

Tabla de contenidos

Introducción.....	5
I- Situación actual y análisis del sector energético.....7	
1. Análisis del balance energético de España.....	7
2. Análisis de las fuentes de energía no renovables.....	13
3. Análisis de las fuentes de energía renovables.....	16
II- Nuevas fuentes de energía renovables y sus potenciales aplicaciones en España.....21	
1. Otras fuentes de energía renovables ya en explotación.....	21
2. Nuevas aplicaciones y fuentes de energía experimentales.....	25
3. Un país con una producción energética completamente renovable.....	31
Conclusión.....	34

Introducción

El cambio climático y el agotamiento de los combustibles fósiles constituyen unos de los grandes retos de nuestra época. En la segunda mitad del siglo XX, la energía nuclear se impuso como la energía del futuro para producir electricidad “ limpia” y para reconstruir el continente europeo asolado por la Segunda Guerra Mundial. Aunque la energía nuclear es una fuente de energía no renovable, el uranio utilizado durante el proceso de fisión nuclear ya se consideraba un recurso abundante y mejor distribuido que los hidrocarburos ya escasos¹. Sin embargo, la catástrofe de Chernóbil en 1986 marcó el primer accidente nuclear con consecuencias de gran escala: fugas radiactivas en el entorno, contaminación de la cadena alimentaria, lluvias radiactivas en los países de la Unión Soviética y en buena parte de los países europeos², etc. Se empezó a entender el peligro que representa el potencial nuclear aun explotado de manera pacífica, confirmando las dudas de la opinión pública tras los usos beligerantes en Hiroshima y Nagasaki. Varios países abandonaron la idea de desarrollar tal tecnología, incluso en la actualidad. Por ello, prefirieron dirigirse a las energías renovables, de bajo rendimiento pero menos peligrosas. Estas son fuentes de energía cuyo suministro es inagotable (viento, radiación solar, flujo de agua, etc.) o que se renueva en menos tiempo que una vida humana (biomasa, biocombustibles, etc.) al contrario de fuentes no renovables (petróleo, carbón, uranio, etc.). Parecen ser la solución milagrosa a los problemas energéticos del siglo pasado y del actual, pero su bajo rendimiento y su alto coste, entre otras complicaciones estructurales, hacen que las fuentes de energía renovables tengan una importancia reducida en la mayoría de los países. A pesar del accidente de Chernóbil, se siguió desarrollando la energía nuclear por su alto rendimiento y por el hecho de que no genera gases de efecto invernadero, aunque es necesario enterrar los residuos en profundos almacenes hasta el fin de su vida radioactiva (4.468 millones de años en el caso del uranio³). Si se ignoran los residuos y el riesgo de accidente, la energía nuclear es claramente la energía del futuro. Sin

1 HOYLE Fred, ¿Energía o extinción? En defensa de la energía nuclear (Madrid: Alianza Editorial, 1981), p. 79.

2 LOZANO LEYVA Manuel, Nucleares, ¿por qué no? (Barcelona: Debate, 2009), p. 203.

3 ibid. p. 218.

embargo, la catástrofe de Fukushima pone otra vez de relieve el peligro que representa esta fuente de energía. A los países que decidieron no desarrollar la energía nuclear se añaden los países que sí la han desarrollado, pero que empiezan una marcha atrás a favor de las energías renovables. En España se ha desarrollado y juega un papel importante en la producción energética nacional, pero se encuentra estancada desde el fin del siglo XX. Parece contradictorio en una sociedad cada vez más amplia y que consume cada vez más energía. Sin embargo, España se conoce como un país favorecido por la naturaleza y goza lógicamente de una ventajosa posición para aprovechar las energías renovables. Así, se puede plantear cual potencial realmente tienen en España y si bastarán para hacer frente a dos de los grandes desafíos del siglo XXI: el cambio climático y el agotamiento de las fuentes de energía no renovables. Se analizará en un primer capítulo la situación actual del sector energético español y se detallará la importancia de cada fuente energética, renovable o no renovable. En un segundo capítulo se presentarán nuevas alternativas a las fuentes de energía tradicionales, ya explotadas o teóricas, y se reflexionará sobre la posibilidad de que el país funcione únicamente con energía renovable.

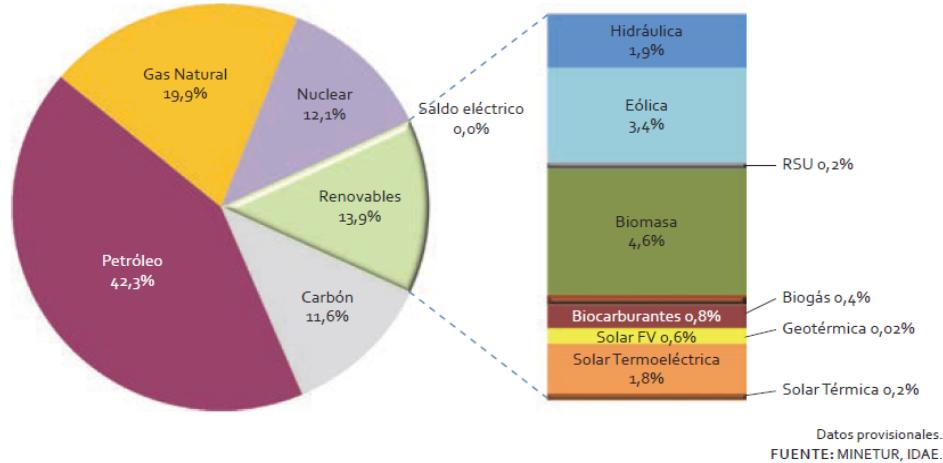
I- Situación actual y análisis del sector energético

1. Análisis del balance energético de España

En primer lugar, hay que destacar las diferentes nociones de producción energética. La energía primaria hace referencia a las fuentes de energía en su estado bruto, que no se puedan utilizar directamente:

“Se encuentran en la naturaleza y tienen la energía acumulada en los enlaces químicos moleculares, atómicos y nucleares (carbón, petróleo, gas natural, uranio, biomasa), en la posición que ocupan en campos de potencial (hidráulica, mareomotriz, etc.), en su estado de movimiento (eólica de las olas) e incluso en forma inmaterial de campos electromagnéticos (radiación solar, radiación terrestre).”¹

En esta categoría se encuentran las fuentes de energía renovables y las de energía no renovables. Para que sean utilizables, es necesario convertirlas en energías secundarias o finales que si se puedan utilizar como carburante, electricidad o combustible. Para analizar el balance energético de un país, conviene empezar por estudiar la demanda energética nacional. En 2015, el consumo de energía primaria se repartía de la siguiente manera:

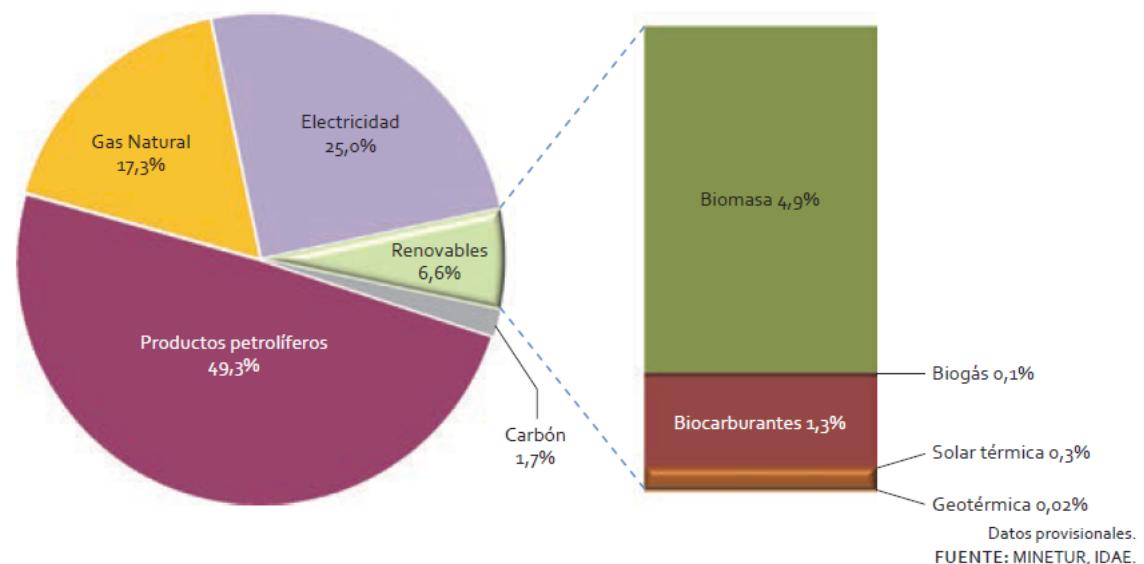


Fuente: Ministerio de Industria, Energía y Turismo (MINETUR) (ministerio de la energía hasta 2017), La Energía en España 2015, p. 186. Consultado el 21/05/2017. Informe disponible en el siguiente enlace:

http://www.minecad.gob.es/energia/balances/Balances/LibrosEnergia/Energia_2015.pdf

1 RUIZ Valeriano, El reto energético (Córdoba: Editorial Almuzara, 2006), p. 57.

Se observa que más de las tres cuartas partes corresponden a fuentes de energía no renovables. El petróleo representa casi la mitad de este consumo, un 3,9 % más que en 2014¹. Sin embargo, esta energía primaria incluye el petróleo que se transforma en gasolina para el funcionamiento del transporte, lo que explique su gran importancia. Por otra parte, las fuentes de energía renovables no llegan al 15 % y no se reparten de manera homogénea entre ellas. En cuanto a la energía final, en 2015 la distribución se representaba de la siguiente manera:



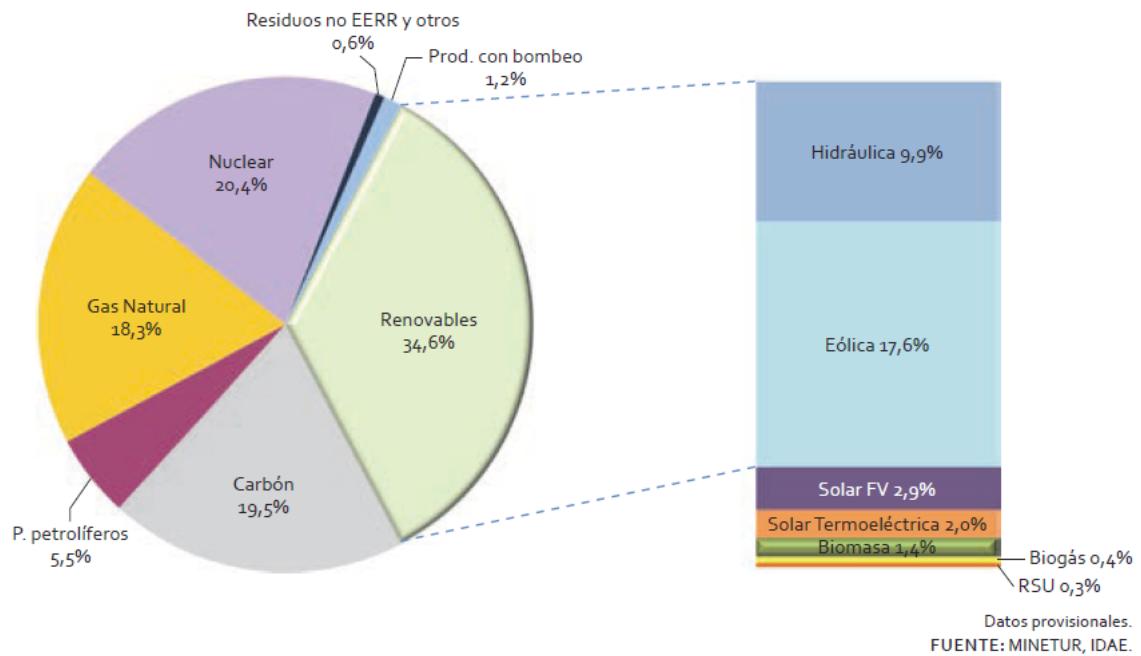
*Fuente: MINETUR, La Energía en España 2015, p. 187. Consultado el 21/05/2017.
Informe disponible en el siguiente enlace:
http://www.minecad.gob.es/energia/balances/Balances/LibrosEnergia/Energia_2015.pdf*

Los productos petrolíferos son otra vez más importantes con un mayor número de ktep² que la electricidad y el gas combinados³. Las secciones de carbón y de energías renovables no se utilizan para producir electricidad, sino para producir combustibles como la biomasa y los biocarburantes. En cuanto a la producción de electricidad, es destacable que las energías renovables tienen una mayor importancia y que están mejor equilibradas, como se observa a continuación:

1 Anexo 1, p. 36.

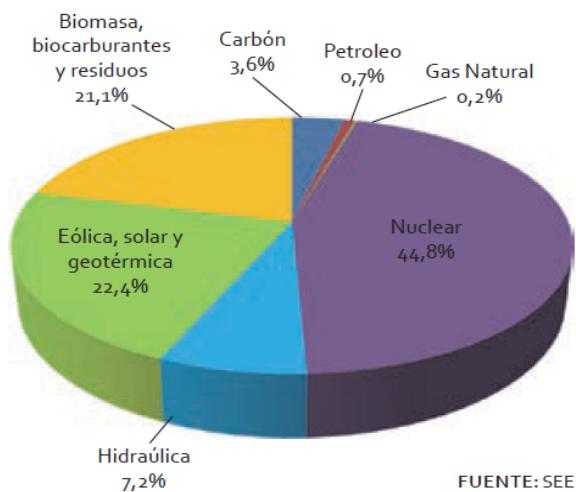
2 Miles de toneladas equivalentes de petróleo, es decir, el equivalente energético producido por la combustión de una tonelada de petróleo.

3 Anexo 1, p. 36.



Fuente: MINETUR, *La Energía en España 2015*, p. 188. Consultado el 21/05/2017.
 Informe disponible en el siguiente enlace:
http://www.minetad.gob.es/energia/balances/Balances/LibrosEnergia/Energia_2015.pdf

La energía nuclear y el carbón representan tan sólo un 20 % cada uno. España ocupa un sitio intermedio entre países que no tienen acceso a la energía nuclear y los que la utilizan de manera intensiva, como es el caso de Francia. Sin embargo, cuando se estudia la producción energética total en España, se puede observar que la nuclear es la primera fuente de energía primaria:



Fuente: MINETUR, *La Energía en España 2015*, p. 33. Consultado el 21/05/2017.
 Informe disponible en el siguiente enlace:
http://www.minetad.gob.es/energia/balances/Balances/LibrosEnergia/Energia_2015.pdf

Se trata ahora de uno de los principales problemas del sector energético español: la mitad de su producción se dedica al 12,1 % de su demanda de energía primaria. Aún más grave, el petróleo y el gas (las dos principales fuentes de energía primaria) sólo representan el 0,7 % y el 0,2 % de la producción total. Así, España tiene que importar el 99,3 % de su demanda de petróleo y el 99,8 % de su demanda de gas natural. Se trata de una dependencia energética casi total para estos dos sectores. Así, el grado de autoabastecimiento, o lo que el país es capaz de producir en comparación con su demanda energética, sólo llegaba al 26,9 % en 2015¹, resultante en un 73,1 % de déficit energético. El problema se vuelve aún más grave cuando se detallan las importaciones de energía. Más de la mitad de las importaciones de gas natural provienen de Argelia² y el 53 % del petróleo importado proviene de la Organización de Países Exportadores de Petróleo³. Ninguno de estos países se consideran políticamente estables por el Banco Mundial, ya que todos tienen una nota negativa⁴. Estos países tienen un gran control sobre los precios, y cualquier cambio se repercute en los precios internos, como ocurrió durante los choques petroleros de 1973 y 1979.

Esta alta demanda de energía se explica también por una alta intensidad energética, o eficiencia energética, que corresponda a la comparación entre el consumo nacional de energía y el Producto Interno Bruto (PIB) del país, según esta formula:

$$\text{Intensidad energética} = \text{Consumo de energía primaria} / \text{PIB}$$

Así, una alta intensidad energética corresponde a una mayor cantidad de energía para producir una unidad del PIB. En el gráfico siguiente, se observa que la intensidad energética primaria presentó una tendencia al alza hasta el año 2004 y siempre por encima de la media de la zona del euro:

1 Anexo 2, p. 37.

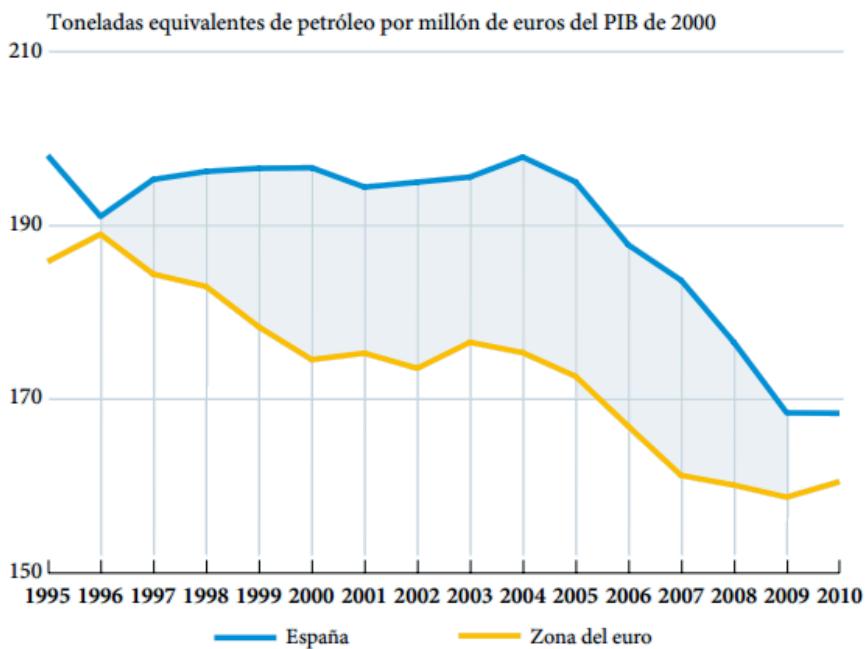
2 Anexo 3, p. 38.

3 Anexo 4, p. 39.

4 The Global Economy (indicadores económicos y políticos internacionales), índice de estabilidad política, 2013. Consultado el 01/05/2017. Disponible en el siguiente enlace:
http://es.theglobaleconomy.com/rankings/wb_political_stability/

LA INTENSIDAD ENERGÉTICA ESPAÑOLA AÚN SE MANTIENE POR ENCIMA DE LA EUROPEA

Intensidad energética: consumo primario de energía por unidad de PIB



FUENTES: Eurostat y elaboración propia.

Fuente: CaixaBank Research (organización bancaria de investigación y análisis económico), *La energía en el siglo XXI*, p. 64. Consultado el 21/05/2017. Informe disponible en el siguiente enlace:

http://www.minecad.gob.es/energia/balances/Balances/LibrosEnergia/Energia_2015.pdf

Fue un factor muy preocupante ya que los países de la zona del euro estuvieron mejorando su eficiencia energética, mientras que la economía española estaba cada vez más voraz de energía sin incrementar su PIB de manera proporcional. Se nota una estabilización a partir de 2009, siguiendo la crisis económica de 2008. Sin embargo, es en 2015 que la intensidad energética de España vuelve realmente al alza:

“En consecuencia, el año 2015 marca un nuevo punto de inflexión tras siete años consecutivos de reducciones en la demanda energética, que han supuesto una

contracción del orden del 20 % en la demanda desde el inicio de la crisis hasta el 2014.”¹

Resultó también de una disminución en la participación de las energías renovables en el consumo de energía primaria de 2014, reemplazadas por petróleo, carbón y gas natural que fueron fuentes más disponibles este año aunque más costosas y contaminantes². Pero la alta intensidad energética de España no sólo se debe a problemas coyunturales, sino que sus instalaciones se enfrentan a varias complicaciones estructurales que se detallarán a continuación por cada fuente del sector energético, tanto renovables como no renovables.

1 Ministerio de Industria, Energía y Turismo (MINETUR) (ministerio de la energía hasta 2017), La Energía en España 2015, p. 147. Consultado el 21/05/2017. Informe disponible en el siguiente enlace: http://www.minecad.gob.es/energia/balances/Balances/LibrosEnergia/Energia_2015.pdf

2 id.

2. Análisis de las fuentes de energía no renovables

Aunque el petróleo y el gas natural son los sectores de tamaño más reducido en España, son las fuentes de mayor peso en el consumo de energía primaria y sobre la economía nacional. Dicho anteriormente, el último incremento de intensidad energética se debe al fin de una época de austeridad después de 2008, a una baja producción de energía renovable, y a un petróleo y gas menos costoso en los últimos años. Así, el aumento de intensidad energética proviene de un incremento notable de la participación de ambos sectores en el consumo de energía y en las importaciones energéticas, un fenómeno muy notable en la balanza por cuenta corriente del país¹. En cuanto a la producción interior, el gas natural aumentó un 160,02 % entre 2014 y 2015, pero una cantidad muy baja (de 269GWh a 699GWh)². En comparación, se importaron 307.688GWh en 2015, frente a 292.138GWh en 2014³. La situación está parecida en el sector del petróleo. De los 55.215 miles de toneladas de petróleo consumidas en 2015 (2,5 % más que en 2014) se produjeron sólo 1,7 millones de barriles de petróleo, lo que corresponde a menos de 250 miles de toneladas⁴, frente a las 10.821 toneladas importadas del primer suministrador, Nigeria⁵. Una comparación que otra vez pone de relieve la escasa producción y la alta dependencia energética del país. Puesto que los escasos yacimientos de gas natural y de petróleo se van agotando, hay que pensar en el futuro de las instalaciones y empleos del sector a largo plazo. Se podrían trasladar a la explotación de una fuente con muchas reservas nacionales, como el carbón.

El carbón, la fuente energética más contaminante, representa sólo el 3,6 % de la producción de energía primaria de España, pero sigue siendo un sector importante de la industria nacional. Sin embargo, su importancia va reduciéndose para poder cumplir con los objetivos ecológicos de la Unión Europa. España cuenta con reservas teóricas de carbón bastante amplias, pero no siempre son rentables y así se quedarán bajo la forma de reservas hasta una mejora de los sistemas de explotación:

1 Anexo 5, p. 40.

2 MINETUR, op. cit., p. 106.

3 id.

4 Una tonelada de petróleo equivale a 7,33 barriles.

5 MINETUR, op. cit., p. 130.

“el aprovechamiento de una reserva energética estaría justificado cuando el abaratamiento técnico de los costes de explotación o la subida de precios en el mercado hicieran posible su rentabilidad.”¹.

Hay que tener en cuenta que el carbón de España es aún más contaminante que el carbón importado, por el alto grado de azufre que contiene². Además, su explotación resulta costosa por el difícil acceso a los yacimientos en el relieve irregular de España. Se prefieren las minas a cielo abierto por la facilidad de acceso, con un consumo inmediato en centrales ubicadas abajo de la minas para ahorrar el coste del transporte. Aun así, el carbón importado tiene una mayor calidad y es más barato. Se subvenciona este sector para proteger esta industria, justificar la explotación de amplias reservas y mantener los empleos del sector, lo que repercute en el coste de la electricidad para los consumidores³. Sin embargo, esta industria está condenada a desaparecer por las políticas ecologistas de la Unión Europa. El problema que se plantea entonces es como reemplazar su participación en la producción energética nacional de manera más eficaz.

Desarrollar el sector de la energía nuclear permitiría reducir el coste de la energía, puesto que su generación es más barata y sin emisiones de dióxido de carbono. Sin embargo, una central nuclear exige un alto coste inicial, aunque se amortiza a largo plazo, pero España decidió acabar con su ambicioso programa nuclear con la Ley 40/1994, de 30 de diciembre, de ordenación del Sistema Eléctrico Nacional. Este decreto anuló la construcción de proyectos encaminados y ordenó el cierre inmediato o progresivo de centrales que funcionaron⁴, resultando en más de cuatro billones de euros

1 AZCARÁTE LUXÁN Blanca, MINGORANCE JIMENÉZ Alfredo, Energías e impacto ambiental (Madrid: Equipo Sirius), p. 21.

2 20minutos (periódico español de información general), MARIÑO Mirentxu, « La minería en España, un sector industrial lleno de “claroscuros” y lastrado por el carbón ». Consultado el 01/05/2017. Disponible en el siguiente enlace: <http://www.20minutos.es/noticia/1473133/0/claves/sección-minero/carbon/>

3 Boletín Oficial del Estado (BOE) (agencia del diario español para la publicación de leyes y actos), Real decreto 2203/1995, de 28 de diciembre, sobre los costes específicos derivados de la minería del carbón. Consultado el 01/05/2017. Disponible en el siguiente enlace: http://boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-1995-27851&lang=ca

4 BOE, Ley 40/1994, de 30 de diciembre, de ordenación del Sistema Eléctrico Nacional. Consultado el 01/05/2017. Disponible en el siguiente enlace: https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-1994-28966

de pérdidas que el Estado tuvo que compensar¹. Hoy en día siguen funcionando 6 centrales con 8 reactores². Sin embargo, la productividad de estas centrales es baja: Alemania cuenta con 9 reactores para producir casi el doble de energía nuclear que España³. Así, casi la mitad de la electricidad española proviene de centrales nucleares antiguas, construidas entre 1971 y 1988⁴, resultando en una productividad baja y un temor creciente de riesgos de accidentes. España está ahora estancada en una situación intermedia, entre los países sin energía nuclear y el extremo francés con el 75 % de su producción eléctrica generada por centrales nucleares⁵. El coste de cierre de cualquiera de estas centrales se repercutiría en el precio de electricidad que ya está uno de los más altos de la Unión Europea: en comparación, tiene en España un coste parecido a él de Francia⁶, aunque el salario mínimo francés es el doble del español⁷. El peso sobre el poder de compra de los hogares resulta muy importante y lo sería aún más si se cierra abruptamente cualquier central nuclear.

Así, España no tiene reservas significantes de petróleo y de gas, quiere explotar sus reservas de carbón, aunque sea a un ritmo reducido, y debe mantener funcionando sus centrales nucleares. Si no se construyen nuevas centrales nucleares, lo que reduciría la dependencia energética del país, España tiene sola una alternativa posible para mejorar su grado de autoabastecimiento y sus objetivos ecológicos: desarrollar aún más las fuentes de energía renovables.

1 ESPEJO MARÍN Cayetano, “L’énergie électronucléaire en Espagne”, *Annales de Géographie*, Volumen 111, n.º625 (París: Armand Colin, 2002), p. 326.

2 MINETUR, op. cit., p. 53.

3 Ministerio de Energía, Turismo y Agenda Digital (MINETAD) (pagina oficial del ministerio de energía español), Energía nuclear en el mundo. Consultado el 01/05/2017. Disponible en el siguiente enlace: http://www.minetad.gob.es/energia/nuclear/Centrales/Mundo/Paginas/centrales_mundo.aspx

4 MINETAD, Energía nuclear en España. Consultado el 01/05/2017. Disponible en el siguiente enlace: <http://www.minetad.gob.es/energia/nuclear/Centrales/Espana/Paginas/CentralesEspana.aspx>

5 Electricité De France (EDF) (empresa francesa especializada en energía), Mix énergétique. Consultado el 01/05/2017. Disponible en el siguiente enlace: <https://www.edf.fr/groupe-edf/producteur-industriel/mix-energetique>

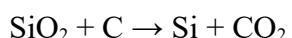
6 Ipsom (empresa especializada en consultoría energética), Repaso de los precios y estado de la energía en Europa en el 2016. Consultado el 01/05/2017. Disponible en el siguiente enlace: <https://www.ipson.com/2017/01/repaso-de-los-precios-y-estado-de-la-energia-en-europa-en-el-2016/>

7 Eurostat (agencia de estadísticas de la Unión Europea), Estadísticas sobre los salarios mínimos. Consultado el 01/05/2017. Disponible en el siguiente enlace: http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Minimum_wage_statistics/es

3. Análisis de las fuentes de energía renovables

Cabe destacar en primer lugar que energía renovable no significa energía limpia. La biomasa tiene un impacto directo sobre el entorno por su proceso de combustión, pero también hay que tener en cuenta los efectos indirectos sobre el medio ambiente, en particular el ecosistema donde se implementen las estructuras que produzcan dicha energía renovable.

Empezando por la energía solar, inicialmente se asocia con eficacia en un país tan soleado como España: el alto número de horas de sol, más de 3.000 en Andalucía¹, y el bajo nivel de precipitaciones al año hacen del país un lugar muy favorable para el desarrollo de este tipo de energía. Es un proceso sin utilización de combustible, y así no emite ningún gas de efecto invernadero. Sin embargo, dentro del 13,9 % de energía renovable en el consumo de energía primaria, tan sólo un 3 % corresponde a la energía solar. Se explica esta diferencia entre potencial y producción real por el alto coste de desarrollo de las instalaciones fotovoltaicas, muy superior a la utilización de combustibles fósiles². Además, la mayoría de las células fotoeléctricas son a base de silicio³, muy abundante en el arena bajo la forma de sílice (SiO_2), pero el proceso de transformación en células fotovoltaicas es industrial y produce dióxido de carbono según esta formula:



Con el fin de fomentar esta costosa energía, se decidió en el Plan de Fomento de las Energías renovables en España de 1999 aportar subvenciones a las instalaciones fotovoltaicas, sean eléctricas o térmicas⁴, resultando en el incremento de la intensidad

-
- 1 Instituto Nacional de Estadística (INE) (agencia oficial española de estadísticas nacionales), Temperaturas medias, horas de sol y precipitación acuosa. Consultado el 01/05/2017. Disponible en el siguiente enlace: <http://www.ine.es/daco/daco42/bme/c19.pdf>
 - 2 RUIZ Valeriano, op. cit., p. 121.
 - 3 RUIZ Valeriano, op. cit., p. 111.
 - 4 Junta de Andalucía (pagina oficial de la Comunidad Autónoma de Andalucía), Plan de Fomento de las Energías renovables en España 2000 - 2010. Consultado el 22/05/2017. Disponible en el siguiente enlace:
<http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/ima/menuitem.5893969315ab596f7bbe6c6f5510>

energética nacional hasta 2004 y del coste de la energía en general. Se suspendieron estas subvenciones en 2012¹, aunque España no ha alcanzado los objetivos de 20 % de energía renovable para 2020 (en consumición de energía primaria)². Ahora, se tratan sobre todo de incentivos para el ahorro energético, con el fin de reducir los costes energéticos y la intensidad energética³. Es cierto que España tiene el potencial para ser una potencia en el sector de la energía fotovoltaica, pero la dificultad para amortizar el coste de tales estructuras intimida a las empresas de un sector privatizado, aún más sin subvenciones por parte del Estado.

Otra fuente renovable que podríamos asociar con un alto potencial en España es la energía hidráulica. El relieve muy irregular ofrece numerosos sitios para instalar potentes centrales hidráulicas. Es efectivamente la fuente de energía renovable más madura de España con más de un siglo de desarrollo⁴. La energía hidráulica representa sólo un 2 % del consumo de energía primaria, equivalente a la energía termoeléctrica. Sin embargo, su participación en la producción de electricidad alcanzaba un 10 % en el total de 34,6 % por las energías renovables. Representa así menos de un tercio de la producción renovable, mientras que la «potencia» solar se estanca en un 5 % acumulando el fotovoltaico y el termoeléctrico, es decir, un 15 % del total producido por fuentes renovables. Sin embargo, la eficacia de las instalaciones hidráulicas depende por gran parte de las precipitaciones, cuyo nivel es bastante bajo y muy irregular en la

e1ca/?

vgnextoid=33582c1095aa0210VgnVCM1000001325e50aRCRD&vgnextchannel=52d6ee6d7451b210VgnVCM2000000624e50aRCRD&lr=lang_es

- 1 MINETAD, El Gobierno suspenderá de forma temporal las primas de nuevas instalaciones de régimen especial. Consultado el 01/05/2017. Disponible en el siguiente enlace: <http://www.minetad.gob.es/es-ES/GabinetePrensa/NotasPrensa/2012/Paginas/npregimenespecial270112.aspx>
- 2 Comisión Europea (pagina oficial de la Comisión Europea), Objetivos Europa 2020. Consultado el 01/05/2017. Disponible en el siguiente enlace: http://ec.europa.eu/europe2020/europe-2020-in-a-nutshell/targets/index_es.htm
- 3 Junta de Andalucía, Sánchez Maldonado avanza que próximamente se aprobará la convocatoria de incentivos para ahorro energético. Consultado el 01/05/2017. Disponible en el siguiente enlace: <http://www.juntadeandalucia.es/presidencia/portavoz/economia/120760/sanchez/maldonado/avanza/proximas/semanas/aprobara/convocatoria/incentivos/ahorro/energetico>
- 4 Repositorio Institucional de la Universidad de Alicante (biblioteca virtual recogiendo los trabajados científicos de los miembros de la Universidad de Alicante), ESPEJO MARÍN Cayetano, GARCÍA MARÍN Ramón, Agua y energía: producción hidroeléctrica en España, Investigaciones Geográficas, n°51 (2010), p. 107. Consultado el 21/05/2017. Libro electrónico disponible en el siguiente enlace: <http://hdl.handle.net/10045/17169>

mayor parte del territorio¹. A pesar de eso, la energía hidráulica aprovecha de la posibilidad de almacenar fácilmente su suministro: las presas hidráulicas se convierten así en grandes almacenes de energía potencial. Estos almacenes se llaman centrales hidroeléctricas de bombeo y se utilizan en los horas de alta demanda energética².

Otra clase de energía renovable que también aprovecha de la geomorfología de las regiones de montañosas: la energía eólica, en particular por los fuertes vientos del Mediterráneo, como el Levante o la Tramontana. En los años 2000 fue la energía renovable con mayor crecimiento³ y en 2015 representaba la mitad de la producción de electricidad por fuentes renovables, casi el doble de la energía hidráulica. Se destaca esta fuente energética por su facilidad de instalación y su bajo coste⁴, al contrario de las grandes presas hidráulicas y de las costosas instalaciones fotovoltaicas. También se puede adaptar la tecnología a varios usos, a veces no energéticas, como el bombeo de agua para irrigar la agricultura local. Aunque no produce residuos, tiene efectos negativos sobre el ecosistema local por el ruido que produce⁵ y se critica su impacto visual en el paisaje. Por ejemplo, se rechazó en 2002 la construcción de parques eólicos contemplados en un Plan Territorial del País Vasco⁶. Sin embargo, queda un potencial importante en el sector de las energías renovables y su flexibilidad hace que se pueda desarrollar de manera inteligente, sea en parques o con estructuras aisladas. Si se acepta el impacto visual, la energía eólica tiene el potencial de ayudar a regiones rurales y de funcionar en sinergia con la agricultura local.

Sin embargo, quizás contra toda esperanza, la fuente de energía renovable más utilizada en España es la bioenergía, principalmente compuesta por la biomasa. Incluye también el biogás y los biocarburantes como el bioetanol y el biodiesel. La biomasa

1 ibid. p. 118.

2 Anexo 6, p. 41.

3 RUIZ Valeriano, op. cit., p. 139.

4 MÉNDEZ MUÑÍZ Javier María, RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ Luis Manuel, Energía eólica (Madrid: Fundación Confemetal, 2012), p. 29.

5 ibid. p. 30.

6 Repositorio Institucional de la Universidad de Alicante, GALDOS URRUTIA Rosario, JAVIER MADRID RUIZ Francisco, “La energía eólica en España y su contribución al desarrollo rural” Investigaciones Geográficas, nº50 (2009), p. 107. Consultado el 21/05/2017. Libro electrónico disponible en el siguiente enlace: <http://hdl.handle.net/10045/17593>

consiste en la combustión de residuos vegetales para generar energía, principalmente para uso de calefacción¹. Dado que se trata de un proceso de combustión, la biomasa produce gas de efecto invernadero. Pero, las plantas utilizadas como combustibles consumen dióxido de carbono para crecer. Así, se debe considerar que la biomasa no tiene impacto sobre el entorno². No es el caso de la combustión de los RSU (residuos sólidos urbanos) que se consideren aparte. La bioenergía es un sector con un mayor potencial de desarrollo y en lo cual la Comisión Europea quiere invertir intensivamente para crear empleos y aumentar su competitividad³. Sin embargo, presenta una falta de competitividad frente a los combustibles tradicionales, en particular los biocarburantes frente a los productos petrolíferos. Se trata de la primera fuente renovable que pueda reemplazar el petróleo y los tres cuartos del consumo de energía primaria. También resolvería parcialmente el problema de dependencia energética. Pero su falta de competitividad causa perjuicio, ya que cuesta un 50 a 80 % más que la gasolina normal⁴. La biomasa, por su parte, presenta un rendimiento menor que los combustibles tradicionales: “se necesita mayor cantidad de biomasa para conseguir la misma cantidad de energía que con otras fuentes.”⁵.

Así, es cierto que la bioenergía tiene el mayor potencial de todas las fuentes de energía renovables en España. No es la energía solar la que predomina a pesar de las numerosas horas de sol al año, ni la energía hidráulica por la orografía ventajosa del país, sino la bioenergía por la tremenda importancia de la gasolina en el consumo de energía y su peso en la balanza de pagos. Sin embargo, se desarrollan en España nuevas fuentes de energía renovables, como la energía marina, o que se exploten de manera marginal, como la geotermia. En otros países, estos tipos de energía se utilizan desde

1 Anexo 7, p. 42.

2 MÉNDEZ MUÑÍZ Javier María, RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ Luis Manuel, op. cit., p. 33.

3 Asociación de Productores de Energías Renovables (asociación de profesionales del sector energético español para el fomento de las energías renovables), “La inversión en renovables, muy rentable para España” (2010), p. 20. Consultado el 21/05/2017. Informe disponible en el siguiente enlace: http://www.appa.es/descargas/AppaInfo_30_web.pdf

4 Institut Français du Pétrole Energies Nouvelles (organismo público francés de investigación en el campo de la energía, del transporte y del entorno), Prix de revient des biocarburants. Consultado el 01/05/2017. Disponible en el siguiente enlace: <http://www.ifpenergiesnouvelles.fr/Espace-Decouverte/Les-grands-debats/Quel-avenir-pour-les-biocarburants/Les-biocarburants-et-l-environnement/Prix-de-revient-des-biocarburants>

5 MÉNDEZ MUÑÍZ Javier María, RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ Luis Manuel, op. cit., p. 33.

hace años o décadas. Otros explotan nuevas fuentes de energía renovables con una tecnología que hasta hoy no haya llegado a España. Ahora, sería interesante echar un vistazo a estos ejemplos y plantearse si se pueden implementar en el sistema energético español, sean casos concretos o aun teóricos.

II- Nuevas fuentes de energía renovables y sus potenciales aplicaciones en España

1. Otras fuentes de energía renovables ya en explotación

Existen fuentes de energía renovables que tienen muy poca importancia en la producción energética española o internacional, pero que se utilizaron desde hace numerosos años. Es el caso de la energía geotérmica, que se utilizó por primera vez en 1904 en Italia¹. Se aprovecha del calor y de la presión subterránea para usos eléctricos o caloríficos. Se extrae el agua presente en depósitos acuíferos por una fragmentación del subsuelo, de manera parecida a la explotación de petróleo, y se utiliza según su temperatura: el vapor remonta hacia el exterior, activa una turbina para generar electricidad y se devuelve al subsuelo para calentarse otra vez, mientras que los yacimientos de baja temperatura (entre 20°C y 60°C) se utilizan para usos caloríficos². Está última es la única forma explotada en España³. Como se ve en el gráfico de consumo de energía final, solamente un 0,02 % del consumo total proviene de energía geotérmica de calefacción. No se produce electricidad, aunque otros países ya aprovechan de este proceso para aumentar su grado de autoabastecimiento. Es el caso en países como Islandia o Nueva Zelanda donde se encuentran altas temperaturas a baja profundad y donde la geotermia juega un papel importante en la producción nacional de energía⁴. Aunque el subsuelo español tiene temperaturas más bajas, no significa que sea imposible explotar tal energía para producir electricidad o reducir el grado de dependencia. El ejemplo francés muestra que es posible aprovechar los puntos volcánicos para producir electricidad, incluso cerca de volcanes inactivos. En junio 2016 se abrió en la región de Alsacia la central geotérmica más profunda del mundo: se encuentra agua de 170°C a 2.580 metros bajo el suelo⁵. No era posible explotar tales recursos anteriormente y así la geotermia en Francia tuvo un estatuto de reserva hasta este éxito. Antes de eso, la energía geotérmica francesa provenía solamente de su

1 ARAGONÉS Juan, ÁNGELES HERNÁNDEZ María, MARÍA BUSQUETS José, *La energía del futuro y sus aplicaciones* (Barcelona: Tibidabo Ediciones, 2007), p. 20.

2 id.

3 Anexo 7, p. 42.

4 id.

5 EDF, Géothermie. Consultado el 14/05/2017. Disponible en el siguiente enlace: <https://www.edf.fr/groupe-edf/producteur-industriel/energies-renouvelables/geothermie>

territorio de ultramar en una única central, en Guadalupe¹. En España hay un territorio volcánico muy activo en las Islas Canarias, en particular cerca del Teide, y varios sitios con rocas volcánicas² donde se podría implementar centrales parecidas al ejemplo francés. Además, España goza de un subsuelo con temperaturas superiores a 15°C desde los cinco metros de profundidad por su mayor exposición al sol³. Parece claro que la geotermia, en particular para usos caloríficos, tiene un gran potencial en España y seguir el modelo de los países mencionados permitiría explotar recursos a los cuales no se da bastante importancia⁴.

Otro tipo de energía que sería explotable en España pero que se genera solamente en el extranjero, es la energía del mar. Como ejemplo, Francia también es un precursor en esta categoría de energía renovable, cualquiera que sea la fuente considerada. La energía mareomotriz (o maremotriz) existe desde hace varias décadas como la energía geotérmica, pero a lo largo de este período sólo un grupo reducido de países decidieron explotarla. La primera central de este tipo fue inaugurada en 1967 en Francia, aprovechando la diferencia del nivel de agua generado por las mareas para producir unos 500GWh por año evitando gases de efecto invernadero⁵. Sin embargo, es una energía costosa y requiere un largo período para amortizar la inversión inicial⁶. Eso explica porque no existen tantas centrales de este tipo, y ninguna en España. El largo período de amortización resulte en un interés bajo por empresas privadas, en particular si no se ofrecen subvenciones. En 2015, con el Programa Estatal de Investigación, se financiaron dos proyectos de central mareomotriz, pero con una importancia muy reducida y con una financiación parecida a la de energía geotérmica, aunque este se concentra en un único proyecto⁷. Es una pena que no sea más atractiva esta fuente de energía puesto que España tiene por ventaja una extensiva fachada marítima que seguramente se podría aprovechar con las energías marinas recientemente desarrolladas.

1 id.

2 Anexo 8, p. 43.

3 ARAGONÉS Juan, ÁNGELES HERNÁNDEZ María, MARÍA BUSQUETS José, op. cit., p. 21.

4 ibid. p. 20.

5 ibid. p. 39.

6 id.

7 Anexo 9, p. 44.

Entre los proyectos ya en funcionamiento para explotar los varios recursos del mar, se destacan las turbinas marinas que generan electricidad por el movimiento de las corrientes marinas, estando siempre en movimiento y de manera bastante previsible¹. El Reino Unido está líder en este sector, pero se ha reconocido el potencial de esta nueva fuente de energía renovable por numerosos países y empresas privadas para hacer frente al cambio climático. Se trata de una energía recientemente desarrollada, contrariamente a la geotermia y a la energía mareomotriz que quedaron marginadas durante décadas. Entre los proyectos más destacables se nota la puesta en marcha en 2016 de la primera turbina marina de un futuro parque a gran escala en Escocia². Es la primera turbina entre cuatro que se deberán implementar a corto plazo, en un sitio que podrá contar con 269 de estos modelos a largo plazo para abastecer la demanda energética de unos 175.000 hogares³. Un proyecto parecido se encuentra en Bretaña, en Francia, en desarrollo desde 2012 y que ha empezado su explotación concreta en diciembre de 2015⁴. También se considera ampliar en largos parques energéticos, pero el primer objetivo es demostrar la viabilidad de tal instalación con un impacto mínimo sobre el entorno⁵. No contamina el medio ambiente de ninguna manera, pero puede representar un peligro para la fauna que intente pasar entre las palas. Existe en España una línea de investigación para la generación de energía marina, pero que no está aplicable al momento⁶.

Se constata que la mayoría de estas “nuevas” fuentes provienen del mar, el recurso más abundante del planeta. Existen otros ejemplos interesantes: se puede aprovechar del movimiento generado por las olas o de la generación de vapor⁷. Existe también en Noruega una central donde se explota el fenómeno de la ósmosis que genera

1 ARAGONÉS Juan, ÁNGELES HERNÁNDEZ María, MARÍA BUSQUETS José, op. cit., p. 35.

2 The Guardian (periódico nacional británico), Staff and agencies, « World's first large-scale tidal energy farm launches in Scotland ». Consultado el 15/05/2017. Disponible en el siguiente enlace: <https://www.theguardian.com/uk-news/2016/sep/12/worlds-first-large-scale-tidal-energy-farm-launches-scotland>

3 id.

4 EDF, Énergie hydrolienne. Consultado el 15/05/2017. Disponible en el siguiente enlace: <https://www.edf.fr/groupe-edf/producteur-industriel/energies-renouvelables/energies-marines/energie-hydrolienne>

5 id.

6 MINETUR, op. cit., p. 263.

7 ARAGONÉS Juan, ÁNGELES HERNÁNDEZ María, MARÍA BUSQUETS José, op. cit., p. 36.

presión cuando dos aguas equilibran sus niveles de salinidad¹. Es un sistema todavía aislado, pero que también se podría explotar a gran escala si se reduce el coste de instalación.

Aparece claro que España podría beneficiar de estas nuevas fuentes, ya explotadas por países con menos recursos teóricos en comparación con los suelos volcánicos de las Islas Canarias y el extenso litoral español (casi 4.000km²). La geotermia puede ciertamente aumentar su participación en la producción energética del país, pero la energía marina tiene un gran potencial para participar activamente en la producción de electricidad en lugar de recurrir a productos petrolíferos, al gas natural o al carbón, si se consiga una viabilidad económica. Eso implica un presupuesto mayor o equivalente al ahorro generando por la reducción de energía no renovable (sin incluir la nuclear). Así se podrá ofrecer incentivos a las empresas del sector energético para seguir los ejemplos extranjeros mencionados.

-
- 1 British Broadcasting Corporation (servicio público británico de información), GREGORY Mark, « Norway's Statkraft opens first osmotic power plant ». Consultado el 16/05/2017. Disponible en el siguiente enlace: <http://news.bbc.co.uk/2/hi/europe/8377186.stm>
 - 2 INE, Límites geográficos y políticos. Consultado el 16/05/2017. Disponible en el siguiente enlace: <http://www.ine.es/inebaseweb/pdfDispatcher.do;jsessionid=30C70FEE74859205D8744955F3150A54.inebaseweb01?td=38228>

2. Nuevas aplicaciones y fuentes de energía experimentales

Las mejoras en las fuentes de energía renovables no siempre provienen de innovaciones radicales como mencionadas hasta ahora, sino que se da atención también a las fuentes tradicionales y como explotarlas de manera más eficaz. No se cambia el funcionamiento básico de dicha fuente, pero se mejora de forma sencilla sus componentes o sus aplicaciones, resultando en una innovación incremental. El ejemplo más llamativo sería la investigación continua para descubrir nuevos materiales para las células fotovoltaicas. Dicho anteriormente, el material más utilizado, el silicio cristalino, es muy accesible y barato. Sin embargo, su producción genera gas de efecto invernadero y el rendimiento es bastante bajo, ya que convierte en electricidad menos de un 20 % de la radiación solar recibida¹. Se reduce esta eficacia a un 15 % para producir un material más barato². Así, los otros tipos de células fotovoltaicas suelen ser más costosas o menos eficaces. En 2005, el 90 % de la producción mundial de células fotovoltaicas fueron de silicio cristalino³ y este sigue siendo el material más utilizado, mientras que se intenta desarrollar materiales con un mayor rendimiento y con un coste competitivo. También hay que tener en cuenta la duración de vida útil de las instalaciones. La combinación de todos estos aspectos hace que el silicio sea el más competitivo, pero varias alternativas se proponen y ya se han logrado mayores rendimientos. Por ejemplo, las células de CIGS, una aleación de varios minerales (cobre, indio, galio y selenio), logra una conversión de energía parecida a la del silicio, con una producción más sencilla y sin gases de efecto invernadero, pero su alto coste está impracticable⁴. Se exploran numerosos materiales y combinaciones entre ellos, pero siempre se enfrenten a los dos principales retos para superar las células tradicionales de silicio: lograr un menor coste de producción y un mayor rendimiento⁵. Entre algunos ejemplos se pueden

1 MUÑOZ GUTIÉRREZ Francisco et al., *La energía y el medio ambiente* (Córdoba: Biblioteca Ben Rosch de divulgación científica y tecnológica, 2007), p. 143.

2 ARAGONÉS Juan, ÁNGELES HERNÁNDEZ María, MARÍA BUSQUETS José, op. cit., p. 22.

3 MUÑOZ GUTIÉRREZ Francisco et al., op. cit., p. 143.

4 Massachusetts Institute of Technology Technology Review (revista científica vinculada a la universidad estadounidense del Instituto Tecnológico de Massachusetts), BULLIS Kevin, “Advanced solar panels coming to market”. Consultado el 19/05/2017. Disponible en el siguiente enlace: <https://www.technologyreview.com/s/415355/advanced-solar-panels-coming-to-market/>

5 MUÑOZ GUTIÉRREZ Francisco et al., op. cit., p. 151.

mencionar las células de silicio amorfo, de material orgánico, de polímeros, de aleaciones (como las de CIGS), o con estructuras diferentes para otros materiales como el arseniuro de galio que consigue un 35 % de rendimiento¹. Este último ejemplo pertenece al campo de células nanosolares, que tiene el mayor potencial entre las vías exploradas. Se trata de modificar a escala nanométrica algunos materiales para maximizar su rendimiento, generando el efecto de super-conversión fotovoltaica². Pero la nanociencia es un campo de desarrollo bastante reciente y el potencial de nuevas células fotovoltaicas depende de sus evoluciones. Así, existen alternativas a la energía fotovoltaica indirectamente contaminante y de bajo rendimiento, pero se encuentran limitadas por la tecnología aplicable y por la incapacidad actual de explotarlas de manera industrial. Incluso con planes de fomento y de ayuda financiera, la energía fotovoltaica debe todavía solucionar su mayor problema: el almacenamiento de energía y el alto coste de sus baterías, necesarias para mantener el flujo de electricidad cuando desaparece el sol. Existen prototipos locales, como en la Isla de la Reunión³ con un sistema viable pero aún inconstante. Demuestra, sin embargo, que la energía solar tiene un gran potencial, pero que está limitada sobre todo por razones materiales. Tal problema se vincula inevitablemente con las políticas de desarrollo tecnológico y con los intereses industriales. Cuando resultarán rentables es seguro que nuevas alternativas materiales permitirán un mayor aprovechamiento de la radiación solar, uno de los recursos renovables más abundantes de España.

La innovación incremental en el sector de las energías renovables no sólo se aplica a los materiales utilizados, sino también a la manera de aplicar una tecnología existente o cambiando el suministro utilizado. Un ejemplo que se desarrolla rápidamente es la energía eólica marina, una traslación de la eólica terrestre al territorio marítimo. El fuerte viento del mar permite una producción de energía un 50 % más elevada que la eólica terrestre, pero implica un coste superior de un 60 %⁴. Se puede

1 ARAGONÉS Juan, ÁNGELES HERNÁNDEZ María, MARÍA BUSQUETS José, op. cit., p. 24.

2 MUÑOZ GUTIÉRREZ Francisco et al., op. cit., p. 152.

3 EDF, Les îles, laboratoire de la transition énergétique. Consultado el 19/05/2017. Disponible en el siguiente enlace: <https://www.edf.fr/edf/accueil-magazine/les-iles-laboratoires-de-la-transition-energetique>

4 ARAGONÉS Juan, ÁNGELES HERNÁNDEZ María, MARÍA BUSQUETS José, op. cit., p. 27.

instalar aisladamente, como el eólico terrestre, pero el alto coste hace que sea más interesante construir sobre amplias superficies para lograr economías de escala. Ha comenzado la construcción del más grande parque eólico marino a lo largo de la costa inglesa del Yorkshire, cuya potencia podrá teóricamente satisfacer la demanda energética de un millón de hogares¹. Implicó un gran esfuerzo tecnológico, ya que el viento potente del mar exige turbinas más grandes, más robustas, con costes más importantes de instalación y de mantenimiento². En España esta tecnología está en desarrollo y las principales empresas energéticas españolas (Gamesa, Iberdrola, Navantia y Repsol) ya construyen parques de este tipo, pero principalmente para el resto de Europa (en particular Gran Bretaña y Alemania)³. El desarrollo de tal proyecto es difícil en España puesto que los ayuntamientos de Cádiz, Huelva y Castellón, que están los sitios más interesantes para aprovechar del viento marino, se opusieron a los parques eólicos en 2007⁴. Sin embargo, se ha oficializado el proyecto del primer parque eólico marino español en 2014, en las Islas Canarias⁵. Cabe esperar que otros proyectos se desarrollarán a lo largo de la costa española, sea en sitios menos productivos si se reducen los precios, y quizás las ciudades que rechazaron esta promisoria innovación aceptarán su aplicación donde se encuentra su mayor potencial.

Otras innovaciones en la aplicación de fuentes tradicionales permitirán aprovechar de ellas donde, junto al mar, no se explota su real potencial: en las ciudades. En este entorno no es posible instalar amplias centrales fotovoltaicas o inmensas presas hidráulicas. Incluso en periférica de ciudades, como las centrales nucleares, se necesitaría inmensas superficies para producir la misma cantidad de energía. Las

1 The Guardian, HARVEY Fiona, “World’s largest offshore windfarm to be built off Yorkshire coast”. Consultado el 19/05/2017. Disponible en el siguiente enlace:

<https://www.theguardian.com/environment/2016/feb/03/worlds-largest-offshore-windfarm-to-be-built-off-yorkshire-coast>

2 id.

3 El País (periódico nacional español), BLÁZQUEZ Susana, “España explota el viento del mar”. Consultado el 20/05/2017. Disponible en el siguiente enlace:

http://economia.elpais.com/economia/2015/10/08/actualidad/1444327304_645555.html

4 id.

5 BOE, Resolución de 19 de noviembre de 2014, de la Secretaría de Estado de Medio Ambiente, sobre la evaluación de impacto ambiental del proyecto Parque eólica experimental Mar de Canarias de 10 MW (Gran Canaria). Consultado el 20/05/2017. Disponible en el siguiente enlace:

https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2014-12631

energías renovables en las ciudades españolas se limitan al papel de soporte, complementando las fuentes no renovables para abastecer la demanda energética local. Es el caso de las plantas de biomasa, que se pueden integrar a las centrales térmicas ya existentes en ciudades o construyendo una nueva planta dedicada a la biomasa, pero requieren un grande espacio y no se suelen aceptar fácilmente por los residentes. El ejemplo más aceptable que viene a la mente son las placas fotovoltaicas instaladas sobre la casas de particulares y sobre los edificios de profesionales. Es un sistema que ayuda al consumidor a reducir su importe de energía y también a la empresa energética para aumentar su producción por un coste menor y explotando lugares fuera de su competencia. El potencial aislado es menor, pero sí se vuelve interesante cuando se multiplica por la superficie utilizable y otorgada por el acuerdo del particular o del profesional. Sin embargo, dicho potencial está obviamente limitado y depende del interés por parte de los residentes (urbanos o campesinos). No se podrá aprovechar el fotovoltaico doméstico sin un interés económico más accesible o por una mayor preocupación en cuanto al medio ambiente, lo que sigue necesitando un cambio de mentalidad. Así, se intenta desarrollar fuentes de energía renovables en lugares que estuvieran inaccesibles pero sin depender de la voluntad de un único residente. En cuanto a la energía hidráulica, para impulsarla dentro de las ciudades, España fomenta programas de investigación en minihidráulica¹. No se trata solamente de centrales hidráulicas de baja potencia, que ya existen a lo largo de ríos por un potencia entre 1 y 10MW², sino de tamaño reducido y compatible con el bienestar de los residentes. En 2015, se ha instalado en Francia una central minihidráulica silenciosa que aprovecha de un bajo desnivel de agua sin molestar a los residentes³. Es un sistema experimental y de baja productividad, pero que tiene un gran potencial si se logra aplicar a todos los sitios que antes no estuvieron explotables por causa del tamaño y del ruido de una central minihidráulica tradicional. Por otro lado, se ha instalado cerca de Londres una central fotovoltaica flotante⁴. Parece más difícil aplicar tal tecnología dentro de una ciudad,

1 MINETUR, op. cit., p. 249.

2 ARAGONÉS Juan, ÁNGELES HERNÁNDEZ María, MARÍA BUSQUETS José, op. cit., p. 29.

3 EDF, La micro-centrale du Rondeau innove. Consultado el 20/05/2017. Disponible en el siguiente enlace: <https://www.edf.fr/groupe-edf/producteur-industriel/energies-renouvelables/hydraulique/edf-hydraulique-isere-drome/la-micro-centrale-du-rondeau-innove>

4 The Guardian, HARVEY Fiona, “World’s biggest floating solar farm powers up outside London”. Consultado el 20/05/2017. Disponible en el siguiente enlace:

pero se sabe que el tamaño de centrales solares está muy adaptable, aunque es al coste de su rendimiento. Sin embargo, demuestra una voluntad de aprovechar de las energías renovables en sitios que estuvieron inaccesibles antes tales innovaciones.

Así, el potencial de las energías renovables va creciendo según el cambio tecnológico. Obviamente, la lista de nuevas fuentes antes mencionadas no es exhaustiva. Lo interesante no es descubrir cual fuente tiene el mayor potencial, sino cual es el conjunto de nuevas energías renovables que se podrán utilizar en el futuro para reemplazar las fuentes no renovables que se van agotando. Innovaciones en el campo de la energía permite imaginar fuentes totalmente teóricas y a veces inaplicables. Sin embargo, dentro de estas fuentes teóricas se pueden destacar algunas que sí son posibles y sí tienen potencial, pero que se encuentran limitadas por el progreso científico. Es el caso de las células nanosolares mencionadas anteriormente y que dependen de las investigaciones en nanociencia, un campo científico que no estaba accesible hasta que la evolución tecnológica lo permitió. Es una ciencia bastante reciente y había que esperar una posible aplicación al sector de la energía, lo cual sigue en desarrollo. Existe un vínculo parecido entre las biocarburantes y la biotecnologías. Se ha visto que la bioenergía es la fuente de energía renovable más utilizada en España y que recibe las mayores financiaciones de proyectos¹, principalmente por los biocarburantes que puedan reemplazar el petróleo y así abastecer los tres cuartos de la demanda de energía primaria. Pero están perjudicados por obstáculos importantes. El bioetanol y el biodiésel provienen de aceites vegetales², lo que suponga inmensas superficies de cultivos (principalmente maíz) para producir el equivalente de petróleo consumido hoy en día. Si toda la producción de maíz de los Estados Unidos (unos de los principales productores) se utilizará para crear bioetanol, abastecería solamente un 7 % de su demanda de combustible³. También plantea un problema ético por la utilización de alimentos para producir carburante mientras que la hambruna sigue existiendo en numerosos países. No se puede transportar por los oleoductos ya construidos, puesto que se contamina

<https://www.theguardian.com/environment/2016/feb/29/worlds-biggest-floating-solar-farm-power-up-outside-london>

1 Anexo 9, p. 44.

2 ARAGONÉS Juan, ÁNGELES HERNÁNDEZ María, MARÍA BUSQUETS José, op. cit., p. 78.

3 ibid. p. 85.

fácilmente con agua y se vuelve inutilizable¹. Se tendría que buscar una nueva utilización para estas estructuras que serían obsoletas cuando se agotará el petróleo, o adaptarlas a otros usos. Más importante, los biocombustibles también producen dióxido de carbono². No solamente por su utilización, pero de manera indirecta durante su transportación, en camiones. Remplazar el petróleo por los biocarburantes actuales resulta en sustituir un problema por otro. De eso proviene el interés de encontrar una nueva forma de biocarburantes, y el desarrollo de las biotecnologías y de la ingeniería genética aporta una posible solución. Se ha sugerido modificar microorganismos, en particular micro algas, para producir un aceite aún más eficaz que el bioetanol y para captar dióxido de carbono durante su fotosíntesis³. La principal ventaja es que las micro algas se cultivan en agua: las culturas se hacen en volumen en vez de superficie como para el maíz. Su explotación en larga escala parece así más realista, y el maíz se podrá guardar para usos alimentarios. Se podría también modificar para transformar dióxido de carbono en etanol⁴. Sin embargo, sigue siendo una tecnología teórica y su posible explotación industrial dependerá de los progresos en biotecnologías y de su viabilidad económica a largo plazo. También hay que aportar especial atención a los posibles impactos que tendrían sobre la salud y el entorno.

Todas estas nuevas fuentes y aplicaciones podrían participar para sustituir las energías no renovables, principalmente el petróleo. Pero, puesto que no tienen un alto rendimiento y que resulten costosas para las empresas y los consumidores, se puede cuestionar si un país podría realmente abastecer toda su demanda energética con energías renovables.

1 ibid. p. 86.

2 ibid. p. 84.

3 ARAGONÉS Juan, ÁNGELES HERNÁNDEZ María, MARÍA BUSQUETS José, op. cit., p. 90.

4 id.

3. Un país con una producción energética completamente renovable

Se ha visto que reemplazar el petróleo por energía renovable no ayude a frenar el cambio climático, por el momento. Sin embargo, la electricidad ya se utiliza como alternativa en motores eléctricos. Aunque eso significa mayores cambios en la industria del transporte, se admite que a largo plazo no hay otra elección que reemplazar los productos petrolíferos de una manera u otra. Admitiendo que todos los modos de transportes consiguen encontrar una alternativa viable en los biocombustibles o en la electricidad, el cambio climático seguirá siendo un problema por las emisiones de gases de efecto invernadero. Si se consigue biocombustibles limpios, como se ha mencionado anteriormente, o si se pueda normalizar la electricidad en el sector del transporte, el principal problema sería producir electricidad sin impacto sobre el medio ambiente. Ya existen países que producen casi la totalidad de su electricidad por energías renovables. Es el caso de Costa Rica, que logró producir un 98,7 % de su electricidad por energías renovables en el año 2015 por medio de la hidráulica, de la eólica y de la geotermia¹. Islandia produce hasta el 100 % de su electricidad por hidráulica (80 %) y geotermia (20 %)². También se está investigando pilas de combustibles limpias³ (funcionando con el hidrógeno del agua) para reemplazar los productos petrolíferos⁴. Noruega, por su parte, produce un 99 % de su electricidad por energía hidráulica y tiene el mayor número de coches eléctricos por habitante, con más de 100.000 vehículos de este tipo para una población de 5,2 millones⁵. Ahora parece notable porque las energías renovables gozan de tanta importancia en la producción de electricidad de estos países. Tienen una población muy reducida en comparación con la de España, lo que implica

-
- 1 Le Monde (periódico nacional francés), SALIBA Frédéric, “Au Costa Rica, 98,7 % de l’électricité produite est « verte »”. Consultado el 21/05/2017. Disponible en el siguiente enlace: http://www.lemonde.fr/planete/article/2015/10/20/au-costa-rica-sur-la-route-de-l-electricite-verte_4793385_3244.html
 - 2 The Guardian, ALDRED Jessica, “Iceland’s energy answer comes naturally”. Consultado el 21/05/2017. Disponible en el siguiente enlace: <https://www.theguardian.com/environment/2008/apr/22/renewableenergy.alternativeenergy>
 - 3 id.
 - 4 ARAGONÉS Juan, ÁNGELES HERNÁNDEZ María, MARÍA BUSQUETS José, op. cit., p. 42.
 - 5 The Guardian, HOCKENOS Paul, “Power to the EV: Norway spearheads Europe’s electric vehicle surge”. Consultado el 21/05/2017. Disponible en el siguiente enlace: <https://www.theguardian.com/environment/2017/feb/07/power-to-the-ev-norway-spearheads-europe-s-electric-vehicle-surge>

una menor demanda energética. Costa Rica contaba con 4,8 millones de habitantes en 2015¹, en Islandia había tan sólo 332 mil en 2016², mientras que España tiene una población de 46,4 millones³. Puesto que las energías renovables no producen grandes cantidades de electricidad por instalación, la utilización de fuentes no renovables es más realista en países de alto consumo energético. Sin embargo, ya existen proyectos a escala local que demuestran la posibilidad de un abastecimiento total por energía renovable. Se tratan principalmente de pequeñas islas como la de Samso, en Dinamarca, con unos 3.500 habitantes⁴. Pero la región de Baja Austria, una comunidad autónoma que rechazó la energía nuclear en 1978⁵, consiguió abastecer la demanda en electricidad de sus 1,65 millones de habitantes con este reparto de producción: un 63 % de hidráulica, un 26 % de eólica, un 9 % de biomasa y un 2 % de solar⁶. Demuestra que se pueda lograr tal producción a escala regional. Empezó un proyecto parecido en España en la isla de El Hierro, en las Canarias⁷. En 2015, la central hidroeólica local permitió abastecer la demanda en electricidad de los habitantes durante cuatro horas⁸. Explotar extensivamente el potencial geotérmico de las Islas Canarias permitiría un autoabastecimiento local y ayudaría a cumplir el objetivo nacional.

Tal proyecto a escala nacional resulta en una gran tarea todavía irrealizable por los numerosos problemas estructurales y coyunturales mencionados. Dos asociaciones ecológicas, Greenpeace y la Asociación de Productores de Energías Renovables,

-
- 1 Central Intelligence Agency (agencia de inteligencia estadounidense con extensivos datos sobre cada país), Costa Rica. Consultado el 21/05/2017. Disponible en el siguiente enlace: <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/cs.html>
 - 2 Eurostat, Population on 1 January. Consultado el 21/05/2017. Disponible en el siguiente enlace: <http://ec.europa.eu/eurostat/tgm/table.do?tab=table&init=1&language=en&pcode=tps00001&plugin=1>
 - 3 id.
 - 4 Le Monde, LE HIR Pierre, “Samso, l’île danoise aux énergies vertes”. Consultado el 21/05/2017. Disponible en el siguiente enlace: http://www.lemonde.fr/energies/article/2015/05/15/samso-l-ile-danoise-aux-energies-vertes_4634140_1653054.html
 - 5 Le Monde, BOLIS Angela, “La Basse-Autriche, où l’électricité est 100 % verte”. Consultado el 21/05/2017. Disponible en el siguiente enlace: http://www.lemonde.fr/energies/article/2015/11/09/la-basse-autriche-nouveau-territoire-pionnier-a-atteindre-100-d-energies-renouvelables_4805642_1653054.html
 - 6 id.
 - 7 El Mundo (periódico nacional español), PANIAGUA Rebeca, “El Hierro, una isla 100 % renovable”. Consultado el 21/05/2017. Disponible en el siguiente enlace: <http://www.elmundo.es/ciencia/2015/08/12/55ca2c7e22601d600a8b458d.html>
 - 8 id.

consideran que sí es posible, pero solamente cerca del año 2050¹. Es un objetivo ya lejos de ser cumplido, por la importancia de las fuentes no renovables en la actual producción de electricidad. Sin embargo, si se popularizan las nuevas fuentes de energía renovable y sus nuevas aplicaciones, quizás se podría aprovechar eficazmente del potencial que tengan en España. Aún así, será necesaria una repartición óptima de las fuentes según las características geográficas y geológicas del país. A lo largo del extenso litoral, se podrá aprovechar de las corrientes del mar con las nuevas energías marinas, del movimiento de las mareas donde la energía mareomotriz tendrá un mayor rendimiento, y de los fuertes vientos del mar, si los ayuntamientos deciden aceptarlo. En las ciudades, la miniaturización y diseminación de fuentes como la energía solar e hidráulica permitirá un rendimiento mínimo, pero en lugares que no eran explotables anteriormente. Se debería reforzar la utilización de biomasa en plantas dedicadas a esta fuente para usos eléctricos, de calefacción o para producir biocombustibles. Se podrá seguir desarrollando las energías renovables más tradicionales y sus formas avanzadas como la eólica en elevadas alturas², la nanosolar y la minihidráulica, aprovechando al máximo la orografía ventajosa del país. Tendrá que desarrollar realmente la geotermia donde es posible. Dejar así el suelo enteramente volcánico de las Islas Canarias sería una verdadera pérdida. Aún frente a esta imagen del potencial de las energías renovables en España, ellas se enfrentan a obstáculos que no se han superado hasta hoy. Algunas de estas dependen del clima y se reduce su producción cuando las condiciones meteorológicas no están favorables. Se podría utilizar electricidad acumulada para compensar las pérdidas en tal situación, pero el almacenamiento de la energía continúa siendo un problema actual que todavía no se ha solucionado, aunque se financian varios proyectos³. Estos problemas, combinados a los altos costes de instalación y mantenimiento, hacen que las energías renovables dependan de factores como el progreso tecnológico y el interés industrial. Será necesario un cambio de mentalidad en la manera de consumir la energía y de percibir estas nuevas fuentes renovables, para que un día se aproveche el gran potencial que realmente tiene España.

1 El Mundo, CORRAL Miguel, “España podría ser 100 % renovable en el año 2050”. Consultado el 21/05/2017. Disponible en el siguiente enlace:

<http://www.elmundo.es/elmundo/2009/05/20/ciencia/1242832966.html>

2 ARAGONÉS Juan, ÁNGELES HERNÁNDEZ María, MARÍA BUSQUETS José, op. cit., p. 92.

3 Anexo 9, p. 44.

Conclusión

Así, frente a su alto grado de dependencia energética, España se encuentra en una situación donde tiene que elegir entre desarrollar las energías renovables o reforzar su parque nuclear. Los dos no son incompatibles, pero la energía nuclear ha mostrado el peligro que representa y no resuelve el problema de las energías no renovables. Se deberá renunciar a ellas por causa de su agotamiento progresivo, por su peso sobre la balanza de pagos y por sus efectos sobre el medio ambiente. Las energías renovables se presentan como alternativa viable, aunque costosa. Abastecer la totalidad de la demanda energética por ellas resulta en una gran tarea que necesitará tiempo y cambio de mentalidad en cuanto a la percepción de estas fuentes de energía. Aún así, hasta hoy no pueden reemplazar eficazmente el petróleo, y este representa casi la mitad de la demanda de energía primaria. Hay que esperar nuevos cambios en el área de los biocarburantes o del transporte. Quizás podría funcionar con electricidad, e incluso si no se logra este último punto, es importante aprovechar las energías renovables y sus nuevas formas que son cada vez más eficientes. Actualmente se desarrolla la energía nuclear con reactores de nueva generación e investigación en la fusión nuclear, aún más potente que el proceso tradicional de fisión¹. Se ha puesto en marcha el proyecto ITER (Internacional Thermonuclear Experimental Reactor) en Francia para mostrar que la fusión es económicamente viable, pero por el momento es una instalación experimental y un centro de investigación internacional². Todavía es incierto el futuro de la energía nuclear o del conjunto de las energías renovables, cualquier accidente o innovación puede cambiar todas las previsiones. Pero si existe un punto definitivamente verdadero, es que las energías renovables tienen un gran potencial en España y está muy lejos de ser plenamente aprovechado. Se podrá combinar con el arma de doble filo que es la energía nuclear, pero el objetivo es impedir catástrofes parecidas a Chernóbil o Fukushima. España tiene que salir de su posición estancada en cuanto a la energía nuclear, sea para mejorar o suprimir a favor de las energías renovables. Aún así, el futuro frente a los retos energéticos no es claro. Sin embargo, las fuentes de energía renovables constituyen una esperanza para solucionarlos, parcialmente o totalmente.

1 LOZANO LEYVA Manuel, op. cit., p. 303.

2 ibid. p. 306.

Tabla de anexos

Anexo 1: Demanda de energía primaria y final en España.....	36
Anexo 2: Producción nacional de energía primaria y grado de abastecimiento por sector y por año.....	37
Anexo 3: Importaciones energéticas de gas natural por país exportador y por año.....	38
Anexo 4: Importaciones energéticas de petróleo por país exportador y por año.....	39
Anexo 5: Balanza por cuenta corriente de España por año.....	40
Anexo 6: Funcionamiento de una central hidroeléctrica de bombeo.....	41
Anexo 7: Repartición de la producción total de energía renovables.....	42
Anexo 8: Las áreas volcánicas en España.....	43
Anexo 9: Financiación otorgada a proyectos energéticos en España.....	44

Anexo 1: Demanda de energía primaria y final en España

	2014	2015	Tasa de variación %
Carbón	11.639	14.426	23,9
Petróleo	50.447	52.434	3,9
Gas natural	23.662	24.590	3,9
Nuclear	14.934	14.927	-0,0
Hidráulica	3.369	2.397	-28,9
Eólica, Solar y Geotérmica	7.599	7.476	-1,6
Biomasa, biocarb. y resid. renovables	6.828	7.371	8,0
Residuos no renovables	204	260	27,5
Saldo imp-exp electricidad	-293	-13	-95,6
TOTAL	118.389	123.868	4,6

FUENTE: SEE.

Fuente: MINETUR, *La Energía en España 2015*, p. 32. Consultado el 21/05/2017.

Informe disponible en el siguiente enlace:

http://www.minetad.gob.es/energia/balances/Balances/LibrosEnergia/Energia_2015.pdf

	2014	2015	Tasa de variación %
Carbón	1.143	1.160	1,5
Gases Derivados del Carbón	224	239	6,7
P.Petrolíferos	42.264	42.879	1,5
Gas	14.778	14.344	-2,9
Electricidad	19.513	19.999	2,5
Energías renovables	5.109	5.302	3,8
Total usos energéticos	83.031	83.923	1,1

Fuente: MINETUR, *La Energía en España 2015*, p. 31. Consultado el 21/05/2017.

Informe disponible en el siguiente enlace:

http://www.minetad.gob.es/energia/balances/Balances/LibrosEnergia/Energia_2015.pdf

Anexo 2: Producción nacional de energía primaria y grado de abastecimiento por sector y por año

	Carbón	Petróleo	Gas Natural	Nuclear	Hidraúlica	Eólica y solar	Biom. y res. (1)	Total	Grado de auto-abastecimiento (%)
2010	3.296	125	45	16.155	3.638	4.858	6.340	34.457	26,6
2011	2.648	102	45	15.042	2.631	5.061	6.485	32.014	24,7
2012	2.460	145	52	16.019	1.767	6.679	6.402	33.524	25,9
2013	1.762	375	50	14.783	3.170	7.632	6.363	34.136	28,2
2014	1.628	311	21	14.934	3.369	7.599	6.668	34.529	29,2
2015	1.202	236	54	14.927	2.397	7.476	7.014	33.306	26,9

Fuente: MINETUR, *Informe Anual 2015*, p. 116. Consultado el 21/05/2017. Informe disponible en el siguiente enlace: [http://www.minetad.gob.es/es-ES/IndicadoresyEstadisticas/Informes/InformesMITYC/Informe%20Anual%202015.%20S.G.%20de%20Estudios,%20An%C3%A1lisis%20y%20Planes%20de%20Actuaci%C3%B3n/Informe%20Anual%20\(SG%20Estudios\).pdf](http://www.minetad.gob.es/es-ES/IndicadoresyEstadisticas/Informes/InformesMITYC/Informe%20Anual%202015.%20S.G.%20de%20Estudios,%20An%C3%A1lisis%20y%20Planes%20de%20Actuaci%C3%B3n/Informe%20Anual%20(SG%20Estudios).pdf)

Anexo 3: Importaciones energéticas de gas natural por país exportador y por año

	2015		2014		2013		2012	
	GWh	% total	% total	% total	% total	% total	% total	% total
Argelia	218.399	60,0	55,2	51,6	41,7			
GN	175.346	48,1	40,3	41,6	30,8			
GNL	43.053	11,8	14,9	10,0	10,8			
Nigeria	42.199	11,6	8,5	9,6	15,5			
Qatar	34.175	9,4	9,1	10,8	11,6			
Noruega	32.144	8,8	12,2	11,7	11,7			
Trinidad y Tobago	12.755	3,5	5,9	6,2	6,7			
Francia	12.752	3,5	4,2	4,1	2,2			
Perú	10.794	3,0	3,6	4,5	6,9			
Otros	968	0,3	1,2	1,5	3,6			
Total	364.185	100,0	100,0	100,0	100,0			

Fuente: CORES

Fuente: MINETUR, Informe Anual 2015, p. 124. Consultado el 21/05/2017. Informe disponible en el siguiente enlace: [http://www.minetad.gob.es/ES/IndicadoresyEstadisticas/Informes/InformesMITYC/Informe%20Anual%202015.%20S.G.%20de%20Estudios,%20An%C3%A1lisis%20y%20Planes%20de%20Actuaci%C3%B3n/Informe%20Anual%20\(SG%20Estudios\).pdf](http://www.minetad.gob.es/ES/IndicadoresyEstadisticas/Informes/InformesMITYC/Informe%20Anual%202015.%20S.G.%20de%20Estudios,%20An%C3%A1lisis%20y%20Planes%20de%20Actuaci%C3%B3n/Informe%20Anual%20(SG%20Estudios).pdf)

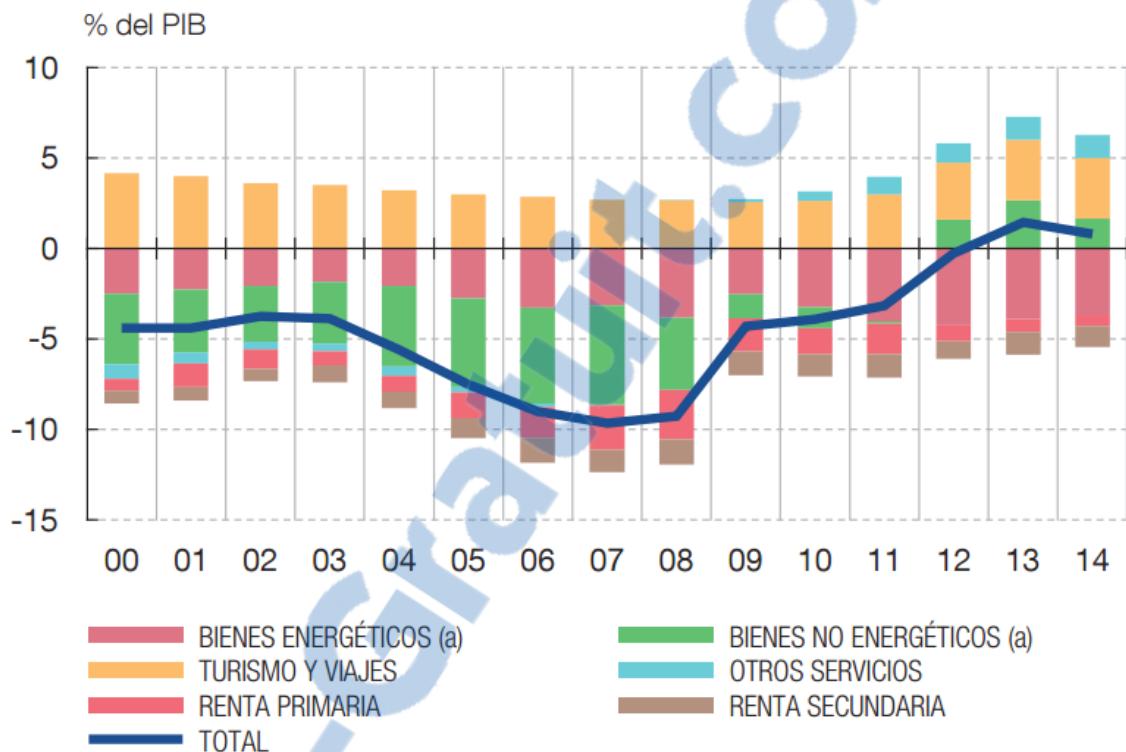
Anexo 4: Importaciones energéticas de petróleo por país exportador y por año

	2015			2014		2013		2012	
	kt	% total	% 15/14		% total		% total		% total
OPEP	34.792	53,8	12,9	52,2		51,8		56,7	
Nigeria	10.821	16,7	9,3	16,8		13,2		14,3	
Arabia saudí	6.812	10,5	-5,9	12,3		14,1		13,3	
Angola	5.953	9,2	12,9	8,9		6,2		3,3	
Irak	3.485	5,4	86,7	3,2		3,5		8,4	
Venezuela	3.190	4,9	9,4	4,9		4,1		4,4	
Libia	1.603	2,5	12,3	2,4		4,9		8,3	
Resto OPEP	2.928	4,5	33,9	3,7		5,9		4,7	
México	8.883	13,7	3,8	14,5		15,4		14,7	
Rusia	3.998	6,2	-12,3	7,7		14,0		13,9	
Resto Europa y Euroasia	7.650	11,8	12,5	11,5		5,3		1,9	
Otros Paises	9.305	14,4	11,8	14,1		13,5		12,8	
TOTAL	64.628	100,0	9,4	100,0		100,0		100,0	

Fuente: CORES

Fuente: MINETUR, *Informe Anual 2015*, p. 125. Consultado el 21/05/2017. Informe disponible en el siguiente enlace: [http://www.minetur.es/indicadoresyestadisticas/informes/informesmityc/informe%20anual%202015.%20sg.%20de%20estudios,%20an%C3%A1lisis%20y%20planes%20de%20actuaci%C3%B3n/informe%20anual%20\(SG%20Estudios\).pdf](http://www.minetur.es/indicadoresyestadisticas/informes/informesmityc/informe%20anual%202015.%20sg.%20de%20estudios,%20an%C3%A1lisis%20y%20planes%20de%20actuaci%C3%B3n/informe%20anual%20(SG%20Estudios).pdf)

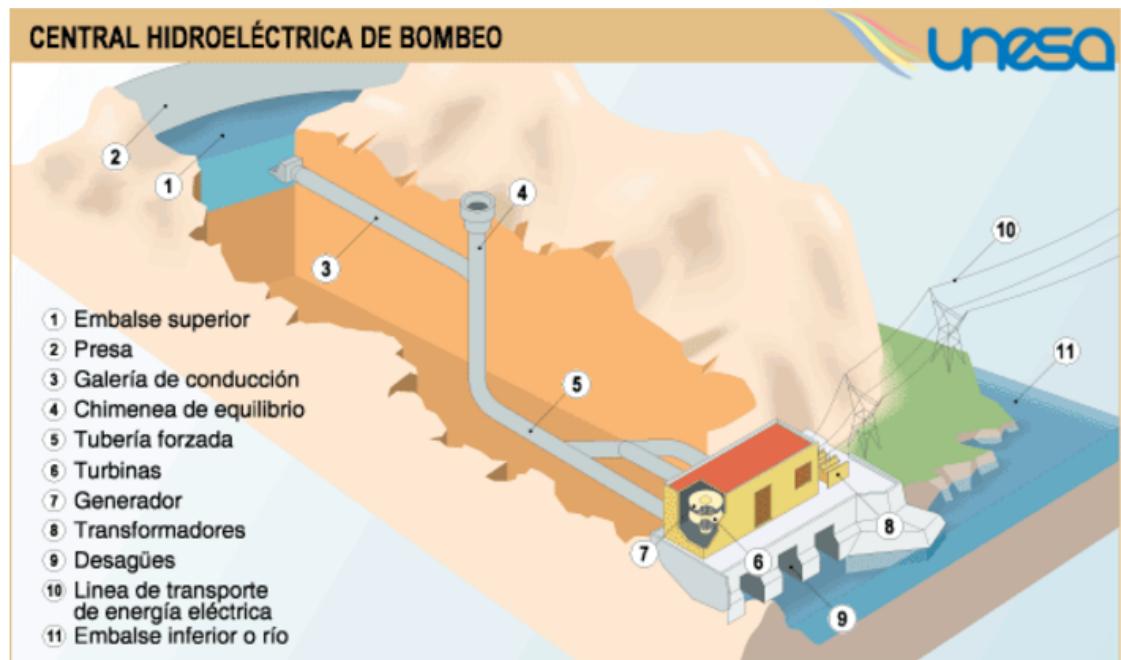
Anexo 5: Balanza por cuenta corriente de España por año



Fuente: Banco de España (*banco central nacional proveyendo datos financieros sobre España*), *Balanza de pagos y posición internacional de España 2014*, p. 10. Consultado el 21/05/2017. Informe disponible en el siguiente enlace:

<http://www.bde.es/f/webbde/SES/Secciones/Publicaciones/PublicacionesAnuales/BalanzaPagos/14/Fich/bp2014.pdf>

Anexo 6: Funcionamiento de una central hidroeléctrica de bombeo



Una central hidroeléctrica de bombeo es un tipo especial de central hidroeléctrica que tiene dos embalses. El agua contenida en el embalse situado en el nivel más bajo —embalse inferior—, es bombeada durante las horas de menor demanda eléctrica al depósito situado en la cota más alta —embalse superior—, con el fin de turbinarla, posteriormente, para generar electricidad en las horas de mayor consumo eléctrico.

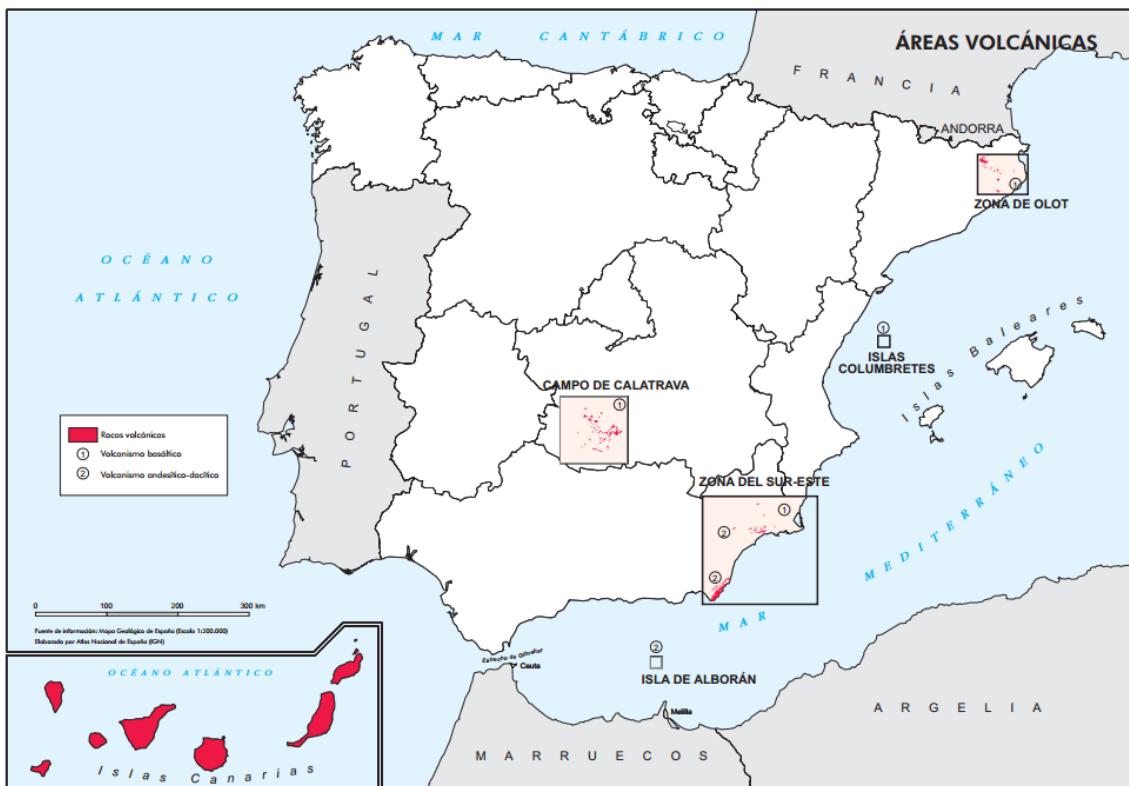
Fuente: Asociación Española de la Industria Eléctrica (organización profesional para la representación de los miembros del sector eléctrico español), Central hidroeléctrica de Bombeo. Consultado el 01/05/2017. Disponible en el siguiente enlace: <http://www.unesa.es/sector-electrico/funcionamiento-de-las-centrales-electricas/1342-central-bombeo>

Anexo 7: Repartición de la producción total de energía renovable

	Generación Eléctrica renovables en 2015				
	Potencia (MW)	Producción (GWh)	Producción Energía Primaria (ktep)		
Hidráulica (1)	20.094	27.870	2.397		
Biomasa	681	3.818	1.716		
R.S.U.	234	883	260		
Eólica	22.975	49.335	4.243		
Solar fotovoltaica	4.798	8.198	705		
Biogás	223	1.174	390		
Solar termoeléctrica	2.300	5.680	2.231		
TOTAL ÁREAS ELÉCTRICAS	51.304	96.958	11.941		
	Sector de la calefacción y la refrigeración				
	m ³ Solar t. baja temp.	Producción Energía Primaria (ktep)			
Biomasa y residuos		3.936			
Biogás		51			
Solar térmica de baja temperatura	3.589.220	277			
Geotermia		20			
TOTAL ÁREAS TÉRMICAS		4.284			
	Sector del Transporte				
Biocarburantes (Transporte)	Consumo (ktep)				
TOTAL BIOCABURANTES	1.018				
TOTAL ENERGÍAS RENOVABLES (KTEP)		17.243			

Fuente: MINETUR, *La Energía en España 2015*, p. 190. Consultado el 21/05/2017.
 Informe disponible en el siguiente enlace:
http://www.minetad.gob.es/energia/balances/Balances/LibrosEnergia/Energia_2015.pdf

Anexo 8: Las áreas volcánicas en España



Fuente: Instituto Geográfico Nacional (centro nacional de información geográfica), Áreas volcánicas. Consultado el 14/05/2017. Disponible en el siguiente enlace: https://www.ign.es/espmap/mapas_relieve_bach/Relieve_Mapa_07.htm

Anexo 9: Financiación otorgada a proyectos energéticos en España

Área	Nº proyectos	€
Almacenamiento de energía	12	1.641.365
Bioenergía	17	2.600.201
Captura Transporte y Almacenamiento CO ₂	12	1.749.539
Eficiencia Energética	16	1.966.963
Electricidad	3	306.204
Eólica	4	347.149
Fusión Nuclear	8	507.474
Geotermia	1	84.700
Hidrógeno	12	2.026.992
Maremotriz	2	88.764
Pilas	7	943.757
Redes Inteligentes	6	451.523
Solar	18	2.012.819
Gas	10	2.287.505
TOTAL	128	17.014.955

Fuente: MINETUR, *La Energía en España 2015*, p. 240. Consultado el 21/05/2017. Informe disponible en el siguiente enlace:
http://www.minecad.gob.es/energia/balances/Balances/LibrosEnergia/Energia_2015.pdf

Referencias bibliográficas

ARAGONÉS Juan, ÁNGELES HERNÁNDEZ María, MARÍA BUSQUETS José, La energía del futuro y sus aplicaciones (Barcelona: Tibidabo Ediciones, 2007), pp. 137.

AZCARÁTE LUXÁN Blanca, MINGORANCE JIMENÉZ Alfredo, Energías e impacto ambiental (Madrid: Equipo Sirius, 2009), pp. 287.

ESPEJO MARÍN Cayetano, “L’énergie éléctronucléaire en Espagne”, Annales de Géographie, Volumen 111, n.º625 (Paris: Armand Colin, 2002), pp. 336.

HOYLE Fred, ¿Energía o extinción? En defensa de la energía nuclear (Madrid: Alanza Editorial, 1981), pp. 126.

LOZANO LEYVA Manuel, Nucleares, ¿por qué no? (Barcelona: Debate, 2009), pp. 311.

MÉNDEZ MUÑIZ Javier María, RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ Luis Manuel, Energía eólica (Madrid: Fundación Confemetal, 2012), pp. 323.

MUÑOZ GUTIÉRREZ Francisco et al., La energía y el medio ambiente (Córdoba: Biblioteca Ben Rosch de divulgación científica y tecnológica, 2007), pp. 225.

RUIZ Valeriano, El reto energético (Córdoba: Editorial Almuzara, 2006), pp. 350.

Bibliografía

ASIMOV Isaac, Historia de la energía nuclear, (Madrid: Alianza Editorial, 1988), pp 175.

BALCELLS Josep et al., Eficiencia en el uso de la energía eléctrica (Barcelona: Marcombo), pp. 333.

CREUS SOLÉ Antonio, Energía Termosolar (Lorquí: Cano Pina, 2010), pp. 194.

DUMON Roger, Energía solar y almacenamiento de energía (Barcelona: Toray-Masson, 1981), pp. 139.

GÓMEZ CADENAS Juan José, El ecologista nuclear (Madrid: Espasa Libros, 2009), pp. 245.

JESÚS GARCÍA GARCÍA, “Ordenanzas de captación y aprovechamiento de la energía solar y competencias locales en materia de aprovechamiento energético”, Revista de Derecho Urbanístico y medio ambiente, n.º303 (Madrid: RDU Revistas Especializadas, 2016), pp. 176.

LÓPEZ-TAFALL BASCUÑANA José et al., “Economía y cambio climático. Reto y oportunidad”, Información Comercial Española, n.º892 (Madrid: Ministerio de Economía y Competitividad, 2016), pp. 150.

MORENO-TORRES GÁLVEZ Antonio et al., “Empresa, medio ambiente y competitividad”, Economía Industrial, n.º401 (Madrid: Centro de Publicaciones del Ministerio de Industria, Energía y Turismo, 2016), pp. 186.

PINEDA Manuel, Energía de la biomasa: realidades y perspectivas (Córdoba: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Córdoba, 1998), pp. 223.

SALGADO FERNÁNDEZ José, Tecnología de las energías renovables (Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 2009), pp. 390.

Sitografia

20minutos (periódico español de información general), MARIÑO Mirentxu, “La minería en España, un sector industrial lleno de « claroscuros » y lastrado por el carbón”. Consultado el 01/05/2017. Disponible en el siguiente enlace:
<http://www.20minutos.es/noticia/1473133/0/claves/sector-minero/carbon/>

Asociación Española de la Industria Eléctrica (organización profesional para la representación de los miembros del sector eléctrico español), Central hidroeléctrica de Bombeo. Consultado el 01/05/2017. Disponible en el siguiente enlace:
<http://www.unesa.es/sector-electrico/funcionamiento-de-las-centrales-electricas/1342-central-bombeo>

Asociación de Productores de Energías Renovables (asociación de profesionales del sector energético español para el fomento de las energías renovables), “La inversión en renovables, muy rentable para España” (2010), p. 20. Consultado el 21/05/2017. Informe disponible en el siguiente enlace:

http://www.appa.es/descargas/AppaInfo_30_web.pdf

Banco de España (banco central nacional proveyendo datos financieros sobre España), Balanza de pagos y posición internacional de España 2014, pp. 78. Consultado el 21/05/2017. Informe disponible en el siguiente enlace:
<http://www.bde.es/f/webbde/SES/Secciones/Publicaciones/PublicacionesAnuales/BalanzaPagos/14/Fich/bp2014.pdf>

Boletín Oficial del Estado (BOE) (agencia del diario español para la publicación de leyes y actos), Ley 40/1994, de 30 de diciembre, de ordenación del Sistema Eléctrico Nacional. Consultado el 01/05/2017. Disponible en el siguiente enlace:
https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-1994-28966

BOE, Real decreto 2203/1995, de 28 de diciembre, sobre los costes específicos derivados de la minería del carbón. Consultado el 01/05/2017. Disponible en el siguiente enlace: http://boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-1995-27851&lang=ca

BOE, Resolución de 19 de noviembre de 2014, de la Secretaría de Estado de Medio Ambiente, sobre la evaluación de impacto ambiental del proyecto Parque eólica experimental Mar de Canarias de 10 MW (Gran Canaria). Consultado el 20/05/2017. Disponible en el siguiente enlace: https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2014-12631

British Broadcasting Corporation (servicio público británico de información), GREGORY Mark, « Norway's Statkraft opens first osmotic power plant ». Consultado el 16/05/2017. Disponible en el siguiente enlace:
<http://news.bbc.co.uk/2/hi/europe/8377186.stm>

CaixaBank Research (organización bancaria de investigación y análisis económico), La energía en el siglo XXI, pp. 72. Consultado el 21/05/2017. Informe disponible en el siguiente enlace: <http://www.caixabankresearch.com/im355>

Central Intelligence Agency (agencia de inteligencia estadounidense con extensivos datos sobre cada país), Costa Rica. Consultado el 21/05/2017. Disponible en el siguiente enlace: <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/cs.html>

Comisión Europea (pagina oficial de la Comisión Europea), Objetivos Europa 2020. Consultado el 01/05/2017. Disponible en el siguiente enlace:
http://ec.europa.eu/europe2020/europe-2020-in-a-nutshell/targets/index_es.htm

Electricité De France (EDF) (empresa francesa especializada en energía), Énergie hydrolienne. Consultado el 15/05/2017. Disponible en el siguiente enlace:
<https://www.edf.fr/groupe-edf/producteur-industriel/energies-renouvelables/energies-marines/energie-hydrolienne>

EDF, Géothermie. Consultado el 14/05/2017. Disponible en el siguiente enlace:
<https://www.edf.fr/groupe-edf/producteur-industriel/energies-renouvelables/geothermie>

EDF, La micro-centrale du Rondeau innove. Consultado el 20/05/2017. Disponible en el siguiente enlace: <https://www.edf.fr/groupe-edf/producteur-industriel/energies-renouvelables/hydraulique/edf-hydraulique-isere-drome/la-micro-centrale-du-rondeau-innove>

EDF, Les îles, laboratoires de la transition énergétique. Consultado el 19/05/2017. Disponible en el siguiente enlace: <https://www.edf.fr/edf/accueil-magazine/les-iles-laboratoires-de-la-transition-energetique>

EDF, Mix énergétique. Consultado el 01/05/2017. Disponible en el siguiente enlace:
<https://www.edf.fr/groupe-edf/producteur-industriel/mix-energetique>

El Mundo (periódico nacional español), CORRAL Miguel, “España podría ser 100 % renovable en el año 2050”. Consultado el 21/05/2017. Disponible en el siguiente enlace: <http://www.elmundo.es/elmundo/2009/05/20/ciencia/1242832966.html>

El Mundo, PANIAGUA Rebeca, “El Hierro, una isla 100 % renovable”. Consultado el 21/05/2017. Disponible en el siguiente enlace:
<http://www.elmundo.es/ciencia/2015/08/12/55ca2c7e22601d600a8b458d.html>

El País (periódico nacional español), BLÁZQUEZ Susana, “España explota el viento del mar”. Consultado el 20/05/2017. Disponible en el siguiente enlace:
http://economia.elpais.com/economia/2015/10/08/actualidad/1444327304_645555.html

Eurostat (agencia de estadísticas de la Unión Europea), Estadísticas sobre los salarios mínimos. Consultado el 01/05/2017. Disponible en el siguiente enlace:
http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Minimum_wage_statistics/es

Eurostat, Population on 1 January. Consultado el 21/05/2017. Disponible en el siguiente enlace: <http://ec.europa.eu/eurostat/tgm/table.do?tab=table&init=1&language=en&pcode=tps00001&plugin=1>

Institut Français du Pétrole Energies Nouvelles (organismo público francés de investigación en el campo de la energía, del transporte y del entorno), Prix de revient des biocarburants. Consultado el 01/05/2017. Disponible en el siguiente enlace:
<http://www.ifpenergiesnouvelles.fr/Espace-Decouverte/Les-grands-debats/Quel-avenir-pour-les-biocarburants/Les-biocarburants-et-l-environnement/Prix-de-revient-des-biocarburants>

Instituto Geográfico Nacional (centro nacional de información geográfica), Áreas volcánicas. Consultado el 14/05/2017. Disponible en el siguiente enlace:
https://www.ign.es/espmap/mapas_relieve_bach/Relieve_Mapa_07.htm

Instituto Nacional de Estadística (INE) (agencia oficial española de estadísticas nacionales), Limites geográficos y políticos. Consultado el 16/05/2017. Disponible en el siguiente enlace:
<http://www.ine.es/inebaseweb/pdfDispacher.do;jsessionid=30C70FEE74859205D8744955F3150A54.inebaseweb01?td=38228>

INE, Temperaturas medias, horas de sol y precipitación acuosa. Consultado el 01/05/2017. Disponible en el siguiente enlace:
<http://www.ine.es/daco/daco42/bme/c19.pdf>

Ipsom (empresa especializada en consultoría energética), Repaso de los precios y estado de la energía en Europa en el 2016. Consultado el 01/05/2017. Disponible en el siguiente enlace: <https://www.ipsum.com/2017/01/repaso-de-los-precios-y-estado-de-la-energia-en-europa-en-el-2016/>

Junta de Andalucía (pagina oficial de la Comunidad Autónoma de Andalucía), Plan de Fomento de las Energías renovables en España 2000 - 2010. Consultado el 22/05/2017. Disponible en el siguiente enlace:

http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/ima/menuitem.5893969315ab596f7bbe6c6f5510e1ca/?vgnnextoid=33582c1095aa0210VgnVCM1000001325e50aRCRD&vgnnextchannel=52d6ee6d7451b210VgnVCM2000000624e50aRCRD&lr=lang_es

Junta de Andalucía, Sánchez Maldonado avanza que próximamente se aprobará la convocatoria de incentivos para ahorro energético. Consultado el 01/05/2017. Disponible en el siguiente enlace:

<http://www.juntadeandalucia.es/presidencia/portavoz/economia/120760/sanchez/maldonado/avanza/proximas/semanas/aprobara/convocatoria/incentivos/ahorro/energetico>

Le Monde (periódico nacional francés), BOLIS Angela, “La Basse-Autriche, où l’électricité est 100 % verte”. Consultado el 21/05/2017. Disponible en el siguiente enlace: http://www.lemonde.fr/energies/article/2015/11/09/la-basse-autriche-nouveau-territoire-pionnier-a-atteindre-100-d-energies-renouvelables_4805642_1653054.html

Le Monde, LE HIR Pierre, “Samso, l’île danoise aux énergies vertes”. Consultado el 21/05/2017. Disponible en el siguiente enlace:

http://www.lemonde.fr/energies/article/2015/05/15/samso-l-ile-danoise-aux-energies-vertes_4634140_1653054.html

Le Monde, SALIBA Frédéric, “Au Costa Rica, 98,7 % de l’électricité produite est « verte »”. Consultado el 21/05/2017. Disponible en el siguiente enlace:

http://www.lemonde.fr/planete/article/2015/10/20/au-costa-rica-sur-la-route-de-l-electricite-verte_4793385_3244.html

Massachusetts Institute of Technology Technology Review (revista científica vinculada a la universidad estadounidense del Instituto Tecnológico de Massachusetts), BULLIS Kevin, “Advanced solar panels coming to market”. Consultado el 19/05/2017.

Disponible en el siguiente enlace:

<https://www.technologyreview.com/s/415355/advanced-solar-panels-coming-to-market/>

Ministerio de Energía, Turismo y Agenda Digital (MINETAD) (pagina oficial del ministerio de energía español), El Gobierno suspenderá de forma temporal las primas de nuevas instalaciones de régimen especial. Consultado el 01/05/2017. Disponible en el siguiente enlace: <http://www.minetad.gob.es/es-ES/GabinetePrensa/NotasPrensa/2012/Paginas/npregimenespecial270112.aspx>

MINETAD, Energía nuclear en España. Consultado el 01/05/2017. Disponible en el siguiente enlace:

<http://www.minetad.gob.es/energia/nuclear/Centrales/Espana/Paginas/CentralesEspana.aspx>

MINETAD, Energía nuclear en el mundo. Consultado el 01/05/2017. Disponible en el siguiente enlace:

http://www.minetad.gob.es/energia/nuclear/Centrales/Mundo/Paginas/centrales_mundo.aspx

Ministerio de Industria, Energía y Turismo (MINETUR) (ministerio de la energía hasta 2017), Informe Anual 2015, pp. 174. Consultado el 21/05/2017. Informe disponible en el siguiente enlace: [http://www.minetad.gob.es/es-ES/IndicadoresyEstadisticas/Informes/InformesMITYC/Informe%20Anual%202015.%20S.G.%20de%20Estudios.%20An%C3%A1lisis%20y%20Planes%20de%20Actuaci%C3%B3n/Informe%20Anual%20\(SG%20Estudios\).pdf](http://www.minetad.gob.es/es-ES/IndicadoresyEstadisticas/Informes/InformesMITYC/Informe%20Anual%202015.%20S.G.%20de%20Estudios.%20An%C3%A1lisis%20y%20Planes%20de%20Actuaci%C3%B3n/Informe%20Anual%20(SG%20Estudios).pdf)

MINETUR, La Energía en España 2015, pp. 347. Consultado el 21/05/2017. Informe disponible en el siguiente enlace:
http://www.minetad.gob.es/energia/balances/Balances/LibrosEnergia/Energia_2015.pdf

Repositorio Institucional de la Universidad de Alicante (biblioteca virtual recogiendo los trabajados científicos de los miembros de la Universidad de Alicante), ESPEJO MARÍN Cayetano, GARCÍA MARÍN Ramón, “Agua y energía: producción hidroeléctrica en España”, Investigaciones Geográficas, nº51 (2010), pp. 281. Consultado el 21/05/2017. Libro electrónico disponible en el siguiente enlace:
<http://hdl.handle.net/10045/17169>

Repositorio Institucional de la Universidad de Alicante, GALDOS URRUTIA Rosario, JAVIER MADRID RUIZ Francisco, “La energía eólica en España y su contribución al desarrollo rural” Investigaciones Geográficas, nº50 (2009), pp. 211. Consultado el 21/05/2017. Libro electrónico disponible en el siguiente enlace:
<http://hdl.handle.net/10045/17593>

The Global Economy (indicadores económicos y políticos internacionales), índice de estabilidad política, 2013. Consultado el 01/05/2017. Disponible en el siguiente enlace:
http://es.theglobaleconomy.com/rankings/wb_political_stability/

The Guardian (periódico nacional británico), ALDRED Jessica, “Iceland’s energy answer comes naturally”. Consultado el 21/05/2017. Disponible en el siguiente enlace:
<https://www.theguardian.com/environment/2008/apr/22/renewableenergy.alternativeenergy>

The Guardian, HARVEY Fiona, “World’s largest offshore windfarm to be built off Yorkshire coast”. Consultado el 19/05/2017. Disponible en el siguiente enlace:
<https://www.theguardian.com/environment/2016/feb/03/worlds-largest-offshore-windfarm-to-be-built-off-yorkshire-coast>

The Guardian, HOCKENOS Paul, “Power to the EV: Norway spearheads Europe’s electric vehicle surge”. Consultado el 21/05/2017. Disponible en el siguiente enlace:
<https://www.theguardian.com/environment/2017/feb/07/power-to-the-ev-norway-spearheads-europes-electric-vehicle-surge>

The Guardian, Staff and agencies, “World’s first large-scale tidal energy farm launches in Scotland”. Consultado el 15/05/2017. Disponible en el siguiente enlace:
<https://www.theguardian.com/uk-news/2016/sep/12/worlds-first-large-scale-tidal-energy-farm-launches-scotland>

Parmi les grands défis de notre époque se distinguent l'épuisement progressif des hydrocarbures et le réchauffement climatique principalement causé par l'émission massive de gaz à effet de serre. Pour y faire face, l'Union Européenne a fixé des objectifs d'efficience énergétique parmi lesquels figure l'augmentation de la participation des énergies renouvelables, à hauteur de 20 % de la consommation énergétique des pays membres. L'Espagne est un pays doté d'un grand potentiel solaire, mais pauvre en hydrocarbures. Les énergies renouvelables, en particulier l'énergie solaire, présentent un grand potentiel et peuvent donc avoir un rôle prépondérant dans la production énergétique nationale. Est-ce vraiment le cas ? Pour répondre à cette question, ce mémoire commencera par une analyse du secteur énergétique tel qu'il était en 2015. Il présentera ensuite de nouvelles sources d'énergies renouvelables, marginales ou non-développées dans le système énergétique, mais dont il pourrait bénéficier. Une fois établi le réel potentiel des énergies renouvelables en Espagne, il sera présenté la possibilité d'une production énergétique entièrement fondée sur les énergies renouvelables grâce aux sources existantes et à celles en développement, en se demandant cependant s'il s'agit vraiment de la seule alternative envisageable.

Entre los grandes desafíos de nuestra época se distinguen el agotamiento progresivo de los hidrocarburos y el cambio climático, por causa de las masivas emisiones de efecto invernadero. Para hacer frente a estos problemas, la Unión Europea ha propuesto objetivos de eficiencia energética, entre los cuales se encuentra un aumento de la participación de las energías renovable hasta un 20 % del consumo de energía primaria. España es un país con un gran potencial solar, pero pobre en hidrocarburos. Parece lógico que las energías renovables, en particular la energía solar, tengan un gran potencial y que jueguen un papel importante en la producción energética nacional. ¿Es realmente el caso? Para responder a esta pregunta, este trabajo empezará por un análisis del sector energético español del año 2015. Luego, se presentarán nuevas fuentes de energía renovables, marginales o inexistentes en el sector energético español, pero que se podrían aprovechar. Una vez establecido el real potencial que tengan las energías renovables en España, se analizará la posibilidad de una producción energética únicamente por fuentes de energía renovables, aunque se planteará si es realmente la alternativa más viable.