



IMPACTOS AMBIENTALES DE LA ELECTRICIDAD EN ESPAÑA EN 2018

ANÁLISIS DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES DEL MIX
ELÉCTRICO PENINSULAR DURANTE EL AÑO 2018 A TRAVÉS
DE LA METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA

septiembre 2019

IMPACTOS AMBIENTALES DE LA ELECTRICIDAD EN ESPAÑA EN 2018

ANÁLISIS DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES DEL MIX ELÉCTRICO PENINSULAR DURANTE EL AÑO 2018 A TRAVÉS DE LA METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA

© ACODEA 2019 (algunos derechos reservados)

Las opiniones en esta publicación no representan necesariamente las de la Fundación Acodea

Esta publicación puede ser reproducida con fines no comerciales sin permiso expreso de la Fundación Acodea siempre y cuando se cite la fuente (Cita: *“Impactos ambientales de la electricidad en España en 2018. Análisis de los impactos ambientales del mix eléctrico peninsular durante el año 2018 a través de la metodología de análisis de ciclo de vida. – ACODEA – 2019”*)

CREDITOS IMÁGENES:

Solid Forest, Acodea, Dominio Público o con créditos indicados en la propia imagen



IMPACTOS AMBIENTALES DE LA ELECTRICIDAD EN ESPAÑA EN 2018

ANÁLISIS DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES DEL MIX ELÉCTRICO PENINSULAR DURANTE EL AÑO 2018 A TRAVÉS DE LA METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA

INTRODUCCIÓN: PLAN DE PROYECTOS AMBIENTALES ACODEA 2019

Fundación ACODEA es una agriagencia de cooperación para el desarrollo, de habla hispana. Creada por UPA y FADEMUR en el año 2009, nace con el objetivo de apoyar el desarrollo de las cooperativas y organizaciones de productores, principalmente en América Latina, y contribuir a la mejora de las condiciones de vida de la población rural en los países en desarrollo.

Desde al año 2014, ACODEA es miembro de AgriCord, la alianza internacional de agriagencias, convirtiéndose en la organización española de referencia en términos de cooperación al desarrollo agropecuario y cooperativo.

Desde el año 2015, la Fundación ACODEA está impulsando el valor añadido que suponen el estudio y mejora de los aspectos medioambientales en los proyectos que fomenta. Este mismo año ACODEA desarrolló su primer proyecto de análisis medioambiental que incluía la elaboración de los ciclos de vida de productos alimenticios básicos como son el pan y la leche para el estudio de su desempeño ambiental.

En el año 2016, desde la Fundación se desarrolló el estudio del desempeño ambiental de los principales tipos de fertilizantes utilizados en España a través del análisis de su ciclo de vida. En este proyecto se analizó el desempeño ambiental de: fertilizantes industriales complejos, industriales simples, abonos ecológicos de diferentes tipos y fertilizantes producido a partir del digestato en una planta de biogás.

En el año 2017 las actividades ambientales de ACODEA incluyeron el análisis del ciclo de vida de los cultivos de plátano, algodón y tabaco

EL IMPACTO DE LA ELECTRICIDAD

El suministro de energía eléctrica supone una serie de impactos ambientales que no se producen en el punto de consumo, sino en la generación, transporte y transformación de la energía. El más conocido de estos impactos es el cambio climático, aunque existen muchos otros impactos.

Por segundo año consecutivo ACODEA realiza un análisis detallado de estos impactos en la generación de energía en España peninsular.

HUELLA AMBIENTAL

Es el conjunto de diferentes impactos ambientales debidos a todo el Ciclo de Vida de un producto o un servicio. Estos impactos son al aire, al agua, al suelo y a la salud, y están definidos por la normativa sobre Huella Ambiental de la Comisión Europea.

además de la elaboración de estudios relacionados con: el despoblamiento rural y sus implicaciones medioambientales, el uso de maquinaria agrícola y energías alternativas y, finalmente, un informe sobre el conocimiento del problema del cambio climático en las cooperativas agrarias. En el año 2018 el Plan de Proyectos Ambientales de ACODEA incluyó el estudio de los impactos ambientales asociados a los sistemas de gestión de purines de cerdo, la revisión de la caracterización ambiental del mix eléctrico de España en las bases de datos internacionales, el cálculo de la huella de carbono de la carne de porcino (este informe) y el desarrollo de una calculadora para la valoración de empresas en economía circular.

Este año 2019, dentro del Plan de Proyectos Ambientales de ACODEA, se realiza la actualización del **informe anual sobre los impactos ambientales de la producción de energía eléctrica en España peninsular**, con datos de la anualidad 2018.

ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DEL PROYECTO

La producción, transporte y transformación de electricidad, como toda actividad de la sociedad, supone una serie de **impactos hacia la salud y el medio ambiente**. Estos impactos varían según el tipo de infraestructura generadora y transformadora. Así, por ejemplo, mientras que una central generadora que utilice carbón tiene unas altas emisiones al aire de CO₂ y partículas en suspensión, una central nuclear no produce prácticamente emisiones de CO₂ o partículas, pero genera residuos nucleares altamente contaminantes para el medio y perjudiciales para la salud, y una central hidroeléctrica tampoco tiene emisiones al aire, pero supone un impacto sobre el terreno y la biodiversidad natural.

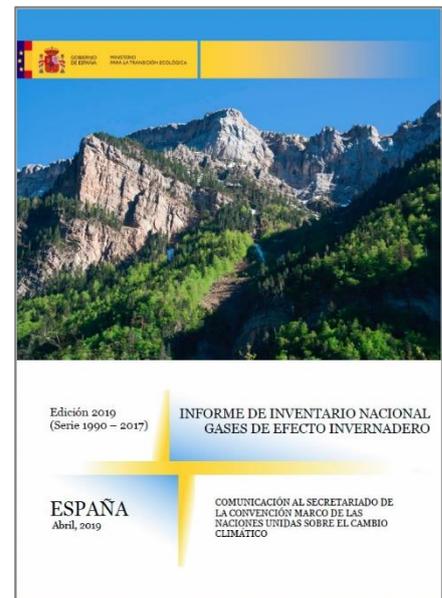
Dentro de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, España, desde el Ministerio para la Transición Ecológica, y anteriormente desde el Ministerio de Medio Ambiente, realiza todos los años un **Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero**, que incluye las emisiones del sector eléctrico.

Pero como hemos indicado anteriormente, la producción de electricidad no impacta únicamente al cambio climático. Existen muchos otros impactos ambientales que se deben considerar, y no se reflejan en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero.

Entidades fuera de España, como *Theecoinvent Association* (anteriormente denominada *The Swiss Centre for Life Cycle Inventories*) publican para sus clientes el Inventario de Ciclo de Vida¹ de múltiples procesos, entre los que se incluye la producción de

electricidad en España. Esto permite utilizar estos Inventarios dentro de un Análisis de Ciclo de Vida para cualquier producto o proceso que requiera electricidad en España. Pero estos inventarios publicados tienen el problema de estar modelados a partir de otros sistemas eléctricos, que se “personalizan” para sistema de generación del país, pero sólo considerando los datos de producción por tecnología y algunas emisiones directas, obviando la infraestructura, y muchas veces con importantes diferencias con respecto a las tecnologías utilizadas realmente y al mix eléctrico real.

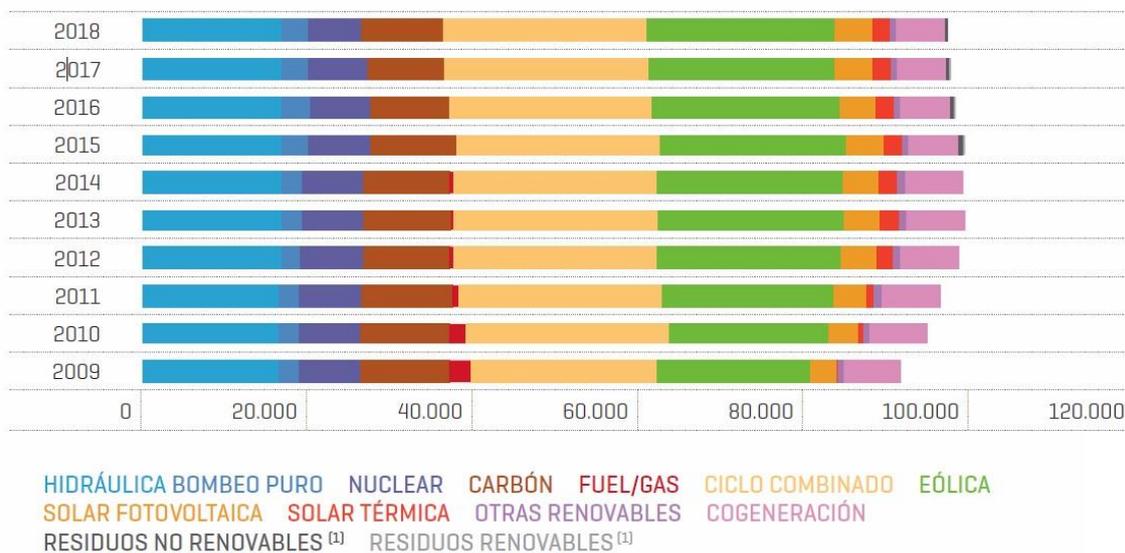
Desde al año 2018, ACODEA lleva realizando anualmente el **Inventario de Ciclo de Vida del sistema eléctrico peninsular español**, que aporta esta nueva información que no se encuentra disponible desde ninguna otra fuente. Es por tanto el objetivo de este proyecto continuar con estos trabajos, desarrollando este **inventario de ciclo de vida para la anualidad 2018**, que contempla la realidad de las tecnologías e infraestructuras, y se encuentra disponible de forma gratuita para el público general y la propia Fundación Acodea.



EL SISTEMA ELÉCTRICO ESPAÑOL EN EL AÑO 2018

De forma similar a otros países de nuestro entorno, España no dispone de grandes recursos de combustibles fósiles, por lo que tradicionalmente la energía eléctrica en España se ha generado en base a generación térmica utilizando combustibles nacionales, pero principalmente importados, y a la generación hidroeléctrica (que ya en el año 1901 suponía el 40% de la capacidad instalada² y que llegó a suponer el 84% en 1960). A partir de finales de los años 60 del siglo XX, debido al crecimiento de la actividad económica fue necesario un rápido incremento de la capacidad instalada, lo que supuso la instalación de más centrales térmicas y más grandes (favorecidas por la reducción de

los precios de determinados combustibles en el momento de su planificación, pero perjudicadas por la rápida subida de los precios en el momento real de su puesta en marcha) y de centrales nucleares. Los años 80 fueron los de mayor incremento de la capacidad instalada, aumentando el número de centrales nucleares y de centrales hidroeléctricas, hasta llegar incluso a una situación de sobrecapacidad en los años 90. Con la adhesión de España al protocolo de Kioto en 1998 empieza a crecer el número de instalaciones de generación renovable, y paralelamente empiezan a popularizarse las instalaciones de cogeneración.

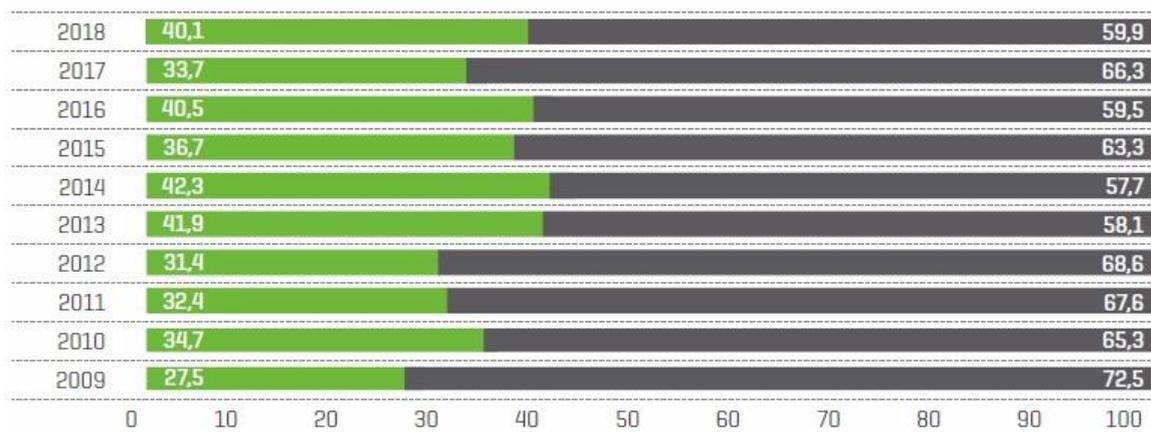


[1] Potencia incluida en otras renovables y cogeneración hasta el 31/12/2014.

Fuente: Datos Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia [CNMC] hasta el 2014 en: hidráulica no UGH, eólica, solar fotovoltaica, solar térmica, otras renovables, cogeneración y residuos.

Figura 1 - Evolución de la potencia eléctrica instalada en la península (MW). Fuente: Informe del sistema eléctrico español 2018 - Red Eléctrica de España

En los últimos años hemos visto como la potencia instalada se ha reducido ligeramente (ver figura 1). Cabe destacar el cierre definitivo de la Central Nuclear de Garoña en el año 2017, y la práctica desaparición de las centrales de fuel, acompañada con el aumento de la potencia instalada en renovables, que ha continuado durante el año 2018, suponiendo ya más del 40% de la potencia instalada.



RENOVABLES: HIDRÁULICA, EÓLICA, SOLAR FOTOVOLTAICA, SOLAR TÉRMICA, RESIDUOS RENOVABLES Y OTRAS RENOVABLES

NO RENOVABLES: NUCLEAR, CARBÓN, FUEL/GAS, CICLO COMBINADO, COGENERACIÓN, TURBINACIÓN BOMBEO Y RESIDUOS NO RENOVABLES

Figura 2 - Evolución de la generación de electricidad renovable y no renovable en España

Es necesario señalar que, a la hora de calcular los impactos ambientales, tal como se realiza en este proyecto, los datos de trabajo son los correspondientes a la potencia efectivamente generada durante el año 2018, que no se corresponde estrictamente con la potencia instalada. Así, por ejemplo, mientras que en el año 2017 la energía hidráulica suponía un 17,2% de la potencia instalada, solo generó el 7,1% de la energía consumida ese año, y al contrario otras como la energía nuclear, que ese mismo año suponía sólo el 7,2% de la potencia instalada, generó el 21,6% de la energía consumida. En el año 2018 sin embargo, mientras que la potencia instalada en energía hidráulica se mantuvo en el 17,2%, su producción fue mucho mayor que en el año anterior, alcanzando el 13,8% de la energía total producida en la península. La energía de origen nuclear se mantuvo durante 2018 en ratios similares al año anterior, pero la energía procedente del carbón y de las centrales de ciclo combinado produjeron respectivamente un 17,8% y un 21,5% menos que el año anterior. Estos importantes cambios muchas veces no se incorporan a los estudios de impactos ambientales de la producción de electricidad, y que sí se incluyen en este trabajo.

Durante el año 2018 la producción desde fuentes renovables fue considerablemente superior a la de 2017, lo que sin duda se refleja en los resultados del inventario y los impactos ambientales del sistema eléctrico, tal como se describirá a lo largo de este documento.

En la Figura 2 vemos como la generación renovable en los últimos años, varía ampliamente entre el 30% y el 40% del total. Esto es debido principalmente a las condiciones climatológicas, además de otros factores económicos y sociales externos que pueden fomentar o no el uso de este tipo de sistemas.

Para llevar a cabo este proyecto, se ha contado principalmente con la información aportada por Red Eléctrica de España, en lo referente a generación y transporte de electricidad, y con información de otras fuentes como el Ministerio de Transición Ecológica, empresas comercializadoras de energía, observatorios independientes y distintas asociaciones del sector energético.

Este informe se corresponde con la producción para el año 2018 en el ámbito únicamente peninsular.

ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA

METODOLOGÍA

Para llevar a cabo este trabajo, se ha realizado un análisis exhaustivo de la producción eléctrica en España, así como de los sistemas y tecnologías de generación y distribución.

Tomando como base los datos de generación para el año 2018 para la península, se ha desarrollado un modelo de producción que incluye todo el ciclo de vida de la energía, desde la extracción y transporte de combustibles fósiles, nucleares y de cualquier tipo en el caso que corresponda, hasta el transporte de la energía y transformación a baja tensión para su uso final, pasando por el análisis de la construcción de toda la infraestructura necesaria, aplicando los impactos correspondientes a la amortización durante un año de las instalaciones e infraestructura.

En muchos casos, se ha contado con la información de inventarios ya existentes para los elementos básicos del sistema, tales como la estructura de generación, para la que se han utilizado principalmente datasets de la base de datos ecoinvent™, que en algunos casos especialmente relevantes se han adaptado a la realidad geográfica, tecnológica y temporal de este proyecto.

Una vez desarrollado el modelo, se ha aplicado la metodología de Análisis de Ciclo de Vida, según las normativas internacionales UNE-EN ISO 14040:2006 “Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Principios y marco de referencia.” UNE-EN ISO 14044:2006 “Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Requisitos y directrices.”

Sobre esta normativa se ha aplicado la guía *International Reference Life Cycle Data System (ILCD)*, desarrollada por la **Comisión Europea**, que permite desplegar la información de Inventario desarrollada a través del Análisis de ciclo de vida y transformarla en unos impactos ambientales reconocibles y de especial interés en el ámbito europeo. Actualmente la metodología ILCD,

diseñada por la Comisión Europea para homogeneizar los resultados de los análisis de ciclo de vida y utilizada en este estudio, contempla aproximadamente 40.000 flujos elementales influyentes en lo que denominamos **huella ambiental**.

La Huella Ambiental distingue impactos al agua, al suelo, al aire y a la salud, hasta un total de 14 impactos diferentes, que se muestran en la Figura 3. Todos ellos se han evaluado dentro de este proyecto.

HERRAMIENTAS SOFTWARE

Para realizar un análisis de ciclo de vida (ACV) según las metodologías internacionales ISO 14040 e ISO 14044 es necesario utilizar herramientas software profesionales.

Las herramientas software para ACV permiten asegurar que los complejos cálculos de los impactos ambientales se realizan correctamente y que las múltiples entradas y salidas de emisiones y materiales son manejados y tratados de una forma precisa, eficaz y confiable.

En este proyecto se ha trabajado con el software Air.e LCA™, integrado con la base de datos de factores de emisión Ecoinvent 3.5. Air.e LCA ha sido desarrollada íntegramente en España por la empresa Solid Forest.

Air.e LCA™ permite desarrollar un modelo completo de ciclo de vida, identificando por fases y tipos los elementos que lo componen. A través de un interfaz gráfico con el que se añaden elementos al ciclo de vida se diseña el modelo completo de ACV o mapa de procesos. Cada uno de los elementos añadidos puede ser personalizado y parametrizado para adecuar sus componentes, sus entradas y salidas a la realidad del producto u organización analizados.

	Impacto	Descripción	Consecuencias	Unidad	Ejemplo
Atmósfera	Cambio climático	Capacidad de aumentar el efecto invernadero de la atmósfera	Aumento de la temperatura global del planeta (aumento nivel del mar, alteración del clima...)	t CO2 e	Uso de combustibles fósiles (emisiones de CO2)
	Agotamiento de la capa de ozono	Capacidad de disminuir la protección frente a la radiación ultravioleta de la capa de ozono de la estratosfera	Aumento de la radiación ultravioleta en la tierra, con consecuencias para los seres vivos (ej. cáncer de piel para el ser humano, reducción del plancton...)	kg CFC-11 e	Uso de propelentes tipo CFC
	Acidificación	Aumento de la acidez (disminución del pH) del agua o del suelo, generalmente por la disolución de sustancias que reaccionan creando ácido sulfúrico y nítrico	Lluvia ácida (precipitaciones con un pH inferior a 5,6) con consecuencias sobre el equilibrio de los ecosistemas, salud, cultivos, visibilidad, materiales, etc.	Mol equivalente de H+	Uso de combustibles fósiles (emisiones de SO2 y NOx)
	Formación de ozono fotoquímico	Capacidad de crear ozono en la troposfera por reacciones fotoquímicas de sustancias emitidas a la atmósfera	Ozono en superficie (contaminante) Smog fotoquímico en las ciudades. Efectos para la salud y sobre los seres vivos.	kg eq COVDM	Uso de combustibles fósiles (Partículas y NOx)
Agua	Agotamiento de los recursos – agua	Consumo de agua en relación con la escasez de agua a nivel local	Disminución del agua disponible	m3 de agua	Uso de agua durante los lavados
	Ecotoxicidad del agua dulce	Aumento de las sustancias que tienen un efecto nocivo directo sobre el agua dulce y las especies que habitan en él	Contaminación del agua (efectos para los seres vivos)	CTUe	Productos con etiquetado de toxicidad o peligrosidad
	Eutrofización - Acuática	Aumento de nutrientes que favorezcan el crecimiento de algas y vegetación en el agua	Disminución del oxígeno en el agua, provocando la reducción de calidad de la misma hasta la desaparición de la vida acuática	kg eq de P (agua dulce) o N (agua marina)	Uso excesivo de fertilizantes nitrogenados
Suelo	Eutrofización – terrestre	Aumento de nutrientes que favorezcan el crecimiento de plantas de crecimiento rápido	Desplazamiento de las plantas originales. Desequilibrio en el ecosistema afectado.	Mol equivalente de N	Uso excesivo de fertilizantes nitrogenados
	Agotamiento de recursos (minerales)	Consumo de minerales en relación a las reservas existentes en la zona	Disminución del recurso disponible	kg eq Sb	Uso excesivo de materiales no renovables
	Uso del suelo	Aumento del suelo ocupado o transformado, utilizando como parámetro de medida el carbono orgánico en el suelo	Cambios en el entorno y la biodiversidad, erosión, etc.	kg Cdef	Actividades de deforestación
Salud	Toxicidad humana - efectos cancerígenos	Aumento de la concentración en el ambiente de sustancias con efectos cancerígenos para el ser humano	Aumento de las probabilidades de contraer determinados tipos de cáncer en las zonas afectadas	CTUe	Cloruro de vinilo (para fabricar PVC) Amianto
	Toxicidad humana - efectos no cancerígenos	Aumento de la concentración en el ambiente de sustancias tóxicas para el ser humano pero sin efectos cancerígenos	Aumento de las probabilidades de envenenamiento y contraer determinados tipos de enfermedades en las zonas afectadas	CTUe	Productos con etiquetado de toxicidad
	Partículas inorgánicas con efectos respiratorios	Liberación de pequeñas (menos de 2,5 micras) partículas inorgánicas al aire que pueden provocar problemas respiratorios en el ser humano	Problemas respiratorios graves	kg eq de PM2,5	Uso de calefacciones de gasóil
	Radiación ionizante	Radiación ionizante liberada al medio que tiene el potencial para afectar a la salud humana	Diversos problemas para la salud	kg de U235	Producción de energía nuclear

Figura 3 - Impactos ambientales contemplados en este proyecto (Metodología ILCD)

Ya que el análisis de ciclo de vida implica conocer los impactos ambientales directos e indirectos, para poder incorporar elementos como materiales y procesos al ACV es necesario contar con una base de datos de factores ambientales que sea reconocida internacionalmente y de confianza. El utilizar una base de datos de factores ambientales reconocida dará soporte, capacidad de réplica y credibilidad al resultado del ACV. En este proyecto se ha utilizado la conocida base de datos Ecoinvent™ en su versión más actualizada v3.5. Esta base de datos

contiene información ambiental relativa a las emisiones e impactos asociados a multitud de elementos, procesos y materiales, cada uno de ellos con sus propios parámetros y sus entradas y salidas de emisiones denominadas flujos elementales.

Utilizando un software como Air.e LCA podemos personalizar los dataset de la base de datos Ecoinvent para adaptándolos a la situación y sistemas productivos reales del sistema que está siendo analizado.

MODELADO DEL MIX ELÉCTRICO

MIX ELÉCTRICO

Denominamos “Mix Eléctrico” al conjunto de distintas tecnologías utilizadas durante un periodo para genera energía eléctrica. En España distinguimos el mix eléctrico Nacional, Peninsular, Baleares, Canarias, Ceuta y Melilla. Este estudio se refiere al sistema Peninsular.

Durante el año 2018, Red Eléctrica de España ha publicado su informe completo anual sobre el sistema eléctrico español en el año 2017. Este informe es la base para la realización de este proyecto, y en concreto se ha trabajado con el sistema de generación indicado en la figura 4.



Tecnología	GWh 2018
Hidráulica	34.103,08
Turbinación con bombeo	2.009,38
Nuclear	53.197,62
Carbón	34.881,64
Fuel/gas	-
Ciclo combinado	26.402,92
Hidroeólica	-
Eólica	48.945,65
Solar fotovoltaica	7.373,99
Solar térmica	4.424,33
Otras renovables	3.546,52
Cogeneración	28.980,77
Residuos no renovables	2.293,85
Residuos renovables	732,97
Total Generación 2018	246.892,72
Consumos en bombeo	-3.198,47
Enlace Península-Baleares	-1.233,36
Saldo intercambios internacionales	11.102,31

Figura 4 - Balance energético peninsular 2018

CENTRALES DE TURBINACIÓN BOMBEO

Las centrales hidráulicas de bombeo son aquellas en las que hay dos embalses situados a diferente altitud, y el superior se llena con agua procedente del embalse inferior mediante bombeo. Si el embalse superior no tiene aportes naturales de agua se denomina “Bombeo puro” y en caso contrario se denomina “Bombeo mixto”.

Este tipo de centrales permiten disponer de una reserva de energía hidroeléctrica que es más independiente del flujo natural del agua que una central hidroeléctrica convencional. Así, cuando el embalse inferior tiene excedentes y en “horas valle” donde el precio de la electricidad es más bajo, se puede bombear el agua al embalse superior para mantener una reserva en casos de una demanda superior en “horas punta” donde resulta más rentable.

Así, este tipo de centrales durante el año 2018 han consumido más electricidad que la electricidad que han generado. Para generar 2.009 GWh se han consumido 3.198 GWh, por lo que se ha modelado este consumo en el Análisis del proyecto como 1,59 kWh consumidos por cada kWh generado.

GENERACIÓN HIDROELÉCTRICA NO ALPINA

Para modelar las centrales hidroeléctricas se han utilizado los datos del documento “*Environmental sustainability assessment of hydropower plant in Europe using life cycle assessment*” - Tabla 1 (M. A. P. Mahmud, N. Huda, S. H. Farjana, y C. Lang - 2nd International Conference on Reliability Engineering (ICRE 2017)). Estos datos corrigen y actualizan los datos existentes actualmente en la base de datos ecoinvent™ para sistemas de hidrogenación no alpina, que es donde ecoinvent™ ha situado tradicionalmente a este tipo de generación para España.

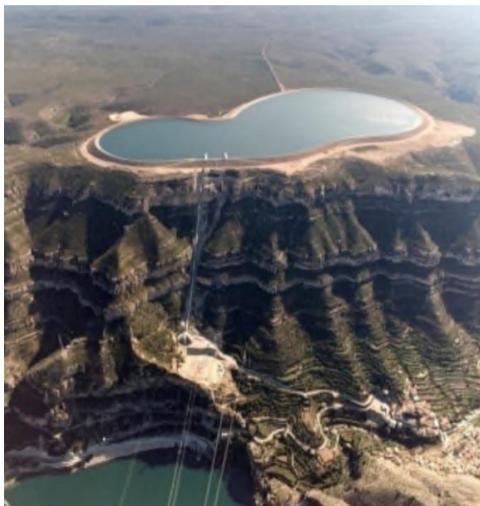


Imagen 1 - Central Hidroeléctrica La Muela (Imagen: Iberdrola)

Con este modelo se actualizan principalmente los datos de infraestructura tales como la transformación del terreno, de consumo de agua, aceites lubricantes. Cabe destacar que la diferencia entre los datos disponible utilizados hasta ahora en muchos Análisis de Ciclo de Vida que utilizaban los datasets para producción de electricidad en España procedentes de ecoinvent y los incorporados a este nuevo modelo son de un orden de magnitud, considerándose anteriormente elementos antes citados como la

superficie transformada, etc. 10 veces superior por unidad de energía, lo que resultaba muy desfavorable en los análisis.

Dentro de este tipo de generación, también se han actualizado las emisiones biogénicas de gases en los embalses, a partir de Hertwich, E.G. 2013. *Addressing Biogenic Greenhouse Gas Emissions from Hydropower in LCA*. Environmental Science & Technology, 47, 9604-9611. En este documento se indica que la capacidad de la energía hidroeléctrica para contribuir a la mitigación del cambio climático se cuestiona a veces, citando las emisiones de metano y dióxido de carbono que resultan de la degradación del carbono biogénico en los embalses y pantanos. Sin embargo, estas emisiones no siempre se incluyen en los análisis de ciclo de vida, lo que lleva a un sesgo en las comparaciones entre tecnologías.

También se ha incorporado al modelo una estimación del agua incorporada y devuelta al sistema, así como la evaporada, lo que contribuye al impacto sobre el uso de residuos y a lo que a veces se denomina “Huella Hídrica”. En este sentido, y a partir de los datos de Mahmud et. al, se ha considerado una evaporación de agua de 0,003 m³ por cada kWh generado

En el estudio realizado por Hertwich, en una muestra de 82 mediciones, se comprobó que las emisiones de metano por kWh de energía hidroeléctrica generadas se distribuyen normalmente, y van desde microgramos hasta decenas de kg. Un análisis de regresión multivariante mostró que la superficie de agua embalsada por kWh de electricidad es la variable explicativa más importante. El flujo de emisiones de metano por área de reservorio se correlaciona con la producción primaria neta natural del área, la edad de la central eléctrica y la inclusión de emisiones de burbujas en la medición. Incluso juntos, estos factores no explican la mayor parte de la variación en el flujo de metano. El promedio global de emisiones de la energía hidroeléctrica se estima en 85 g de CO₂ por kWh y 3 g de CH₄ por kWh, con un factor de incertidumbre multiplicativo de 2. Estos datos han sido incorporados a este informe.

GENERACIÓN NUCLEAR

Tras el desmantelamiento de la central de Garoña en el año 2017, sólo la central de Cofrentes tiene reactor de ebullición. El resto de centrales disponen de un reactor de agua a presión.

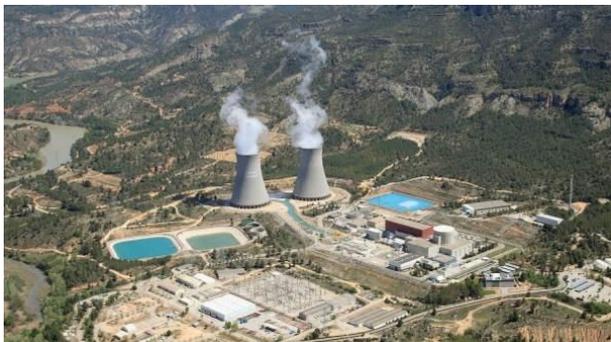


Imagen 2 - Central de Cofrentes (Imagen: Iberdrola)

En el presente proyecto se han modelado las dos tecnologías según la capacidad instalada existente, dado que no ha sido posible acceder al dato real de generación por tecnología. Los datos de potencia instalada se han obtenido a partir de información facilitada por el Ministerio para la Transición Ecológica³, incorporándose al modelo de la siguiente manera:

- Ebullición: 14,8%
- Presión: 85, 2%

En total, durante el año 2017 se generaron 55.539,56 GWh de electricidad desde centrales nucleares, lo que supuso el 22% de la producción, siendo por tanto el principal sistema del mix eléctrico español ese año.

CENTRALES DE CARBÓN

La generación por carbón en 2017 fue de 42.422,11 GWh, lo que supuso el 17% de la generación de electricidad en España. Mientras la capacidad instalada se ha mantenido en los últimos años en el entorno del 10%, la generación oscila anualmente entorno al 15%, con variaciones entre el 12% y el 20% dependiendo del uso de las otras tecnologías disponibles.

La minería del carbón en España se ha reducido sustancialmente en las últimas décadas, pasando a ser prácticamente residual en cuanto a su aporte como combustible a las centrales de

generación. Según datos de Carbuni3n (Federaci3n nacional de empresarios de minas de carb3n) y del Ministerio de Energ3a, Turismo y Agenda Digital en un informe publicado en febrero de 2018, el porcentaje de participaci3n del carb3n producido en Espa3a en la generaci3n de energ3a ha pasado del 43% en 2011 al 14% en 2017.



Imagen 3 - Central de carb3n Compostilla II (Imagen: C. S3nches -Ical-)

A la hora de realizar correctamente el An3lisis de Ciclo de Vida de la producci3n de electricidad, es necesario considerar el origen de los combustibles. Esta variaci3n en los 3ltimos a3os en el origen del carb3n consumido hace que las estimaciones que se estaban realizando hasta ahora en bases de datos que utilizaban un modelo est3ndar de emisiones de producci3n para Espa3a, sean incorrectas. Es necesario realizar un nuevo modelo de las importaciones de carb3n.

En el modelo realizado en este proyecto, se han modelado las importaciones de carb3n a partir de los datos estad3sticos proporcionados por Carbuni3n y por el Observatorio Cr3tico de la Energ3a, aplic3ndose la asignaci3n que se indica en la Figura 5, que corresponde al a3o m3s reciente disponible.

Origen del Carb3n	Porcentaje sobre el consumo en centrales en 2017
Nacional	14,51%
Australia	5,13%
Colombia	28,21%
Indonesia	17,95%
Rusia	16,24%
Sud3frica	8,55%
EEUU	6,84%
Otros	2,56%
TOTAL	100,00%

Figura 5 - Origen del carb3n en 2017

COGENERACIÓN

La cogeneración es el sistema de generación simultáneo de calor y de electricidad. Se considera un sistema de generación más eficiente que el convencional, aunque no debe confundirse con un sistema de producción renovable, puesto que utiliza principalmente combustibles fósiles, pese a que en España se regula de forma similar a la generación renovable o desde residuos (Real Decreto 413/2014, de 6 de junio). La potencia instalada en el año 2018 en la península en sistemas de cogeneración ha

sido de 5.596 MW (según el “Informe mensual de ventas de energía de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos” con fecha enero de 2019 de la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia), suponiendo una reducción del 0,8% respecto al año 2017, lo que continúa la tendencia iniciada en el año 2011, como se muestra en la Figura 6, elaborada a partir de datos de la Comisión Nacional del Mercado de la Competencia a enero de 2019.

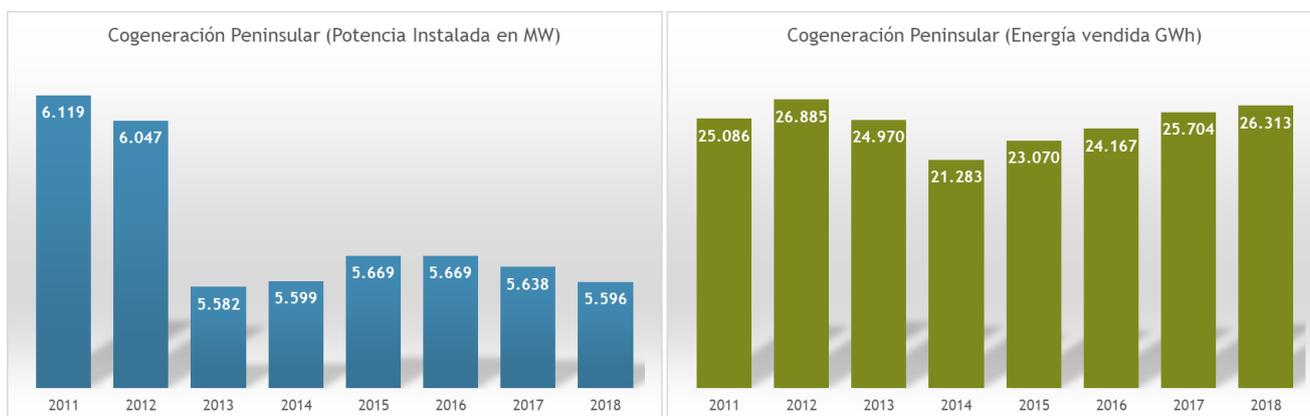


Figura 6 - Tendencia de la Cogeneración en España (Península) Datos: CNMC enero 2019

Las instalaciones de cogeneración en España son generalmente de pequeño tamaño, siendo el 82% de ellas inferiores a 10 MW. Estas instalaciones suponen el 40% de la potencia instalada (ver figura 7). En las bases de datos actuales con inventarios de ciclos de vida, no existen opciones suficientes para representar las

tecnologías instaladas en España, puesto que por lo general los modelos existentes suelen referirse a instalaciones de más de 100 MW. De cara a este proyecto se ha optado por realizar el modelo basándose principalmente en el tipo de combustible utilizado, y donde ha sido posible, también en el tamaño de la instalación.

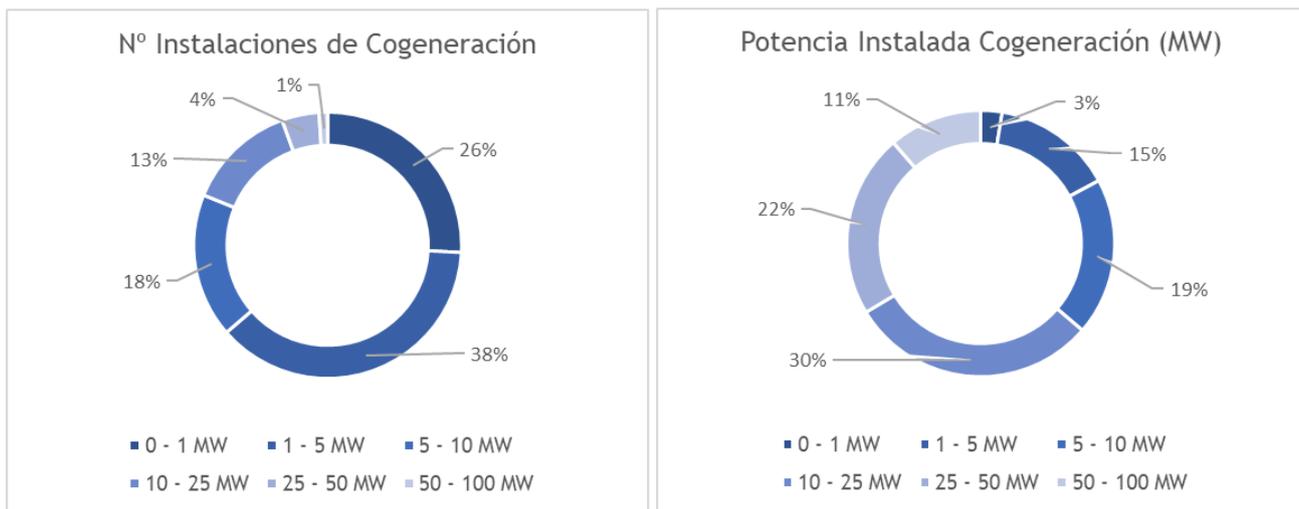


Figura 7 - Cantidad y tamaño de las instalaciones de cogeneración. Datos: Encuesta ACOGEN 2016

Para realizar el modelo de producción de electricidad por Cogeneración se ha partido de los datos ofrecidos por la Comisión Nacional del Mercado de la Competencia sobre el consumo de combustibles en cogeneración, que son los

mostrados en la Figura 8. De cara a la simplificación del modelo, y viendo el bajo impacto en el Inventario final, se ha optado por modelar el combustible utilizado como un 89% como gas natural y un 11% como fuel-oil.

Combustible utilizados en Cogeneración en 2018 por kWh vendido	
Gas natural	88,62%
Gasoil	0,50%
Fuel Oil	10,47%
Calor residual	0,10%
Carbón de importación	0,31%
GLP	0,00%
Total	100,00%

Figura 8 - Combustible consumido para cogeneración en el 2018. Datos: CNMC 2019

EÓLICA

En un sector que mantiene un crecimiento sostenido durante los últimos años, en 2018 existían en España 1.123 parques eólicos, de los cuales 992 están situados en la península (datos de la Asociación Empresarial Eólica 2019). El aumento en el número de instalaciones eólicas en 2018 se ha producido principalmente en las Islas Canarias (más de 190MW nuevos), por lo que no afectan a este inventario, que sólo incluye la red eléctrica peninsular.

Para poder realizar un modelo más preciso de la estructura de generación eólica se han agrupado estos parques eólicos según la potencia de los aerogeneradores instalados en tres tipologías: Aerogeneradores de menos de 1MW, aerogeneradores de más de 1MW hasta 3MW (incluidos), aerogeneradores de más de 3MW.

No se ha encontrado una información detallada y a la vez actualizada sobre la composición del total de los 992 parques eólicos a incluir en este

proyecto, por lo que se ha optado por utilizar la información más reciente publicada por la Asociación Empresarial Eólica, asociación que

representa aproximadamente al 90% de empresas del sector.

POTENCIA EÓLICA INSTALADA POR COMUNIDADES AUTÓNOMAS EN 2018 (EN MW Y PORCENTAJE DE CUOTA DE MERCADO)

COMUNIDAD AUTÓNOMA	Potencia instalada en 2018	Acumulado a 31/12/2018	Porcentaje sobre el total	Nº de parques
Castilla y León		5.595	23,82%	244
Castilla-La Mancha	10,37	3.817	16,26%	144
Galicia	68	3.422	14,57%	161
Andalucía	30	3.331	14,18%	154
Aragón	90,9	2.002	8,52%	93
Cataluña	2,35	1.271	5,41%	47
Comunidad Valenciana		1.189	5,06%	38
Navarra		1.004	4,27%	49
Asturias		518	2,21%	23
La Rioja		447	1,90%	14
Murcia		262	1,12%	14
Canarias	190,165	431	1,84%	85
País Vasco		153	0,65%	7
Cantabria		38	0,16%	4
Baleares		4	0,02%	46
TOTAL	392	23.484		1.123

Fuente: AEE

Figura 9 - Potencia eólica instalada en España en 2017. Fuente: Asociación Empresarial Eólica

Según los datos recogidos, que se han utilizado para realizar la generalización del sector, el 30% de la potencia instalada corresponde a aerogeneradores de menos de 1MW, el 69% corresponde a aerogeneradores de más de 1MW hasta 3MW, y el 1% restante corresponde a aerogeneradores de más de 3MW. Dado que no existe información detallada completa sobre la generación anual por parque, se ha considerado que la proporción de energía generada por cada tipología de aerogenerador se corresponde con la proporción de potencia instalada.

Al analizar los datos existentes actualmente en la base de datos de inventarios consultada para modelar la aerogeneración, se ha concluido que los modelos existentes para cada tecnología son suficientemente representativos de la tecnología y geografía de España, siendo únicamente necesario actualizar los datos de transportes necesarios para operación y mantenimiento, para incluir vehículos tipo EURO4.

BIOGAS Y BIOMASA

En el informe sobre el sector eléctrico para el año 2018 proporcionado por Red Eléctrica de España se indica la generación de electricidad de las fuentes denominadas "Otras renovables". Dentro de este grupo se incluye la generación por biomasa y biogás, pero no los residuos, que se incluyen por separado. No existe distinción entre la energía generada a partir de biomasa y a partir de biogás, por lo que es necesario realizar una estimación.

Tampoco ha sido posible encontrar un listado detallado de instalaciones de este tipo de tecnología que incluya el detalle del combustible, por lo que se ha optado por realizar el modelo de la electricidad para el año 2018 a partir de los objetivos PANER⁴ para 2020. En este plan se incluye la previsión de la siguiente capacidad instalada:

Biomasa eléctrica= 1.000 MW
Biogás= 400 MW
FORM= 187 MW

A partir de estos datos realizamos la siguiente estimación para el modelado de la energía. Actualmente existen dos tecnologías principales para la producción de energía eléctrica a partir de la luz solar, la energía fotovoltaica y la energía termoeléctrica. Red Eléctrica de España proporciona información sobre generación de forma independiente para estas dos tecnologías, aunque no especifica el tipo concreto de central generadora. Para poder realizar el modelo de producción, se ha distinguido tanto el tipo de energía (fotovoltaica y termoeléctrica), como el tipo y tamaño de instalación.

Para la energía termoeléctrica, se han considerado dos tipologías de central: parabólica de 50MW y torre solar de 20 MW. Actualmente

generada por biomasa y por biogás: BIOMASA 74%, BIOGAS 26%

SOLAR

España cuenta con 50 centrales en operación que suman 2.300 MW de potencia, siendo el mercado con mayor capacidad operativa del mundo. Para conocer la potencia instalada por cada tipo de central se ha contado con los datos proporcionados por Protermosolar⁵ en su informe sobre instalaciones termosolares en España con fecha 2018, de donde se extrae que el 95% de la potencia instalada corresponde a instalaciones de tipo Canales Parabólicos con una capacidad instalada de 50MW por central, y el 5% restante corresponde a instalaciones de torre o similares, con capacidad inferior a 30MW, y asimilables a torre solar de 20MW.

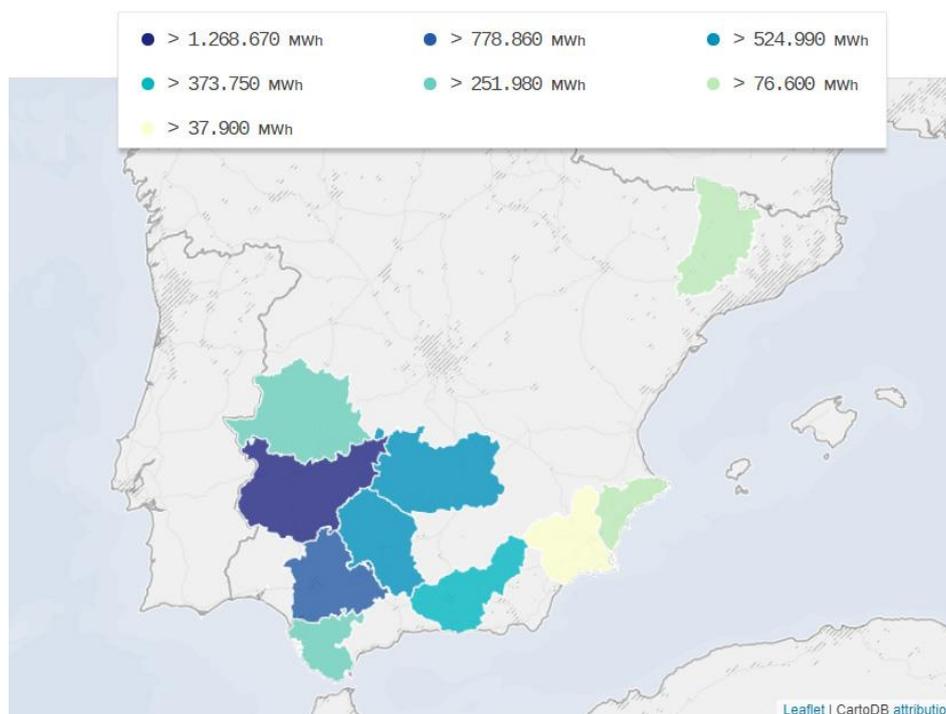


Figura 10 - Generación termosolar en desde 1 de enero de 2018 hasta 31 de diciembre 2018. Fuente: REE

Respecto a la energía fotovoltaica, según el Registro administrativo de instalaciones de producción de energía eléctrica⁶, existen 59.160 instalaciones en la península, con una potencia total instalada de 465,04 MW, mismo valor que existía en el año 2017, por lo que el inventario en

este sector no ha variado por el año 2018. Igual que con las metodologías descritas anteriormente, de cara al modelado del mix eléctrico, dado que no es posible conocer con precisión el suministro realizado a lo largo del año por cada una de estas instalaciones, se equipara

la proporción de generación a la proporción de potencia instalada, agrupando las instalaciones en dos grupos: Las instalaciones del grupo b.1.1 Tipo I.2, según la clasificación del Real Decreto 1578/2008 (instalaciones fotovoltaicas no sobre cubierta) con una potencia instalada de 600 kW o más, y el resto, quedando la distribución que se muestra en la figura 11:

Respecto a las instalaciones del grupo “resto”, se modelan también separadamente por tecnología, distinguiendo las que usan Silicio Monocristalino y Silicio Multicristalino, que son las dos

tecnologías más comercializadas a nivel internacional. Para modelar la proporción entre ambas tecnologías se han utilizado los datos del informe “Photovoltaics Report” del Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems, ISE. En este informe se revela que, en el año 2008, año tomado como referencia en este proyecto puesto que fue el año del mayor crecimiento de la potencia fotovoltaica instalada en España según REE, aproximadamente el 58% de los paneles vendidos fueron multi-Si, y el 42% fueron mono-Si.

Grupo Normativo	Potencia Instalada	Representación
b.1.1 Tipo I.2 (+600 kW)	324,93 MW	69,9%
Resto	140,11 MW	30,1%

Figura 11 - Agrupación de instalaciones fotovoltaicas para el modelo realizado

INTERCAMBIOS INTERNACIONALES Y CON LAS ISLAS

La Red Eléctrica española está conectada de forma física con las redes de los países fronterizos y con las Islas Baleares, Canarias, Ceuta y Melilla, por lo que es necesario considerar en el modelo los balances de intercambio de energía a lo largo del año. Los envíos al exterior (incluyendo territorios nacionales no peninsulares) se han modelado

simplemente descontando la energía suministrada desde la península a lo largo del año dentro del modelo (sólo se considera la energía que se consume en la península). La energía importada se ha añadido al modelo a partir de los datasets más recientes disponibles para producción de electricidad en Francia y Portugal (en alta tensión).

El saldo de intercambios queda como se indica en la figura 12.

SALDO INTERCAMBIOS INTERNACIONALES EN 2018	
Andorra	-210 GWh
Francia	12.047 GWh
Portugal	2.655 GWh
Marruecos	-3.389 GWh
Total	11.102 GWh

Figura 12 - Saldo internacional (Fuente: REE 2019)

RED DE TRANSPORTE Y TRANSFORMACIÓN

Por último, el modelo se completa con la red de transporte y transformación de energía. En esta sección se modelan:

- Emisiones de hexafluoruro de azufre en centros de transformación
- Pérdidas de energía en el transporte

- Instalación de transporte y transformación

Se conocen los datos de emisiones de SF₆, puesto que se incluyen en la Declaración Ambiental EMAS de REE relativa a sus actividades en 2018. Según este documento, para el año 2019 estas emisiones fueron de 36.921 toneladas de CO₂ equivalente de SF₆, lo que equivale a 1,62 toneladas⁷ de SF₆. Este gas se emite de forma directa por fugas durante los procesos de carga de este aislante.

La longitud red de transporte utilizada es publicada anualmente por REE, tal como se

puede ver en la figura 13. Para modelar esta red de transporte se utilizan los valores por defecto por kilómetro de baja tensión y de media tensión disponibles en ecoinventTM, que incluyen tanto los materiales de transporte y transformación, como las pérdidas de SF₆. Para mantener la coherencia con el dato de SF₆ de los inventarios, se personalizan estos *datasets* de ecoinventTM eliminando el SF₆ asociado a cada km de red. Con respecto al año 2017, la red ha aumentado muy ligeramente, únicamente 1,8km nuevos de circuito a 400kV, y 94,3km nuevos a 220kV o menos. Los totales para el año 2018 se muestran en la figura 13.

RED DE TRANSPORTE PENINSULAR 2018	
Kilómetros de circuito a 400 kV	21.730 km
Kilómetros de circuito ≤ 220 kV	19.133 km

Figura 13 - Red de transporte en 2018 (Fuente: REE 2019)

RESULTADOS

UNIDAD FUNCIONAL

La unidad funcional de los cálculos realizados es 1 kWh de energía eléctrica suministrado en baja tensión en puntas del transformador final de baja tensión generada mediante el mix eléctrico peninsular español durante el año 2018.

ALCANCE

El alcance de los cálculos es de la cuna a la puerta, desde la extracción de materiales y construcción de la infraestructura, hasta la distribución de electricidad, uso de combustibles y transportes.

LIMITACIONES Y CALIDAD DE LOS DATOS

Según se ha indicado en el apartado “Modelado del Mix Eléctrico”. En el ANEXO. INVENTARIO DE CICLO DE VIDA se incluye el detalle del inventario realizado.

IMPACTOS AMBIENTALE SEGÚN ILCD

La siguiente figura muestra los resultados para cada impacto según los indicadores recomendados por ILCD de la Comisión Europea.

 Acidificación [AP]:	0,0023	mol H+e
 Agotamiento de recursos(agua) [WDP]:	221,565	l we
 Agotamiento del ozono [ODP100]:	0,02831	mg CFC-11e
 Agotamiento recursos(comb.fósiles) [ADPff]:	3,92242	J
 Agotamiento recursos(reserva final) [ADPel,ur]:	0,47252	mg Sbe
 Cambio climático [GWP100]:	305,686	g CO2e
 Cambio climático(biogénicas) [GWP100bio]:	11,5336	g CO2e
 Cambio climático(fósiles) [GWP100f]:	293,993	g CO2e
 Cambio climático(uso terreno) [GWP100lu]:	159,649	mg CO2e
 Ecotoxicidad agua dulce [FETP]:	0,09969	CTUe
 Efectos en la salud humana(cancerígenos) [HTPc]:	4,08519E-09	CTUh
 Efectos en la salud humana(no cancerígenos) [HTPnc]:	3,1514E-08	CTUh
 Elementos respiratorios inorgánicos [PMFP]:	5,1969E-09	DI
 Eutrofización agua dulce [FEP]:	40,2256	mg Pe
 Eutrofización marina [MEP]:	321,94	mg Ne
 Eutrofización terrestre [TEP]:	0,00368	mol Ne
 Formación de ozono fotoquímico [POFP]:	947,408	mg NMVOCe
 Radiación ionizante(humana) [IRP]:	68,8579	mBq U235e
 Uso del terreno [LUP]:	15,2298	pt

Figura 14 - Resultado final de impactos ambientales del ACV del Mix Eléctrico Peninsular 2018

La Figura 15 muestra el modelo realizado en el software Air.e para llevar a cabo el inventario de ciclo de vida de este proyecto.

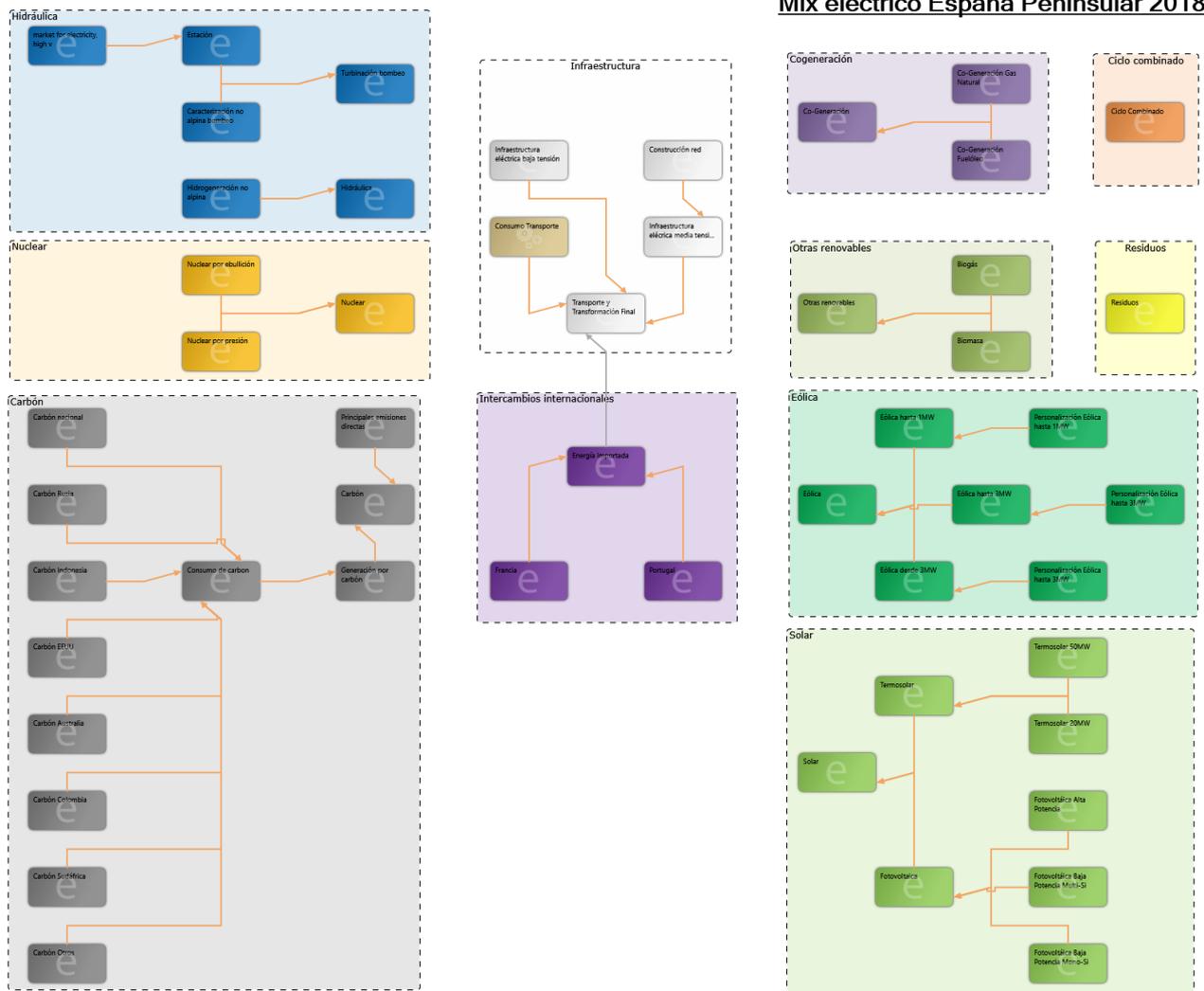
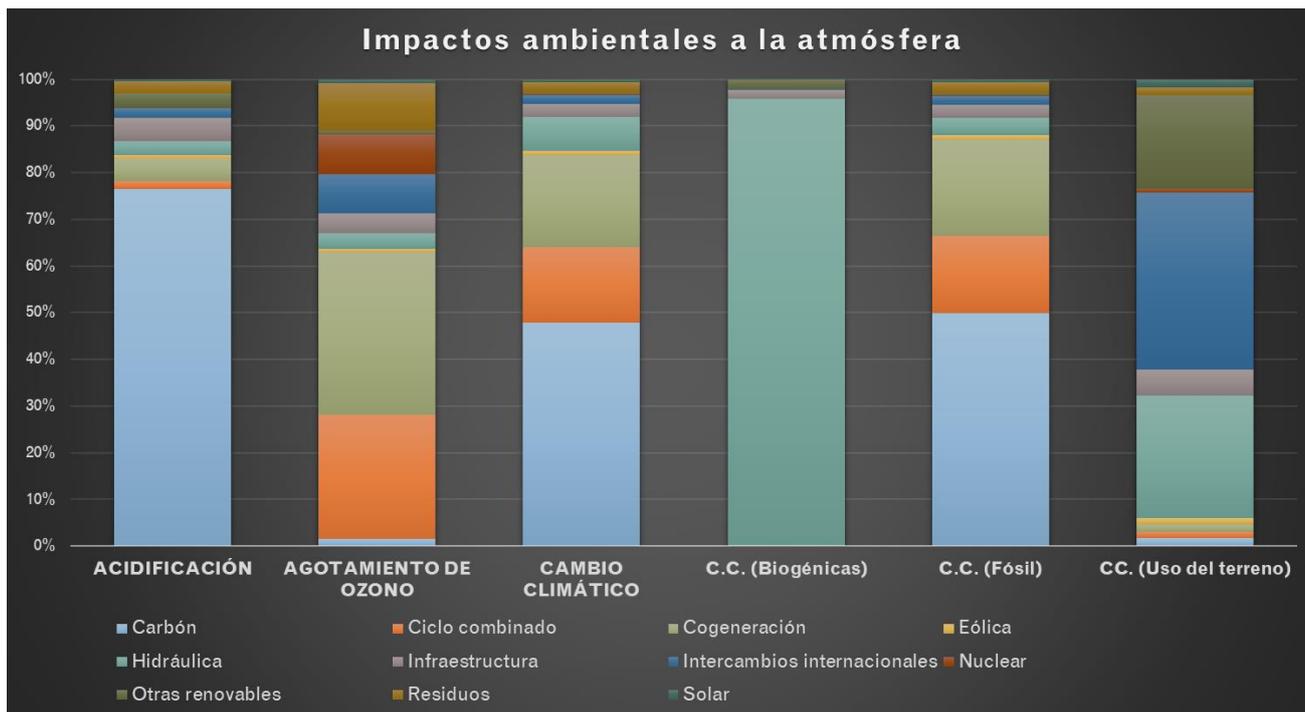


Figura 15 - Modelo desarrollado para el ACV del mix eléctrico peninsular 2017

A continuación, se muestra con más detalle como influye cada una de las fases y tecnologías del mix eléctrico en cada uno de los impactos ambientales calculados, divididos por tipo de impacto.

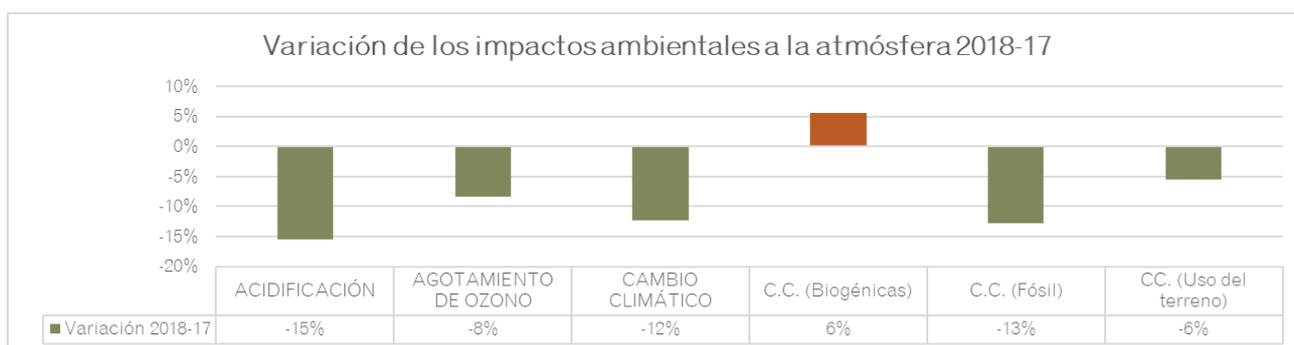
IMPACTOS AMBIENTALES HACIA LA ATMÓSFERA



Los impactos ambientales hacia la atmósfera son principalmente los relacionados con el cambio climático, así como la acidificación y el agotamiento de recursos.

Podemos observar que el principal responsable de la **Acidificación** son las centrales de carbón que, pese a representar únicamente un 14% de la generación de energía son causantes de aproximadamente el 76% de la acidificación producida. Con respecto al año 2017, gracias a la reducción en la generación con centrales de carbón durante el año 2018, este impacto es el que más ha mejorado en esta nueva anualidad, con una reducción del 15%.

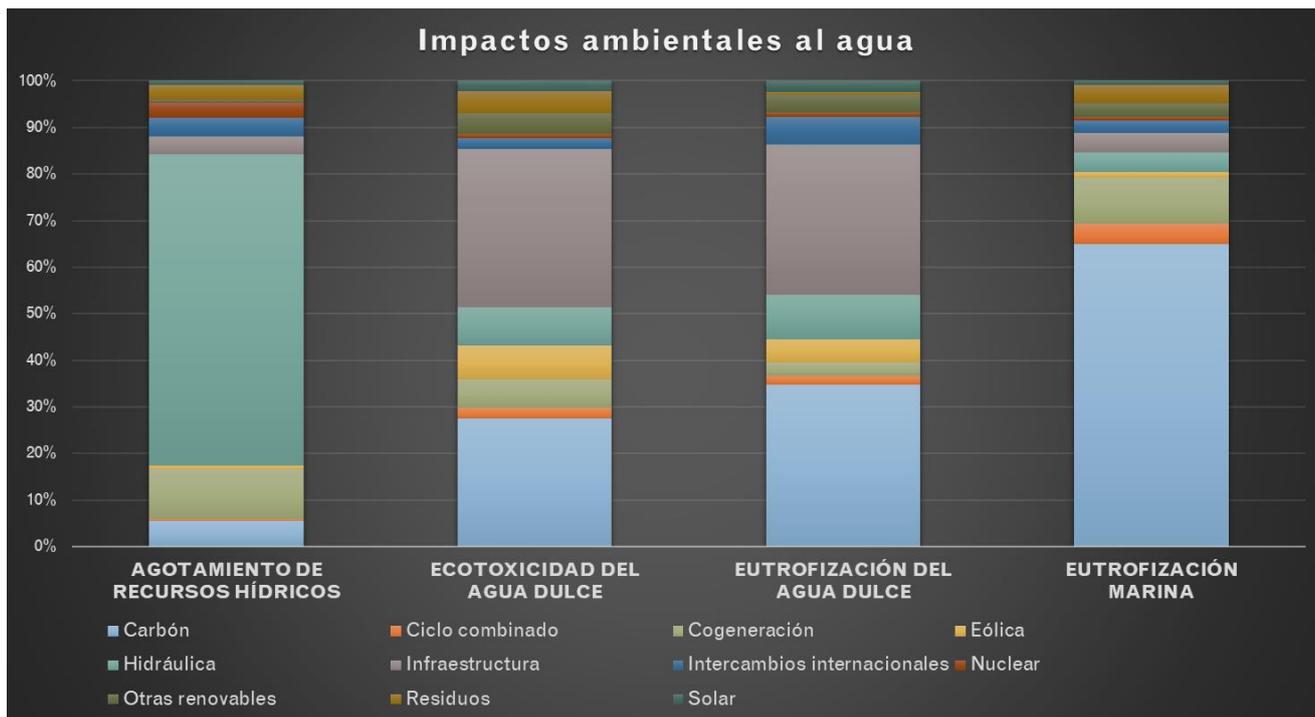
En la siguiente gráfica se muestra la variación interanual de estos seis indicadores de impactos a la atmósfera.



Observamos también una importante mejora del impacto **Cambio Climático**, del 12% con respecto al año 2017, debida de nuevo al menor uso de combustibles fósiles, especialmente el carbón, pero no siendo este su único origen, como sí sucedía con la acidificación.

Por otro lado, ha aumentado el Cambio Climático desde fuentes biogénicas. Este cambio se debe al mayor uso durante el año 2018 de generación hidroeléctrica. Este tipo de centrales, debido a los embalsados, produce emisiones de gases de efecto invernadero, de origen biogénico, por lo que su impacto por kWh aumenta respecto al año anterior.

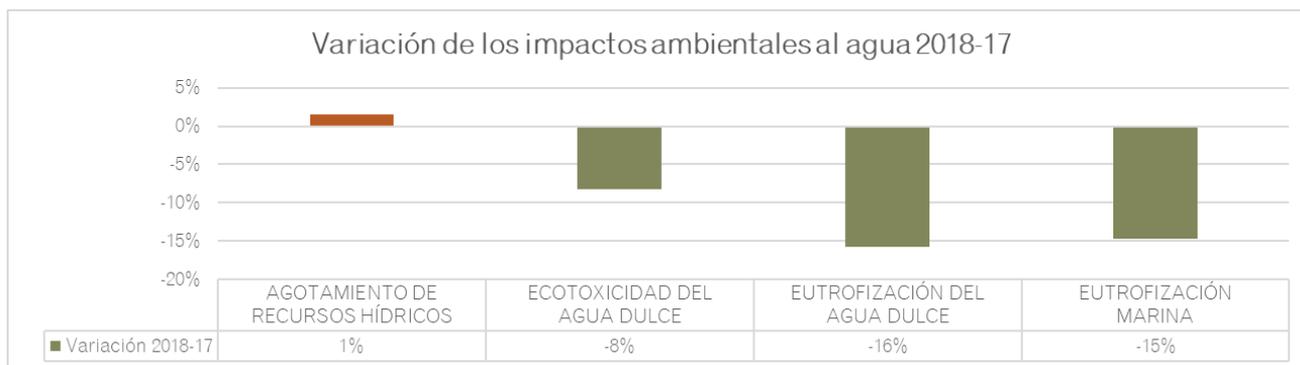
IMPACTOS AMBIENTALES HACIA EL AGUA



En la metodología ILCD, se evalúan cuatro impactos al agua, el agotamiento de recursos hídricos, la ecotoxicidad, y la eutrofización, tanto del agua dulce como del agua marina.

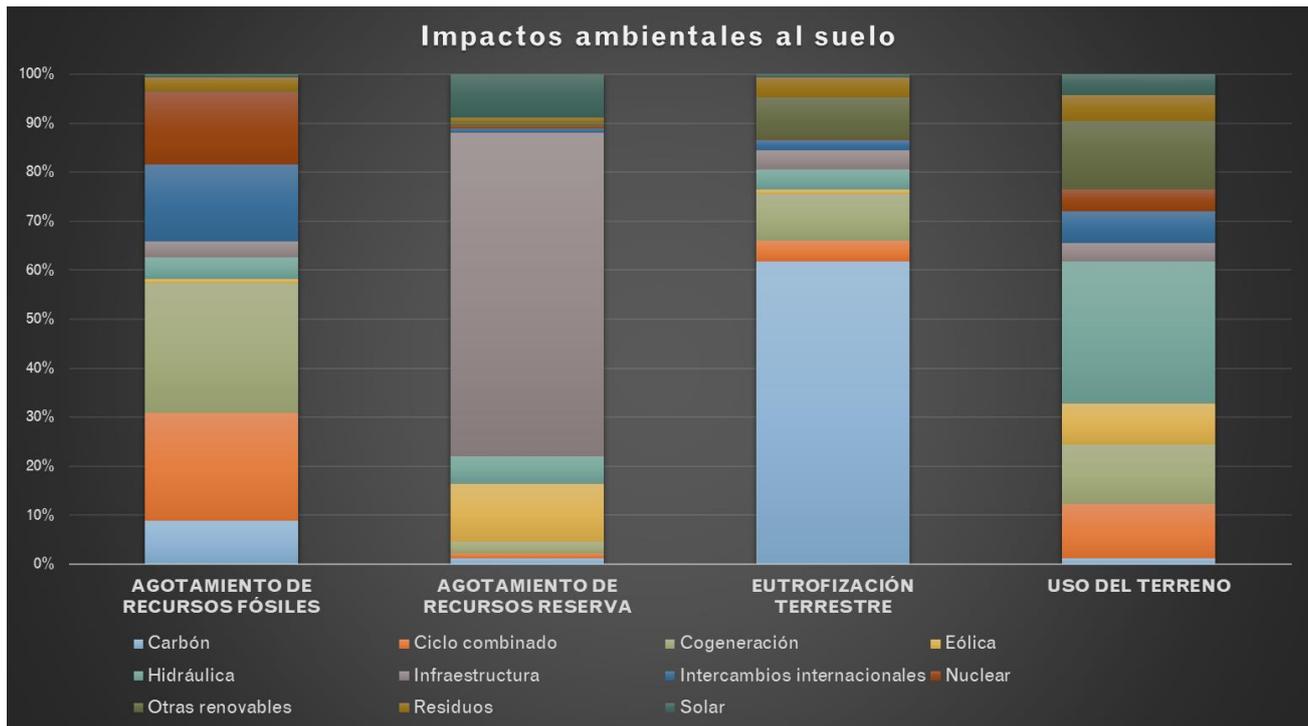
Podemos observar que el principal causante del agotamiento de recursos hídricos es la energía hidroeléctrica, debido a la evaporación en la superficie de los embalses, que es muy superior a la que se produciría de forma natural si el cauce no se viese embalsado. Esta evaporación produce pérdida de recursos hídricos al hacer que el agua evaporada pueda cambiar de cuenca y por lo tanto perder su utilidad en el área o cuenca a la que pertenece el embalse.

Como vemos en la siguiente gráfica, esto ha supuesto un muy ligero aumento del **agotamiento de recursos hídricos** con respecto al año 2017.



Los otros tres impactos ambientales al agua (ecotoxicidad del agua dulce y marina, y eutrofización), se ven reducidos gracias al menor uso de generación desde centrales de carbón y de ciclo combinado.

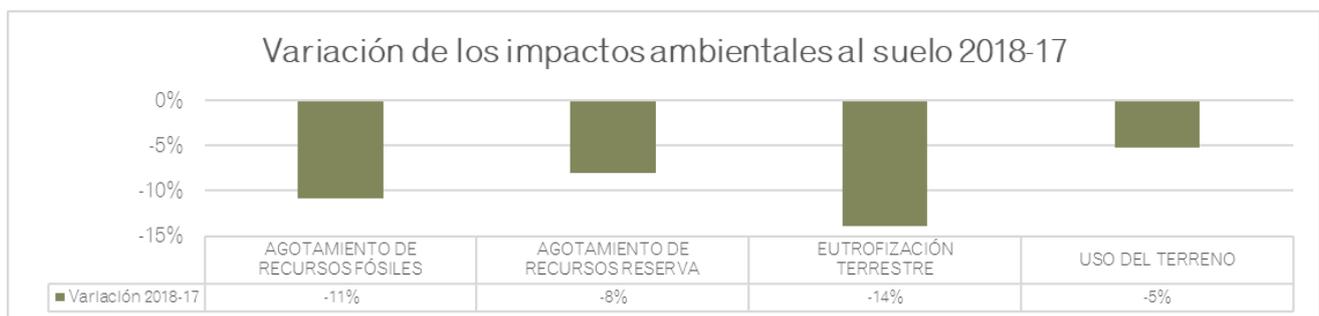
IMPACTOS AMBIENTALES HACIA EL SUELO



Los impactos hacia el suelo tienen ámbitos muy distintos dentro de la metodología ILCD.

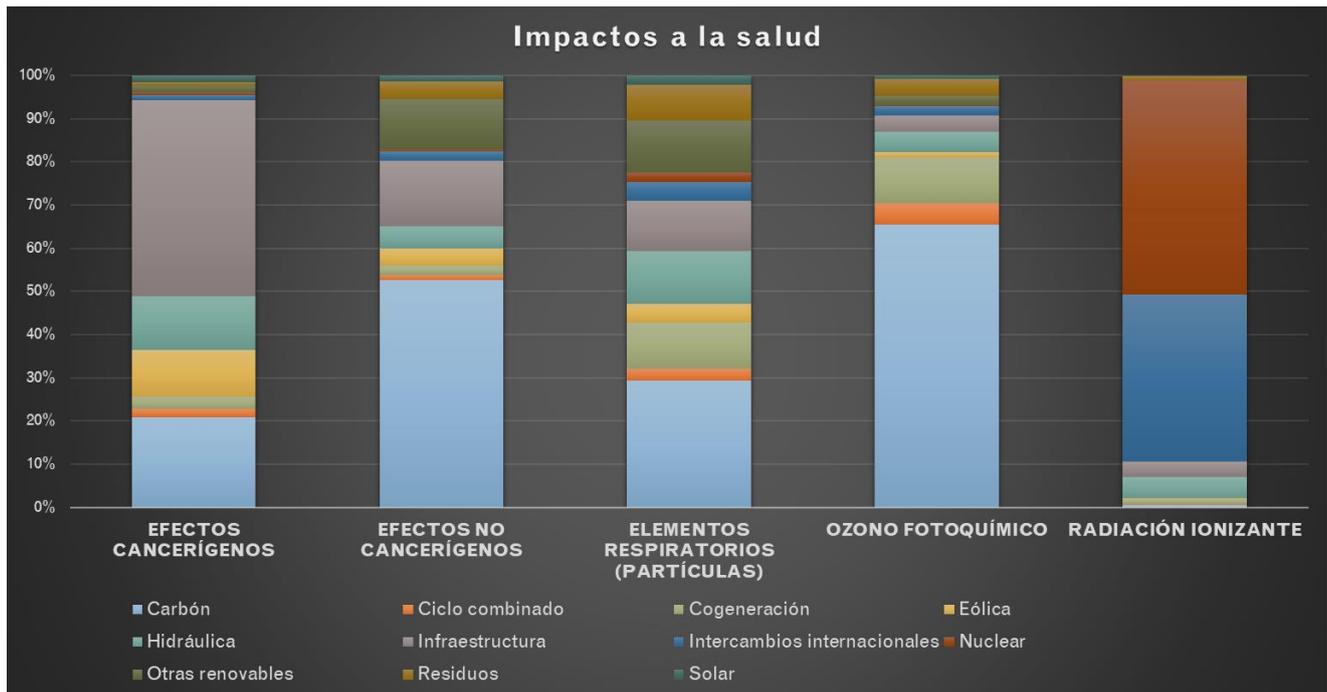
Por un lado, tenemos los que se refieren al agotamiento de recursos, bien fósiles, o bien recursos generales de reserva no agua (principalmente, pero no únicamente, recursos minerales). En este ámbito, el agotamiento de recursos fósiles se debe principalmente a las centrales que consumen gas y carbón, esto es, las centrales de carbón, así como las de ciclo combinado y la cogeneración. Por esta razón, debido al menor uso de este tipo de centrales durante el año 2018, estos impactos se han visto reducidos.

Al igual que en el año 2017, la infraestructura, las centrales eólicas y las instalaciones solares suponen el mayor impacto en el agotamiento de recursos de reserva (no fósiles ni hídricos), por la cantidad de recursos materiales (metales, minerales, etc.) necesarios para su construcción.

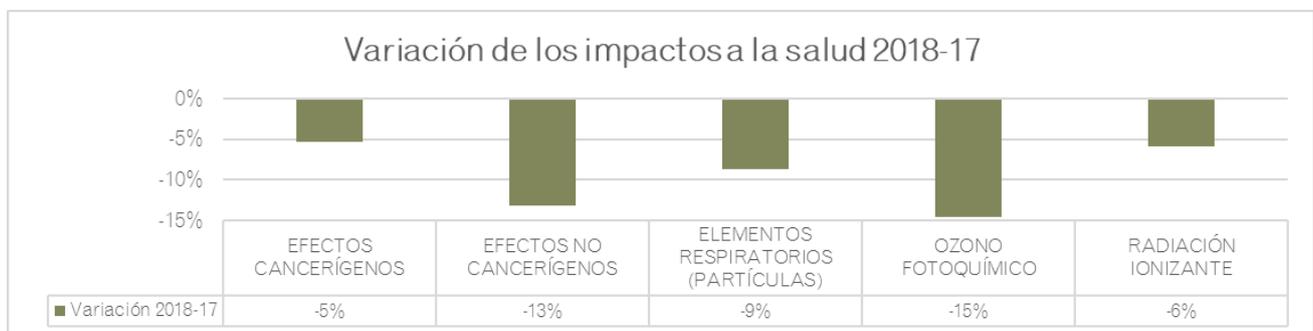


Este año, para evaluar el uso del terreno se ha utilizado el impacto “Uso del Terreno” de la metodología EF 2.0 (ILCD), frente al impacto evaluado en 2017, “Transformación del Terreno” de la metodología ReCiPe. La metodología utilizada este año refleja mejor el impacto que supone la ocupación de terreno por parte de las instalaciones eólicas y solares, así como los embalses. Este tipo de instalaciones de energía renovable necesitan más superficie de terreno, por lo que este impacto es el que menos ha mejorado en 2018 en comparación con el año 2017.

IMPACTOS A LA SALUD



Se han evaluado en esta sección los impactos de la metodología ILCD que afectan especialmente a la salud humana. Algunos de ellos se refieren específicamente a este aspecto (efectos en la salud humana), y otros como los Elementos respiratorios inorgánicos y la Formación de ozono fotoquímico evalúan emisiones a la atmósfera que afectan a la calidad del aire, por lo que se han englobado en este grupo. Por último, la radiación ionizante afecta a toda la naturaleza, pero tiene unas altas implicaciones en la salud, por lo que se ha incluido también en este apartado.



Todos los impactos a la salud se han reducido en el año 2018 en relación al año anterior, especialmente los efectos no cancerígenos y el ozono fotoquímico. Esto es debido a que estos dos impactos están muy ligados a las emisiones de compuestos volátiles y partículas, que se producen principalmente en las centrales de carbón. Podemos observar que la influencia de las instalaciones de Ciclo Combinado no es tan relevante en este grupo de impactos.

Por último, la radiación ionizante, que afecta a la salud de diversas maneras, se debe principalmente al uso de elementos radioactivos en las centrales nucleares, por los que este impacto se ve afectado principalmente por la energía nuclear, y por los intercambios internacionales, puesto que la electricidad procedente de Francia tiene un gran componente de origen nuclear. Dado que no ha habido cambios relevantes en los intercambios internacionales y ha habido una ligera reducción en la generación nuclear con respecto al año 2017, la reducción de este impacto ha sido leve, un 6% menos que el año anterior.

BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS Web:

Impactos ambientales de la electricidad en España en 2017 – Acodea, Agriagencia de España 2018

Informe del sistema eléctrico español 2018 – Red Eléctrica de España

Informe del sistema eléctrico español 2017 – Red Eléctrica de España

Informe del sistema eléctrico español 2016 – Red Eléctrica de España

Informe del sistema eléctrico español 2015 – Red Eléctrica de España

Informe del sistema eléctrico español 2014 – Red Eléctrica de España

Informe del sistema eléctrico español 2013 – Red Eléctrica de España

Declaración ambiental EMAS 2018 – Red Eléctrica de España

Declaración ambiental EMAS 2016 – Red Eléctrica de España – Ref.: DSI/MA/17-021

Comunicación al Secretariado del a convención marco de NNUU sobre cambio climático. Inventario nacional de emisiones de gases de efecto invernadero 1990-2016. Edición 2018. – Secretaría de Estado de Medio Ambiente – Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente

Inventario Nacional de EMISIONES a la ATMÓSFERA. Emisiones de gases de efecto invernadero. Serie 1990-2016. Informe Resumen – marzo 2018 – Secretaría de Estado de Medio Ambiente - Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente

The blue water footprint of electricity from hydropower - M. M. Mekonnen and A. Y. Hoekstra - Hydrol. Earth Syst. Sci., 16, 179–187, 2012 - www.hydrol-earth-syst-sci.net/16/179/2012/

Environmental sustainability assessment of hydropower plant in Europe using life cycle assessment - M A P Mahmud, N Huda, S H Farjana, and C Lang - IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 351 (2018) 012006

Life cycle assessment (LCA) of electricity generation technologies: Overview, comparability and limitations - Turconi, R., Boldrin, A., & Astrup, T. F. (2013). - Renewable and Sustainable Energy Reviews, 28, 555-565. DOI: 10.1016/j.rser.2013.08.013

Centrales termoeléctricas de servicio público. Ficha técnica. Metodologías de estimación de emisiones. Sistema Español de Inventario de Emisiones - Secretaría de Estado de Medio Ambiente - Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente

Sobre las buenas prácticas con el SF6 durante el ciclo de vida de los equipos eléctricos de MT & AT - AFBEL (Asociación de Fabricantes de Bienes de Equipo Eléctricos) 2006

El carbón en España en 2016 –Observatorio Crítico de la Energía – 1ª edición. Septiembre 2016

EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016. Technical guidance to prepare national emission inventories – EEA Report 21/2016 - European Environment Agency – ISSN 1977-8449

Encuesta ACOGEN 2016 – Hoja de Ruta de la Cogeneración 2017-2020 – Asociación Española de Cogeneración

Historia y panorama actual del sistema eléctrico español – J.M. Marcos Fano – Revista Física y Sociedad n, 13

Almacenamiento de energía: Centrales Hidráulicas Reversibles – Iberdrola – octubre 2014

Balance socioeconómico de las biomásas en España 2017-2012 – Unión por la Biomasa – junio 2018

Photovoltaics report – Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems, ISE – Agosto 2018

Proyecciones de emisiones de gases a la atmósfera. Edición 2015-2050. Sumario de resultados - Secretaría de Estado de Medio Ambiente - Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente

<https://www.ree.es/es/estadisticas-del-sistema-electrico-espanol/series-estadisticas/series-estadisticas-nacionales>

<https://www.ree.es/es/estadisticas-del-sistema-electrico-espanol>

<https://www.cnmc.es/estadistica/informacion-mensual-de-estadisticas-sobre-las-ventas-de-regimen-especial-contiene-17>

<https://www.mincotur.gob.es/energia/nuclear/Centrales/Espana/Paginas/CentralesEspana.aspx>

<https://www.protermsolar.com/>

<http://www.carbunion.com/>

<https://petrowiki.org>

<https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/Gases-fluorados-Acuerdo-gestion-integral.aspx>

<https://v35.ecoquery.ecoinvent.org/Account/LogOn?ReturnUrl=%2fHome%2fIndex>

<http://energyinformative.org/>

<https://www.aeeolica.org>

<http://www.cener.com>

<https://sedeaplicaciones.minetur.gob.es/Pretor/Vista/Informes/InformesInstalaciones.aspx>

<https://www.esios.ree.es>

<https://revistadigital.inesem.es/gestion-integrada/centrales-termosolares-en-espana/>

https://www.appa.es/wp-content/uploads/2018/08/Balance-Biomasa-Espa%C3%B1a-UNI%C3%93N-BIOMASA_vf.pdf

NOTAS:

¹ El inventario de ciclo de vida de cualquier proceso es una relación de uso de recursos (materiales y energéticos) necesarios para la realización de ese proceso, y de las sustancias, materiales y otros recursos generados, y hacia qué medio se generan (agua, aire, suelo) lo que permite conocer con precisión los impactos ambientales de dicho proceso a lo largo de todo su ciclo de vida

² “Historia y panorama actual del sistema eléctrico español – J.M. Marcos Fano – Revista Física y Sociedad n, 13”

³ <https://www.mincotur.gob.es/energia/nuclear/Centrales/Espana/Paginas/CentralesEspana.aspx>

⁴ PANER: Plan de Acción Nacional de Energías Renovables. Disponible en <https://www.mincotur.gob.es/energia/desarrollo/EnergiaRenovable/Paginas/paner.aspx>

⁵ <https://www.protermosolar.com/proyectos-termosolares/mapa-de-proyectos-en-espana/>

⁶ <https://www.mincotur.gob.es/energia/electricidad/energias-renovables/Paginas/registro-administrativo.aspx>

⁷ Según el AR4, utilizado en el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero, el 6F6 tiene un GWP de 22.800



IMPACTOS AMBIENTALES DE LA ELECTRICIDAD EN ESPAÑA EN 2018
ANÁLISIS DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES DEL MIX ELÉCTRICO PENINSULAR DURANTE EL
AÑO 2018 A TRAVÉS DE LA METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA

© ACODEA 2019 (algunos derechos reservados)

Esta publicación puede ser reproducida con fines no comerciales sin permiso expreso de la Fundación Acodea siempre y cuando se cite la fuente (Cita: *“Impactos ambientales de la electricidad en España en 2018. Análisis de los impactos ambientales del mix eléctrico peninsular durante el año 2018 a través de la metodología de análisis de ciclo de vida. – ACODEA – 2019”*)

