



**FACULTAD DE CIENCIAS
ECONÓMICAS Y EMPRESARIALES**

**GRADO EN DERECHO Y ADMINISTRACIÓN Y DIRECCIÓN DE
EMPRESAS**

Las Energías Renovables en España y su Impacto Económico

Trabajo Fin de Grado presentado por Guillermo Narváez Mesa, siendo la tutora del mismo la profesora María Dolores Pérez Hidalgo.

Vº. Bº. de la Tutora:

Alumno:

D. María Dolores Pérez Hidalgo

Guillermo Narváez Mesa

Sevilla, Diciembre de 2019



**GRADO EN DERECHO Y ADMINISTRACIÓN Y DIRECCIÓN DE
EMPRESAS**

**FACULTAD DE CIENCIAS
ECONÓMICAS Y EMPRESARIALES**

**TRABAJO FIN DE GRADO
CURSO ACADÉMICO [2019-2020]**

TÍTULO:

LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN ESPAÑA Y SU IMPACTO ECONÓMICO

AUTOR:

GUILLERMO NARVÁEZ MESA

TUTOR:

DOÑA MARÍA DOLORES PÉREZ HIDALGO

DEPARTAMENTO:

DEPARTAMENTO DE ECONOMÍA APLICADA I

ÁREA DE CONOCIMIENTO:

MÉTODOS CUANTITATIVOS PARA LA ECONOMÍA Y EMPRESA

RESUMEN:

Nuestra sociedad afronta el mayor reto de la historia, el cambio climático, por ello se hace necesario investigar acerca de la solución más evidente, las energías renovables. Analizaremos el mapa energético actual, el grado de implantación de estas tecnologías en España y su evolución, así como el impacto económico nacional del sector, todo ello a través de conceptos específicos como el consumo final y primario de energía, la generación eléctrica y la potencia instalada de cada fuente de energía renovable.

PALABRAS CLAVE:

Energías renovables; Consumo energético; Autoconsumo; Balanza energética

ÍNDICE

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	- 1 -
1.1. INTRODUCCIÓN Y METODOLOGÍA	- 1 -
1.2. CONTEXTO DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES	- 2 -
1.3. COMPROMISOS Y ACUERDOS.....	- 3 -
1.4. REGULACIÓN DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES	- 4 -
CAPÍTULO 2. SITUACIÓN ENERGÉTICA EN ESPAÑA	- 7 -
2.1. CONSUMO DE ENERGÍA EN ESPAÑA	- 7 -
2.1.1 Consumo de energía primaria.....	- 7 -
2.1.2 Consumo de energía final	- 10 -
2.2. PRODUCCIÓN, AUTOABASTECIMIENTO Y DEPENDENCIA.....	- 12 -
2.3. SITUACIÓN ENERGÉTICA EN EUROPA Y EL MUNDO.....	- 14 -
CAPITULO 3. LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN ESPAÑA.....	- 17 -
3.1. PRODUCCIÓN Y DEMANDA ELÉCTRICA.....	- 17 -
3.1.1 Estudio de la generación eléctrica.....	- 21 -
3.2. PLANTAS SOLARES FOTOVOLTAICAS Y AUTOABASTECIMIENTO	- 25 -
CAPÍTULO 4. LA ENERGÍA A NIVEL ECONÓMICO	- 29 -
4.1. IMPACTO ECONÓMICO DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES.....	- 29 -
4.2. LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN EL ÁMBITO EMPRESARIAL	- 32 -
4.2.1 Los contratos EPC (Energy Performance Contract).....	- 35 -
4.2.2 Los contratos PPA (Power Purchase Agreement).....	- 36 -
4.2.3 Alternativas OTF y OBF	- 36 -
4.2.4 Vehículos de inversión con ventajas fiscales	- 37 -
4.2.5 El crowdfunding	- 37 -
CONCLUSIONES.....	- 39 -
BIBLIOGRAFÍA.....	- 41 -
ANEXO.....	- 43 -

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1 INTRODUCCIÓN Y METODOLOGÍA

El tema elegido para la investigación ha sido la situación energética de España, poniendo el foco en las fuentes de energía renovable y su impacto en la economía y en el mundo empresarial.

El reto más importante al que nos enfrentamos hoy día es sin duda el cambio climático. Hemos llegado a una situación en la que no se produce debate siquiera sobre si va a tener lugar o no, el único punto de discordancia es la gravedad del mismo y las actuaciones que podemos llevar a cabo para hacer que sea más suave. La solución, según la comunidad científica, pasa por una transición energética acelerada, de una economía global basada en la quema de combustibles fósiles a una sociedad impulsada por las energías limpias e inagotables, las renovables.

En orden a estudiar esto último, en este proyecto se va a analizar la situación de la energía en España, con especial atención al sector eléctrico, el más alimentado por las fuentes renovables. En concreto hablaremos también de una contribución especial a la citada transición ecológica, el autoconsumo, la participación por parte de los usuarios en el proceso de generación de la energía limpia y la gestión directa de las necesidades energéticas de los individuos y su comunidad.

El orden a seguir para hablar de todos los conceptos del párrafo que precede será el siguiente: un primer capítulo introductorio donde se pondrán las bases para entender el trabajo desde un punto de vista no científico; un capítulo dedicado al análisis del consumo energético y de la producción de energía, llegando como conclusión a la situación energética actual en España, Europa y el mundo; el siguiente capítulo tratará sobre la energía eléctrica y la aportación que a ella hacen las renovables; y por último el impacto económico que tienen las fuentes de energía renovable y como se puede implementar desde una perspectiva monetaria la lucha contra el cambio climático.

Para profundizar en todo lo anterior vamos a tomar datos de diferentes instituciones, públicas y privadas, recogiendo la evolución cuando sea posible de todos los parámetros estudiados para analizar más ampliamente los conceptos y sus tendencias. Para todo ello nos vamos a apoyar en diversas tablas y figuras gráficas que ayudan a visualizar las ideas que se plantean.

1.2 CONTEXTO DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES

España es un lugar idóneo para poner en marcha proyectos de energías renovables, fundamentalmente solar fotovoltaica y termosolar, ya que según AEMET (Agencia Estatal de Meteorología) nuestro país recibe más de 2.000 horas de sol al año de media, sobre todo en el sur peninsular. También España, por sus características físicas y climáticas es propicia para instalar parques eólicos e hidráulicos, que por otra parte, son las dos fuentes que más electricidad producen como más adelante veremos.

Todo esto es muy importante y merece un estudio riguroso, pero hay que empezar por definir qué se considera una energía renovable, qué tipos de fuentes renovables hay y en qué contexto jurídico e internacional se encuentran.

Actualmente en el panorama energético mundial encontramos dos tipos de energía fundamentalmente: renovables y no renovables. Estas últimas son las que tradicionalmente se han utilizado para hacer funcionar nuestra economía, y se denominan así porque es una energía que se produce principalmente con la quema de combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas natural), los cuales no se regeneran en un período óptimo para volver a ser utilizados por la sociedad, tardan millones de años, por eso decimos que son no renovables. Por el contrario las fuentes de energía renovable son aquellas que son inagotables y pueden utilizarse de forma estable en el tiempo sin riesgo de que no se regeneren, dado que provienen de los rayos solares, los vientos, las mareas, la gravedad, etc., por ello las llamamos así, se renuevan en un período óptimo para ser utilizadas por la humanidad. Hay que hacer especial mención a la energía nuclear, la cual no se genera quemando combustibles fósiles y por ello se encuadra dentro de las energías alternativas, puesto que suponen una opción distinta a las fuentes de origen fósil. Además decimos que la energía nuclear es limpia, ya que no genera contaminación atmosférica, más allá de los residuos radioactivos, pero no se encuadra dentro de las renovables por no ser de este carácter el combustible que utiliza para la producción (uranio, plutonio).

Una vez hemos visto la definición de energía renovable y la distinción con el resto de fuentes, vamos a diferenciar los distintos tipos de ella que podemos encontrar:

- La energía eólica: aprovecha la energía cinética del viento para mover molinos situados en grandes parques eólicos. Actualmente es la tecnología de origen renovable que más electricidad produce en España cada año.
- La energía solar: recoge la radiación solar tanto en forma lumínica (fotovoltaica) en paneles solares, como en forma térmica (termosolar) en las famosas plantas de espejos, como la situada en Sanlúcar de Barrameda por la empresa Abengoa. Es la energía que más posibilidades tiene actualmente y la que más rápido se desarrolla.
- La energía hidráulica: se sirve de la fuerza y la gravedad del agua para poner en marcha unas turbinas que generan electricidad. Pueden darse en saltos de agua naturales como unos rápidos o una cascada, o artificiales como presas o embalses.

- La energía mareomotriz: también se aprovecha del movimiento del agua, esta vez de la energía cinética producida por el movimiento de las aguas marinas por las subidas y bajadas de mareas.
- La energía geotérmica: utiliza el calor interno terrestre para generar energía eléctrica o calorífica. En España es una fuente que no está aún desarrollada y que plantea muchas posibilidades.
- La biomasa: se trata de una tecnología energética ecológica que consiste en la quema de residuos orgánicos provenientes de la actividad agrícola, ganadera y forestal, para generar energía térmica o eléctrica. Se utiliza mucho de forma doméstica, y tiene la ventaja de eliminar residuos inservibles, pero la combustión causa contaminación y por ello, aunque renovable, decimos que no es una energía limpia.

1.3 COMPROMISOS Y ACUERDOS

Una vez definidos los conceptos de lo que son las energías renovables, hay que situarlas en el contexto internacional. Se hace necesario conocer los compromisos que España ha adquirido para hacer frente al reto climático, en particular los acuerdos que impliquen el uso de energías renovables. Dentro del ámbito internacional también pondremos el foco en la Unión Europea, que está llevando a cabo una tarea de impulso a las energías renovables que debemos mencionar.

En primer lugar tenemos el Acuerdo de París, que tuvo lugar en la Conferencia de París sobre el Clima (COP21) que se celebró en Diciembre de 2015. Entró en vigor el 4 de noviembre de 2016 gracias a la firma de la UE, dado que para comenzar a producir efectos debía ratificarse por al menos 55 países que albergasen al menos el 55% de las emisiones mundiales de contaminación. En abril de 2019, 175 países han ratificado el compromiso.

El principal objetivo del acuerdo es evitar un cambio climático peligroso (ya se asume que se va a producir) tratando de contener el calentamiento global a menos de 2 °C de temperatura con respecto a los niveles preindustriales. Este es el punto más visible de la Conferencia, pero no es el único. A lo largo de sus 29 artículos también establece la necesidad de llevar a cabo mayores esfuerzos para mitigar la subida del termómetro a 1,5°C, la búsqueda de mayor eficiencia para lograr una reducción drástica de emisiones, la voluntad de reunirse cada 5 años para mantener un control exhaustivo y aplicar medidas más ambiciosas, etc.

Merece la pena mencionar que dentro de esta voluntad de reunión encontramos la COP25 de Madrid de 2019 que España ha acogido de rebote ya que Brasil se negó a organizarla y Chile no estaba en condiciones de seguridad internas como para albergar una cumbre de estas características. Huelga decir que sin la participación de EEUU, China, Rusia e India, los países que generan casi el 50% de las emisiones globales de CO2 anuales, esta conferencia difícilmente cumplirá sus objetivos.

Este acuerdo, el de París, viene firmado dentro de la Convención Marco de las Naciones Unidas contra el Cambio Climático (CMNUCC) celebrada en 1992 y apoyada por 197 países. Su principal objetivo es prevenir la influencia del hombre en el clima y sus efectos

perjudiciales a través de la promoción de diversas cumbres posteriores, que finalmente cristalizaron en la COP21 de París, el primer acuerdo mundial vinculante sobre el clima.

Antes del Acuerdo de París, el único instrumento con fuerza vinculante era el Protocolo de Kioto de 1997. Este famoso documento fue el resultado de un cónclave en esta misma ciudad, también dentro del ámbito de la CMNUCC, y fue firmado por 187 Estados. Sin embargo nunca gozó de la fuerza necesaria ya que se limitaba a tratar de reducir el 12% de las emisiones mundiales de efecto invernadero. Además EEUU, el mayor emisor de polución por aquella época no ratificó el Tratado.

El otro compromiso fundamental al que España está adscrita no es otro que el PER, Plan de Energías Renovables 2011-2020, en el ámbito de la Unión Europea. Celebrado en el año 2009, el llamado Objetivo 20-20-20 consiste en la reducción de las emisiones nocivas y la implementación del uso de las energías renovables, y su legitimidad descansa sobre la Directiva Europea 2009/28/CE de 23 de Abril de 2009, en la cual se incluyen un paquete de medidas de obligado cumplimiento.

Los objetivos fundamentales son tres: 20% de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (en relación con los niveles de 1990); 20% de energías renovables en la UE; 20% de mejora de la eficiencia energética. Aparte de este imperativo comunitario, los Estados Miembros debían a su vez asumir objetivos nacionales vinculantes, denominados PANER (Plan de Acción Nacional de Energías Renovables) para incrementar el porcentaje de energías renovables que consumían hasta el año 2020. Estos objetivos debían variar según las situaciones de partida de la producción de energías renovables en cada país y de su capacidad para aumentarla (desde el 10% de Malta hasta el 49% de Suecia), y España recogió un compromiso del 22,7% de energías limpias. No obstante, la cifra se rebajó en 2011 hasta el 20,8% debido a la crisis económica.

Bruselas sin embargo duda que España pueda hacer frente a la meta que se marcó casi diez años antes, ya que los datos de 2017 (los últimos disponibles) indican que la energía procedente de fuentes renovables representa en nuestro país el 17,5% del consumo energético total, al igual que la media de la UE, situándonos a 2,5 puntos del objetivo, según datos publicados por Eurostat el 12 de Febrero 2019. Si a esto le sumamos que España en 2017 fue el cuarto país de la Unión donde las emisiones de gases de efecto invernadero crecieron más (hasta un 7,4% respecto al año anterior) parece claro que no vamos a lograr los objetivos del PER.

1.4 REGULACIÓN DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES

Como punto final al capítulo introductorio, vamos a estudiar las leyes que se ocupan del sector energético renovable, y que tienen procedencia bien nacional o bien comunitaria. No obstante, no vamos a tratar todo el tejido normativo que regula las fuentes de energía renovables, su consumo, su producción o su tratamiento fiscal, solo vamos a hablar de las que consideramos necesarias para el objeto del proyecto.

En primer lugar, como hemos citado en el apartado anterior, la Directiva 2009/28/CE, de 23 de abril de 2009, referente al fomento del uso de la energía procedente de fuentes renovables. La transposición, es decir, la incorporación al ordenamiento jurídico español, tuvo lugar mediante el Real Decreto 1597/2011.

Según su artículo 1, en el que fija el objetivo y ámbito de aplicación: *“La presente Directiva establece un marco común para el fomento de la energía procedente de fuentes renovables. Fija objetivos nacionales obligatorios en relación con la cuota de energía procedente de fuentes renovables en el consumo final bruto de energía y con la cuota de energía procedente de fuentes renovables en el transporte (...).”*

Esta normativa europea busca, como se deduce de su articulado, la sostenibilidad del sistema energético de los Estados Miembros, la reducción de la dependencia exterior y el descenso de los niveles de contaminación emitidos.

La Ley 9/2006, de 28 de abril, sobre la evaluación de los efectos de determinados planes y programas sobre el medio ambiente, que regula impacto de los proyectos urbanísticos y de servicios por parte de las administraciones públicas y establece el protocolo para la medición de dichos efectos. Busca un desarrollo sostenible de los planes destinados a satisfacer las necesidades sociales.

La ley 2/2001, de 4 de marzo, de Economía sostenible, sienta los principios básicos de una economía basada en el consumo de recursos renovables y respetuosa con el medio ambiente, a partir de la eficiencia energética, la promoción de las renovables y el tratamiento adecuado de residuos.

Más actuales y relacionadas con el autoconsumo, tema fundamental en el trabajo, encontramos la Ley 24/2013 sobre el Sector Eléctrico, la cual ha sido reformada en varias ocasiones y ahora es favorable al autoabastecimiento energético, y el Real Decreto 244/2019 que regula el autoconsumo fotovoltaico y sus modalidades. Ambas leyes serán desarrolladas en el Capítulo 3.

Por último, cabe mencionar que en febrero de 2019 se ha firmado el Anteproyecto para la Ley de Cambio Climático y Transición energética, que prevé la descarbonización de la economía en 2050. Además, plantea cuestiones como la implementación de las renovables, la reducción de emisiones o la transición hacia un parque automovilístico eléctrico.

CAPÍTULO 2

SITUACIÓN ENERGÉTICA EN ESPAÑA

2.1 CONSUMO DE ENERGÍA EN ESPAÑA

Antes de analizar los índices de consumo y producción energética en España en la actualidad, hemos de presentar varios conceptos para ayudarnos a profundizar en la materia. Lo primero es distinguir entre consumo de energía primaria y consumo de energía final. Cuando hablamos de una fuente de energía primaria nos referimos a toda fuente de energía disponible en la naturaleza antes de ser convertida o transformada, supone el input utilizado en cualquier sistema energético, como el petróleo o el calor o la luz que proceden del sol. Esta energía ha de modificarse posteriormente en una fuente de energía secundaria para poder ser utilizada. Por otra parte, la energía final es aquella energía refinada y apta para ser utilizada en todas las aplicaciones que demanda nuestra sociedad, por ejemplo, la electricidad para la iluminación o el gas para la calefacción. Por tanto, la energía final es la que consumimos y procede de la transformación de la energía primaria.

2.1.1 Consumo de energía primaria

Empezaremos desgranando los datos referentes al consumo de energía primaria. En España, el consumo se sustenta fundamentalmente en los combustibles fósiles. En la siguiente tabla mostramos el porcentaje de consumo correspondiente a cada tipo de energía primaria.

Tabla 2.1. Consumo de energía primaria en España (2016)

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA EN ESPAÑA (2016)	
Fuente de energía	%
CARBÓN	8,5%
PRODUCTOS PETROLÍFEROS	44,3%
GAS NATURAL	20,3%
NUCLEAR	12,4%
ENERGÍAS RENOVABLES	13,9%
Hidráulica	2,5%
Eólica	3,4%
Biomasa, Biogás y R.S.U	4,6%
Biocarburantes	0,8%
Geotérmica	0,016%
Solar	2,6%
Residos no renovables	0,2%
Saldo eléctrico (Imp.- Exp.)	0,5%
TOTAL CONSUMO ENERGÍA PRIMARIA	100,0

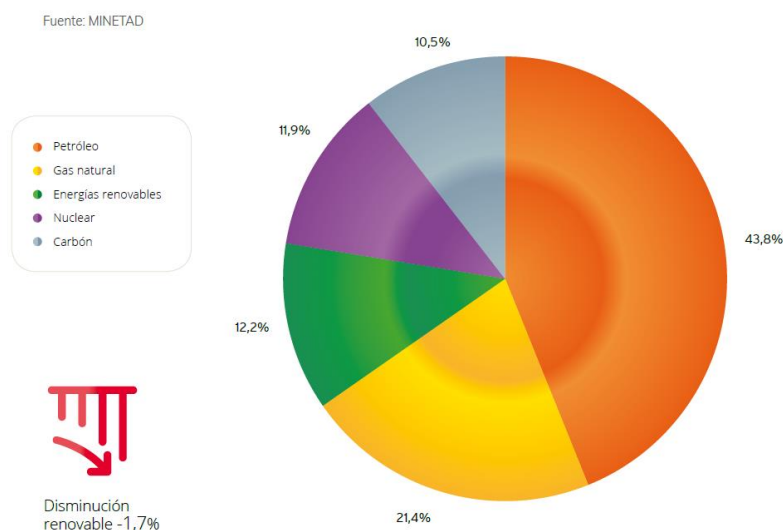
Fuente: Ministerio para la transición ecológica "El consumo de energía en España"

Estos datos con fecha 2016 son los últimos que ofrecen las fuentes estatales, aunque hay fuentes disponibles de la Asociación de Empresas de Energías Renovables y del INE que datan de 2017 en las que nos basaremos para llevar a cabo una comparativa.

Cabe comenzar el análisis del consumo de energía primaria en España por nombrar las fuentes recogidas en el gráfico: los combustibles fósiles, la energía nuclear y las renovables en su conjunto. Los primeros representan un 73,1% del total, posicionándose a la cabeza del consumo como hemos mencionado antes. Por su parte la energía nuclear copa un 12,4%, y las renovables un 13,9%, situándose en segunda posición.

Podemos comprobar cómo el petróleo es nuestra principal fuente energética a día de hoy, superando en mucho a las demás. Sin embargo, debemos realizar un análisis comparando los datos con los del año inmediatamente posterior y la evolución sufrida en el período 2010-2017 para comprobar en qué medida está cambiando el marco de la energía.

Figura 2.1. Consumo de energía primaria en España (2017)



Fuente: Asociación de Empresas de Energías Renovables (APPA) "Energía Primaria y Producción Eléctrica"

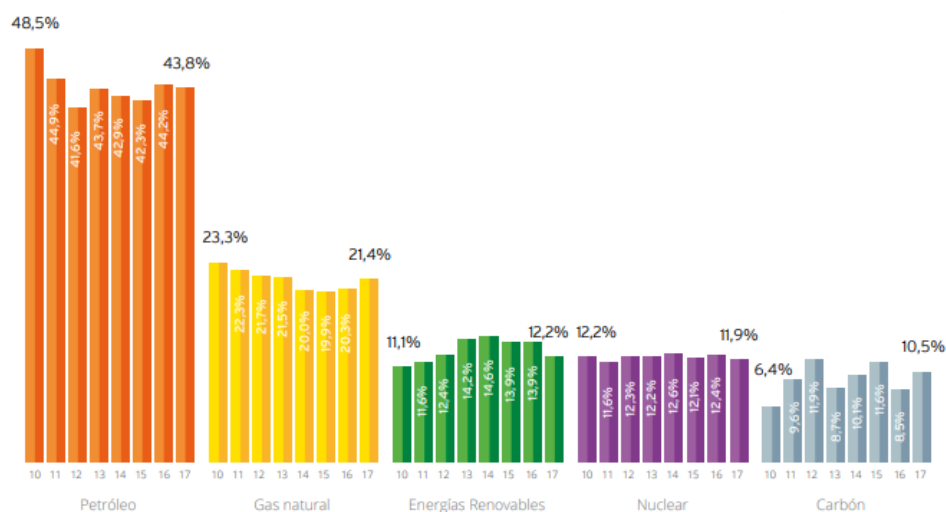
Encontramos esencialmente la misma distribución, con las fuentes de origen fósil ocupando un amplio espectro del gráfico, pero se producen pequeños cambios que son dignos de mención.

La utilización del petróleo disminuye medio punto del 44,3% al 43,8%, aunque sigue siendo de largo el principal combustible. De otro lado tenemos que el carbón y el gas natural avanzan del 8,5% al 10,5% y del 20,3% al 21,4% respectivamente.

En cuanto a la energía nuclear cabe destacar una reducción del 0,5% y por su parte las fuentes renovables sufren una caída del 1,7% en su conjunto. En definitiva podemos afirmar que el consumo de combustibles fósiles avanza respecto al año previo un 2,6%, en correlación con el retroceso de las energías alternativas. Puede parecer un indicador bastante sólido sobre el desarrollo del consumo de energía primaria en España, pero para

ver si se trata de algo puntual observaremos la evolución de estas mismas energías en España en el período 2010-2017.

Figura 2.2. Evolución de las fuentes de energía en el consumo de energía primaria (2010-2017)



Fuente: Asociación de Empresas de Energías Renovable (APPA) "Estudio del impacto macroeconómico de las energías renovables en España en 2017"

Como podemos observar en la figura precedente, las dos principales fuentes de energía, petróleo y gas natural, han sufrido una bajada de varios puntos porcentuales desde 2010. En concreto el petróleo ha pasado de un 48,5% a un 43,8%, un descenso acusado pero que no ha bastado para relegarlo a una segunda posición que queda a mucha distancia aún.

Seguidamente encontramos el gas natural, que ha experimentado un descenso de casi un 2% en este período que ha llegado a ser mayor en años precedentes. En relación a la energía nuclear hay que indicar que ha vivido ascensos y descensos en su cuota de participación hasta colocarse en 2017 en el 11,9%. En cuanto al carbón, la contribución a la energía primaria consumida depende de la cotización de las materias primas en el mercado en los últimos años y, en parte, también es consecuencia de las políticas establecidas por los distintos gobiernos, sin seguir ningún tipo de plan a largo plazo, ejemplo de ello fue el aumento del 1,5% en 2015 y la disminución del 3,1% en 2016. En 2017, la aportación del carbón al consumo primario de energía fue del 10,5%, debido mayormente a un descenso en la producción eléctrica a partir de energía hidráulica que hubo que cubrir fundamentalmente con un mayor consumo de carbón.

Las energías renovables consideradas en su conjunto han aumentado su participación en el consumo algo más de un 1% con respecto a niveles de 2010. Este crecimiento, que se situó en un 3,5% en 2014, se ha visto frenado por diversos factores como los desincentivos legales al autoconsumo que trataremos en el capítulo 3 o la caída de la producción hidráulica.

Otro elemento para continuar el análisis del consumo de energía primaria es el concepto de demanda energética, que es la cantidad de energía requerida en el conjunto de un país a lo largo de un período de tiempo determinado, que para el horizonte estudiado va a ser un año. En el siguiente gráfico se puede apreciar la evolución de la demanda entre 2010-2017.

Figura 2.3. Evolución de la demanda energética en España (2010-2017)

Fuente: Asociación de Empresas de Energías Renovables (APPA) "Estudio del impacto macroeconómico de las energías renovables en España en 2017"

En primer lugar hay que señalar que las cifras del gráfico están medidas en Ktep¹ (Miles de Tonelada Equivalente de Petróleo). En el año 2017 nuestra demanda y consumo total de energía fue de 128.084 Ktep, lo que supuso un aumento del 3,7% respecto a 2016. La evolución que podemos contemplar en la figura 2.3 puede explicarse en base a la estrecha relación del consumo energético con indicadores macroeconómicos como el PIB y con la diferente intensidad energética de la economía, es decir, la mayor o menor eficiencia en el uso de la energía.

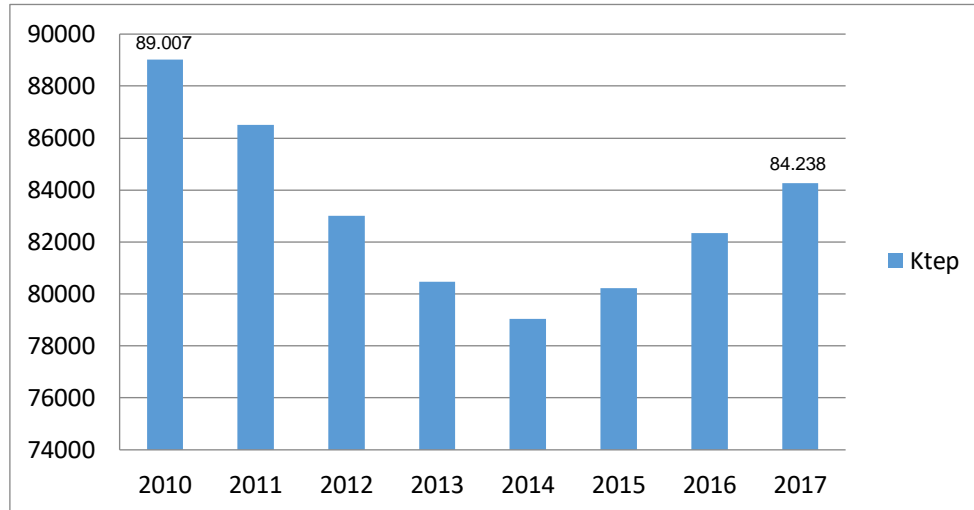
Se puede observar como desde el inicio de la crisis se estanca la demanda de energía primaria y empieza a retroceder de forma leve hasta el año 2013, cuando se experimenta una fuerte caída del consumo, que alcanza mínimos en 2014. A partir de ese año, comprobamos como la demanda energética vuelve a crecer como resultado de la recuperación económica que se vive en España.

2.1.2 Consumo de energía final

Vamos a estudiar ahora el consumo de energía final, es decir, la energía primaria transformada. El primer apunte que hemos de realizar es que la cifra total de consumo de energía primaria y energía final no van a coincidir, ya que es necesaria la transformación, el transporte y la distribución, procesos durante los cuales se producen mermas y se pierde parte de la energía inicial.

Lo comentado anteriormente se puede apreciar en el siguiente gráfico, en el que representamos los datos de consumo final durante el período 2010-2017, destacando el último año una cifra de 84.238 Ktep consumidos finalmente, cifra que dista mucho de la demanda total de energía primaria vista en el apartado previo.

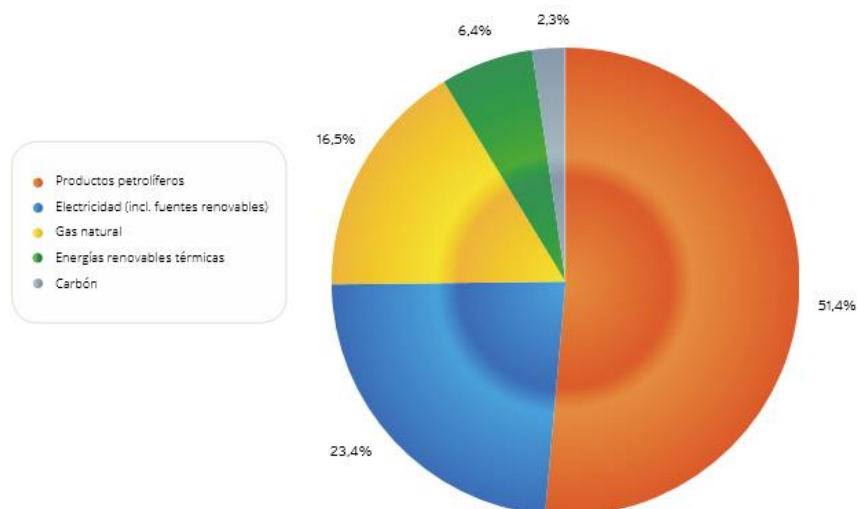
¹ Ktep: se considera la unidad de medida de la energía. Un tep hace referencia a la cantidad de energía que contiene una tonelada de petróleo, por tanto, para realizar la conversión se compara el rendimiento de la fuente de energía con el del petróleo.

Figura 2.4. Evolución del consumo de energía final en España (2010-2017)

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Ministerio para la transición ecológica "Consumo de energía final"

Lo que más destaca de esta figura es el descenso vertiginoso entre los años 2010-2014 en los que hubo una caída del consumo energético de 89.007 a 79.050 Ktep, un 11,19% de desplome en 4 años, coincidiendo con los años más crudos y austeros de la crisis económica.

En cuanto a la segunda mitad del período de análisis encontramos una subida gradual coincidiendo con los años de recuperación y expansión económica, aunque aún no nos encontramos a niveles de 2010 y estamos muy lejos de los datos pre-crisis. En concreto en 2017 se registró un repunte del 2,33% en el consumo de energía final con respecto a 2016, cuya cifra asciende a 82.343 Ktep. El desarrollo de estos datos corre paralelo a los de consumo de energía primaria, básicamente porque son las mismas razones las que causan esas diferencias en el consumo.

Figura 2.5. Consumo de energía final en España (2017)

Fuente: Asociación de Empresas de Energías Renovables (APPA) "Estudio del impacto macroeconómico de las energías renovables en España en 2017"

En la figura 2.5 podemos ver la participación en el consumo final de cada uno de los recursos. En cada caso la forma de energía final consumida proviene de la energía primaria cuyo nombre indica, salvo en el caso de la electricidad, que es transformada a partir de diferentes fuentes de energía primaria, entre las cuales encontramos diversas fuentes renovables como la eólica o la hidráulica.

En el año 2017 las energías renovables aportaron en total el 13,9% del consumo final de energía. Este parámetro decrece con respecto a 2016, cuando se llegó al 15%, debido a la disminución de generación eléctrica hidráulica como más adelante estudiaremos, descendiendo así la participación renovable en producción eléctrica y por tanto en consumo final. Las fuentes renovables térmicas aumentaron ligeramente su participación, un 0,1%, representando un 6,4% del total.

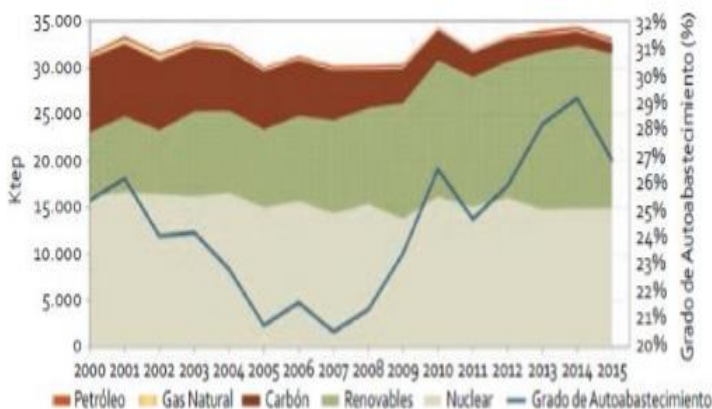
Si analizamos el consumo de energía final según las diferentes fuentes energéticas, el consumo de productos derivados del petróleo siempre ha supuesto más de la mitad del consumo total de energía final, seguido por el gas natural, que se ha mantenido en los últimos años en cifras cercanas al 16%.

Tomando todo lo anterior en consideración podemos decir que nuestro mapa de consumo energético sigue dominado fundamentalmente por energías no renovables, generando la consecuente dependencia que más adelante analizaremos. Sin embargo, siguiendo la evolución del consumo se vislumbra una tendencia positiva de las fuentes de energía alternativa en detrimento de los tradicionales combustibles fósiles, a pesar de repuntes puntuales de fuentes como el carbón debido a picos de demanda y objetivos políticos, y a pesar también de descensos circunstanciales en el consumo de energías renovables por motivos que próximamente investigaremos.

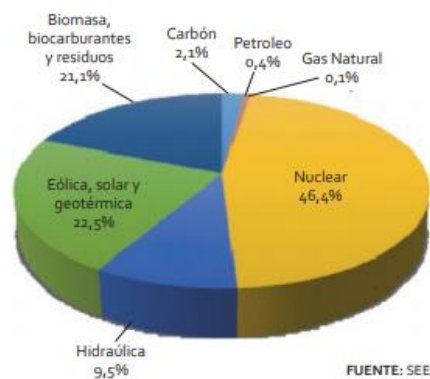
2.2 PRODUCCIÓN, AUTOABASTECIMIENTO Y DEPENDENCIA

En este apartado vamos a llevar a cabo un análisis de la producción energética en España para darle otro enfoque a la sección del consumo y estudiar el papel de España como agente productor de energía. Además, profundizaremos en el grado de autoabastecimiento de energía que posee el Estado Español y la dependencia que ello genera de terceros países.

Figura 2.6. Producción energética interior y grado de autoabastecimiento español (2000-2016)



Fuente: Ministerio de Industria, Energía y Turismo, "La energía en España 2015"



Fuente: Ministerio de Transición Energética "La energía en España 2016"

Los últimos datos de producción ofrecidos por el Ministerio de Energía tienen fecha de 2016, de modo que vamos a basar nuestro análisis en este año, realizando apuntes con datos más actuales procedentes del APPA cuando sea necesario.

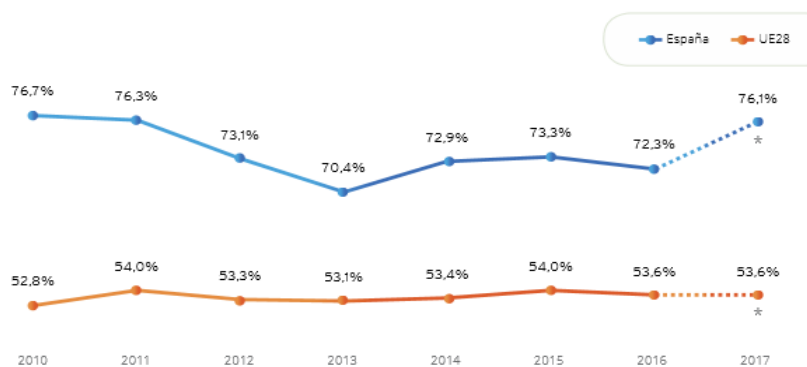
La gráfica de la izquierda encuadrada en la figura 2.6 expresa la evolución de la producción nacional de energía desde el año 2000 hasta 2015, mostrando de igual forma el grado de autoabastecimiento del que goza nuestro país. En lo referente a las fuentes de procedencia se aprecia claramente una gran participación de la energía nuclear (la cual es limpia pero no renovable), que se sitúa en torno al 50% de la producción total, unos 15.000 Ktep. El carbón por su parte ha experimentado un retroceso en cuanto a producción nacional a lo largo del tiempo, por sus altos índices de contaminación, el agotamiento de las minas y el descenso de la demanda de carbón español.

Ponemos el foco ahora en las dos fuentes de energía que lideran el consumo en nuestro país: el petróleo y el gas natural. Ambos recursos son de escasa producción en España, limitándose a pequeños yacimientos repartidos por el sur de la península y la costa mediterránea, por lo que su contribución se antoja inapreciable en la gráfica. Esta diferencia tan notable entre consumo y producción genera una altísima dependencia exterior de los países productores de estos combustibles, teniendo que importar grandes cantidades de crudo y gas para cubrir la demanda, lo cual provoca un déficit elevado en la balanza comercial energética.

Por último, destacan las energías renovables producidas en España, acaparando cada vez más cuota. Los datos afirman que la producción de estas fuentes ha pasado de unos 6.000 Ktep en el año 2000, a más de 15.000 en 2015, un incremento del 250%. Este ascenso ha llevado a que las renovables ocupen más de un 50% de la producción en el año 2016 según la gráfica situada a la izquierda de la figura. En el gráfico de la derecha se observa como la distribución continúa con la tónica de 15 años atrás, una tendencia favorable en términos relativos para las fuentes renovables que se corresponde con el desarrollo cada vez más rápido de tecnologías que ayudan a poner en marcha proyectos energéticos sostenibles, sumado a los paquetes de políticas verdes de la Unión Europea y la concienciación cada vez mayor de ciudadanos y empresas.

En términos absolutos la producción interior en el año 2016 ascendió a 32.902 Ktep, cifra que dista en mucho de las anteriormente vistas sobre consumo de energía primaria, lo que nos sitúa en un grado de autoabastecimiento del 27,7% en 2016. La evolución de la cobertura de la demanda con recursos internos en el período 2000-2015 (figura 2.6) viene marcada por una tendencia descendente hasta el año 2007, cuando alcanzaba apenas el 20%, y una tendencia ascendente en la cual nos encontramos hasta llegar a un 30% en 2014. Esta última tendencia positiva acoge desviaciones como el retroceso en 2015, aunque corregido en 2016.

La otra cara de la moneda del autoabastecimiento es la dependencia energética, la cual lastra enormemente la balanza comercial. La gráfica en este caso es la inversa a la de autoabastecimiento, por tanto, encontramos niveles de dependencia energética del 72,3% en 2016. Este dato es muy negativo para España, que se torna peor si cabe cuando observamos la media de dependencia exterior de la UE, como muestra la gráfica siguiente.

Figura 2.7. Evolución de la dependencia energética en España (2010-2017)

Fuente: Asociación de Empresas de Energías Renovables (APPA) "Estudio del impacto macroeconómico de las energías renovables en España en 2017"

Históricamente, España ha sufrido una elevadísima dependencia de los combustibles de procedencia fósil. Esta dependencia energética del exterior alcanzó su máximo desde que hay registros en 2008, cuando se registró un valor del 81,3%. Gracias a la producción de energía con fuentes renovables, dicha dependencia ha ido disminuyendo año tras año hasta 2013, cuando se alcanzó el 70,4% de dependencia. En 2014 y 2015 se incrementó de nuevo debido a la menor contribución renovable, y en 2016 disminuyó nuevamente, situándose en el 72,3%. No obstante, según estimaciones de la APPA, en el año 2017 fuimos testigos de un aumento de la dependencia exterior a consecuencia de la caída de la producción renovable, fundamentalmente hidráulica para generación eléctrica, lo que se tradujo en el aumento de las importaciones de combustibles fósiles, elevando el dato al 76,1%.

Esto conlleva que, considerando autóctona la energía nuclear, aunque no sea de origen nacional el material empleado como combustible, España supera en más de veinte puntos al conjunto de la Unión Europea, cuya dependencia media llegaba al 53,6% en 2016.

Del análisis conjunto de ambas figuras podemos deducir que el paulatino aumento en el grado de autoabastecimiento y el incremento de la producción de las energías renovables en nuestro país guardan una estrecha relación. Este hecho es muy importante en el proceso de independencia energética, y se hace necesario implementar el uso de las fuentes de energía renovable, así como su producción para seguir avanzando hacia un contexto de eficiencia energética y sostenibilidad.

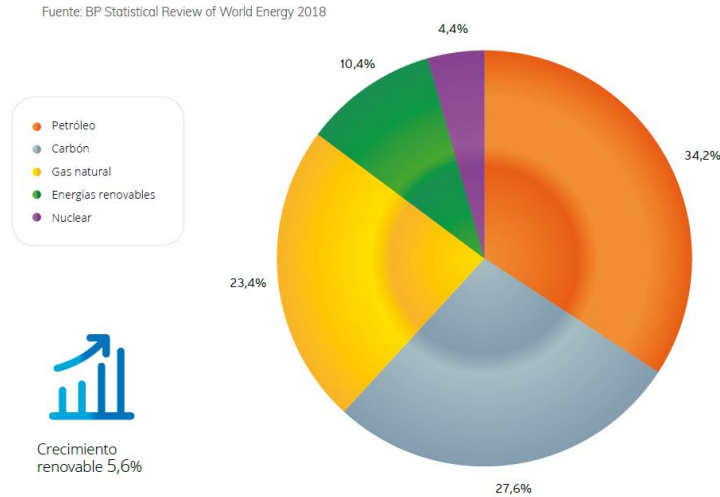
2.3 SITUACIÓN ENERGÉTICA EN EUROPA Y EL MUNDO

España, como hemos visto, continúa siendo fuertemente dependiente de los combustibles fósiles, de los cuales carece, encarando así un doble problema: producir y consumir energía no renovable y contaminante; y tener que importar recursos energéticos de terceros países. El avance de las fuentes renovables sin embargo se está comenzando a notar y ya se manejan cifras importantes en cuanto a consumo y generación de energía.

Sin embargo, España no es una excepción, dado que actualmente en el mundo el 85,2% de la energía primaria que se consume proviene de la quema de combustibles fósiles, según datos de la APPA de 2017. Del mismo modo, en Europa se consume un 75,9% de energía primaria proveniente del petróleo, el gas natural o el carbón, y en España la cifra alcanzó el 75,7% en 2017.

Como podemos observar, el mapa energético mundial se encuentra dominado por energías no renovables y altamente contaminantes, al igual que el viejo continente, solo que los europeos importamos más del 50% de la energía primaria que consumimos, degenerando en una alta dependencia energética como vimos en la figura 2.7.

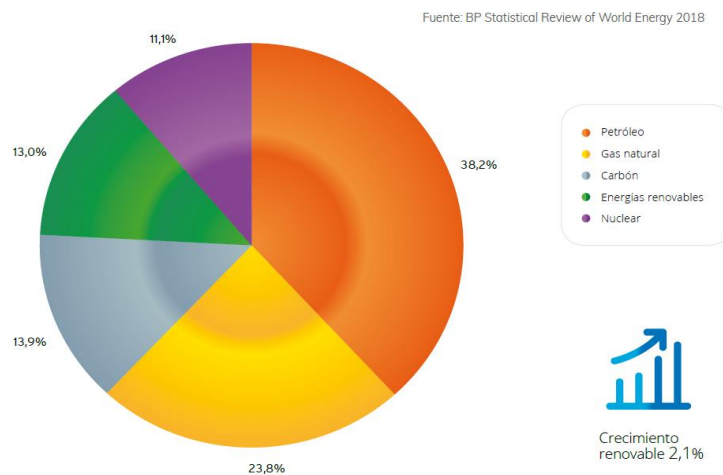
Figura 2.8. Consumo de energía primaria en el mundo (2017)



Fuente: Asociación de Empresas de Energías Renovables (APPA) "Consumo mundial de energía primaria en 2017"

El consumo de energía primaria en 2017 cambió respecto al año anterior en cuanto a energías renovables, su participación creció un 5,6%, elevándose hasta el 10,4% a nivel mundial, siendo ya la cuarta fuente de energía primaria. El petróleo por su parte también creció (un 1,4%), continuando la tendencia de 2016 y permanece en cabeza con una cuota del 34,2% de la demanda global. El carbón fue la segunda fuente primaria más consumida en 2017 (27,6%), registrando un descenso del 0,7% si miramos los datos del curso previo. El gas natural sigue a las dos primeras con un 23,4% de consumo energético primario, tras un incremento del 2,7% anual. Por último, tenemos que la energía nuclear ha representado el 4,4% del total, con un aumento de 0,9%. Los consumos crecieron este año de forma generalizada, pero el que más creció fue el de las renovables, y más teniendo en cuenta que el consumo de energía mundial creció un 1,9% en 2017.

Figura 2.9. Consumo de energía primaria en la UE (2017)



Fuente: Asociación de Empresas de Energías Renovables (APPA) "Consumo mundial de energía primaria en 2017"

Tras comentar los datos globales pasamos a desarrollar un poco las estadísticas europeas, y es que en la Unión Europea las energías renovables supusieron un 13% del consumo de energía primaria en 2017, un 2,1% más que el año anterior. El mapa energético no cambia de forma sustancial, aunque sí lo hacen los pesos de las fuentes de energía. El oro negro sigue en primera posición con un 38,2% de participación, seguida esta vez por el gas natural (23,8%) y no por el carbón (13,9%), dado que la producción y consumo de carbón por las empresas europeas ha descendido notablemente desde el siglo pasado. El 11,1% restante de demanda energética primaria corresponde a la energía nuclear, dato que también supera la media mundial. El consumo total de energía primaria en la UE aumentó de forma interanual un 1,4%, un crecimiento menor que en años anteriores.

Concluimos el capítulo segundo con varios apuntes: el consumo de energía tanto a nivel nacional como global sigue disparándose, pese al estancamiento debido a la crisis, lo que hace más difícil la lucha contra el cambio climático por la vía de la modificación de los hábitos de consumo, tanto familiares como empresariales; los combustibles fósiles continúan siendo los protagonistas del mapa energético español e internacional, haciendo que, al aumentar el consumo total, aumente proporcionalmente el consumo de energías contaminantes; las renovables crecen a nivel mundial, pero se estancan en nuestro país, lo cual no deja de ser, aparte de irresponsable climáticamente, una oportunidad de negocio que está siendo desperdiciada.

Como punto final hay que decir que se avanza y las tendencias son favorables a la transición ecológica, pero no parece que vaya a ser suficiente para el reto que afrontamos.

CAPITULO 3

LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN ESPAÑA

3.1 PRODUCCIÓN Y DEMANDA ELÉCTRICA

Dentro del panorama energético, debemos detenernos en la energía eléctrica, que es la que se utiliza para la mayoría de los usos urbanos y del hogar, así como servicios públicos y comercios. Supone casi una cuarta parte de la energía final que se consume en nuestro país y la participación de las renovables en su generación es más que significativa. Vamos a analizar la demanda eléctrica española, centrándonos en la península ya que concentra el 95% de la producción, su generación a base de fuentes tanto renovables como no renovables, y las instalaciones de autoabastecimiento de particulares, así como los problemas que conlleva.

El proceso por el cual la electricidad llega a los hogares y a sus usos finales consta de tres pasos. El primero de ellos es la generación, que se lleva a cabo en centrales capaces de obtener energía eléctrica a partir de energías primarias, que pueden ser renovables o no. Una vez producida, en la fase de transmisión la electricidad se envía a unos transformadores para garantizar una tensión eléctrica adecuada. Por último las empresas distribuidoras se encargan de transportarla a sus destinos a través del tendido eléctrico. Para el tema estudiado, nos vamos a centrar en la fase de generación. Hay que puntualizar que la magnitud que se utiliza para medir la energía eléctrica en este ámbito es GWh, que equivale a mil millones de vatios durante una hora, o MWh, un millón de vatios-hora.

Según el informe que elabora la Red Eléctrica de España (empresa que se encarga del sistema eléctrico de España y que cotiza en bolsa; en adelante REE) en 2018 nuestra generación de energía eléctrica fue de 246.893 GWh en el sistema peninsular, y 14.081 GWh en los sistemas no peninsulares. Por otro lado la demanda de energía eléctrica en la península fue de 253.563 GWh y en el resto de España de 15.314 GWh. A partir de ahora pondremos el foco en el sistema peninsular porque, como mencionamos antes, acapara el 95% de la producción y el consumo.

Otro concepto importante en esta área de estudio es el de la potencia instalada. Esto se refiere a la carga eléctrica total de un circuito si todo el sistema se pone en funcionamiento a la vez, y se mide en MW. Por lo general la potencia instalada no coincide con la potencia efectiva, que es la que mide el rendimiento real de las instalaciones eléctricas, pero se toma como medida estándar. A 31 de diciembre del 2018 el parque generador de energía eléctrica del sistema peninsular ha descendido ligeramente respecto al año anterior al registrar una potencia instalada de 98.643 MW, un 0,2% menos que a finales del 2017.

Este parque generador de energía eléctrica es cada vez más renovable y menos dependiente de tecnologías contaminantes, puesto que la potencia renovable peninsular ha experimentado un aumento del 0,5%, mientras que las no renovables disminuyen un 0,9 %.

En el cuadro mostrado a continuación se desglosan las potencias instaladas en MW según la fuente de energía, y la variación en esta cifra entre 2017 y 2018. Como se puede comprobar, tanto los parques eólicos como hidráulicos se encuentran a la cabeza en megavatios instalados, ambas fuentes renovables. Sin embargo las plantas de ciclo combinado² son las que están en primera posición en cuanto a potencia instalada.

Tabla 3.1. Balance de potencia eléctrica instalada (2018)

	Sistema peninsular		Sistemas no peninsulares		Total nacional	
	MW	%18/17	MW	%18/17	MW	%18/17
Hidráulica	17.047	0,1	2	0,0	17.049	0,1
Bombeo puro	3.329	0,0	-	-	3.329	0,0
Nuclear	7.117	0,0	-	-	7.117	0,0
Carbón	9.562	0,3	468	0,0	10.030	0,3
Fuel/gas	0	-	2.490	0,0	2.490	0,0
Ciclo combinado	24.562	-1,5	1.722	0,0	26.284	-1,4
Hidroeólica	-	-	11	0,0	11	0,0
Eólica	23.091	0,7	416	97,7	23.507	1,6
Solar fotovoltaica	4.466	0,6	248	0,2	4.714	0,5
Solar térmica	2.304	0,0	-	-	2.304	0,0
Otras renovables ⁽¹⁾	859	0,6	6	0,0	865	0,6
Cogeneración	5.730	-1,3	10	0,0	5.741	-1,3
Residuos no renovables	452	-1,4	38	0,0	491	-1,3
Residuos renovables	123	0,0	38	0,0	162	0,0
Total	98.643	-0,2	5.452	3,9	104.094	0,0

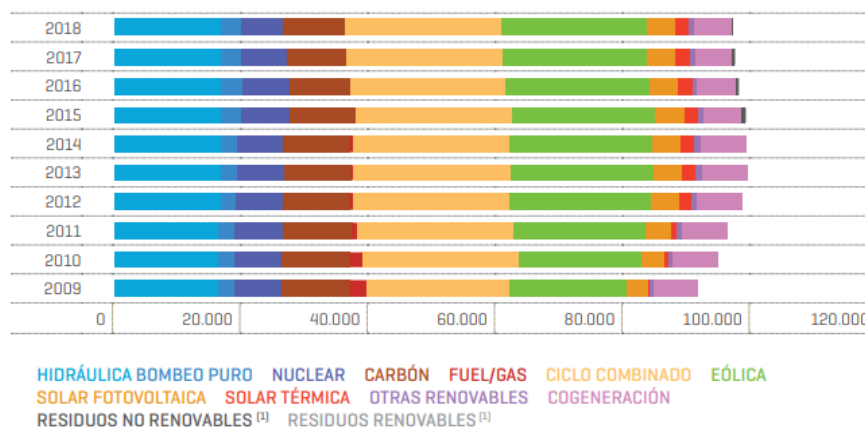
Fuente: Red Eléctrica de España (REE) "Informe Sistema Eléctrico 2018"

El ciclo combinado ha visto mermada su potencia instalada en 2018 un 1,5% debido al cierre de la planta térmica Tarragona I. La cogeneración también ha reducido su peso en la capacidad total de generación de energía, en este caso un 1,3%. La cogeneración se trata de un proceso por el que se obtiene energía eléctrica y energía térmica útil de forma simultánea, aumentando la eficiencia energética y evitando que el calor generado en la producción se disipe en la atmósfera o en el agua, por tanto, dato negativo en ese aspecto la bajada de potencia instalada.

Por su parte los parques eólicos, solares fotovoltaicos y de otras renovables han adquirido mayor presencia en este particular escenario por la entrada en funcionamiento de más instalaciones, incrementos del 0,7%, 0,6% y 0,6% respectivamente. En las demás tecnologías de producción no se aprecian cambios significativos. En las islas canarias se ha duplicado la potencia eólica produciendo un aumento del 3,9% en la potencia instalada total de los sistemas no peninsulares. En el conjunto del país la potencia en datos nominales se mantiene prácticamente intacta, y acaba 2018 con un total de 104.094 MW. El dato más revelador es que, aunque el 53,3% del total de megavatios instalados corresponden a energías no renovables, las únicas que crecen son las instalaciones de energía renovable.

² Ciclo combinado: en generación eléctrica es la coexistencia de dos ciclos termodinámicos, uno de combustión de gas natural y otro de agua/vapor de agua. A través de este sistema se convierte la energía térmica de dichos ciclos en electricidad. Se considera como no renovable.

Figura 3.1. Evolución de la estructura de potencia eléctrica instalada peninsular (2009-2018)



Fuente: Red Eléctrica de España (REE) "Informe Sistema Eléctrico 2018"

En la figura anterior se puede apreciar como la composición del total de potencia instalada en la península no ha variado sustancialmente en la última década. No obstante, merece la pena mencionar ciertos aspectos. La potencia instalada total creció hasta casi 100.000 megavatios en 2013-2014 y de nuevo está retrocediendo por el cierre de centrales y otras decisiones políticas. Vemos como la potencia instalada de fuel/gas ha caído casi a 0 por la escasez y la baja rentabilidad de los yacimientos nacionales de donde se extrae el material para estas centrales. Por su parte el parque hidráulico y el eólico se han ido incrementando paulatinamente, así como el solar fotovoltaico y térmico. Todo ello hace presagiar una tendencia cada vez más volcada con las renovables, y una conversión del sistema productivo nacional hacia una generación progresivamente más limpia y rentable.

Nos centramos ahora en la generación eléctrica para analizar el grado de participación de las energías renovables en la producción interior de energía eléctrica. El dato que ofrece la REE para 2018 es del 40,1% de generación con renovables, continuando con la tendencia positiva desde el 27,5% de 2009. Lo significativo es que la aportación a la producción total ha crecido enormemente respecto a 2017 (33,7%) y esto trae diversas causas: la generación hidráulica ha aumentado un 84,9%, ya que 2017 fue un año de sequía, mientras que los ciclos combinados y el carbón disminuyeron su producción un 21,5% y un 17,8%, respectivamente; la producción eólica también ha aumentado significativamente en los sistemas no peninsulares, un 56,6%; y la hidroeléctrica también ha experimentado una subida del 16,9% en el conjunto el territorio. En total la producción de electricidad a base de fuentes renovables fue de 99.127 GWh, un 18,5% más que en 2017, y un valor muy similar al registrado en 2016.

Se hace necesario también profundizar en los distintos tipos de plantas de generación eléctrica renovable y su aportación al mix del conjunto de las renovables:

- La energía eólica se produce a través de aerogeneradores que aprovechan la energía cinética del viento, que mueve las palas de un rotor situado en la cima de la torre. Las centrales eólicas necesitan un régimen de vientos determinado y no pueden ser construidas en cualquier lugar. La mayor parte de la potencia instalada de energía eólica se halla en parques con numerosos aerogeneradores conectados al tendido eléctrico, sin embargo, también existe de forma tradicional un buen número de instalaciones aisladas destinadas al autoabastecimiento, muchas con la función de bombear agua.

La producción eólica en la península fue en 2018 de 48.946 GWh, lo que supone un incremento del 3% respecto a 2017. Además, la energía eólica supuso en 2018 casi la mitad (49,4%) de la producción total de las renovables, situándose en primer lugar en esta particular clasificación.

- En cuanto a la producción hidráulica, las centrales aprovechan el agua de los ríos y los embalses y se sirven de la gravedad para la generación eléctrica. La instalación de estas plantas necesita una orografía apropiada, que permita que la energía potencial del agua se transforme en energía cinética en la tubería por la que discurre. El siguiente paso es el transcurso del agua por una turbina, que transforma dicha energía cinética en rotación del eje de la citada turbina, que gracias al alternador que lleva aparejado, acaba siendo energía eléctrica.

Si dijimos que el año 2017 fue especialmente seco, el 2018 fue algo más húmedo, lo que ha hecho posible un incremento de producción hidráulica del 84,9%, aumentando su cuota de participación en la estructura de generación renovable hasta el 34,4%, lo que supone en cifras un total de 34.103 GWh producidos.

- La energía solar fotovoltaica se genera en instalaciones compuestas de paneles de células fotovoltaicas, y mediante esta tecnología la radiación solar se transforma en energía eléctrica. Cuando inciden los rayos solares en dichas células se crea un campo eléctrico que hace posible la corriente.

La producción total de esta fuente fue de 7.374 GWh, un importante descenso del 7,8% si lo comparamos con el año anterior. En 2017 se batió el récord de producción eléctrica solar fotovoltaica (8.001 GWh). La aportación al sistema de generación verde fue del 7,4%.

- Por su parte, las centrales solares térmicas, utilizan un sistema diferente, aprovechando otro aspecto del sol, el calor. En estas plantas se dispone un conjunto de espejos que reflejan la radiación solar, dirigiéndola hacia una caldera emplazada en la parte superior de la torre central. Dentro de esta caldera hay un fluido que recibe el calor reflejado y lo transfiere a una masa de agua en un intercambiador, lo cual genera vapor de agua. A partir de aquí el proceso es muy similar al que se empleaba en los inicios de la Revolución Industrial. El vapor mueve el rotor de una turbina, y el alternador genera electricidad.

Esta tecnología está perdiendo peso y ya cede 17,3 puntos porcentuales respecto a 2017, contribuyendo al compendio de renovables con un 4,5%. En términos numéricos, la producción fue de 4.424 GWh, alejándose de los 5.348 del año precedente (otro máximo histórico).

Por otra parte, el resto de renovables (biogás, biomasa, hidráulica marina y geotérmica) representan una porción menos significativa de la producción eléctrica, y aun así han tenido menor producción con un 4,1% respecto al año anterior, y su peso en el conjunto de energías renovables ha sido del 3,6%. Por último los residuos renovables representan un 0,7% de la generación renovable total.

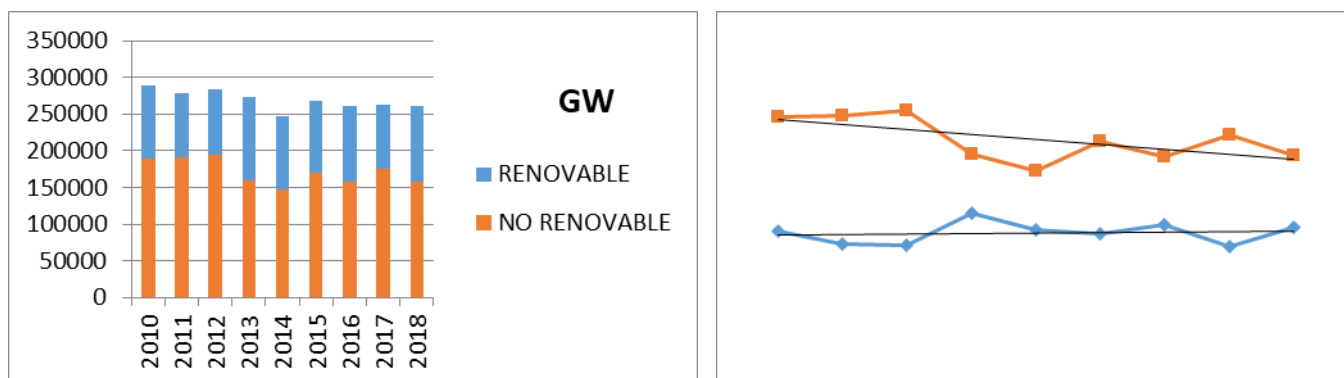
3.1.1 Estudio de la generación eléctrica

La empresa Red Eléctrica de España ofrece los datos de la producción de energía eléctrica tanto diarios como mensuales o anuales en sus bases de datos, y también muestra la estructura que tiene dicha producción, es decir, cuánto genera cada tecnología y qué peso tiene en el conjunto de la producción. Pues bien, obteniendo estos datos se ha procedido a su análisis y estudio estadístico, resultando informaciones ciertamente relevantes. Hay que añadir que los últimos datos fiables que maneja REE son a 31 de Diciembre de 2018, que son los últimos que vamos a usar para evitar especulaciones.

En primer lugar, analizando los datos de generación desde 2010 de todas las fuentes que componen el mix (tanto renovables como no renovables), hemos obtenido ciertas medidas de posición que se ilustrarán con el resto de datos en el Anexo dedicado a las tablas. También hemos añadido a este análisis las medidas de dispersión oportunas para comprobar la representatividad de los datos extraídos.

Esta labor estadística también se ha fijado en la evolución de los datos totales de producción eléctrica y su composición, mostrados en la siguiente gráfica:

Figura 3.2 Evolución de la producción eléctrica y estructura (2010-2018)



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de Red Eléctrica de España

Como puede verse, no solo la producción total ha disminuido en la última década, sino que el peso de las renovables ha aumentado de forma muy pobre en términos generales, hallando sus máximos en 2013 con un 41,37% de participación y situándose en 2018 en un 39,21% sobre los 260.981 GWh generados en España ese año. La tendencia de producción de electricidad a base de fuentes no renovables es decreciente como se observa en el gráfico de la derecha, sin embargo, esto apenas se complementa con una mayor envergadura de las tecnologías renovables, cuyas cifras han variado poco y a ritmos desiguales o a veces negativos, y cuya línea de tendencia es casi plana.

Seguidamente, centrándonos en el compendio de las renovables y su producción eléctrica, ponemos el foco en sus tasas de variación anuales (datos que también se adjuntarán en el Anexo), observando que, si bien los datos no están muy dispersos, dicha variación es dispar año tras año, debido a que los inputs de dichas tecnologías son las condiciones naturales, como la lluvia, el viento, etc. Vamos a explicar cada paso:

Separamos cada tecnología renovable del resto para obtener la generación eléctrica individual, y observamos que la evolución era ciertamente irregular. Obtenida la media aritmética de las cantidades, hallamos la desviación típica (la raíz de la varianza) de estos

datos y aplicamos el coeficiente de variación de Pearson, para interpretar las medidas de dispersión absolutas. Hecho esto, puede concluirse que, aunque los datos varíen de forma sustancial de un año a otro, no lo hacen de forma significativa en relación a las cantidades totales, ya que dicho coeficiente de variación determina que un valor entre 0 y 0,5 indica una dispersión baja y una representatividad elevada de la media, mayor cuanto más se acerque a 0 el coeficiente.

Esto nos hace pensar que las tecnologías renovables son estables en cuanto a su producción anual, variando cuando las condiciones meteorológicas son más o menos propicias, lo que tiene a simple vista dos consecuencias: sus flujos estables y un precio del kilovatio/hora calculable hace que sea una inversión bastante fiable y segura; y también un efecto paradójico, la falta de lluvias hace que la producción hidráulica disminuya, por tanto las energías verdes se ven negativamente afectadas por aquello que pretenden eliminar, el cambio climático, lo que las hace aún más necesarias.

Continuamos con el análisis estadístico, y tenemos que las tasas de variación anual de los distintos elementos del mix de renovables son altamente dispares, lo que hace que, aun determinando un crecimiento medio a través de la media geométrica, este sea diferente a lo que cabría esperar, por ejemplo la hidráulica tiene un crecimiento medio de -2,52% cuando en la siguiente gráfica se observa lo abrupta que es la evolución.

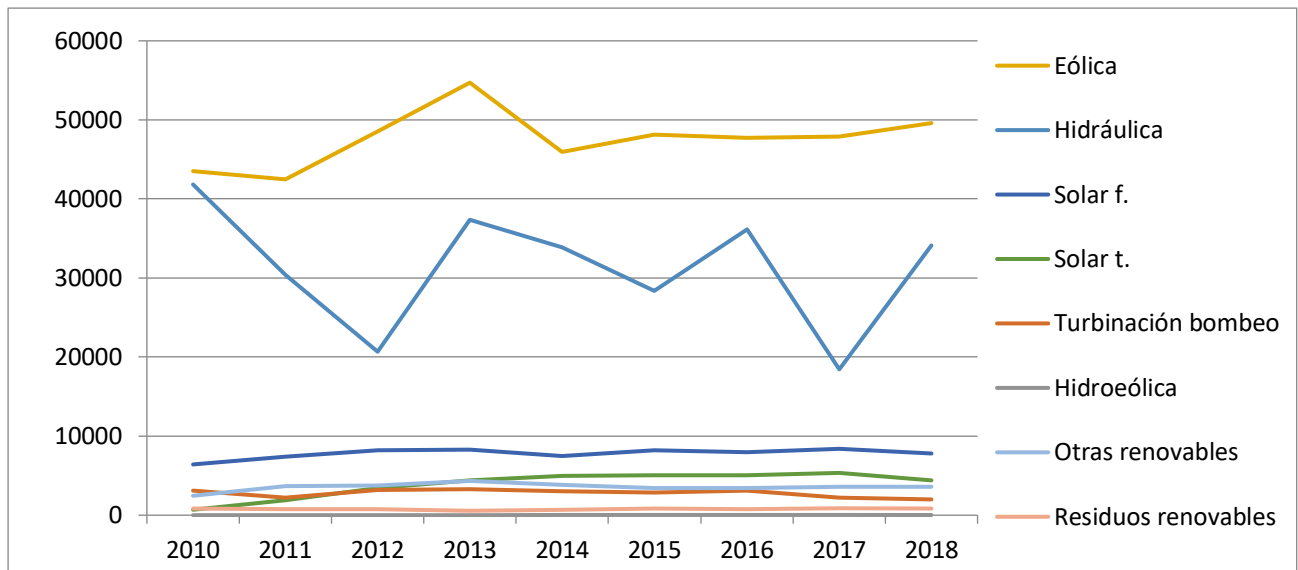
Sin embargo no deja de ser una medida de posición que merece la pena mencionar, por tanto los datos de las tasas de variación y sus medias geométricas podrán encontrarse en el Anexo. Quizás las dos tecnologías con unas tasas más planas sean la solar fotovoltaica (la radiación solar cambia relativamente poco año tras año) y la eólica, ya que su elevado volumen de producción hace insignificantes muchos altibajos en los vientos. Por ello a modo de ejemplo ilustramos las tasas y las medias geométricas de dos fuentes, la eólica (más plana) y la hidráulica (más descontrolada) en la siguiente tabla:

Tabla 3.1 Tasas de variación y media geométrica de la energía hidráulica y eólica

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018		Media g.
Hidráulica	41834	30437	20654	37385	33889	28383	36115	18451	34117		
%var.		-27,24%	-32,14%	81,01%	-9,35%	-16,25%	27,24%	-48,91%	84,91%		-2,52%
Eólica	43545	42477	48525	54713	45936	48118	47697	47907	49581		
%var.		-2,45%	14,24%	12,75%	-16,04%	4,75%	-0,87%	0,44%	3,49%		1,64%

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Red Eléctrica de España

Hemos realizado diversas tablas para ver la evolución en la generación de energía de cada tecnología y hemos obtenido representaciones que arrojan muchas conclusiones:

Figura 3.3 Evolución de la producción de las energías renovables (2010-2018)

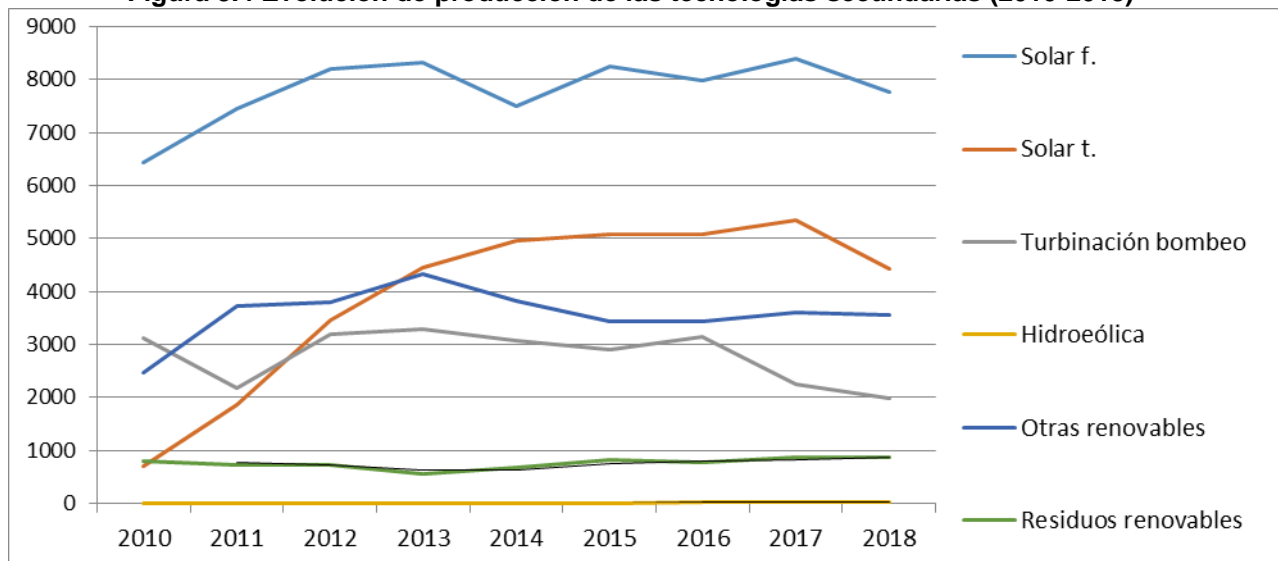
Fuente: Elaboración propias a partir de los datos de Red Eléctrica de España

En esta gráfica se puede observar cómo las dos fuentes más relevantes son la eólica y la hidráulica, dejando a las demás casi fuera del gráfico. La primera con una tendencia positiva moderada, con un pico de producción en 2013 pero estable, y la segunda con una tendencia general negativa, aunque el gráfico más bien parece responder a la cotización de una acción que a una fuente de producción eléctrica. De nuevo aquí las tasas de variación anuales son significativas por ser, en la hidráulica más que en la eólica, muy cambiantes, lo que nos ofrece una gráfica en la que es difícil determinar una tendencia clara y varias subtendencias en el horizonte temporal.

En la siguiente tabla vemos las fuentes restantes, ya que la magnitud de las dos principales no nos deja apreciar la del resto, observando cierta diversidad en la evolución, aunque bastante moderación con respecto a la hidráulica que, como posteriormente veremos, es la que tiene más impacto estadístico en la producción global. Esta falta de grandes variaciones, salvo quizás el crecimiento vertiginoso de la solar térmica al principio del horizonte estudiado, nos hace pensar que lo que más mueve estos registros a parte de las condiciones climatológicas son los intereses empresariales y económicos, como los peajes de respaldo para la fotovoltaica (luego lo veremos), la falta de crédito de los bancos para proyectos renovables, la quiebra de grandes compañías de innovación energética, etc.

Más allá de lo anterior, observamos como la tendencia general de la mayoría de ellas es positiva, aunque de nuevo haciendo hincapié en unos crecimientos medios inferiores al 5% anual en la mayoría de casos. Estas tecnologías sin embargo son secundarias respecto a las dos antes analizadas.

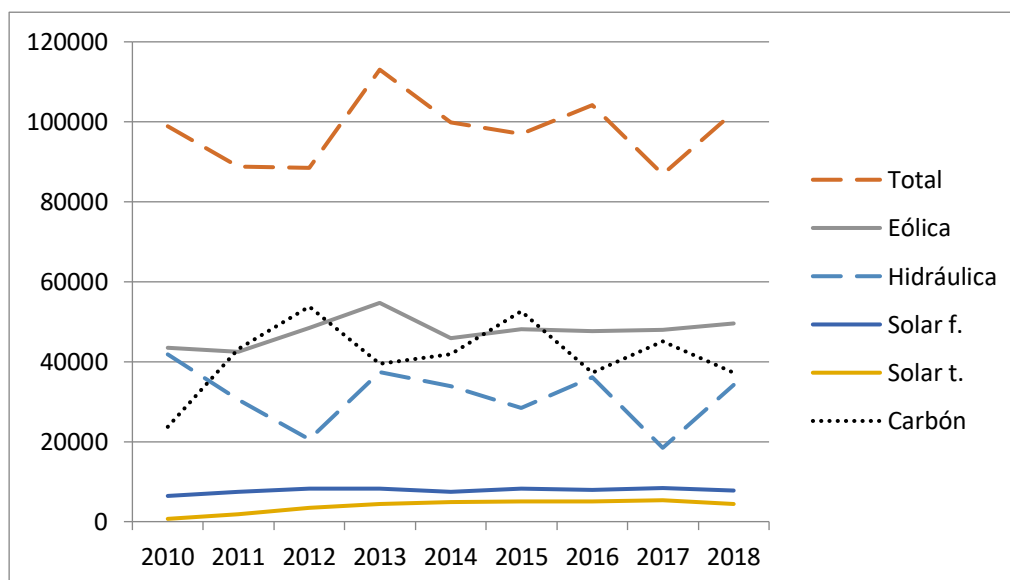
Figura 3.4 Evolución de producción de las tecnologías secundarias (2010-2018)



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Red Eléctrica de España

Por último, en este análisis con métodos estadísticos nos hemos preguntado si hay relación directa (o inversa) entre la producción de ciertas tecnologías y la generación total, y para ello hemos estudiado la covarianza de diferentes variables, y más tarde su coeficiente de correlación (r), y podemos obtener algunas conclusiones: aunque la fuente que más cuota se lleva del conjunto de la producción renovable es la eólica, los cálculos muestran que los datos totales de generación de éstas están correlacionados de forma moderada ($r = 0,52$); la producción hidráulica está positivamente correlacionada con la global, y con una intensidad fuerte ($r = 0,68$); la solar fotovoltaica y el resto de renovables tienen un coeficiente despreciable o es significativo pero el peso de la tecnología es minúsculo; el carbón tiene una correlación negativa moderada con la generación del mix de renovables ($r = -0,39$).

Figura 3.5 Evolución y correlación de las fuentes de energía principales (2010-2018)



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Red Eléctrica de España

Todo lo anterior nos deja varias conclusiones. La estabilidad de la producción eólica, sumado a la poca relevancia relativa de otras fuentes como las solares o la turbinación, dejan como principal agente de cambio a la energía hidráulica, haciendo que cuando hay un año de sequía como 2017, la generación total se desplome. Esto, en mi opinión, refuerza la idea de que el frente que tiene que liderar la transición energética es el de la energía solar fotovoltaica, sector que mayor innovación acoge y que más rápido se abarata, además de significar un elemento de producción estable como se puede extraer de los datos anexados. Esta relativa dependencia de la generación hidráulica hace que los huecos que quedan por el menor desempeño de esta tecnología en años secos haya que llenarlos con otras fuentes, principalmente el carbón, el combustible más contaminante, el cual presenta un coeficiente de correlación negativo ($r = -0,71$ con respecto a la hidráulica) como consecuencia de esa función de tecnología suplente.

Todo ello podemos verlo en la figura 3.5, en la cual se aprecia a simple vista la evolución pareja que tienen el total de las renovables y la hidráulica (líneas a rayas). También está representado el carbón (línea a puntos), para mostrar la evolución opuesta a las otras dos líneas, confirmando visualmente lo que nos dicen los datos, que tiene una correlación negativa moderada con la producción global y fuerte con la hidráulica.

Este análisis ha arrojado luz sobre diversos aspectos: que la descarbonización está siendo demasiado lenta, que España desperdicia los recursos inagotables de que dispone al no invertir fuertemente en renovables, que las tendencias de producción de electricidad son en general positivas aun habiendo atravesado la peor crisis desde hacía muchas décadas (lo cual es un dato esperanzador), que la energía hidráulica tiene demasiado peso y es impredecible, y que esos vacíos de oferta eléctrica se cubren con combustibles fósiles, generalmente carbón del norte de España, lo cual tiene un impacto ambiental terrible y carece de eficiencia económica ya que las minas son deficitarias.

La consideración final de este apartado es que nuestra capacidad de generación eléctrica no es suficiente para cubrir completamente la demanda actual, con lo cual la diferencia entre una y otra, teniendo en cuenta las pérdidas en transporte y distribución, arroja un saldo negativo de 11.102 GWh que tenemos que importar. Esto en un país tan rico en recursos renovables (sol, viento, agua, etc.) como España resulta paradójico, y más si ponemos atención en el precio de la electricidad que pagan los hogares y comercios. Tras esta reflexión vamos a analizar la energía solar fotovoltaica, en particular las instalaciones de generación de energía eléctrica para autoabastecimiento, y su contexto legal, así como los problemas que enfrentan y los incentivos de los que se benefician.

3.2 PLANTAS SOLARES FOTOVOLTAICAS Y AUTOABASTECIMIENTO

Nos centramos dentro del marco eléctrico español en la energía fotovoltaica por diversas razones: la ubicación y orografía de España son muy adecuadas para la explotación de este tipo de energía, ya que recibe más de 2000 horas de sol al año, especialmente en el centro y sur del país donde las precipitaciones y los días cubiertos no son muy frecuentes; la posibilidad de establecer pequeñas instalaciones de autoconsumo en hogares y comunidades; y el desarrollo cada vez más vertiginoso de la tecnología fotovoltaica que abarata los costes de instalación y mantenimiento y alarga la vida útil de los paneles.

Además, debemos hacer especial mención a la derogación del mal llamado “impuesto al sol” y una tendencia regulatoria favorable.

Lo primero a tener en cuenta son las diferentes formas de explotación de la energía solar fotovoltaica. Por una parte, encontramos las instalaciones aisladas, que se establecen en lugares donde llevar el tendido eléctrico presenta cierta dificultad, por tanto, se utilizan para el autoconsumo y se almacena la energía en baterías, al no estar conectadas a la red eléctrica.

Lo más común, sin embargo, son las instalaciones conectadas a la red, entre las que podemos encontrar dos tipos esencialmente: las destinadas a la producción y el suministro, es decir, que vierten energía en la red a cambio de una retribución; y las creadas para autoconsumo. En este apartado nos centraremos en las instalaciones de usuarios para el autoconsumo.

Las instalaciones fotovoltaicas destinadas al autoconsumo por los usuarios se encuentran reguladas en la Ley 24/2013, de 26 de Diciembre, del Sector Eléctrico. Su artículo 9.1 reza: *“A los efectos de esta Ley, se entenderá por autoconsumo el consumo por parte de uno o varios consumidores de energía eléctrica proveniente de instalaciones de producción próximas a las de consumo y asociadas a los mismos.*

Se distinguen las siguientes modalidades de autoconsumo:

a) Modalidades de suministro con autoconsumo sin excedentes. Cuando los dispositivos físicos instalados impidan la inyección alguna de energía excedentaria a la red de transporte o distribución. En este caso existirá un único tipo de sujeto de los previstos en el artículo 6, que será el sujeto consumidor.

b) Modalidades de suministro con autoconsumo con excedentes. Cuando las instalaciones de generación puedan, además de suministrar energía para autoconsumo, inyectar energía excedentaria en las redes de transporte y distribución. En estos casos existirán dos tipos de sujetos de los previstos en el artículo 6, el sujeto consumidor y el productor.”

Dicha ley ha sido objeto de diversas remodelaciones, la última el 12 de Enero de 2019. Esta nueva redacción ha traído mayores beneficios para los autoconsumidores, como la exención del peaje de respaldo que más adelante comentaremos, la retribución de la energía vertida en la red como excedente y la simplificación de trámites administrativos para las instalaciones pequeñas.

No obstante, la ley que se ha destinado a regular más profundamente el autoconsumo eléctrico es el RD 244/2019. En esta disposición se introduce el concepto de la compensación simplificada de los excedentes. Según esto, la energía sobrante de las placas del autoconsumidor se va a verter a la red y se compensará económicamente dicho vertido con un descuento en la factura eléctrica según el precio del vatio en el momento del vertido. Este sistema ha sido el elegido por el ejecutivo, que ha optado por no aplicar el sistema de Balance Neto, que persigue una compensación vatio a vatio, es decir, que por cada vatio excedentario aportado a la red eléctrica se puede recuperar un vatio de dicha red cuando sea necesario.

Pues bien, esta “modalidad con excedentes acogidos a compensación”, como se denomina el sistema establecido en el Real Decreto, puede ser adoptada por viviendas e industrias con potencias instaladas inferiores a 100 KW. Las instalaciones que superen dicho umbral se encontrarán dentro del supuesto de “modalidad con excedentes no acogida a compensación simplificada”, según el cual la energía sobrante será volcada a la red pero en régimen de venta, no de descuento, y el precio de dichos excedentes vertidos será el fijado por la legislación de instalaciones generadoras de electricidad.

Es un hecho, por tanto, que lo más aconsejable para las viviendas que posean este tipo de instalaciones es acogerse al régimen de compensación, y la retribución de la energía volcada en la red dependerá de si el contrato con la empresa de suministro eléctrico está aparejado a los precios regulados del mercado (Tarifas PVPC³), en cuyo caso la compensación por la inyección será el precio medio diario del KWh a la hora en que se realiza el vertido, o de si el contrato no se encuentra bajo el mercado regulado (por ende en el mercado libre). En este último supuesto el precio de compensación será negociado individualmente entre la empresa comercializadora y el consumidor.

Además, algo que prohibía la antigua ley 24/2013, el RD lo contempla: el autoconsumo solar compartido. Por ejemplo, un polígono industrial o una comunidad de vecinos pueden realizar una instalación colectiva y beneficiarse del ahorro obtenido. El sistema por el cual se reparten los ahorros obtenidos o la producción fotovoltaica será decidido entre los copropietarios.

Siguiendo en esta línea de regulación favorable a las energías renovables y al autoconsumo fotovoltaico, el Real Decreto 900/2015, que contenía el famoso “impuesto al sol”, ha sido derogado con efectos de 7 de Abril de 2019, salvo ciertas disposiciones adicionales que no afectan al objeto de estudio.

Esta norma introducía un concepto muy criticado que se denominaba peaje de respaldo, unos costes por permanecer conectado a la red eléctrica justificado como costes y servicios del sistema. Además, la instalación de baterías también estaba gravada con estos cargos fijos por la energía almacenada. El motivo ulterior de este tributo se indicaba en el citado decreto como el hecho de compartir entre todos los consumidores los costes fijos que soporta el sistema eléctrico español, dado que los autoconsumidores continúan enganchados a la red y la usarán en caso de no poder generar energía con la instalación solar. En definitiva, un desincentivo y un freno a las energías renovables, como muestran los datos que veremos a continuación.

El Estudio del impacto macroeconómico de las energías renovables en España en 2017 de la APPA indica que, según el “Registro administrativo de autoconsumo de energía eléctrica” del Ministerio de Energía, Turismo y Agenda Digital, en el año 2017 había registrados un total de 21,3 MW de potencia de instalaciones fotovoltaicas, frente a los 16,9 MW registrados en 2016, lo que significa que únicamente se han dado de alta en dicho registro del Ministerio un total de 4,4 MW durante el año 2017. Y según estimaciones del instituto de estudios de mercado asociado al Grupo Ael (Análisis e Investigación), actualmente en España existen unos 10.000 autoconsumos residenciales, lo que se

³ PVPC: Precio Voluntario para el Pequeño Consumidor

correspondería con unos 50 MW de potencia instalados, es decir, un aumento de 28,7 MW en año y medio, más del doble.

Dicho instituto ha realizado en Madrid el primer “Observatorio Español del Autoconsumo Fotovoltaico Residencial”, estudio que ha llevado a cabo a instancias de Solarwatt, una empresa fotovoltaica. El citado estudio se ha hecho de la siguiente forma: Ael seleccionó una muestra de 750 sujetos, propietarios de vivienda unifamiliar, aislada o adosada, de nivel medio-alto o alto en términos socioeconómicos, y les pasó una encuesta. La conclusión principal de dicho sondeo estadístico fue que el 16,4% de los encuestados ya estaba pensando y decidiendo la instalación de paneles solares en un corto o medio plazo.

En España hay un total de 5.700.000 viviendas unifamiliares, y dos millones cuadran con el perfil estudiado. Si se extrapola el dato del 16,4% de encuestados que está evaluando el autoconsumo a la cifra total de viviendas tenemos que alrededor de 328.000 familias españolas podrían construir paneles fotovoltaicos en sus viviendas en los próximos tres años.

Si tomamos en consideración dicho estudio, prevemos que se insuflarán 1.500 MW de potencia al sistema provenientes de autoconsumos residenciales, lo que multiplicaría por 30 la potencia instalada actualmente. Esto generaría alrededor de 2.500 GWh al año, suficiente para cubrir casi el 1% de la demanda nacional de 2018.

Todos estos datos parecen indicar que la regulación positiva hacia las renovables y la derogación de los peajes de respaldo, unida a una mayor concienciación social y abaratamiento de los costes de instalación y mantenimiento, han tenido un impacto positivo en el sector fotovoltaico de autoconsumo. Aún así nos encontramos aún muy alejados de países como Alemania o Reino Unido, que cuentan con 1.600.000 y 800.000 hogares respectivamente que autoconsumen energía solar, países con muchas menos horas de sol al año que España.

CAPÍTULO 4

LA ENERGÍA A NIVEL ECONÓMICO

4.1 IMPACTO ECONÓMICO DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES

Una vez analizado el consumo y la producción energética en España, se hace necesario estudiar qué impacto tienen las energías renovables en las principales variables macroeconómicas. En concreto, vamos a profundizar en la relación del sector de las renovables con el PIB, el mercado laboral, la Balanza comercial y la Balanza fiscal.

El primer indicador que vamos a comentar es el Producto Interior Bruto. Hay que indicar que ha habido tanto una aportación directa como indirecta. La directa mide el impacto de las actividades desarrolladas por las empresas del sector energético y todos los agentes que participan de manera directa en la industria. En cambio, la contribución indirecta se refiere a la interrelación de esta área con el resto de la economía, es decir, todas las actividades que llevan a cabo los sujetos económicos que no tienen contacto directo con el sector. Hablamos aquí de un efecto multiplicador de la economía, que se produce cuando aumenta la demanda en una industria y ello se traslada por muchas vías al conjunto del sistema económico y fiscal.

Comenzamos apuntando que la contribución directa al PIB fue de 7.496 millones de € en 2017 (datos de APPA), y la indirecta de 1.809 millones de €, sumando un total de 9.304 millones de €. Con estos datos en la mano se calcula un aumento de la contribución directa al PIB del 8,7% respecto a 2016 y un crecimiento en relación al mismo año del 10% en términos indirectos, lo que arroja un incremento total del 9,32%. Veamos la evolución del impacto en el PIB con ayuda de la siguiente gráfica.

Figura 4.1. Evolución de la contribución al PIB del sector energético renovable



Fuente: Asociación de Empresas de Energías Renovables (APPA) "Estudio del impacto macroeconómico de las energías renovables en España en 2017"

La aportación de este sector al PIB ha alcanzado en 2017 el tercer año consecutivo de subida, representando el 0,8% del PIB español, lejos aún del 1% que se alcanzó en 2012. Observamos una situación de estabilidad y leve subida en el período 2010-2012, seguida de una fuerte caída en los dos siguientes años, para en 2015 comenzar de nuevo a remontar los números. Esta subtendencia positiva (ya que la tendencia general tiene pendiente negativa), puede deberse a numerosos factores. Uno de ellos parece ser que la confianza de los inversores ha crecido, reactivando algunos sectores tecnológicos gracias a las subastas de nueva capacidad, que habilitan para expandir la potencia instalada, la cual permanece estancada durante el último lustro.

Separando ahora la contribución al PIB de cada una de las tecnologías renovables, tenemos que la solar fotovoltaica en 2017 aportó un 31,7% del total del sector, seguida de la eólica (23,7%), la solar termoeléctrica (15,7%), la biomasa eléctrica (14,9%), los biocarburantes (8,2%), la minihidráulica (3,3%) y el resto de renovables (2,4%).

Existe un estudio técnico del Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía (IDAE) en colaboración con la compañía Deloitte, fechado en 2011, que lleva a cabo un análisis del impacto económico y unas previsiones de cara a 2015 y 2020. Merece la pena mencionar dicho estudio porque IDAE se trata de una entidad pública empresarial adscrita al Ministerio para la Transición Ecológica, y la realización de las citadas previsiones se hacen en base a los Objetivos 20-20-20, es decir, al Plan de Acción Nacional de Energías Renovables (PANER) al que obliga la Directiva 2009/28/CE del Parlamento europeo. Según este plan se fijó el objetivo de que las energías renovables debían suponer al menos un 20,8% del consumo final bruto de energía, y como hemos mencionado las estimaciones se hicieron suponiendo el cumplimiento de esta meta. Como cabe suponer, la desviación con la realidad es muy palpable, ahora que podemos acceder a los datos reales.

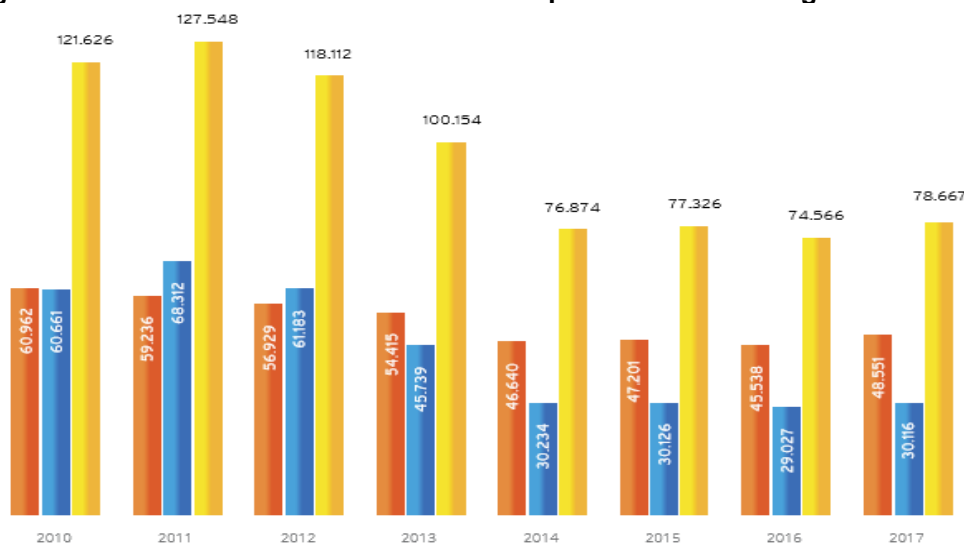
Se estimó una aportación al PIB en 2015 de 13.700,4 millones de € (9.903,9 millones de € de contribución directa y 3.796,5 millones de € de indirecta), cuando la real fue de 8.259 millones de €. Un 40% menos de impacto del esperado siguiendo los planes ambientales. La previsión para 2020 seguía en la misma tónica, y esperaba un aporte de 17.998,1 millones de €, mientras que los datos de 2017 alcanzan a duras penas la mitad de dicha cifra. A este descalabro en la investigación del IDAE hay que añadir que todas las cifras están en euros reales con base 2010, es decir, capitalizados 5 y 10 años, por tanto la desviación es mucho mayor. Esto, por supuesto, se debe a que no estamos cumpliendo los objetivos del PANER por muchas causas que hemos ido apuntando a lo largo del trabajo: desincentivos fiscales, estancamiento de la potencia instalada, falta de financiación privada de los proyectos energéticos renovables, etc.

Continuamos desgranando los efectos del sector renovable en la economía. El sector de la energía no es una industria intensiva en mano de obra, más bien genera empleo muy cualificado de forma directa y algo menos cualificado de manera inducida. A esto hay que añadir lo que ya se ha comentado, que la potencia instalada se encuentra paralizada por tanto no se acometen proyectos de construcción de instalaciones energéticas, haciendo que la evolución se torne estanca o incluso negativa. Sin embargo, las subastas concedidas en 2016 y 2017 introducen una expansión del sector en estos términos, y más en el futuro ya que la mayoría de las instalaciones proyectadas por dichos concursos todavía se encontraban en la fase previa a comenzar la construcción a finales de 2017. Todo lo anterior

lo podemos ver gráficamente en la figura 4.2, que denota una primera tendencia bajista hasta 2014 y un estancamiento los 3 últimos años del horizonte temporal.

En relación a cuáles fueron las tecnologías que más empleo crearon, tenemos que la eólica generó 2.546 nuevos puestos de trabajo, seguida de la solar fotovoltaica con 1.916, los biocarburantes (266), la solar termoeléctrica (53), y por último la marina con solo 8 nuevos empleos. De otra parte, también las hubo que destruyeron empleo, como la biomasa, la solar térmica o la geotérmica.

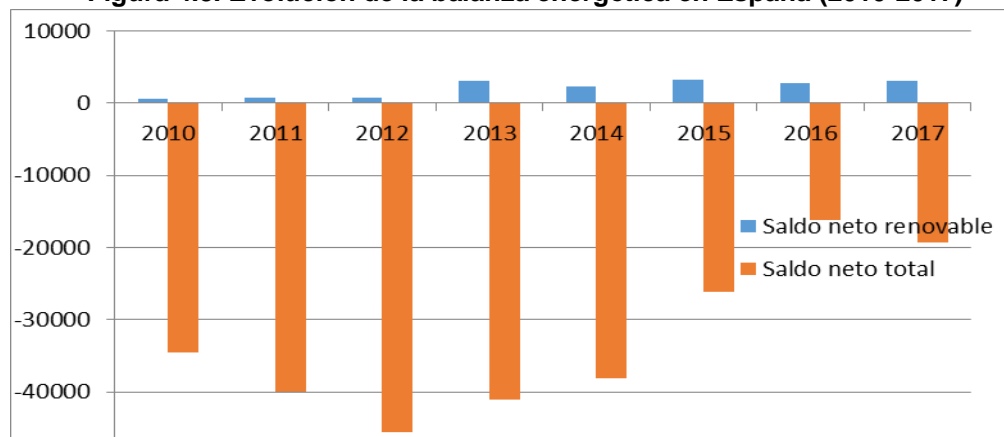
Figura 4.2. Evolución de la contribución al empleo del sector energético renovable



Fuente: Asociación de Empresas de Energías Renovables (APPA) "Estudio del impacto macroeconómico de las energías renovables en España en 2017"

El tercer elemento para analizar el impacto económico es nuestra balanza comercial energética. Venimos comentando a lo largo de todo el trabajo lo fuertemente dependiente que es España a los combustibles fósiles, de los cuales carece, por tanto, todo parece indicar que vamos a tener un saldo muy negativo en este particular sector exterior de la energía. La industria energética renovable presenta un saldo exterior positivo de 3.117 millones de €, al contrario de lo que sucede en la balanza energética convencional, en la que tenemos un saldo importador de 22.386 millones de €. Esto nos deja un déficit importación-exportación de energía de 19.269 millones de €.

Figura 4.3. Evolución de la balanza energética en España (2010-2017)



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Ministerio para la Transición Ecológica

Como observamos en la figura 4.3, las exportaciones netas del sector renovable son positivas durante todo el horizonte de estudio, pero esto no basta para paliar la enorme cantidad de energía no renovable que importamos del exterior.

La gráfica muestra que la factura energética de España costaba al Estado en 2012 45.504 millones de € en compras al exterior, una vez descontado el saldo positivo renovable y las exportaciones de otras energías, y también se puede observar como alcanza un mínimo en 2016 de 16.237 millones de € a pagar, mostrando una proyección de clara mejoría de nuestra balanza comercial energética. Esto viene dado, entre otros factores, por un incremento del autoabastecimiento con renovables en los últimos años, aportando así otro dato positivo en cuanto a impacto económico. Esto es importante tenerlo en cuenta, porque no solo nos nutrimos cada vez más de fuentes renovables autóctonas, sino que las exportamos con muchos beneficios, mientras que las importaciones de las energías tradicionales suponen el 85% del total del déficit de la Balanza comercial española, que fue en 2017 de 22.694 millones de €. El sector energético pues, se antoja clave para remediar el lastre comercial de España, y ha quedado demostrado que esto debe hacerse mediante la implementación de las tecnologías de generación renovables.

El siguiente apartado de esta valoración económica es la Balanza Fiscal, es decir los ingresos por impuestos de diversa clase menos las subvenciones y ayudas otorgadas al sector. Se tienen en cuenta en el plano de los ingresos la recaudación del impuesto de sociedades a las compañías energéticas renovables, el impuesto sobre generación de energía eléctrica (introducido en 2012), los tributos locales y las tasas, y otros impuestos de muy diverso tipo. Del lado del gasto la principal partida son las subvenciones, sumadas a los incentivos a hogares y ayudas a empresas a fondo perdido.

Teniendo todo esto en cuenta, el sector ha sido contribuidor neto a la Balanza Fiscal en 2017, al igual que el resto de años desde 2010. En concreto en el año 2017 el saldo fue de 1.089 millones de € netos a ingresar en la hacienda pública. Otro indicador más que apunta la buena relación entre las energías renovables y los bolsillos de los españoles.

Por último cabe mencionar la inversión en I+D+i llevada a cabo en España por las empresas generadoras de energía con fuentes renovables. El dato para 2017 es de 247 millones de €, lo cual representa un 3,3% de su contribución directa al PIB nacional. Parece lógico que una industria tan intensiva en tecnología realice altas inversiones de investigación, sin embargo, este dato es casi el triple del esfuerzo en otros sectores de la economía española (1,2%), y también se sitúa por encima de la media europea (2%).

4.2 LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN EL ÁMBITO EMPRESARIAL

Para esta sección vamos a tomar como referencia datos de agencias oficiales como Eurostat (Oficina Europea de Estadística) e IRENA (International Renewable Energy Agency), y nos vamos a basar en varios artículos de la revista del Instituto Español de Analistas Financieros, en concreto del autor Ignacio Contreras⁴.

⁴ Doctor en ciencias económicas y empresariales. Profesor titular de finanzas en la Universidad de Sevilla. Experto en financiación de proyectos energéticos.

Hay que comenzar señalando que el avance de las energías renovables y la penetración en los mercados mundiales de estas tecnologías no son para nada fáciles, se enfrentan a una de las mayores industrias del mundo, los productores de combustibles fósiles y todas las compañías distribuidoras y comercializadoras. Este sector lleva muchas décadas dominando el panorama energético global y cuenta con unas economías de escala y de alcance que presentan gigantescas barreras de entrada para nuevos competidores. A esto hay que sumar el alto grado de desarrollo tecnológico que permite la existencia de precios muy bajos contra los que el resto de energías tienen que competir. Todo ello aderezado con que las economías occidentales están casi completamente basadas en la quema de estos recursos para funcionar y que los productores del crudo, el gas y el carbón ejercen una presión internacional muy elevada para que esta situación no cambie, o por lo menos lo haga de forma progresiva. Entre tantas barreras y muros, las empresas dedicadas a explotar las energías renovables luchan para convertirse en actores importantes en el mapa de la energía actual.

En muchas ocasiones son las propias compañías que trabajan las energías no renovables las que están a la cabeza de la generación de energía limpia, como es el caso de España en el sector eléctrico. La oleada de normativas verdes proveniente de la UE y del propio legislador español ha conllevado este proceso de adaptación empresarial al que la mayoría de organizaciones se están sumando. Sin embargo, no podemos olvidar que es precisamente el sector privado el que impulsa este crecimiento energético tan beneficioso como hemos visto a lo largo del presente proyecto de investigación, como tampoco se puede obviar el motivo ulterior de las empresas, el crecimiento basado en beneficios.

La industria de las renovables a nivel mundial es una oportunidad de mercado enormemente interesante por lo que todas las compañías energéticas están buscando su cuota de participación. De hecho, es una industria que ya mueve muchos miles de millones de euros cada año, y donde la innovación técnica juega un papel esencial en la búsqueda de eficiencia y rentabilidad, pero hay otro tipo de innovación que también se antoja fundamental, la financiera. Las compañías energéticas son las que promueven el mercado, pero no son las únicas que entran en juego: las administraciones y empresas públicas para todo tipo de servicios; los particulares para el autoconsumo con o sin excedentes; las pequeñas empresas que necesitan energía para su actividad y que buscan la eficiencia de sus recursos; y un largo etcétera de diferentes agentes privados y públicos que van a participar de este mercado global tanto como consumidores como productores.

El mercado de la energía renovable crece día tras día, y cada vez se requiere mayor potencia instalada para hacer frente al acuciante cambio climático que ya hoy día se está viviendo. En 2018 dicha potencia instalada creció un 8% de media en todo el mundo, pasando de 2.181.577 MW a 2.356.346 MW. Mientras tanto en España tan solo aumenta un 0,8% por motivos ya expuestos.

Tabla 4.1. Potencia instalada en España, Europa y el Mundo (2016-2018)

Technology	Indicator	Country/area	2016	2017	2018
Total renewable energy	Electricity capacity (MW)	World	2 007 256	2 181 577	2 356 346
		Europe	489 206	513 360	536 719
		Spain	47 776	47 899	48 278

Fuente: IRENA "Trends in Renewable Energy"

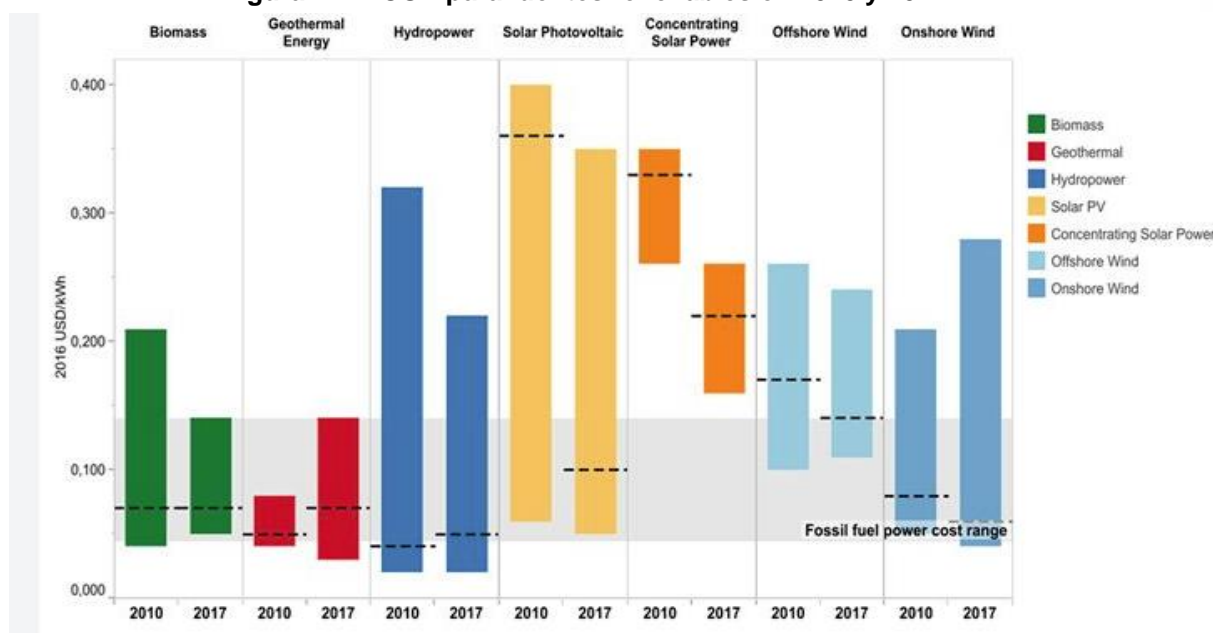
Nos encontramos muy por debajo de la media mundial (8%) y europea (4,55%) en cuanto a crecimiento de megavatios instalados, y nuestras empresas están perdiendo grandes oportunidades de negocio cada día que pasa sin que aumente el parque generador de electricidad.

Como vemos, el proceso de expansión de las renovables es vertiginoso, y a medida que aumenta la capacidad de generar energía disminuyen los costes y se avanza en técnica y aprendizaje. Esto nos lleva a considerar finalmente el ámbito microeconómico de la industria: compañías que explotan instalaciones solares, eólicas o de cualquier clase; los costes que soportan; los precios que pueden fijar; el coste del capital; el riesgo de crédito; etc.

Vamos a poner el foco en primer lugar en lo que se conoce como Levelised Cost Of Electricity (LCOE), que sería como el umbral de rentabilidad para una empresa. Representa el precio al que habría que comercializar el KWh para cubrir todos los costes y retribuir la deuda y el capital, en otras palabras, es el precio mínimo que se puede fijar para no incumplir las obligaciones de remuneración del pasivo y la rentabilidad exigida por el Equity. Una compañía que vende el KWh al precio marcado por el LCOE es viable, genera beneficios y crece.

Muchas fuentes publican datos de LCOE, pero nosotros cogemos los de IRENA, que para su cálculo utiliza el método del descuento de flujos: toma los ingresos por generación de energía, le resta la parte correspondiente a la inversión inicial y los costes de mantenimiento y suministro, y se actualiza cada año a una tasa que será el WACC⁵. De esta forma, la citada agencia ofrece los datos de LCOE medio del mundo para diversas fuentes de energía, pero cada empresario puede llegar a calcular el suyo. Para los cálculos siguientes, los expertos de IRENA han tomado como valor de descuento (WACC) el 7,5% para China y los países de la OCDE y el 10% para el resto del mundo.

Figura 4.4. LCOE para fuentes renovables en 2010 y 2017



Fuente: Instituto español de analistas financieros. Ignacio Contreras "El proceso disruptivo energético"

⁵ WACC: media ponderada entre el coste de la deuda, el riesgo y las exigencias de retorno de los inversores

La figura anterior consta de muchos detalles que voy a proceder a explicar. Se representa cada tecnología con una barra de color para 2010 y otra para 2017, que muestra el rango en el que se puede mover el precio teórico (LCOE). La raya discontinua horizontal representa el LCOE medio, y dicha media será más dispersa cuanto más alargada sea la barra. La banda inferior expresa el rango en el que se mueve el coste de generación de electricidad a partir de petróleo.

El LCOE medio en muchos casos apenas ha variado en 7 años, sin embargo en la tecnología solar fotovoltaica y en la termosolar ha sufrido una fuerte caída. Singular es el caso de la primera de ellas, cuyo precio medio viable ha descendido un 72%, encuadrándose dentro del marco del coste de la electricidad a base de petróleo, y situándose cerca de la parte inferior de la barra, demostrando una mayor eficiencia entre las empresas fotovoltaicas.

El LCOE medio de la solar fotovoltaica de 2017 fue de 0,087 €/KWh, y teniendo en cuenta que el precio medio aritmético del mercado de la electricidad (OMIE) fue en septiembre del pasado 2018 de 0,05625 €/KWh, podemos decir que los precios del sector se han vuelto realmente competitivos dada su proximidad al precio medio en OMIE. El parámetro calculado, no obstante, se prevé que siga bajando y que lo haga cada vez más rápido por la denominada curva de aprendizaje que tiene cualquier industria, y por el abaratamiento de las placas.

El proceso de cambio energético ya ha comenzado a mostrar sus fortalezas, no solo se hace necesario por el carácter inagotable de los inputs y por el calentamiento de la atmósfera, sino que también el dinero es un elemento crucial. Sin embargo, aun cuenta con debilidades. En los próximos años se va a requerir una cantidad de inversión gigantesca que vaya de la mano del crecimiento del sector, por ejemplo en 2017 la inversión únicamente en fotovoltaica ascendió a 160.800 millones de \$, y el mercado de potencia instalada crece a ritmos del 8-10% anual. El precio medio de una instalación de paneles solares fotovoltaicos en 2017 fue de 1.388 \$/KW, y dicho coste continúa bajando.

Estas necesidades monetarias tan elevadas chocan con las restricciones al endeudamiento, la barrera financiera más importante. Para la pregunta cómo se van a financiar los agentes públicos y privados para acometer semejantes inversiones se han dado varias respuestas en forma de innovación financiera. Vamos a tratar más pormenorizadamente cada una de las soluciones que se pretenden dar a este problema.

4.2.1 Los contratos EPC (Energy Performance Contract)

Son contratos mediante los cuales una empresa, que se denomina Empresa de Servicios Energéticos (ESE), proporciona servicios energéticos en las instalaciones de un usuario, que se puede tratar de otra empresa, una administración pública, etc.

La fórmula consiste en que la ESE asume el riesgo de generar la energía en las instalaciones de las que el cliente es titular, no obstante, este último ni invierte ni se endeuda. La contraprestación por este servicio es un pago periódico, basado en los ahorros de energía de los que el cliente se va a beneficiar por la mayor eficiencia energética proporcionada por la empresa. Existe una garantía de desempeño, el pago se vincula al ahorro.

Esta modalidad de contrato no ha tenido el éxito inicial esperado, pero Eurostat ha aprobado que los contratos EPC que suscriban las administraciones públicas europeas no se registren como déficit, es decir, que queden fuera de balance al no calificarse de deuda los pagos comprometidos. Esto casa con el Plan Juncker de eliminación de barreras a la inversión.

4.2.2 Los contratos PPA (Power Purchase Agreement)

Se trata de contratos de venta de energía limpia, a través de los cuales el usuario paga por la energía consumida a precio cerrado durante un plazo acordado. El precio es el que permite una rentabilidad determinada de la instalación generadora, no el precio de mercado, por tanto es estable y no se ve afectado por el riesgo de mercado. En una planta fotovoltaica por ejemplo es sencillo conocer los flujos de generación de energía dada una potencia instalada y una irradiación solar.

Se distingue de los anteriores contratos en que estos no garantizan un rendimiento energético, aunque sí un ahorro, y el precio es prefijado. El cliente ni invierte ni se endeuda y la empresa asume los riesgos técnicos y del valor de los activos.

Estos contratos pueden firmarse sobre plantas generadoras dentro de las instalaciones del usuario o en una localización cercana, o sobre plantas distantes, lo que se denomina PPA financiero, en los cuales se vende la energía a un mayorista que la distribuye al cliente, pero con un contrato de cobertura que limite la subida del precio por parte del mayorista.

Tanto esta modalidad de financiación como la de los contratos EPC facilitan a la empresa prestadora de servicios la obtención de recursos bancarios, al contar con unos flujos de caja estables. Además, mitigan la incertidumbre para ambas partes y acercan el ahorro energético y las fuentes renovables al usuario.

4.2.3 Alternativas OTF y OBF

Son métodos que apoyan la financiación de proyectos de rehabilitación energética de edificios, áreas residenciales e instalaciones de PYMES principalmente, mediante los cuales los pagos comprometidos a dicha financiación se llevan a cabo a través de alguna tasa o impuesto (On Tax Financing), o de la factura de suministro de agua, electricidad, etc. (On Bill Financing).

Ambas alternativas buscan ofrecer garantías de pago al acreedor para facilitar el acceso a la deuda, puesto que el riesgo de impago es muy reducido dada la fuerza ejecutiva de las tasas y la garantía de los recibos.

En EEUU se puso en marcha el programa PACE (Property Assessed Clean Energy) en California en 2008, un exitoso ejemplo de OTF. Se trasladó a diversos estados del país rápidamente y en mayo de 2017 ya contaba entre sus éxitos 148.000 hogares rehabilitados, 40.000 puestos de trabajo creados y 4.000 millones de \$ de inversión privada.

4.2.4 Vehículos de inversión con ventajas fiscales

Se trata de los REIT (Real State Investment Trust) en EEUU y de las SOCIMI (Sociedades Cotizadas Anónimas de Inversión en el Mercado Inmobiliario) en España. Estos vehículos de inversión se dedican a la compra, venta y explotación de bienes inmobiliarios, y gozan de ciertas deducciones fiscales que los hacen muy atractivos a los inversores.

Dado su tratamiento impositivo, invertir en instalaciones de generación renovables a través de estas sociedades requiere su aprobación por parte de Hacienda, cosa que ocurrió en EEUU en 2013 cuando se dio luz verde a HASI, una REIT de reciente creación, a integrar plantas de producción energética renovable en su estructura de inversión, acercando el capital al mercado de las renovables disminuyendo así su coste, y abriendo la veda para los inversores a un sector de más de 630.000 millones de \$.

4.2.5 El crowdfunding

Los sistemas de finanzas colaborativas como el crowdfunding están llamados a tomar un rol importante en el proceso de transición de la energía, sobre todo en el ámbito del autoconsumo, participando los usuarios en la generación, distribución y almacenaje de su demanda de energía y de la de su comunidad.

Aunque actualmente el mercado esté repartido entre gigantes energéticos con cuotas de participación elevadas, es posible que la economía colaborativa penetre en el panorama mundial de la energía. Un ejemplo significativo de que esto funciona podemos encontrarlo el día 3 de noviembre de 2013, cuando se consiguió que el 100% de la demanda de energía de Dinamarca se cubriera con producción eólica, gracias a las cooperativas de renovables danesas.

Estas modalidades de inversión acercan rentabilidades interesantes a los propios consumidores finales y permiten la descentralización de la producción de energía.

CONCLUSIONES

A lo largo de la investigación se han estudiado numerosos factores que influyen de forma decisiva en la evolución de las energías renovables, su desarrollo y su impacto económico y medioambiental en la última década.

El primero de esos factores es el incremento del consumo de energía, que hace necesaria la búsqueda de sustitutivos a las fuentes tradicionales. Otro componente clave es el regulatorio, a través de numerosas normas estatales y comunitarias se ha transformado el panorama energético en los últimos años, a veces incentivándolo y a veces con el efecto contrario, pero cabe recalcar que la fuerza ejecutiva de las leyes puede mover un sector tan estratégico como la energía a través de subastas de potencia, penalizaciones a los combustibles fósiles, estímulos fiscales, etc., y lo está haciendo. El tercer actor en este conglomerado de intereses es el dinero, un mercado tan grande como el propio planeta y una amenaza tan seria como el cambio climático son los pretextos perfectos para la entrada de capital privado en forma de billones de euros, que van a dar un impulso colosal a las tecnologías renovables en el corto plazo. Sin embargo, es también el dinero el que está frenando el avance del verde sobre el negro del petróleo, lobbies tan persuasivos como conscientes del mal que hacen las emisiones de CO₂ entre otras cosas, todo por el dinero.

La conciencia ciudadana y de las instituciones también juega un papel primordial en la evolución de las renovables, y de la mano de los jóvenes y de los pocos medios de comunicación honestos que quedan se está inculcando la idea de que la transición energética es algo ineludible si queremos conservar este planeta.

Tras analizar la situación de la energía en España, podemos concluir que tanto en consumo de energía primaria como en hábitos de consumo no estamos logrando dicha transición a tiempo, y es que nuestro mapa de consumo sigue muy carbonizado como se vio en el segundo capítulo, y para colmo es energía que en su mayoría importamos.

Nuestras energías renovables van a parar principalmente a la electricidad que supone casi un cuarto de la energía final consumida, y es aquí donde la lucha contra el cambio climático tiene más campo de acción, introduciéndose también en el sector del transporte y las calefacciones para reducir el consumo de combustibles fósiles a la mínima expresión (industrias químicas, carreteras, navieras, etc.).

Quizá el impacto más importante de la energía en general y de las renovables en particular sea el económico, porque como hemos visto es un sector estratégico que representa una parte importante del PIB (solo las renovables casi el 1% en 2017), también tiene gran influencia en el empleo, sobre todo de forma indirecta, y lo más significativo, en la balanza de pagos, que dada nuestra dependencia de fuentes de energía que no producimos, nuestro saldo es claramente importador. Lo más relevante en este ámbito es que si eliminamos las energías no renovables de la ecuación, somos un país exportador neto de energía renovable, lo que hace más incomprensible que no se esté dando a este factor de riqueza y sostenibilidad el impulso que merece, y que ayudaría a hacer la transición ecológica también en nuestras arcas.

Dicha transición energética no es fácil, es una tarea ardua, hay que avanzar superando miles de escollos: burocráticos, monetarios, políticos, sociales, etc., pero tras llevar a cabo este proyecto he de reconocer que se está consiguiendo, la tendencia es positiva en todos los aspectos (consumo, regulación, impacto económico y conciencia), y pese algunos

altibajos coyunturales como la crisis económica, el “impuesto al sol”, la sequía, etc., se crece de forma global a ritmos de más del 5% anual.

Sin embargo, no podemos regocijarnos solo con estos datos, porque hay que continuar cambiando: la forma de producir la energía, la manera de consumirla y el modo en el que interactuamos con el medio ambiente. La parte negativa de los datos dice que ni España ni la UE en general va a llegar a tiempo al objetivo del 20% de energías renovables en 2020, ni reducir un 20% las emisiones, y es que, aunque se está trabajando y transitando paulatinamente hacia una economía descarbonizada, lo cierto es que los esfuerzos no son suficientes para el reto que enfrentamos como sociedad, y todo esto a sabiendas, porque, insisto de nuevo, los intereses económicos en connivencia con los medios y la apatía de la sociedad en general ha hecho que el despertar haya llegado tarde y esté siendo demasiado lento.

¿Hay hueco para la esperanza? Por supuesto, los datos hablan por sí mismos, pero ¿es suficiente nuestro desempeño en este ámbito? Me temo que no del todo. Si continuamos a este ritmo se habrá conseguido mucho, pero los efectos del cambio climático serán irreversibles y el legado que dejaremos a las futuras generaciones estará lleno de vergüenza, tuvimos los medios y no hicimos nada, y todo por algo tan simple como el dinero.

BIBLIOGRAFÍA

- Acuerdo de París*, publicado de la Web Oficial de la Unión Europea, https://ec.europa.eu/clima/policies/international/negotiations/paris_es
- Barrero F., Antonio (2019): “El autoconsumo fotovoltaico residencial se multiplicará en España por 30 en los próximos 3 años”, *Energias-renovables.com*, 29 de marzo, <https://www.energias-renovables.com/fotovoltaica/el-autoconsumo-fotovoltaico-residencial-se-multiplicara-en-20190328>
- Consumo de energía final, datos históricos*, publicado en la Web Oficial del Ministerio para la Transición Ecológica, <http://sieeweb.idae.es/consumofinal/>
- Contreras, Ignacio (2018): “La innovación financiera en el proceso disruptivo energético”, *Instituto Español de Analistas Financieros, Analisisfinanciero.ieaf.es*, <https:// analisisfinanciero.ieaf.es/publicaciones-la-revista-analisis-financiero-4/la-innovacion-tecnologica-y-financiera/118-la-innovacion-financiera-en-el-proceso-disruptivo-energetico>
- Contreras, Ignacio (2018): “La innovación financiera en el proceso disruptivo energético (II)”, *Instituto Español de Analistas Financieros, Analisisfinanciero.ieaf.es*, <https:// analisisfinanciero.ieaf.es/publicaciones-la-revista-analisis-financiero-4/la-innovacion-tecnologica-y-financiera/131-la-innovacion-financiera-en-el-proceso-disruptivo-energetico-ii>
- Directiva 2009/28/ce del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de abril de 2009, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables y por la que se modifican y se derogan las Directivas 2001/77/CE y 2003/30/CE (D.O.U.E. núm 140, de 5 de junio).
- Domínguez, Javier (2019): “Claves de la nueva normativa de autoconsumo fotovoltaico”, *Cambioenergetico.com*, 06 de abril, <https://www.cambioenergetico.com/blog/claves-de-la-nueva-normativa-de-autoconsumo-fotovoltaico-real-decreto-244-2019/>
- El consumo de energía en España*, publicado en la Web Oficial del Ministerio para la Transición Ecológica, <http://guiaenergia.idae.es/el-consumo-energia-en-espana/>
- El Independiente (2019): “Bruselas pone en duda que España logre cumplir su objetivo de renovables en 2020”, *Elindependiente.com*, 09 de abril, <https://www.elindependiente.com/economia/2019/04/09/bruselas-pone-duda-espana-cumple-objetivo-renovables-2020/>
- El sistema eléctrico español*, Informe 2018, publicado por REE, https://www.ree.es/sites/default/files/11_PUBLICACIONES/Documentos/InformesSistemaElectrico/2018/inf_sis_elec_ree_2018.pdf
- Energía primaria y producción eléctrica*, publicado por la Appa, <https://www.appa.es/la-energia-en-espana/energia-primaria-y-produccion-electrica/>
- España en cifras 2018, Energía*, publicado en la Web Oficial del INE, http://www.ine.es/prodyser/espa_cifras/2018/40/#zoom=z
- Estadísticas energéticas, datos históricos*, publicadas en la Web Oficial de la Oficina Europea de Estadística (Eurostat), <https://ec.europa.eu/eurostat/web/energy/data/database>

Estructura de generación por tecnologías, publicado en la Web Oficial de Red Eléctrica de España, <https://www.ree.es/es/datos/generacion>

Estudio del Impacto Macroeconómico de las Energías Renovables en España 2017, https://www.appa.es/wp-content/uploads/2018/10/Estudio_del_impacto_Macroeconomico_de_las_energias_renovables_en_Espa%C3%B1a_2017.pdf

Europapress (2019): “España, entre los países de la UE que aún no ha alcanzado su objetivo de renovables para 2020, con un 17,5%”, *Europapress.es*, 12 de febrero, <https://www.europapress.es/economia/energia-00341/noticia-espana-paises-ue-aun-no-alcanzado-objetivo-renovables-2020-175-20190212174234.html>

García Charton, Federico (2019): “Objetivo incumplido”, *Eldiario.es*, 25 de febrero, https://www.eldiario.es/murcia/murcia_y_aparte/Objetivos-incumplidos_6_871822813.html

Informe Estadístico Energías Renovables, publicado en la Web Oficial del Ministerio para la Transición Ecológica, <http://informeestadistico.idae.es/t10.htm>

La energía en España en 2016, publicado por el Ministerio de Energía, Turismo y Agenda Digital, <https://energia.gob.es/balances/Balances/LibrosEnergia/energia-espana-2016.pdf>

Legislación renovable, publicado por la Appa, <https://www.appa.es/energias-renovables/legislacion-renovable/>

Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico (B.O.E. núm 319, de 27 de diciembre).

Paquete de medidas sobre clima y energía hasta 2020, publicado en la Web Oficial de la Unión Europea, https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2020_es

Planelles, Manuel (2017): “España incumple el objetivo que se fijó en el uso de renovables”, *Elpais.com*, 01 de febrero, https://elpais.com/economia/2017/01/31/actualidad/1485871507_148415.html

Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica (B.O.E. núm. 83, de 6 de abril).

Real Decreto 900/2015, de 9 de octubre, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo (B.O.E. núm 243, de 10 de octubre).

Renovables en el mundo y en Europa, publicado por la Appa, <https://www.appa.es/energias-renovables/renovables-en-el-mundo-y-en-europa/>

Trends in Renewable Energy, publicado en la Web Oficial de IRENA (International Renewable Energy Agency), <http://resourceirena.irena.org/gateway/dashboard/?topic=4&subTopic=16>

ANEXO

Tablas empleadas para la elaboración de los análisis y las gráficas del capítulo 3

Tabla 1. Estructura de generación por tecnologías en GWh

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018		Total	Media
RENOVABLE	98882	88851	88541	113047	99849	96984	104223	86860	102337		879574	97730
% Renovable	34,27%	31,81%	31,27%	41,37%	40,52%	36,26%	39,80%	33,11%	39,21%			
Hidráulica	41834	30437	20654	37385	33889	28383	36115	18451	34117		281265	31252
Turbinación bombeo	3120	2184	3202	3290	3061	2895	3134	2249	1994		25129	2792
Hidroeléctrica	0	0	0	0	1	8	18	20	24		71	8
Eólica	43545	42477	48525	54713	45936	48118	47697	47907	49581		428499	47611
Solar f.	6423	7441	8202	8327	7509	8244	7977	8398	7766		70287	7810
Solar t.	692	1862	3447	4442	4959	5085	5071	5348	4424		35330	3926
Otras renovables	2459	3714	3791	4334	3816	3433	3426	3610	3557		32140	3571
Residuos renovables	809	736	720	556	678	818	785	877	874		6853	761
NO RENOVABLE	189646	190503	194577	160240	146575	170470	157613	175446	158644		1543714	171524
% No renovable	65,73%	68,19%	68,73%	58,63%	59,48%	63,74%	60,20%	66,89%	60,79%			
Cogeneración	28111	30593	32444	30836	24153	25201	25909	28212	29007		254466	28274
Nuclear	59242	55006	58595	54211	49494	54662	56022	55539	53198		495969	55108
Ciclo combinado	66799	53431	41074	27570	23234	29027	29006	37066	30044		337251	37472
Carbón	23701	43177	53780	39442	41952	52616	37314	45019	37277		374278	41586
Fuel + Gas	8822	7008	7095	6564	5776	6484	6755	7002	6683		62189	6910
Residuos no renovables	2971	1288	1589	1617	1966	2480	2607	2608	2435		19561	2173
Total	288528	279354	283118	273287	246424	267454	261836	262306	260981			

Tabla 2. Medidas de dispersión de las renovables

	Total	Media	Desviación	Coef. Var. Pearson
Hidráulica	281265	31252	7693,19	0,2462
Turbinación b.	25129	2792	503,11	0,1802
Hidroeléctrica	71	8	10,03	1,2715
Eólica	428499	47611	3556,73	0,0747
Solar fotov.	70287	7810	626,04	0,0802
Solar térmica	35330	3926	1628,11	0,4147
Otras renov.	32140	3571	498,67	0,1396
Residuos r.	6853	761	102,21	0,1342
Total	879574	97730,44	8557,15	0,0876

Tabla 3. Tasas de variación anual de las renovables y el carbón

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Hidráulica	41834	30437	20654	37385	33889	28383	36115	18451	34117
%var.		-27,24%	-32,14%	81,01%	-9,35%	-16,25%	27,24%	-48,91%	84,91%
Turbinación b.	3120	2184	3202	3290	3061	2895	3134	2249	1994
%var.		-30,00%	46,61%	2,75%	-6,96%	-5,42%	8,26%	-28,24%	-11,34%
Hidroeléctrica	0	0	0	0	1	8	18	20	24
%var.						700,00%	125,00%	11,11%	20,00%
Eólica	43545	42477	48525	54713	45936	48118	47697	47907	49581
%var.		-2,45%	14,24%	12,75%	-16,04%	4,75%	-0,87%	0,44%	3,49%
Solar f.	6423	7441	8202	8327	7509	8244	7977	8398	7766
%var.		15,85%	10,23%	1,52%	-9,82%	9,79%	-3,24%	5,28%	-7,53%
Solar t.	692	1862	3447	4442	4959	5085	5071	5348	4424
%var.		169,08%	85,12%	28,87%	11,64%	2,54%	-0,28%	5,46%	-17,28%
Otras r.	2459	3714	3791	4334	3816	3433	3426	3610	3557
%var.		51,04%	2,07%	14,32%	-11,95%	-10,04%	-0,20%	5,37%	-1,47%
Residuos r.	809	736	720	556	678	818	785	877	874
%var.		-9,02%	-2,17%	-22,78%	21,94%	20,65%	-4,03%	11,72%	-0,34%
Total	98882	88851	88541	113047	99849	96984	104223	86860	102337
%var		-10,14%	-0,35%	27,68%	-11,67%	-2,87%	7,46%	-16,66%	17,82%
Carbón	23701	43177	53780	39442	41952	52616	37314	45019	37277
%var		82,17%	24,56%	-26,66%	6,36%	25,42%	-29,08%	20,65%	-17,20%

Tabla 4. Medias geométricas

	Media geométrica
Hidráulica	-2,52%
Turbinación bombeo	-5,44%
Hidroeléctrica	121,34%
Eólica	1,64%
Solar fotovoltaica	2,40%
Solar térmica	26,10%
Otras renovables	4,72%
Residuos renovables	0,97%
Total	0,43%

Tabla 5. Medidas de correlación y variables para analizarlo

	Eólica	Hidráulica	Solar f.	Solar t.	Turbinación	Otras rr	Residuos	Carbón	Carbón/Hidr.
Cov	15974718,111	44711166,037	-52910,074	2500192,975	1619607,395	700751,062	-365429,198	-30219946,642	-48964742,185
Sx	3556,731	7693,193	626,040	1628,114	503,108	498,670	102,208	8986,745	8986,745
Sm	8557,154	8557,154	8557,154	8557,154	8557,154	8557,154	8557,154	8557,154	7693,193
Sx * Sm	30435495,864	65831835,764	5357119,911	13932017,922	4305169,918	4267194,455	874611,758	76900957,785	69136765,056
r	0,525	0,679	-0,010	0,179	0,376	0,164	-0,418	-0,393	-0,708

*Cov: Covarianza, Sx: Desviación típica de la variable cuya correlación se estudia, Sm: Desviación típica de la media del total de las renovables, r: Coeficiente de correlación (-1<r>1)

*En el caso de Carbón/Hidráulica, Sx corresponde al carbón y Sm a la hidráulica