganismos para descomponer la materia orgánica y aprovechar sus partes. Existen dos grandes tipos en función del recurso obtenido, la fermentación alcohólica y la fermentación mecánica. La fermentación alcohólica convierte el alto porcentaje de glucosa de la biomasa en etanol, este compuesto puede ser usado desde el uso culinario hasta como combustible de los motores, llamado en este caso bioetanol o biodiesel; por otro lado la fermentación mecánica es la descomposición anaeróbica de la materia, produciendo tras la fermentación biogás.

En la representación 13 podemos ver una simplificación de como se utiliza la energía de la biomasa y sus distintos usos.

Ilustración 13 Representación de Energía de la Biomasa



Fuente: Endesa, 2013

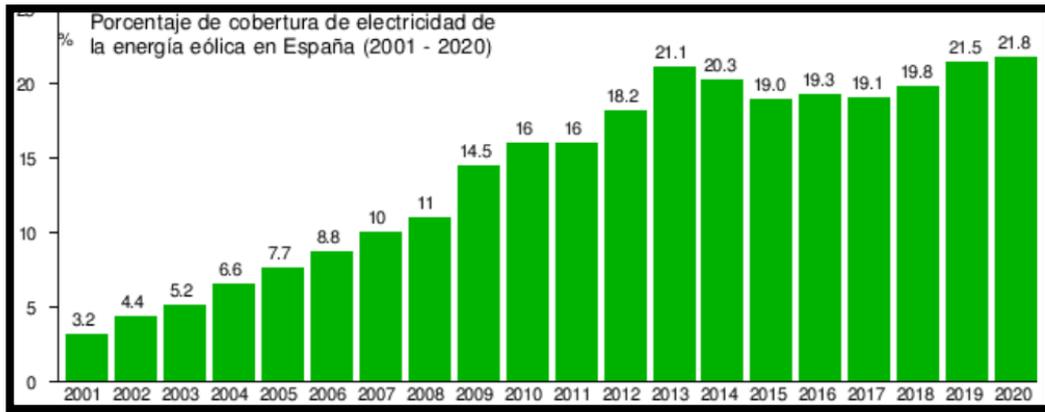
Los gases resultantes como el biogás, el bioetanol y el biodiesel pueden ser usados como combustibles para los vehículos a motor, pero no son considerados energías renovables ya que su producción conlleva procesos contaminantes. No obstante, son una buena manera de aprovechar al completo la energía que nos brinda la biomasa.

4.5 Energía Eólica

Esta energía utiliza la fuerza del viento para generar electricidad a través del movimiento de unas turbinas. Es la energía renovable más importante en España y la segunda a nivel mundial por detrás de la hidráulica. España fue en 2013 el primer país del mundo cuya fuente de energía eléctrica más importante fuese la energía eólica y es actualmente el quinto país con más potencia instalada y el segundo de Europa según datos de Red Eléctrica de España (REE, 2014). Para la obtención de la electricidad se suelen usar grandes aerogeneradores, con unas grandes palas para aprovechar al máximo el viento. La esencia del funcionamiento se mantiene desde la Edad Media.

En el siguiente Gráfico podemos ver la evolución de peso de la producción eléctrica en España en este siglo. La energía eólica es la principal fuente energética en nuestro país desde 2013.

Gráfico 13 Progresión del Peso de la Energía Eólica en España



Fuente: Roca, 2020

Se suele tener la idea de que la energía eólica es una energía cara, cosa muy cierta hace unos años, cuando se trataba de una energía en crecimiento y con la tecnología necesaria aún en desarrollo. Hoy en día se trata de una de las energías renovables con la tecnología más desarrollada y eficiente de todas, llegando a finales de 2020 a tener un valor de 54,77 euros por megavatio/hora. Por comparación el precio medio de la energía nuclear en España es de 57 euros por megavatio/hora, aunque mucho de esto es impuesto directo del Estado, el gran coste inicial de una central nuclear necesita de 40 años para su amortización, por otro lado un parque eólico tarda como mucho 10 años, y su vida media es de 25 años (Lafraya, 2021).

Se ha criticado mucho a esta energía (Montegar, 2021) por su supuesto impacto medioambiental, sobre todo en lo referido a las aves y al ruido que producen. En datos brutos, el daño producido a la población de aves parece muy abultado. Estimaciones del Servicio de Pesca y Fauna de Estados Unidos estima que entre 140.000 y 500.000 de aves y murciélagos mueren cada año debido a los grandes aerogeneradores, aunque la misma organización estima que 676 millones mueren por colisiones contra edificios y 214 millones contra vehículos (Ewwind, 2020). En el caso particular de España el número de muertes no es demasiado preocupante, pero sí lo es las especies que más sufren de esto. La Universidad Miguel Hernández estima que al año mueren en España 10.000 buitres debido a choques con los aerogeneradores, ¿Solución? Fácil, tener en cuenta las zonas susceptibles de migraciones de aves para la construcción de nuevos parques eólicos y pintar una de las palas de los aerogeneradores de los parques ya construidos y los por construir, lo que reduce las colisiones con animales en un 70% según un estudio ya probado en Noruega (Walton, 2020).

En cuanto al ruido, los parques eólicos se encuentran en su gran mayoría en espacios poco habitados o incluso desérticos, por lo que el volumen percibido por una persona suele ser nulo. Aún con todo, a una distancia de 500 metros el ruido percibido por un aerogenerador es tanto como el que puede producir un electrodoméstico funcionando en una casa.

Otra serie de desventajas achacadas a la energía eólica son las relacionadas con el espacio que ocupan, quitando dicho espacio a actividades ganaderas o agrícolas. Esto se dice con el presupuesto de que estas actividades no son complementarias, lo cual es falso. El terreno que ocupa un aerogenerador en comparación con las tierras de cultivo el ínfimo, de hecho son muchos los agricultores y ganaderos que alquilan sus tierras a las eólicas.

La energía eólica funciona a todas horas, con suministrador gratuito y constante y como hemos visto con un impacto medioambiental prácticamente nulo. Aún con esto, en los últimos años se ha vivido una explosión de inversiones de parques eólicos marinos que buscan principalmente dos cosas: 1) evitar los problemas ya mencionados, que aunque leves existen. 2) buscar zonas en las que el viento sea más fuerte y con mayor regularidad.

Usando los términos ingleses, los parques eólicos marinos se denominan offshore, si se encuentran en mitad del mar y nearshore si se encuentran lo suficientemente cerca de la costa como para poder tener los transformadores en tierra firme. Dinamarca es el país del mundo con mayor uso de estos parques, representando la energía eólica un 40% del consumo energético nacional y la energía offshore un 47% del total de la energía eólica (Gronholt-Pedersen, 2020). Existe un proyecto entre Alemania y Dinamarca para unir ambos países por mar mediante una gigantesca red de parques eólicos.

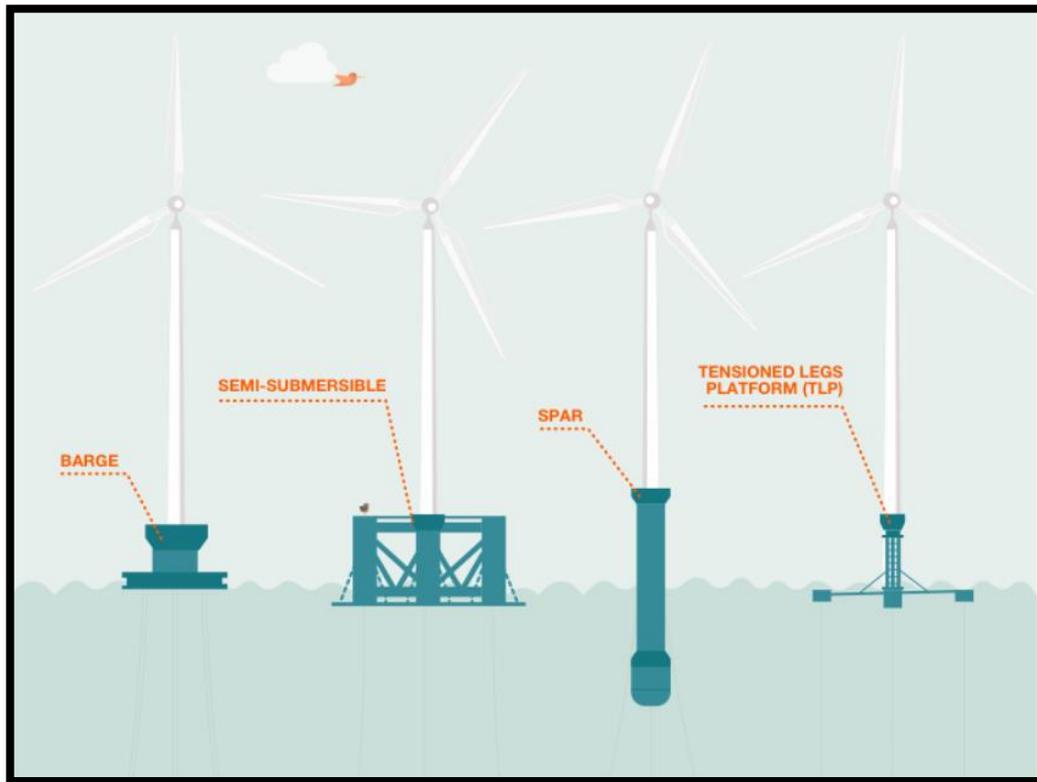
En el caso concreto de España, debido a la profundidad de las aguas que rodean a nuestro país no se ha podido desarrollar como sí lo han hecho los parques en tierra firme. Un nuevo modelo de parques con una nueva tecnología, que permite a los aerogeneradores flotar (y por tanto, no tener que anclarse al suelo marino) ha permitido a España sumarse a esta carrera tecnológica. Este mismo año, Navantia e Iberdrola han unido fuerzas para instalar en las costas gallegas parque eólicos con un valor de 3.000 millones de euros (Iberdrola, 2020).

Los modos en los cuales se ha hecho viable los grandes parques eólicos marinos son los siguientes (Iberdrola, 2019):

- Spar: se trata de una estructura larga dirigida hacia el fondo marino, en la cual se sitúa el aerogenerador. Esta estructura posee un gran peso en su extremo inferior, lo que imposibilita que se vuelque el molino. Debido a que los aerogeneradores son cada vez más grandes y pesados, dificulta su instalación.
- Semi-sumergible: plataformas unidas entre sí, cuanto mayores y mayor distancia entre los pilares de la plataforma, mayor su estabilidad. Se denomina semisumergible porque la parte más baja de la plataforma está expuesta y normalmente hundida en el agua.
- Barge (Barcaza en español): con el principio de construcción de los barcos se fabrican grandes estructuras para hacer de base del aerogenerador. Al semejarse a los barcos, están preparadas para no presentar gran resistencia al mareaje y moverse mucho.
- Tensioned Legs Platform: este método presenta muchas dificultades, pues no están diseñadas para flotar. La plataforma sin el aerogenerador sí que flotaría por cuenta propia, pero colocando el molino encima se hundirá hasta los límites marcados con su densidad, tamaño y forma. Gracias a esta última también se impide que la estructura vuelque. Se usan también para las plataformas petrolíferas encontradas en aguas con gran profundidad.

En la siguiente ilustración 14 se pueden ver gráficamente las distintas tipos de plataformas marinas para aerogeneradores. Cabe decir que al reto de construir estas plataformas se le debe sumar el cuidado constante que necesitan al estar en medios tan agresivos. También son necesarios grandes cables que llevan la electricidad producida hasta tierra.

Ilustración 14 Distintas Plataformas Flotantes para Aerogeneradores.



Fuente: Iberdrola, 2019

4.6 Energía Solar

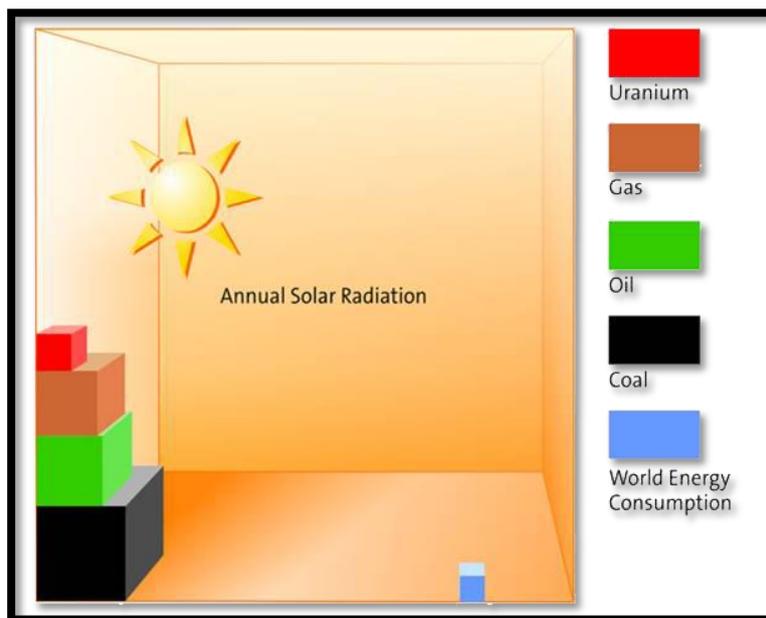
Esta energía se basa en el aprovechamiento de la energía proveniente del Sol. Se dividen en dos grandes grupos, denominándose activas o pasivas según como se captura, convierte y distribuye esta energía (energía solar, 2015)

La energía pasiva solar utiliza directamente la energía solar para el aprovechamiento humano, sin ningún cambio o conversión. Ha formado parte de la sociedad humana desde nuestros inicios, pues se usaba desde ámbitos culinarios para cocinar la comida hasta la edificación de casas y edificios públicos. La primera documentación de esta energía proviene de los griegos, que en el 400 a.C. ya tenían en cuenta la ubicación y dirección de sus edificios con respecto al Sol. Esto marca el inicio de una arquitectura denominada arquitectura bioclimática. Hoy en día la arquitectura bioclimática sigue siendo el principal uso de la energía solar pasiva. Diversos avances tecnológicos han permitido que ahora ya no solo se tengan en cuenta la dirección y el posicionamiento de los edificios, sino también se usan materiales especiales y formas que perfeccionan el aprovechamiento de la energía para su obtención, almacenaje y reparto de la forma más adecuada por todo el

volumen de la construcción. El aislamiento térmico, la ventilación cruzada y las mejoradas orientación y posición son algunos ejemplos que se tienen en cuenta en la mayoría de construcciones hoy día.

La energía solar activa, por otro lado, utiliza también la energía proveniente del Sol, pero utiliza métodos mecánicos y/o algún aporte externo de energía (aunque suele ser muy reducido, como bombas o ventiladores) para su conversión en electricidad o calefacción. Esta energía se clasifica en dos grupos, energía solar térmica y energía solar fotovoltaica según se use el calor o la radiación solar para el aprovechamiento humano. El futuro que ofrecen estas tecnologías es inmenso, pues hay que tener en cuenta que la energía que llega a la Tierra proveniente del Sol es 10.000 veces el consumo energético global en el mismo periodo. Además, aunque en sus inicios estas tecnologías eran bastante más caras que sus competidores fósiles, avances tecnológicos y la subida del precio de estos debido a conflictos bélicos y políticos durante la segunda mitad del siglo XX, han conseguido paridad de red en muchos países, entre ellos España (ciencias ambientales, 2018). Conseguir la paridad de red significa que una fuente energética es capaz de producir energía a un precio menor o igual al precio general de la red, en España esta paridad ocurre también en el solar fotovoltaico (Estévez, 2015). En esta ilustración 15 podemos ver el enorme potencial de la energía solar.

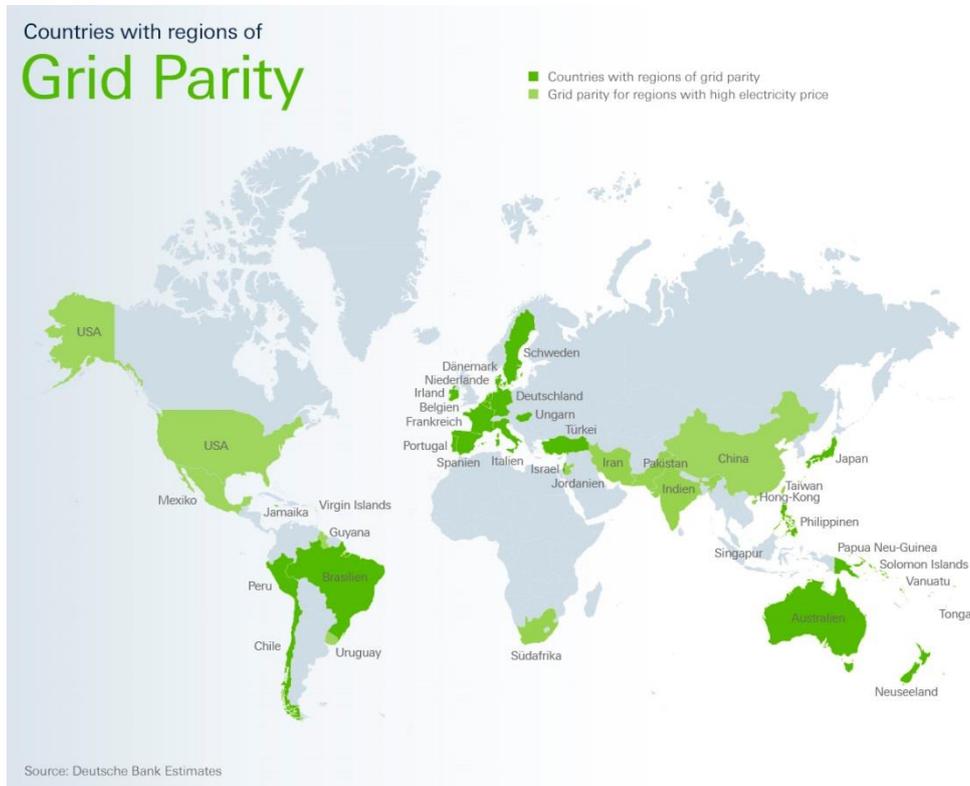
Ilustración 15 radiación solar en un año



Fuente: Energética futura, 2010

En la ilustración 16 de a continuación vemos los países con paridad de red solar en el mundo de acuerdo a un estudio del Deutsch Bank en el año 2016.

Ilustración 16 Paridad de red solar en el mundo



Fuente: Deutsch Bank, 2016

Según el Instituto para la Diversificación y el Ahorro de Energía, (IDAE, 2020) la energía solar térmica aprovecha el calor emitido por el Sol para calentar agua, esta agua caliente se puede usar en forma de calefacción o para la producción de electricidad. Aunque esta energía será mayor cuanto mayor sea la energía aportada por el Sol, pueden trabajar igualmente a temperaturas de hasta -40 grados Celsius, siempre y cuando haya Sol. La gran ventaja de este método con respecto a la energía solar fotovoltaica es su capacidad para almacenar el agua caliente y usarla más adelante, esto es algo que gracias a distintas tecnologías ya no es una ventaja tan dominante.

Según el mismo informe (IDAE, 2020) dependiendo del calor que unos colectores en las placas son capaces de almacenar su uso varía.

- Gran importancia tiene en este punto los colectores que alcanzan los 65 grados Celsius, pues son los usados para el uso doméstico para calentar el agua sanitaria que se usa en las viviendas.

- Si estos colectores son mayores a los anteriores, pero no sobrepasan los 300 grados Celsius, el uso del agua que se calienta será destinado a industrias de sectores específicos como pasteurización o lavado textil.
- Por otro lado, los colectores de alta temperatura que alcanzan más de 500 grados Celsius son los que se usan en las grandes centrales solares térmicas en el mundo. Esta se denomina energía termosolar de concentración, pues usa grandes espejos para concentrar al máximo los rayos solares en ciertos puntos, alcanzando así estas temperaturas. Tras calentar agua asociada a una turbina de vapor conectada a un generador, se genera electricidad. En 2018 España se produce prácticamente la mitad de la energía producida con este método, poseemos en nuestro país una capacidad instalada de cerca de 3000 MW de potencia, proviniendo el 60% de esta energía exclusivamente de Andalucía, gracias a las grandes centrales ahí ubicadas como las centrales Gemasolar y PS20 (Nuevas energías, 2018).

Aún con estas grandes ventajas e inversiones que se han hecho en este ámbito, debido a los avances aún mayores en energía fotovoltaica y su menor precio, se considera que la energía termosolar puede pasar a un segundo plano a escala global. En España, el *Plan Energético y Climático para 2030* (ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico, 2020) establece esta energía como importante en ciertas regiones, especialmente Andalucía, pero siempre con un híbrido entre fotovoltaico y térmico. Como se puede ver en el gráfico 14, aunque la energía termoeléctrica aumentará más de un 300% hasta 2030, será prácticamente residual (previsiblemente) frente al resto de renovables.

Gráfico 14 Previsión de Generación de Electricidad en España

Parque de generación del Escenario Objetivo (MW)				
Año	2015	2020*	2025*	2030*
Eólica (terrestre y marítima)	22.925	28.033	40.633	50.333
Solar fotovoltaica	4.854	9.071	21.713	39.181
Solar termoeléctrica	2.300	2.303	4.803	7.303
Hidráulica	14.104	14.109	14.359	14.609
Bombeo Mixto	2.687	2.687	2.687	2.687
Bombeo Puro	3.337	3.337	4.212	6.837
Biogás	223	211	241	241
Otras renovables	0	0	40	80
Biomasa	677	613	815	1.408
Carbón	11.311	7.897	2.165	0
Ciclo combinado	26.612	26.612	26.612	26.612
Cogeneración	6.143	5.239	4.373	3.670
Fuel y Fuel/Gas (Territorios No Peninsulares)	3.708	3.708	2.781	1.854
Residuos y otros	893	610	470	341
Nuclear	7.399	7.399	7.399	3.181
Almacenamiento	0	0	500	2.500
Total	107.173	111.829	133.802	160.837

Fuente: Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico, 2020

Por su parte, la energía solar fotovoltaica consiste en usar la radiación emitida por el Sol para convertirla en electricidad, esto ocurre gracias al efecto fotoeléctrico. Veremos brevemente esta propiedad de algunos materiales, empezando por el origen de la electricidad. La electricidad es, a grandes rasgos, el paso de los electrones de átomo en átomo. Estos electrones tienen la peculiaridad de que se les ha dado un aporte energético suficiente como para desprenderse de su átomo original, iniciando un movimiento o “viaje” y produciendo por ende una corriente eléctrica. Pues bien, el efecto fotoeléctrico es la emisión de electrones de ciertos materiales tras haber sido irradiados por una radiación electromagnética, esto es especialmente notorio en los metales ya que los electrones en estos materiales gozan de especial libertad frente al resto. La energía solar fotovoltaica utiliza células fotovoltaicas (básicamente pequeños generadores) para usar esta corriente y producir electricidad (Franco, 2011)

El origen de esta energía se remonta a los años 40 de siglo pasado, cuando Russel Ohl patentó la primera célula fotovoltaica en 1946. Sus primeros usos fueron muy minoritarios debido a su alto precio, costando de medio cada vatio 250 dólares cuando el vatio proveniente del carbón tenía un precio de tan solo 2 dólares. Aún con todo, estaba claro que la tecnología tenía un potencial enorme y empezó a ser usada extensamente en los proyectos espaciales, siendo el principal método energético de naves como el Explorer 6 (primera foto espacial de la Tierra), y el más reciente telescopio Hubble (NASA, 2020). Más adelante gracias al avance de la ciencia y la tecnología se ha empezado a usar extensamente en todos los ámbitos de la vida

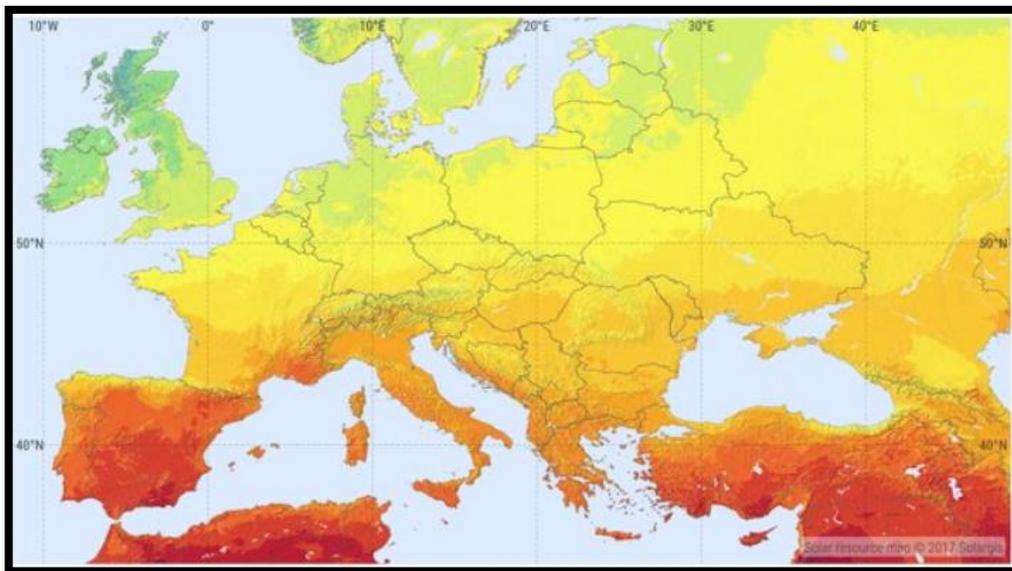
humana, siendo actualmente la tercera fuente renovable mundial tras la energía eólica y la energía hidráulica (EIA, 2020).

La rentabilidad y eficiencia de esta energía depende de la radiación solar, que incide con muy diversa intensidad dependiendo de la parte del mundo en que se encuentre, en la ilustración 15 se puede ver como la radiación solar incide de forma heterogénea en el continente europeo. En el caso específico de España somos uno de los países de Europa con mayor radiación, permitiendo que su uso se haya extendido con más fuerza y rapidez que en otros lugares, siendo nuestro país el noveno productor global de energía fotovoltaica y el tercero a escala europea tras Italia y Alemania, según datos de la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA, 2021).

La mayor diferencia con respecto a los competidores de esta energía es la capacidad que tiene para ser instalada en pequeños recintos (como en el tejado de viviendas particulares) para reducir enormemente el gasto energético de familias o empresas, matiz que será estudiado con mayor profundidad en el siguiente apartado.

En la siguiente ilustración 17 vemos el mapa europeo con las distinta intensidad de radiación que soporta cada territorio.

Ilustración 17 Radiación solar media en Europa



Fuente: Solargis, 2018

5. Marco legal de las energías renovables, autoconsumo

El autoconsumo en España ha crecido enormemente en los últimos años. La crisis mundial ocasionada por el Covid-19 ha agilizado esta evolución, habiendo aumentado un 30% en el año 2020, según datos del gobierno de España. Igualmente, y aunque el Covid haya acelerado este proceso, este “boom” del autoconsumo a base de la energía solar viene sustentado enormemente por el Real Decreto 244/2019.

Este RD se basa en eliminar ciertos impedimentos que había y de favorecer de las siguientes maneras la instalación de placas solares (Cinco días, 2021):

- Eliminación del denominado “impuesto al sol”, que era un gravamen que imponía una tasa a la energía consumida aunque viniera de placas solares instaladas en el propio domicilio.
- Se permite el autoconsumo compartido, es decir, comunidades de vecinos o asociaciones pueden ahora instalar placas solares y disfrutar todos ellas de sus beneficios.
- Se eliminan los límites de potencia posibles de instalar, antes la potencia instalada nunca podía ser mayor que la potencia que se tuviera contratada con el suministrador. Esto es algo que ha favorecido enormemente que las pequeñas y medianas empresas instalen paneles fotovoltaicos en sus recintos, pues pueden llegar a un acuerdo con un suministrador de electricidad y vender su producción eléctrica en periodos cuando la empresa esté cerrada (como los fines de semana, verano, etc.).
- Se permite el alquiler de tejados de viviendas familiares para que terceros generen electricidad.
- La compensación de excedentes se regula ahora de forma distinta, siendo posible que la energía producida sobrante se meta en la red, recibiendo un descuento al final de mes por parte de tu suministrador eléctrico.

Hay que tener en cuenta que las instalaciones de autoconsumo fotovoltaicas pueden ser sin excedentes o con excedentes. Las instalaciones sin excedentes son las que, aun estando conectadas a la red, disponen de un sistema antivertido que impide que la energía sobrante ingrese en la red. Por otro lado, las instalaciones con excedentes ingresan la energía sobrante de dos maneras distintas, la venta de energía y la compensación energética. El mejor modelo a utilizar dependerá de la potencia instalada (Cambio energético, 2021):

- En las instalaciones de menos de 15MW lo mejor será acogerse a la compensación energética gracias a la cual se reducirá el precio en la factura dependiendo de la cantidad total de energía aportada a la red. Esta reducción vendrá en función de valor de la electricidad en la red en ese momento, aunque siendo siempre inferior a este y nunca se podrá dar el caso en donde se te deba dinero, pero sí que tu factura sea de cero euros, sin tener en cuenta los costes fijos de estar conectado a la red.
- Las grandes empresas con grandes excedentes de energía durante ciertos periodos o directamente en grandes instalaciones (las instalaciones con una potencia instalada mayor a 100 KW no pueden usar la compensación), será conveniente el autoconsumo con excedentes sin compensación, llegando a un acuerdo con la comercializadora de electricidad y vendiéndole la energía sobrante. Hay que tener en cuenta que en este caso convertimos nuestra instalación en una actividad económica, por lo que será susceptible de obligaciones fiscales y tributarias como productores de energía.

En la ilustración 18 podemos ver un pequeño esquema de lo que hemos hablado, siendo ilegal para una instalación mayor a 100 KW acogerse al autoconsumo.

Ilustración 18 autoconsumo por compensación

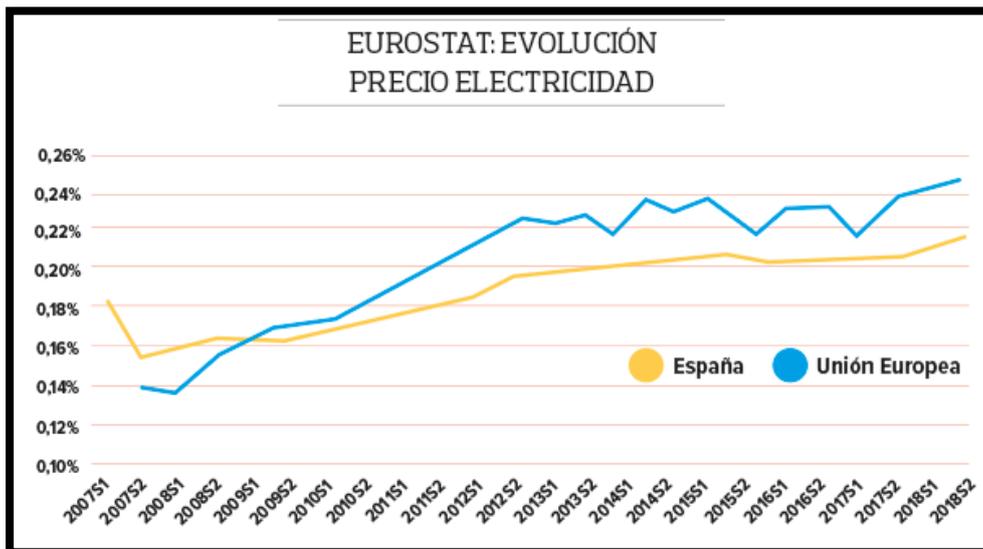


Fuente: Tarifas gas y luz, 2021

El ahorro que se puede conseguir a medio plazo con una instalación de este tipo es claro. Según estudios del español José Donoso, presidente del Consejo Global Solar (GSC), el ahorro medio en España en la factura de la luz es de un 30% en su parte variable (ya que también existen unos costes fijos), sacando rentabilidad neta de

la inversión inicial a los nueve años en instalaciones domésticas y a las cuatro años en instalaciones industriales (Medina, 2021). Cabe decir que la electricidad es algo que ha incrementado su precio tanto en España como en la Unión Europea de manera constante desde hace años, como podemos ver en gráfico 15. Con esto, y tomando como previsión que el precio de la luz va a seguir subiendo en los años venideros, el ahorro puede ser mayor de lo calculado y la amortización de la inversión será entonces antes de lo previsto.

Gráfico 15 Variación del precio de la electricidad



Fuente: Organización de Consumidores y Usuarios (OCU)

Para terminar, hablando brevemente de las subvenciones que se pueden recibir al instalar placas solares pueden llegar a ser realmente sustanciales. Estas ser fiscales, con ayudas al pago de impuestos, y de subvenciones para la instalación de placas solares. El Impuesto de bienes Inmuebles (IBI), que depende del municipio, puede llegar a reducirse en un 50%. En Castilla y León capitales de provincia como Ávila, Salamancas y Palencia ya tienen este descuento en su territorio municipal, como puede verse en la ilustración 19. Por otro lado, el Impuesto sobre Construcciones, Instalaciones y Obras (ICIO), que también depende del municipio, está prácticamente exonerado en nuestra comunidad en este tipo de obras, como se puede ver en la ilustración 20. Las ayudas a la instalación de estas instalaciones de autoconsumo dependen de las comunidades autónomas y no están contempladas aún en nuestra comunidad. No obstante, en la Comunidad de Madrid estas ayudas son del 25% para la instalación de solar fotovoltaica y minieólica; y del 30% para solar térmica y geotérmica.

Ilustración 19 ayuda de IBI a instalaciones fotovoltaicas

Ávila				
Municipio	%	Años	Usos	
Ávila	50	1	Todos, naturaleza urbana	

Burgos				
Municipio	%	Años	Usos	Tipo
Miranda del Ebro	50	1	Residencial	Pot> 5kWp/ 100m2

Palencia				
Municipio	%	años	Usos	
Palencia	50	5	Residencial	

Salamanca				
Municipio	%	años	Usos	Limitaciones
Ciudad Rodrigo	40	5	Todos	Pot> 2,5kWp/ 200m2
Salamanca	50	5	Residencial	50% de ahorro energético en calefacción. La instalación dará servicio a la comunidad
Santa Marta de Tormes	50	5	Residencial	50% de ahorro energético en calefacción. La instalación dará servicio a la comunidad

Fuente: Cambio energético, 2021

Ilustración 20 Ayuda al ICIO en CyL

Ciudad	
Ávila	95%
Burgos	95%
Palencia	80%
Salamanca	95%
Segovia	95%
Soria	50%
Valladolid	95% (mínimo el 25% del suministro de energía eléctrica)
Zamora	95%

Fuente: Tarifas gas y luz, 2021

6. Conclusiones

1. A lo largo de todo este trabajo hemos visto como la dependencia de combustibles fósiles para nuestro día a día es algo real y tangible. Esto llevo sucediendo muchas décadas pero estamos en el momento de poner los pilares del cambio hacia una transición limpia y efectiva que respete nuestro mundo y nuestra salud. Pero ya no solo eso, depender de fuentes energéticas fósiles significa depender enormemente de los países productores, que la inestabilidad que esto puede llegar a causar.
2. Lo que hace solo unos años era algo únicamente alcanzable en la mente de los más optimistas debido a la falta de conciencia pública y sobre todo de falta de la tecnología necesaria para hacerlo viable económicamente, hoy es una realidad. Los daños que ha sufrido nuestro mundo son abundantes, pero esto no tiene por qué echarnos atrás, sino más bien animarnos a ser protagonistas de un cambio que más tarde todos agradeceremos.
3. Las ayudas de los gobiernos a este cambio con regulaciones, leyes y subvenciones públicas han establecido un marco en el cual las energías renovables no serán simplemente el futuro de la energía global (que ya es mucho), también denotarán lo avanzado que un país se encuentra tecnológicamente y marcará la opinión internacional que se tiene de un país en todos los aspectos de la vida.
4. En este nuevo contexto global, España tiene la oportunidad de ser uno de los actores fundamentales. Somos uno de los países líderes en tanto en producción de energía renovable, como de empresas punteras establecidas en el sector y de patentes registradas. Siendo capaces de mantenernos en el lugar privilegiado en el que nos encontramos nos aseguraremos miles de puestos de trabajo de alto nivel, gracias a las exportaciones de maquinaria, mantenimiento de las instalaciones ya construidas e innumerables servicios internacionales en donde la opinión de los técnicos españoles quedará respaldada por un país que se encamina hacia el futuro.
5. Hay no obstante que ser conscientes de que un mundo cuyo consumo de energía sea 100% queda muy lejos, y los recursos fósiles van a formar parte de nuestra sociedad aún por mucho. No hay que desestimar tampoco el papel de la energía nuclear, que usado con

medida y raciocinio nos puede ayudar a no depender de los combustibles fósiles.

6. Una conciencia social es indispensable para poder lograr un cambio significativo en este tema. Debe ser colectiva y enfocada en una mejora general, no particular. Dentro de esto el autoconsumo va a jugar a mi juicio un gran papel, aunque conlleve un desembolso inicial por parte del consumidor hay que pensar en este bien general.

7. Bibliografía

- Agencia internacional de la energía. (2020). *European Union 2020*. Recuperado en Marzo de 2021, de <https://acortar.link/CXPjp>
- Aguilar, J. (2013). *ITER, el camino*. Recuperado en Abril de 2021, de <https://acortar.link/p585PE>
- AIE. (2020). *Coal*. Recuperado en Abril de 2021, de <https://acortar.link/0yKTHo>
- Alarcón, A. (2018). *Con las baterías listas: el rol de la hidroelectricidad en un futuro de energías alternativas*. Energía para el futuro. Recuperado en Junio de 2021, de <https://acortar.link/pzWJ5>
- AOP. (2020). *Hidrógeno verde, azul, renovable, de bajas emisiones... Claves del papel del hidrógeno en la transición energética*. Recuperado en Mayo de 2021, de <https://acortar.link/pk18M>
- Ares, C. (1983). *El funcionamiento de la colosal represa de Itapú frente a Brasil y Argentina*. El país. Recuperado en Junio de 2021, de <https://acortar.link/BGNtW>
- Ares, J. Leardini, F. Sánchez, C. Fernández, J. y Ferrer, I. (2019). *El hidrógeno como vector energético: mucho hecho pero casi todo por hacer*. Dpto. de física de materiales: Facultad de Ciencias: Universidad Autónoma de Madrid. Recuperado en Mayo de 2021, de <https://acortar.link/C10Mu>
- BBC. (2019). *Three Mile Island: cómo fue el mayor accidente nuclear en la historia de EE.UU. y por qué se cerró 40 años después la planta donde ocurrió*. Recuperado en Abril de 2021, de <https://acortar.link/uIENt>
- BBVA. (2021). *Así funciona una central mareomotriz y genera energía*. Recuperado en Junio de 2021, de <https://acortar.link/iGg3E>
- British Petroleum. (2018). *BP statistical review of world energy*. Recuperado en Abril de 2021, de <https://acortar.link/gHm6M>
- Cambio energético. (2021). *¿Compensación de excedentes de autoconsumo o venta de energía solar a la red?. Qué hacer con nuestros excedentes de producción fotovoltaica*. Recuperado en Junio de 2021, de <https://acortar.link/dW7PB>
- Cambio energético. (2021). *Bonificaciones de IBI por instalación fotovoltaicas solares 2021*. Recuperado en Junio de 2021, de <https://acortar.link/iy4Xz>
- Camós, J. (2021). *La primera planta de hidrógeno verde en España se estrenará en 2022 con 20 MW de energía renovable*. Motor pasión. Recuperado en Mayo de 2021, de <https://acortar.link/lQa2W>

- Chapman, I. (2014). *The end of peak oil? Why this topic is still relevant despite recent denials*. Cumbria, Inglaterra: University of Cumbria. Recuperado en Marzo de 2021, de <https://acortar.link/hleuL>
- Ciencias ambientales. (2018). *La paridad de red fotovoltaica del segmento se consolida en mercados maduros y emergentes*. Recuperado en Junio de 2021, de <https://acortar.link/omNv0>
- Cinco días. (2021). *El autoconsumo eléctrico despegó en 2020, claves de la nueva energía*. Recuperado en junio de 2021, de <https://acortar.link/AMYZx>
- Climate Technoly Centre & Network. (s.f.) *Osmotic power*. Recuperado en Junio de 2021, de <https://acortar.link/illo1>
- Collins, J. (2010). *Is "peak oil" behind us?* The New York Times. Recuperado en Marzo de 2021.
- Combustibles Aragón. (2016). *Tipos de biomasa*. Recuperado en Junio de 2021, de <https://acortar.link/46swW>
- Comparador de luz. (2021). *Impuesto al Sol en España: ¿Qué es y por qué se derogó?*. Recuperado en Junio de 2021, de <https://acortar.link/QuCqR>
- Confederación hidrográfica del Duero. (s.f.) *Embalse del Porma*. Recuperado en junio de 2021, de <https://acortar.link/3RkIK>
- Consejo de seguridad nuclear. (s.f.). *La energía nuclear*. Recuperado en Abril de 2021, de <https://acortar.link/ac6U2>
- CSN. (s.f.). *Residuos radioactivos*. Recuperado en Mayo de 2021, de <https://acortar.link/uoW24>
- CurioSfera. (s.f.). *Origen de la energía nuclear*. Recuperado en Abril de 2021, de <https://acortar.link/F0ek4>
- Dávila, C. (1987). *La energía en Europa*. Pamplona: Salvat
- Departamento del Interior de Estados Unidos. (2006). *Ocean current energy potential on the U.S. outer continental shelf*. Recuperado en Junio de 2021, de <https://acortar.link/Q7y0m>
- Descubre la energía. (s.f.). *¿Cuándo se comenzó a utilizar la energía hidroeléctrica?* Recuperado en Junio de 2021, de <https://acortar.link/JUqk9>
- Deutsch Bank. (2016). *Solar parity grid in a low oil Price era*. Recuperado en Junio de 2021, de <https://acortar.link/OFp1r3>
- Dittmar, M. (2016). *Regional oil extraction and consumption. A model for the next 35 years*. The Biophysical Economics Policy Center. Doi: 10.1007/s41247-016-0007-7

Domesday Book. (1085).

EIA. (2017). *Italia*. Recuperado en Mayo de 2021, de <https://acortar.link/bubA2>

EIA. (2020). *Hydropower explained*. Recuperado en junio de 2021, de <https://acortar.link/r95IY>

EIA. (2020). *Renewable energy explained*. Recuperado en Junio de 2021, de <https://acortar.link/d1X4Ei>

El ágora. (2020). *España será la batería de Europa por bombeo hidroeléctrico*. Recuperado en Junio de 2021, de <https://acortar.link/zWTFh>

El orden mundial. (2018). *La dependencia energética de Europa*. Recuperado en Abril de 2021, de <https://acortar.link/VaCnq>

El periódico de la energía. (2014). *Las Tres Gargantas: la mayor planta hidroeléctrica del mundo*. Recuperado en Junio de 2021, de <https://acortar.link/o7IPa>

El periódico de la energía. (2020) *El hidrógeno verde es el combustible del futuro*. Recuperado en Mayo de 2021, de <https://acortar.link/IH5IS>

El periódico de la energía. (2021a). *España cuenta con más de 10GW de proyectos de bombeo para instalar en presas ya existentes*. Recuperado en Junio de 2021, de <https://acortar.link/P8lg2>

El periódico de la energía. (2021b). *La nuclear se ahoga en España por los impuestos*. Recuperado en Junio de 2021, de <https://acortar.link/HpKco>

Empresa Nacional del Petróleo de Chile. (s.f.). *Historia del petróleo*. Recuperado en Marzo de 2021, de <https://acortar.link/v2kfKT>

Endesa. (2013). *Centrales de biomasa y sus tipos*. Recuperado en Junio de 2021, de <https://acortar.link/ydbz5>

Enel Green power. (2018). *Central hidroeléctrica*. Recuperado en Junio de 2021, de <https://acortar.link/yisSB>

Energética futura. (2010). *¿Cuánta energía se puede extraer de la radiación solar?*. Recuperado en Junio de 2021, de <https://acortar.link/erSfA>

Energía solar. (2015). *Historia de la energía solar*. Recuperado en Junio de 2021, de <https://acortar.link/wz9ZY>

Estévez, R. (2015). *¿Qué es la paridad de red?*. Eco inteligencia. Recuperado en Junio de 2021, de <https://acortar.link/nfM1aP>

Evwind. (2020a). *Concentrated solar power had a global total installed capacity of 6451 Mw in 2019*. Recuperado en Junio de 2021, de <https://acortar.link/ZT9rT>

Evwind. (2020b). *The realities of bird and bat deaths by wind turbines*. Recuperado en Junio de 2021, de <https://acortar.link/Md6E58>

- Evwind. (2021). *Denmark to build energy island: cross-border "hybrid" offshore wind farms are on their way*. Recuperado en Junio de 2021, de <https://acortar.link/E84H9>
- Expansión. (2019) *PIB España-Producto Interior Bruto*. Recuperado en Mayo de 2021, de <https://acortar.link/oUasC>
- Fernández, R. (2009). *La guerra de gas entre Rusia y Ucrania provoca escasez en 16 países europeos*. Moscú: El país. Recuperado en Abril de 2021, de <https://acortar.link/OhOod>
- Fernández, S. (2021). *El hidrógeno verde es una de las grandes apuestas de la UE para la transición energética: estas son sus fortalezas y sus debilidades*. Xataka. Recuperado en Mayo de 2021, de <https://acortar.link/9zejp>
- Fjarabo. (s.f.) *Fermentación alcohólica*. Recuperado en Junio de 2021, de <https://acortar.link/wlvI0>
- Fonseca, E. [VisualPolitik]. (2018). *¿Por qué Alemania depende del gas ruso?* Recuperado en Abril de 2021, de <https://acortar.link/Sxdze>
- Foro de la industria nuclear española. (2017). *Chernóbil, ¿cómo fue el accidente?*. Recuperado en Mayo de 2021, de <https://acortar.link/NoHmx>
- Foro de la industria nuclear española. (2018). *¿Qué es la energía nuclear?* Recuperado en Abril de 2021, de <https://acortar.link/WSeNL>
- Foro de la industria nuclear española. (s.f.). *La obtención del combustible nuclear*. Recuperado en Mayo de 2021, de <https://acortar.link/DqSEx>
- Foronuclear. (2017). *¿Qué es el petróleo y qué usos tiene?*. Recuperado en Marzo de 2021, de <https://acortar.link/hDuJK>
- Foronuclear. (2020). *¿Qué es la energía hidráulica y cómo se aprovecha?* Recuperado en Junio de 2021, de <https://acortar.link/YP7uM>
- Franco, Á. (2011). *El efecto fotoeléctrico*. Recuperado en Junio de 2021, de <https://acortar.link/2ACPN>
- Galán, J. (2017). *El desastre del Prestige en 10 cifras*. Madrid: El País. Recuperado en Abril de 2021, de <https://acortar.link/Vr9BC>
- Gana energía. (2019). *Cuáles son las ventajas y las desventajas de la energía hidráulica*. Recuperado en Junio de 2021, de <https://acortar.link/kgIcb>
- García, A. (2021). *Casi el 11% de las muertes en España están causadas por la contaminación*. Madrid: El periódico. Recuperado en Mayo de 2021, de <https://acortar.link/NnwB0>

- González, J. (2020). *Estados Unidos se consolida como el mayor suministrador de gas natural a España*. Madrid: ABC. Recuperado en Abril de 2021, de <https://acortar.link/TyM8w>
- Greenpeace. (2019). *Carbón*. Recuperado en Abril de 2021, de <https://acortar.link/KzUlx>
- Greenpeace. (2020). *Aire tóxico, el precio de los combustibles fósiles*. Recuperado en Marzo de 2021, de <https://acortar.link/6p5br>
- Gronholt-Pedersen, J. (2020). *Denmark sources record 47% of power from wind 2019*. Reuters. Recuperado en Junio de 2021, de <https://acortar.link/neECo>
- Grupo visiona BD (s.f.) *¿Qué es la biomasa?*. Recuperado en Junio de 2021, de <https://acortar.link/F1YkF>
- Hora. (2012). *La energía en la sociedad*. Recuperado en Junio de 2021, de <https://acortar.link/i0bac>
- Iberdrola. (2019). *La energía eólica marina flotante: un hito para impulsar las renovables gracias a la innovación*. Recuperado en Junio 2021, de <https://acortar.link/ltUxZ>
- Iberdrola. (2020). *Iberdrola adjudica a Navantia-Windar el mayor contrato de eólica marina de su historia por valor de 350 millones de euros*. Recuperado en junio de 2021, de <https://acortar.link/qTgaT>
- IDAE (2020). *Energía solar térmica*. Recuperado en Junnio de 2021, de <https://acortar.link/Qb6ZP1>.
- IEA. (2020). *Outlook peak oil*. Recuperado en Junio de 2021, de <https://acortar.link/UA28Az>
- IIDMA. (2017). *El carbón causa más de 700 muertes prematuras al año en España*. Madrid: El mundo. Recuperado en Abril de 2021, de <https://acortar.link/y1DDm>
- Información. (2018). *Consumo en España*. Recuperado en Febrero de 2021, de <https://acortar.link/FG991>
- Instituto catalán de energía. (s.f.) *Geotérmica*. Recuperado en Junio de 2021, de <https://acortar.link/s6fGn>
- Interpol (PDF) (pp. 19-21, 66-71). (2007). *Manual de vertidos de hidrocarburos* Recuperado en Abril de 2021, de <https://acortar.link/Ga1Bn>
- IRENA. (2021). *Estadísticas de capacidad renovable*. Recuperado en Junio de 2021, de <https://acortar.link/GA2zb>
- Ivy Mike. (s.f.). *Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty Organization*. Recuperado en Mayo de 2021, de <https://acortar.link/xsrr6>

- Jaganmohan, M. (2021). *Cumulative installed hydropower capacity in Europe in 2019, by country*. Statista. Recuperado en junio de 2021, de <https://acortar.link/ttQG7>
- Junta de Castilla y León. (s.f.). *Historia del petróleo*. Recuperado en Marzo de 2021, de <https://acortar.link/e5AY9>
- La tierra. (2019). *Biomasa y cultivos energéticos*. Recuperado en Junio de 2021, de <https://acortar.link/ozioL>
- La Vanguardia. (2016). *El coste de desmantelar Fukushima y de las compensaciones se duplicará*. Tokio. Recuperado en Mayo de 2021, de <https://acortar.link/48RdS>
- Lafraya, C. (2021). *El viento sopla a favor: España vive su segunda revolución eólica*. Madrid: La vanguardia. Recuperado en Junio de 2021, de <https://acortar.link/zyoBh>
- Lee, H. (2020). *Electricity patterns and potential savings in the built environment*. Seúl: Asian journal of atmospheric environment. Doi: 10.5572/ajae.2014.8.1.048
- Lindsey, R. (2020). *Climate change: atmospheric carbón Dioxide*. National Oceanic and Atmospheric Administration (NORA). Recuperado en Mayo de 2021, de <https://acortar.link/LjWTI>
- López, I. (2012). *El Ecologismo y los movimientos ecologistas*. Revista Crítica. Recuperado en Febrero de 2021, de <https://acortar.link/MPIHL>
- López, J.C. (2020). *ITER es solo el primer paso: este es el itinerario que promete llevarnos a la fusión nuclear comercial en 2060*. Xataka. Recuperado en Mayo de 2021, de <https://acortar.link/A4M89>
- Mauna Loa Observatory. (2021). Latest daily CO₂. Recuperado en Junio 2021, de <https://acortar.link/DsGNN>
- Meadows, D. Meadows, D. Randers, J. Behrens, W. (1972). *Los límites al crecimiento*. Nueva York: Universe Books.
- Medina, A. (2021). *“Nos decidimos a poner placas solares en plena pandemia”*. El país. Recuperado en Junio de 2021, de <https://acortar.link/rFzXg>
- Miller, R. y Sorrel, S. (2006). *The future of oil supply*. Bethesda, Estados Unidos: Biblioteca nacional de medina de Estados Unidos. Recuperado en Marzo de 2021, de <https://acortar.link/Pa6tg>
- Minainvierno. (s.f.). *Formación del carbón*. Recuperado en Abril de 2021, de <https://acortar.link/8q4zD>
- Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico. (2020). *Biogás*. Recuperado en Abril de 2021, de <https://acortar.link/RaCkq>

- Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico. (2020). *La desertificación en España*. Madrid: Recuperado en Mayo de 2021, de <https://acortar.link/bg3v4>
- Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico. (2020). *Plan nacional o de energía y clima 2021-2030*. Recuperado en Junio de 2021, de <https://acortar.link/5Of28>
- Montegar. (2021). *Ventajas y desventajas de la energía eólica*. Recuperado en Junio de 2021, de <https://acortar.link/YUG5aR>
- Muñoz, V. (2012). Red Historia: Consecuencias de la revolución industrial. Recuperado en Febrero de 2021, de <https://acortar.link/BntV3>
- NASA. (2020a). Space applications of Hydrogen and fuel cells. Recuperado en Mayo de 2021, de <https://acortar.link/Qfpmk>
- NASA. (2020b). *Power of spacecrafts*. Recuperado en Junio de 2021, de <https://acortar.link/sg6amh>
- National Geographic. (2021). *La contaminación del agua subterránea podría ser mayor de lo que se pensaba*. Recuperado en Mayo de 2021, de <https://acortar.link/k77SQ>
- Naturgy. (s.f.). *Historia del gas natural y Nedgia*. Recuperado en Abril de 2021, de <https://acortar.link/TxiJA>
- Nautical news today. (2017). *Qué es la acidificación de los océanos; causas y efectos*. Recuperado en Mayo de 2021, de <https://acortar.link/stuwl>
- NOAA. (2014). *20 hechos acerca de la acidificación del océano*. Recuperado en Mayo de 2021, de <https://acortar.link/TQGHV>
- NS energy. (2021). *Profiling the top five countries with the highest wind energy capacity*. Recuperado en Junio de 2021, de <https://acortar.link/pkO3D>
- Nuevas energías. (2018). *Andalucía, líder indiscutible en energía solar en España*. Recuperado en Junio de 2021, de <https://acortar.link/Jcs8F>
- Observatorio eólico de Galicia. (2020). *Observatorio de precios*. Recuperado en Junio de 2021, de <https://acortar.link/OjOMs>
- OCU. (2019). *La electricidad, más cara que nunca*. Recuperado en junio de 2021, de <https://acortar.link/30ILU>
- OECD. (2020a). *Spain*. Recuperado en Mayo de 2021, de <https://acortar.link/Majhh8>
- OECD. (2020b). *Environment at a glance: sustainable ocean economy*. Recuperado en Junio de, de <https://acortar.link/3nTco>
- Orkustofnun National Energy Authority. (2020). *Geothermal in Iceland*. Recuperado en Junio de 2021, de <https://acortar.link/4LcP9>

- Planas, O. (2019a). *Accidente nuclear de Fukushima, Japón*. Fukushima: energía nuclear. Recuperado en Mayo de 2021, de <https://acortar.link/kQoyv>
- Planas, O. (2019b). *La energía nuclear desde la perspectiva del desarrollo sostenible*. Energía nuclear. Recuperado en Junio de 2021, de <https://acortar.link/5fswY>
- Precio gas. (2019). *¿Qué es la energía geotérmica?* Recuperado en Junio de 2021, de <https://acortar.link/CkK01>
- Química. (s.f.). *Teoría del pico de Hubbert*. (s.f.). Recuperado en Marzo de 2021, de <https://acortar.link/M5SZt>
- Quiroa, M. (2019). *Energía no renovable*. Economipedia. Recuperado en Junio de 2021, de <https://acortar.link/UlzuXO>
- RAE. (2021). *Definición de "energía"*. Recuperado en Junio de 2021, de <https://acortar.link/4X1Hs9>
- REE. (2014). *Informe anual 2013*. Recuperado en Junio de 2021, de <https://acortar.link/0MyU1>
- Reforma y ahorra (2019) *¿Qué es la energía sostenible?*. Recuperado en Junio de 2021, de <https://acortar.link/Z4nCH>
- Renovables verdes. (2020). *Tiempo de amortización de inversión en energías renovables*. Recuperado en Junio de 2021, de <https://acortar.link/U3FdN>
- Reuters. (2021). *Pandemic brings forward predictions for peak oil demand*. Recuperado en Marzo de 2021, de <https://acortar.link/nye7T>
- Rincón educativo. (2020). *Almacenamiento, transporte y distribución del hidrógeno*. Recuperado en Mayo de 2021, de <https://acortar.link/4hAUW>
- Roca, J. (2018). *Informe WEO 2018 de la AIE: Dos tercios de la generación mundial provendrá de fuentes renovables en 2040*. Recuperado en Abril de 2021, de <https://acortar.link/181ip>
- Roca, R. (2020). *Todos los datos sobre la energía eólica en España: es el país que más potencia onshore ha instalado en 2019*. *El periódico de la energía*. Recuperado en Junio de 2021, de <https://acortar.link/7ZspK9>
- Ropero, S. (2020). *¿La energía nuclear es verde?* Ecología verde. Recuperado en Mayo de 2021, de <https://acortar.link/2hsX9>
- Roser, M. (2017). *Oil Spills*. OurWorldinData . Recuperado en Abril de 2021, de <https://acortar.link/g98jq>
- RTVE. (2017). *Centrales nucleares en España, 6 en activo de entre 29 y 36 años de edad*. Recuperado en Julio de 2021, de <https://acortar.link/KcHrBf>

- Sacristán, E. (2021). *El agua radioactiva de la central de Fukushima, un problema urgente diez años después del accidente nuclear*. Agencia sinc. Recuperado en Mayo de 2021, de <https://acortar.link/L1Ujb>
- Sánchez, A. (2014). *Realidad y leyendas sobre el petróleo y su posible agotamiento*. Instituto español de estudios estratégicos. Recuperado en Marzo de 2021, de <https://acortar.link/Dd2TW>
- Sandri, P. (2020). *España pisa el acelerador del cierre de las centrales de carbón*. Barcelona: Lavanguardia. Recuperado en Abril de 2021, de <https://acortar.link/r13jG>
- Sanz, C. (2011). *El carbón de las minas de ENCASUR vuelve a tener destinatarios*. Diario la comarca de Puertollano. Recuperado en Abril de 2021, de <https://acortar.link/5cXWZ6>
- Science daily. (2020). *Air pollution*. Recuperado en Mayo de 2021, de <https://acortar.link/wWiQs>
- Sector electricidad. (2016). *¿Cómo funciona una central hidroeléctrica de bombeo?*. Recuperado en Junio de 2021, de <https://acortar.link/MwaNI>
- Selectra. (2021). *Ayudas y subvenciones para instalaciones de placas solares en España*. Recuperado en Junio de 2021, de <https://acortar.link/kNTk0>
- Sociedad nuclear española. (2019) *¿Es muy caro el kilovatio-hora procedente de una central nuclear?*. Recuperado en Mayo de 2021, de <https://acortar.link/i9V7Z>
- Solargis. (2018). *Mapas de recursos solares de Europa*. <https://acortar.link/j2vB9>
- Structuralia. (2015). *La planta productora de energía maremotérmica más grande del planeta*. Recuperado en Junio de 2021, de <https://acortar.link/v1wSv>
- Tarifas gas y luz. (2021). *Subvenciones para la instalación de placas solares en España*. Recuperado en Junio de 2021, de <https://acortar.link/cp28I>
- Trendlines. (2015). *Trend lines depletion peak oil scenarios*. Recuperado en Junio de 2021, de <https://acortar.link/RWRqPO>
- Twenergy. (2019). *¿Qué es la energía geotérmica?*. Recuperado en Junio de 2021, de <https://acortar.link/FaT0G>
- United States Nuclear Regulatory Commission. (2018). *Background on Chernobyl Nuclear Plant Incident*. Recuperado en Abril de 2021, de <https://acortar.link/46R4Yu>

- Universidad nacional de educación a distancia. (2009). *Revolución industrial de las sociedades agrarias a las industriales*. Recuperado en Febrero de 2021, de <https://acortar.link/T6ZOj>
- Universidad Pablo Olavide de Sevilla. (2018). *La UPO participa en un estudio que analiza los riesgos de los parques eólicos según la mortalidad de las aves*. Recuperado en Junio de 2021, de <https://acortar.link/gwhoO>
- Valdivieso, A. (2021). *¿Qué es la osmosis?*. Iagua. Recuperado en Junio de 2021, de <https://acortar.link/KOmAR>
- Van den Berg, E. (2020). *El desierto que avanza en España*. National Geographic. Recuperado en Mayo de 2021, de <https://acortar.link/mJps0>
- Walton, R. (2020). *Paint it black: Norway wind energy research proposes way to decrease avian death by turbine*. Power-eng. Recuperado en Junio de 2021, de <https://acortar.link/Fvh2A>
- WHOI. (2015). *Higher levels of Fukushima cesium detected offshore*. Recuperado en Mayo de 2021, de <https://acortar.link/WgSfc>
- World nuclear association. (2021). *Nuclear power in the world today*. Recuperado en Junio de 2021, de <https://acortar.link/XvKUE>
- Wrecked exotics. (2008). *Top 10 most expensive accidents in history*. Recuperado en Abril de 2021, de <https://acortar.link/An3OY>
- Wrigley, E.A. (2013). *Energy and the english industrial revolution*. Londres: The Royal Society. Recuperado en Febrero de 2021, de <https://doi.org/10.1098/rsta.2011.0568>
- Xataka. (2018). *Diferencias entre vida útil y vida de diseño de una central nuclear*. Recuperado en Junio de 2021, de <https://acortar.link/n7X1q>