



IMPACTOS AMBIENTALES DE LA ELECTRICIDAD EN ESPAÑA EN 2020

ANÁLISIS DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES DEL MIX ELÉCTRICO PENINSULAR DURANTE EL AÑO 2020A TRAVÉS DE LA METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA

IMPACTOS AMBIENTALES DE LA ELECTRICIDAD EN ESPAÑA EN 2020

INVESTIGACIÓN SOBRE LOS DISTINTOS IMPACTOS AMBIENTALES ASOCIADOS A LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN ESPAÑA PENINSULAR DURANTE EL AÑO 2020.

© ACODEA 2021 (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 2020. Investigación sobre los distintos impactos ambientales asociados a la producción de energía eléctrica en España peninsular durante el año 2020.– ACODEA – 2021”)

CREDITOS IMÁGENES:

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

Proyecto subvencionado por Orden de 1 de julio de 2021 («BOE» núm. 166, de 13 de julio de 2021) por la que se convoca para el año 2021 la concesión de subvenciones a entidades del Tercer Sector u Organizaciones no Gubernamentales que desarrollen actividades de interés general consideradas de interés social en materia de investigación científica y técnica de carácter medioambiental



IMPACTOS AMBIENTALES DE LA ELECTRICIDAD EN ESPAÑA EN 2020

ANÁLISIS DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES DEL MIX ELÉCTRICO PENINSULAR DURANTE EL AÑO 2020 A TRAVÉS DE LA METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA

INTRODUCCIÓN: PLAN DE PROYECTOS AMBIENTALES ACODEA 2021

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 el 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

Por cuarto año consecutivo ACODEA realiza un análisis detallado de los diferentes impactos ambientales debidos a la generación de energía en España peninsular.

Además del conocido impacto relacionado con el Cambio Climático, este informe detalla otros impactos tanto a la atmósfera como al agua, al suelo y a la salud, que se producen a causa de las diferentes tecnologías que se utilizan en la península para generar la energía eléctrica que utilizamos cada día.

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 y el desarrollo de una calculadora para la valoración de empresas en economía circular.

En el año 2019 y 2020, ACODEA además de sus proyectos de análisis ambientales, incluyendo el de la producción de electricidad anual, continuó trabajando en la facilitación de herramientas para la economía circular de las organizaciones, desarrollando su calculadora en formato App para dispositivos móviles y una calculadora de Huella Ambiental para el sector agrícola que permitía calcular el impacto ambiental de las producciones de cereal en España. También se introdujo en el ámbito de la divulgación y fomento de la sostenibilidad en la sociedad a través de un proyecto de formación para jóvenes, el desarrollo de una metodología para emprendimiento sostenible. Durante el año 2020, los esfuerzos se enfocaron también a conocer el impacto de la pandemia de COVID-19 sobre el medio ambiente, en proyectos como la evaluación ambiental de la teleformación o de la producción de mascarillas.

Este año 2021, 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 2020.

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 de CO₂ al aire, pero supone un impacto sobre el terreno y la biodiversidad natural, además de emitir otros gases de efecto invernadero, en este caso de origen biogénico, como el metano.

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 2020**, 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 2020

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.

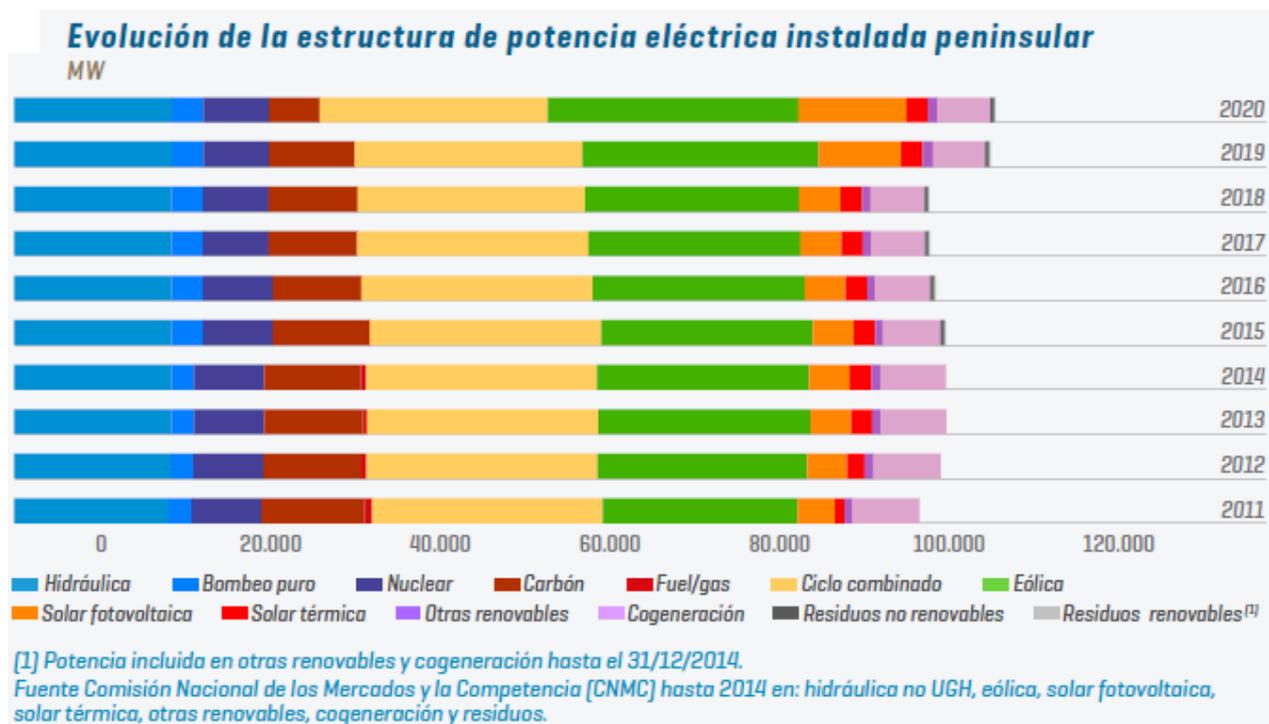


Figura 1 - Evolución de la potencia eléctrica instalada en la península (MW). Fuente: Informe del sistema eléctrico español 2020 - Red Eléctrica de España

En los últimos años, hemos visto como la potencia instalada se ha reducido ligeramente

desde el año 2015, con un importante aumento a partir del año 2019 (ver figura 1). En los años

más recientes, 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.

El año 2020 fue el año del cierre definitivo de 8 centrales de carbón, por lo que este método de producción, uno de los más contaminantes del sistema, es cada vez menos influyente en la producción total.

La reducción en la producción a partir de tecnologías de carbón, y el aumento de potencia instalada en plantas de energía solar fotovoltaica ha hecho que el año 2020 sea el primero en

superarse el 40% de la generación total a partir de fuentes renovables.

En la Figura 2 se muestra la evolución de las distintas tecnologías en cuanto a potencia instaladas. La gráfica muestra el incremento o disminución de cada tecnología en 2020, respecto al total de potencia instalada en 2016, haciendo un total acumulado de +6,84% de potencia instalada en 2020 respecto a 2017 y un 0,66% más respecto a 2019. La mayor reducción se produjo en el carbón, principalmente en este año 2020, cuando la potencia instalada en carbón se redujo en más de un 40%. Las tecnologías que no han sufrido variación no se muestran en la gráfica.

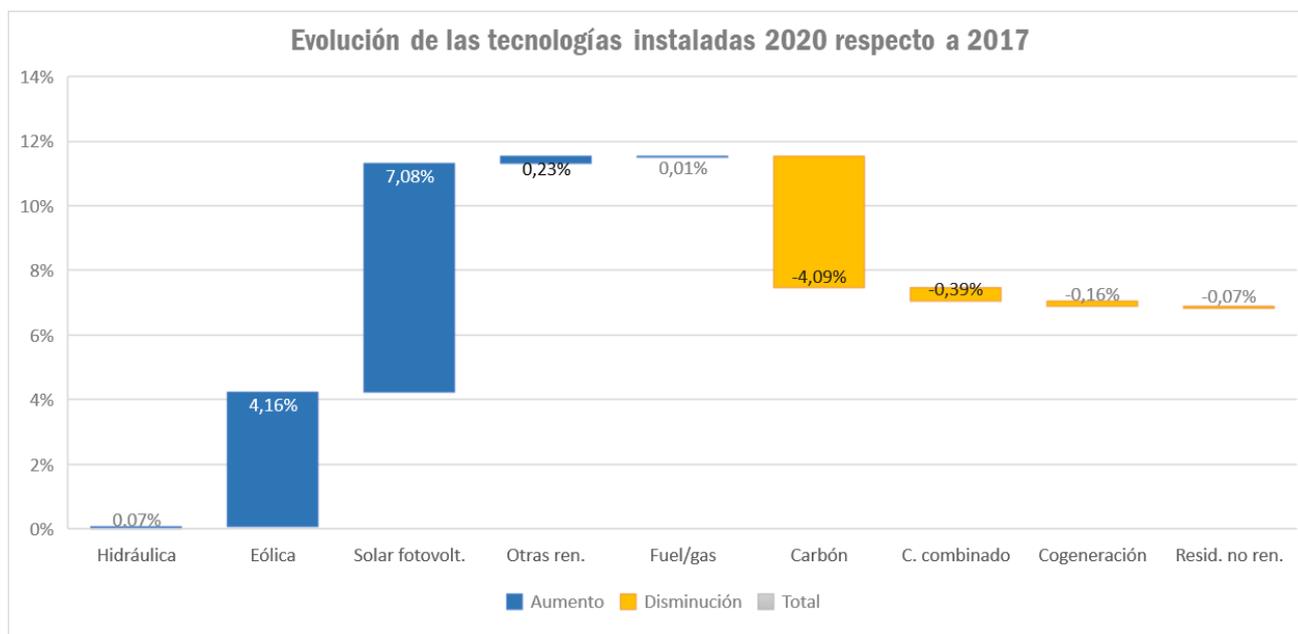


Figura 2 - Evolución de las tecnologías de producción, 2019 respecto a 2017, en cuanto a potencia instalada. Fuente: Elaboración propia a partir de datos procedentes de los Informes del Sistema Eléctrico Español 2017 y 2019.

El año 2020 fue un año diferente a los anteriores por la pandemia de COVID-19 y las restricciones de movilidad durante el periodo de confinamiento, lo que se reflejó en cambios en los patrones de uso de la energía. Esto en sí no alteró la distribución de la mezcla eléctrica, pero sí la demanda real de energía, que descendió un 5% respecto a 2019. Como vemos, aunque sí se apreció descenso, la COVID-19 no fue determinante ni supuso una reducción drástica

del consumo eléctrico, que simplemente se trasladó de unas instalaciones a otras. En la figura 3 podemos ver como sí que existió una reducción de la demanda eléctrica en los meses del confinamiento (del 15 de marzo de 2020 al 21 de junio de 2020), aunque en general el patrón de consumo es igual al de 2019. Hay que tener en cuenta que el eje vertical del gráfico está truncado y se inicia en 15.000 GWh, por lo que representa de 15.000 a 24.000 GWh.

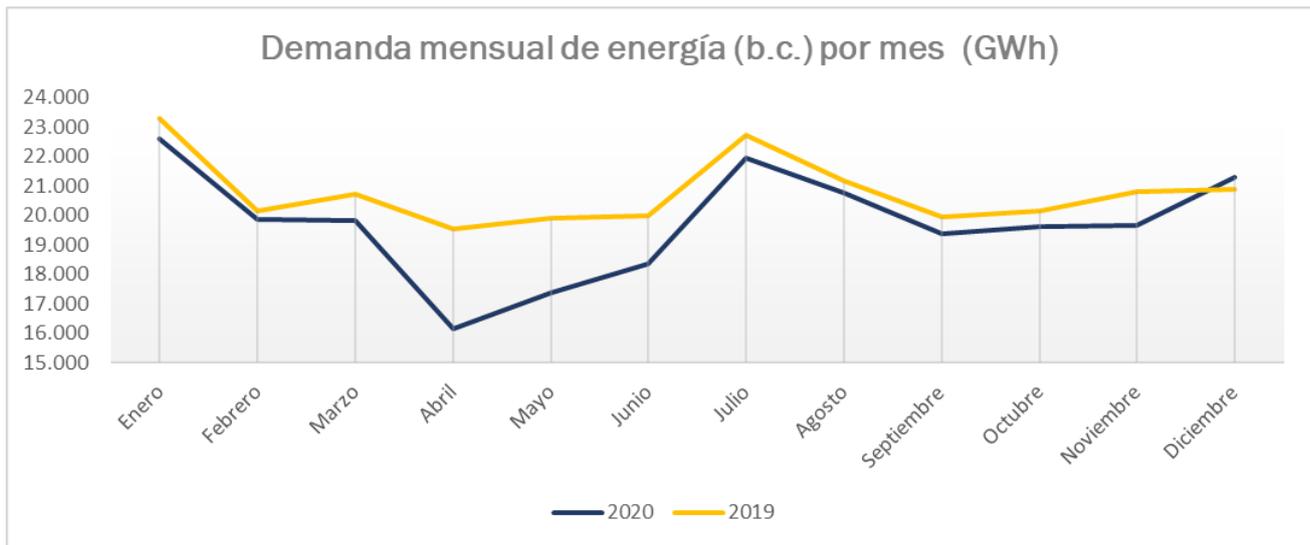


Figura 3 - Diferencia en la producción de energía por tecnologías entre 2019 y 2017. Fuente: Elaboración propia a partir de datos procedentes de los Informes del Sistema Eléctrico Español 2017 y 2019.

El denominado “Mix eléctrico” no depende únicamente de las tecnologías y capacidades instaladas, si no de la generación real a partir de esas tecnologías.

Mientras que durante el año 2019 se produjo una ligera disminución de la producción en la

península mediante energías renovables debido principalmente a la disminución (un 27,6% respecto al año 2018) de la energía generada mediante instalaciones hidráulicas, en el año 2020 se vuelve a recuperar la producción a partir de plantas hidroeléctricas, en concreto un 23,9% más producción que en 2019.

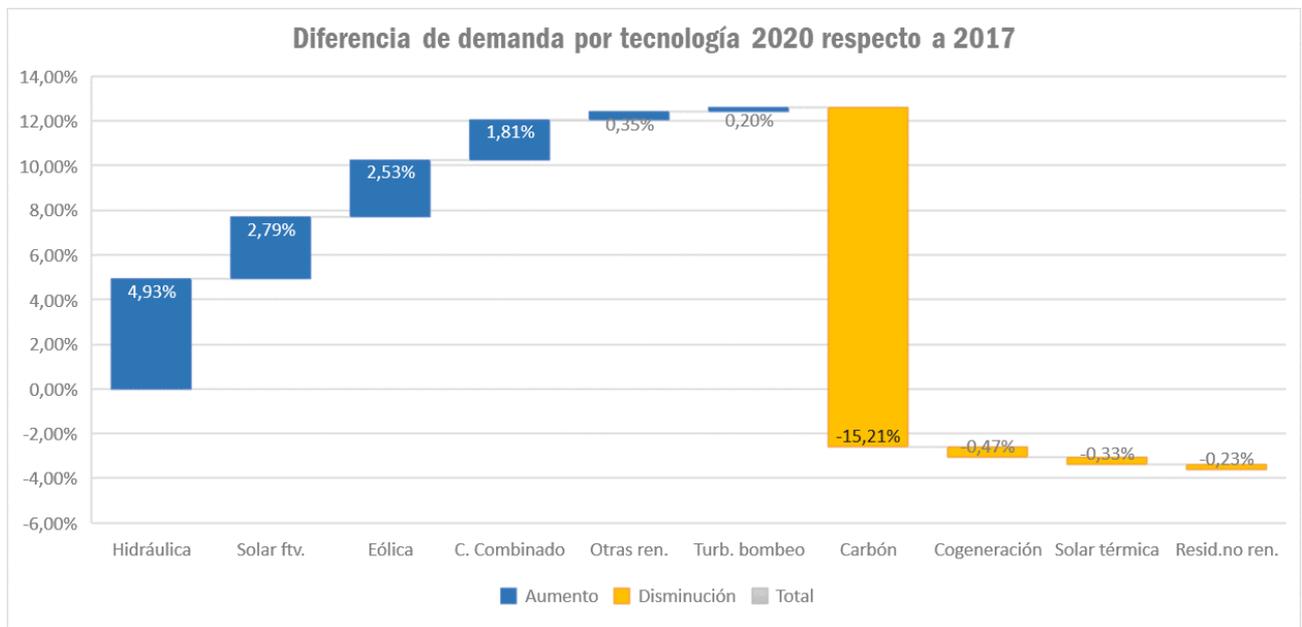


Figura 4 - Diferencia en la producción de energía por tecnologías entre 2020 y 2017. Fuente: Elaboración propia a partir de datos procedentes de los Informes del Sistema Eléctrico Español 2020 y 2019.

En la figura 4 se muestra la diferencia en la generación de la electricidad según la tecnología de procedencia, entre 2020 y 2017. El gráfico representa la diferencia de total de energía

generada anualmente por cada tecnología comparando 2020 respecto a 2017, y el porcentaje que ha supuesto de disminución o aumento respecto al total de energía que se

produjo en 2017, totalizando entre todas ellas una disminución de energía producida del 3,61% (239.465 GWh producidos en 2020, frente a los 248.424 GWh producidos en 2017, sin incluir el consumo de bombeo ni los intercambios internacionales). En la gráfica no se muestran las tecnologías que no han variado de forma representativa.

En la figura 4 se observa la importante disminución en la producción de energía procedente de centrales de carbón. Mientras que en el año 2017 se produjeron 42.593 GWh mediante esta tecnología, en 2020 sólo se produjeron 4.800 GWh, una disminución del 55% respecto al 2019 en la producción mediante carbón, lo que supone una disminución superior al 15% respecto a los GWh totales producidos en 2017.

En sentido contrario, se aumentó la producción en centrales de ciclo combinado, que, si bien tienen unas emisiones de Gases de Efecto Invernadero por GWh generado comparables a las de las centrales de carbón, sus emisiones en

otro tipo de sustancias, como partículas, es mucho menor.

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 2020, que no se corresponde estrictamente con la potencia instalada.

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, el Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes (PRTR) en cuanto a emisiones directas de instalaciones, y la Comisión Nacional del Mercado de la Competencia para la distribución detallada por tecnologías. Finalmente, también se ha contado con información de otras fuentes como empresas comercializadoras de energía, observatorios independientes y distintas asociaciones del sector energético.

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 2020 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.

Para el análisis de este año, a diferencia de años anteriores, las emisiones directas al aire y agua de las centrales de carbón se han modelado a partir de la información disponible en el Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes (PRTR), lo que aporta mayor detalle y fiabilidad al

resultado para esta tecnología. Esto no es posible, al menos actualmente, con el resto de tecnologías, puesto que la información disponible en el PRTR no está desglosada con el detalle suficiente de las instalaciones de tal manera que sea posible asignar emisiones por tipología específica de instalación tal como se ha desarrollado el modelo de Análisis de Ciclo de Vida, más allá de la tipología genérica que sí se encuentra disponible en el PRTR.

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, según se definen en la versión EF 3.0 de la metodología. Todos ellos se han evaluado dentro de este proyecto. En los informes sobre la red eléctrica realizados por ACODEA para años anteriores se puede ver más información al respecto.

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™ en su versión 3.12, integrado con la base de datos de factores de emisión Ecoinvent 3.7.1. Air.e LCA ha sido desarrollado íntegramente en España por la empresa Solid Forest.

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 v3.6. 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.



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 2021, Red Eléctrica de España ha publicado su informe completo anual sobre el sistema eléctrico español en el año 2020. Este

informe es la base para la realización de este proyecto, y en concreto se ha trabajado con el sistema generador indicado en la figura 5, que corresponde al balance energético real peninsular en 2020.



Tecnología	GWh 2020
Hidráulica	30.610,77
Eólica	53.795,32
Solar fotovoltaica	14.912,40
Solar térmica	4.538,31
Otras renovables	4.470,29
Residuos renovables	606,12
Hidroeólica	-
Turbinación bombeo	2.748,10
Nuclear	55.756,77
Carbón	4.800,06
Fuel/gas	-
Ciclo combinado	38.356,55
Cogeneración	26.974,44
Residuos no renovables	1.895,79
Total Generación 2020	239.464,93
Consumos en bombeo	-4.621,33
Enlace Península-Baleares	-1.426,54
Saldo intercambios internacionales físicos	3.279,58
Total Demanda Peninsular 2020	236.696,64

Figura 4 - Balance energético peninsular 2020

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.

Este mismo modelo se ha utilizado en las anualidades anteriores de este informe.

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 disponibles utilizados hasta ahora en muchos Análisis de Ciclo de Vida que utilizaban los datasets para producción de electricidad en España procedentes deecoinvent™ 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” o “Huella de Agua”. 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.

EÓLICA

En un sector que mantiene un crecimiento sostenido durante los últimos años, en 2020 existían en España 1.265 parques eólicos en la península (dato procedente del Anuario 2020 de la Asociación Empresarial Eólica).

La potencia eólica en la península aumentó en 2020 en 1.720 MW (datos del Anuario Eólico 2020 de la AEE). Este aumento de potencia se produjo principalmente en las Comunidades Autónomas de Aragón, Navarra y Castilla y León, esta última la Comunidad con más potencia eólica instalada.

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.

En los datos del Registro de Productores de Energía eléctrica, aparece el total de potencia de cada instalación, no la potencia de cada generador, por lo que no es posible realizar un reparto a partir de este registro. Por tanto, la información utilizada para realizar el análisis ambiental del Mix eléctrico de 2020, en lo relativo a la energía eólica, utiliza los mismos datos de composición que se utilizaron en el año 2018, al no existir nuevos datos disponibles.

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.

Potencia eólica instalada por comunidades autónomas 2020
(En MW y porcentaje de cuota de mercado)
Fuente: elaboración AEE

CCAA	Potencia eólica instalada en 2020 (MW)	Potencia Acumulada a Cierre de 2020 (MW)	Cuota de Mercado Sobre el Acumulado (%)	Nº de Parques Eólicos
Castilla y León	216	6.300	23,0%	267
Castilla La Mancha	65	3.886	14,2%	148
Galicia	24	3.829	14,0%	179
Andalucía	24	3.478	12,7%	162
Aragón	1.051	4.159	15,2%	168
Cataluña	0	1.271	4,6%	47
Comunidad Valenciana	50	1.239	4,5%	39
Navarra	262	1.303	4,7%	58
Asturias	0	590	2,1%	23
La Rioja	0	447	1,6%	14
Islas Canarias	29	450	1,6%	89
Murcia	0	262	1,0%	14
País Vasco	0	153	0,6%	7
Extremadura	0	39	0,1%	1
Cantabria	0	35	0,1%	3
Baleares	0	4	0,0%	46
TOTAL	1.720	27.446		1.265

Figura 5 - Potencia eólica instalada en España en 2020. Fuente: Asociación Empresarial Eólica

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 EURO6 (para el año 2019 se modelaron vehículos EURO5).

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 2020 han consumido más electricidad que la electricidad que han generado. Para generar 2.748 GWh se han consumido 4.621 GWh, por lo que se ha modelado este consumo en el Análisis

del proyecto como 1,68 kWh consumidos por cada kWh generado.

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 1 - Central de Cofrentes (Imagen: Iberdrola)

En el presente proyecto se han modelado las dos tecnologías según la capacidad total instalada en 2020, 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 Ecológica y el Reto Demográfico³, incorporándose al modelo de la siguiente manera:

- Ebullición: 15,95%
- Presión: 84,05%

En total, durante el año 2020 se generaron 55.757 GWh de electricidad desde centrales nucleares, lo que supuso el 23,3% de la producción, siendo de nuevo el principal sistema del *mix* eléctrico español ese año, incluso a pesar de las paradas programadas de Almaraz, Ascó 1 y Trillo.

CENTRALES DE CARBÓN

El año 2020 continuó siendo un año de cierre de centrales de esta tecnología, generándose únicamente 4.800 GWh, frente a los 10.672 GWh generados en 2020.

Para esta anualidad, y debido al reducido número de centrales de este tipo, las emisiones directas se han modelado a partir de los datos de emisiones incluidos en el Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes (PRTR), lo que proporciona una mayor precisión en los resultados.

En lo referente a las emisiones “aguas arriba”, por la importación del carbón, dado que ya no se produce en España, se ha continuado la metodología utilizada en años anteriores, al no existir datos más recientes

Origen del carbón	Porcentaje sobre el consumo en centrales 2020
Indonesia	27,34%
Rusia	22,48%
Colombia	21,17%
Sudáfrica	8,20%
EEUU	7,86%
Australia	6,42%
Otros	6,52%

Figura 6 - Origen del carbón en 2020, estimado a partir de los datos más recientes existentes de importación

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 a 31 de diciembre de 2020 en la península en sistemas de cogeneración ha sido de 5.661 MW (según el “Informe del Sistema Eléctrico Español - 2020” de R.E.E.), suponiendo una mínima reducción respecto al año 2019, lo que continúa la tendencia iniciada en el año 2011. Lo que si se

produjo fue una importante reducción en la producción a partir de esta tecnología, generándose un 12,5% menos energía en 2020 que en 2019, como se muestra en la Figura 8, elaborada a partir de datos de la Comisión Nacional del Mercado de la Competencia a septiembre de 2021.



Figura 7 - Tendencia de la Cogeneración en España (Península) Datos: CNMC septiembre 2021

Según el Registro administrativo de instalaciones de producción de energía eléctrica (secciones primera y segunda), las instalaciones de cogeneración en España son generalmente de pequeño tamaño, siendo en el año 2020 el 88% de ellas inferiores a 10 MW. Estas instalaciones de menos de 10 MW suponen el 44% de la potencia instalada (ver figura 9). Cabe destacar que mientras que en el año 2019 en el Registro de instalaciones aparecían instalaciones de más de 50MW, en 2020 estas ya no se encuentran

listada, y por tanto no se considera ninguna en el modelo. 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.

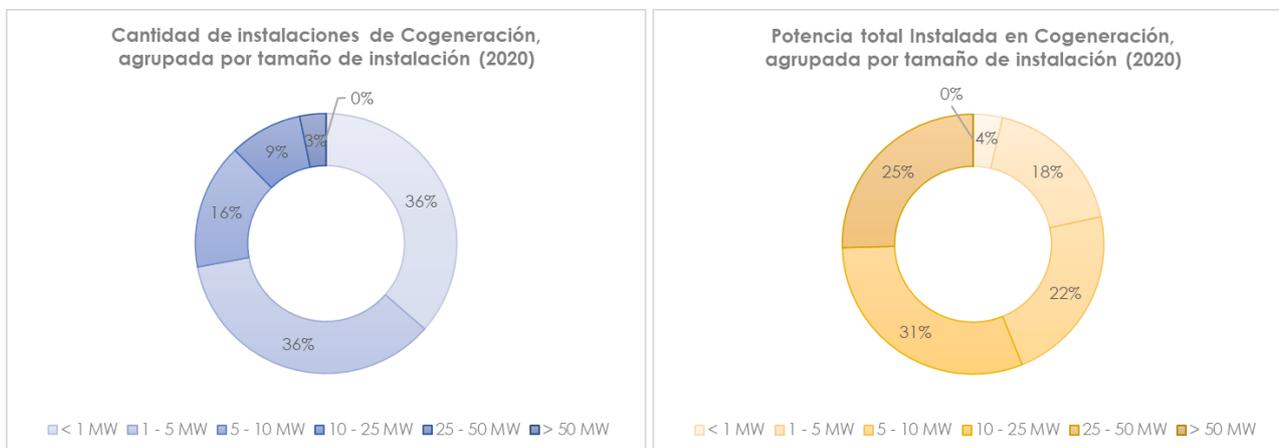


Figura 8 - Cantidad y tamaño de las instalaciones de cogeneración. Datos: Registro de Instalaciones Eléctricas 2021

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 10. De cara a la

simplificación del modelo, y viendo el bajo impacto en el Inventario final, se ha optado por modelar como únicos combustibles el Gas natural, el gasoil y el fuel-oil, de la siguiente manera: 90,18% como gas natural, un 9,19% como fuel-oil, y un 0,63% gasóleo.

Combustible Cogeneración	% sobre el total generado en 2020
Gas natural	89,94%
Gasoil	0,63%
Fuel Oil	9,16%
Calor residual	0,04%
Gas de refinería	0,00%
Carbón de importación	0,23%
GLP	0,00%

Figura 9 - Combustible consumido para cogeneración en el 2020. Datos: CNMC 2021

BIOGAS, BIOMASA Y RESIDUOS

En el informe sobre el sector eléctrico para el año 2020 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.

La CMNC sí reporta el consumo en centrales que REE caracteriza como “Otras renovables”, según el tipo de combustible, aunque no existe una correspondencia directa entre lo que la REE considera como “otras renovables” y lo que la CMNC considera también renovables excluyendo solar, eólica e hidráulica. Por tanto, se han categorizado las centrales como biogás o biomasa a partir de los distintos tipos de residuos usados como combustible según la Comisión Nacional del Mercado de la Competencia en 2019.

A partir de estos datos realizamos la siguiente estimación para el modelado de la energía generada por biomasa y por biogás:

- BIOMASA: 84%
- BIOGAS: 16%

Respecto a la energía generada a partir de otros residuos renovables o no, no ha habido cambios significativos respecto a los años anteriores.

SOLAR

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 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 Protermosolar⁴ en su informe sobre instalaciones termosolares en España con fecha 2021, de donde se extrae que de las 50 centrales operativas en 2020, el 95,5% de la potencia instalada corresponde a instalaciones de tipo Canales Parabólicos puros con una capacidad instalada de 50MW por central, y el 4,5% restante corresponde a instalaciones de torre, Fresnel o híbridas con capacidad inferior a 30MW, y asimilables a torre solar de 20MW.

Respecto a la energía fotovoltaica, según el Registro administrativo de instalaciones de producción de energía eléctrica⁵, existen 59.310 instalaciones en la península, con una potencia total instalada de 9.484 MW. Según el informe de

R.E.E. la potencia total instalada de este tipo de centrales es de 8.665 MW. Esta diferencia entre los datos del Registro y de Red eléctrica se deben a que no todas las instalaciones incluidas en el Registro suministran a RE.E., sino que se listan todas las instalaciones con autorización registrada, estén o no operativas, suministren o no a la Red Eléctrica. De cara al modelo realizado, se han utilizado los datos de consumo real suministrados por REE, y los datos del Registro administrativo para modelar la composición tecnológica para España Peninsular.

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 (figura 11), considerando únicamente las instalaciones tipo b.1.1, (que suponen una potencia instalada total de 8.890 MW según el Registro de instalaciones), separándolas en dos grupos.

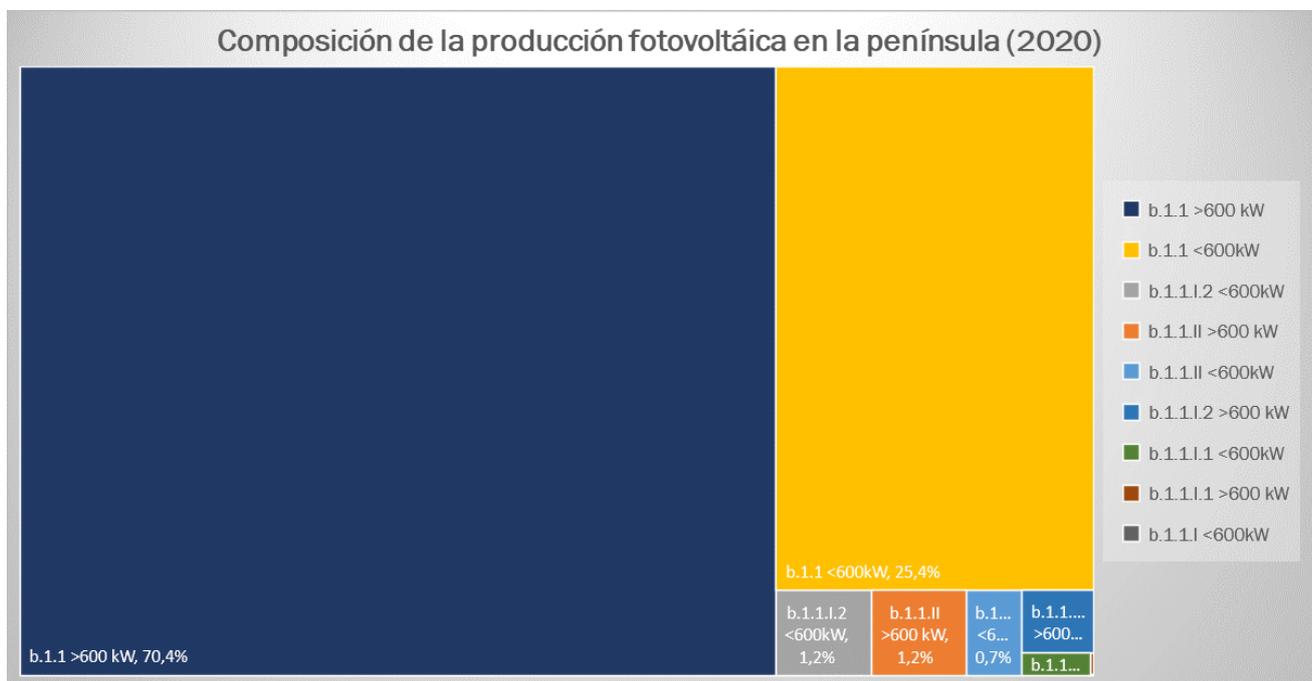


Figura 10 – Distribución de la potencia instalada en instalaciones fotovoltaicas por tipología. Datos: Registro administrativo de instalaciones de producción de energía eléctrica (año 2020)

Considerando por tanto las instalaciones tipo b.1.1, se realiza el modelo según las siguientes estimaciones:

- Centrales < 600 kWh: 27,65%
- Centrales ≥ 600 kWh: 72,35%

Respecto a las instalaciones menores de 600 kWh 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.

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.

Al igual que en el año 2019, en el año 2020 se redujo la cantidad de energía importada, pasando de 6.862 GWh en 2019 a 3.280 GWh en 2020. Aunque en la práctica se importó energía tanto de Francia, como de Portugal y Marruecos, en el saldo general, en 2020 solo se importó energía neta desde Francia, siendo España país exportador hacia Portugal, Andorra y Marruecos.

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 Marruecos (en alta tensión).

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

SALDO INTERCAMBIOS INTERNACIONALES 2020	
Francia	5.229 GWh
Marruecos	-196 GWh
Andorra	-297 GWh
Portugal	-1.457 GWh
TOTAL	3.280 GWh

Figura 11 - Saldo internacional (Fuente: REE 2021)

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 2020. Según este documento⁶, para el año 2019 estas emisiones fueron de 934 kg 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. Para modelar esta red de transporte se utilizan los valores por defecto por kilómetro de baja tensión y de media tensión disponibles en ecoinvent™, 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 ecoinvent™ eliminando el SF₆ asociado a cada km de red. Los totales para el año 2020 son:

- Alta tensión: 21.753 km
- Media tensión: 19.310 km

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 2020.

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 (E.F. v3.0).

 Acidificación [AP]:	0,00065	mol H+e
 Agotamiento de recursos (agua) [WDP]:	364,229	l W.ed
 Agotamiento del ozono [ODP100]:	0,02461	mg CFC-11e
 Agotamiento recursos (comb.fósiles) [ADPff]:	6,31988	MJ
 Agotamiento recursos (reserva final) [ADPeI,ur]:	1,74091	mg Sbe
 Cambio climático (biogénicas) [GWP100bio]:	11,4006	g CO2e
 Cambio climático (fósiles) [GWP100f]:	186,407	g CO2e
 Cambio climático (uso terreno) [GWP100lu]:	3,53095	mg CO2e
 Cambio climático [GWP100]:	197,96	g CO2e
 Ecotoxicidad agua dulce (inorgánico):	0,46131	CTUe
 Ecotoxicidad agua dulce (metales):	2,12135	CTUe
 Ecotoxicidad agua dulce (orgánico):	0,02027	CTUe
 Ecotoxicidad agua dulce [FETP]:	2,60293	CTUe
 Eutrofización, agua dulce [FEP]:	15,9447	mg Pe
 Eutrofización, marina [MEP]:	150,645	mg Ne
 Eutrofización, terrestre [TEP]:	0,00156	mol Ne
 Formación de ozono fotoquímico [HOFp]:	422,252	mg NMVOCe
 Partículas en suspensión [PMFP]:	3,39816E-09	D.I.
 Radiación ionizante (humana) [IRP]:	210,613	Bq U235e
 Toxicidad humana, efectos cancerígenos (inorgánico) [HTPcio]:	2,052E-19	CTUh
 Toxicidad humana, efectos cancerígenos (metales) [HTPcm]:	6,92636E-11	CTUh
 Toxicidad humana, efectos cancerígenos (orgánico) [HTPco]:	1,46952E-11	CTUh
 Toxicidad humana, efectos cancerígenos [HTPc]:	8,39588E-11	CTUh
 Toxicidad humana, efectos no cancerígenos (inorgánico) [HTPncio]:	2,99057E-10	CTUh
 Toxicidad humana, efectos no cancerígenos (metales) [HTPncm]:	1,21132E-09	CTUh
 Toxicidad humana, efectos no cancerígenos (orgánico) [HTPnco]:	4,47502E-11	CTUh
 Toxicidad humana, efectos no cancerígenos [HTPnc]:	1,54272E-09	CTUh
 Uso del terreno [LUP]:	11,3526	pt

Figura 12 - Resultado final de impactos ambientales del ACV del Mix Eléctrico Peninsular 2020

La Figura 14 muestra el modelo realizado en el software Air.e para llevar a cabo el inventario de ciclo de vida de este proyecto.

Mix eléctrico España Peninsular 2020

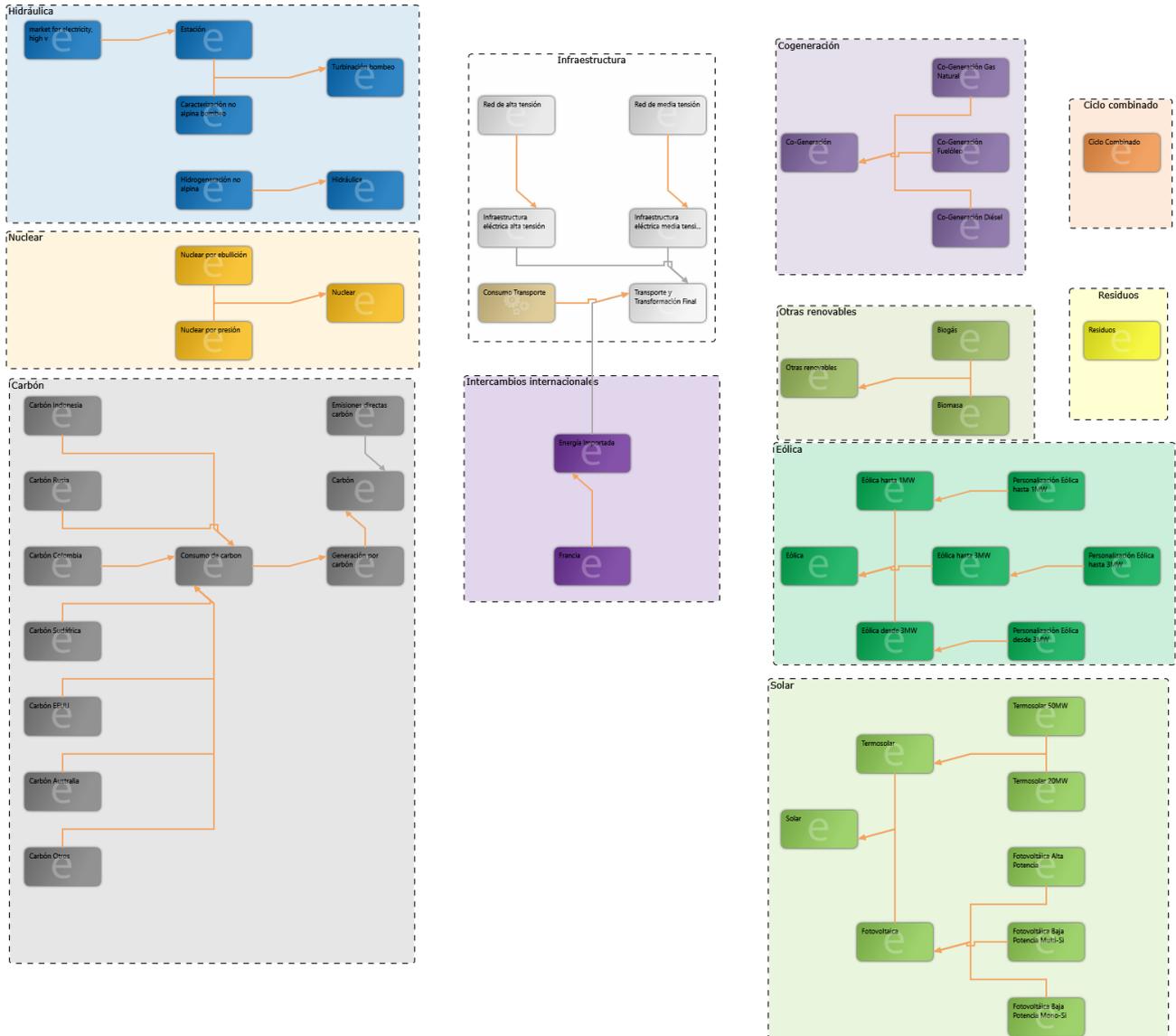
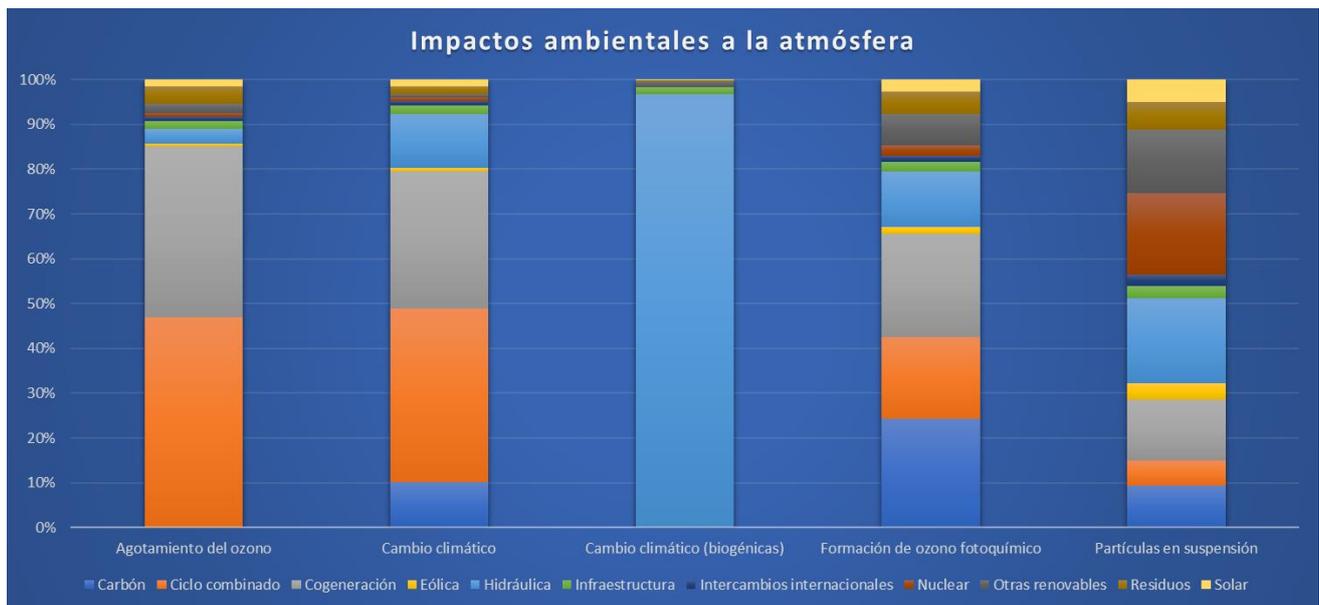


Figura 13 - Modelo desarrollado para el ACV del mix eléctrico peninsular 2020

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

Es importante recordar que en este estudio se ha utilizado la versión más reciente de los métodos de evaluación de impactos del ILCD, por lo que algunos resultados y métodos no coinciden con los reportados en los informes del Mix eléctrico publicados por ACODEA para los años 2018 y 2017, pero sí con 2019, primer año para el que se aplicó la versión **EF 3.0** de estos métodos.

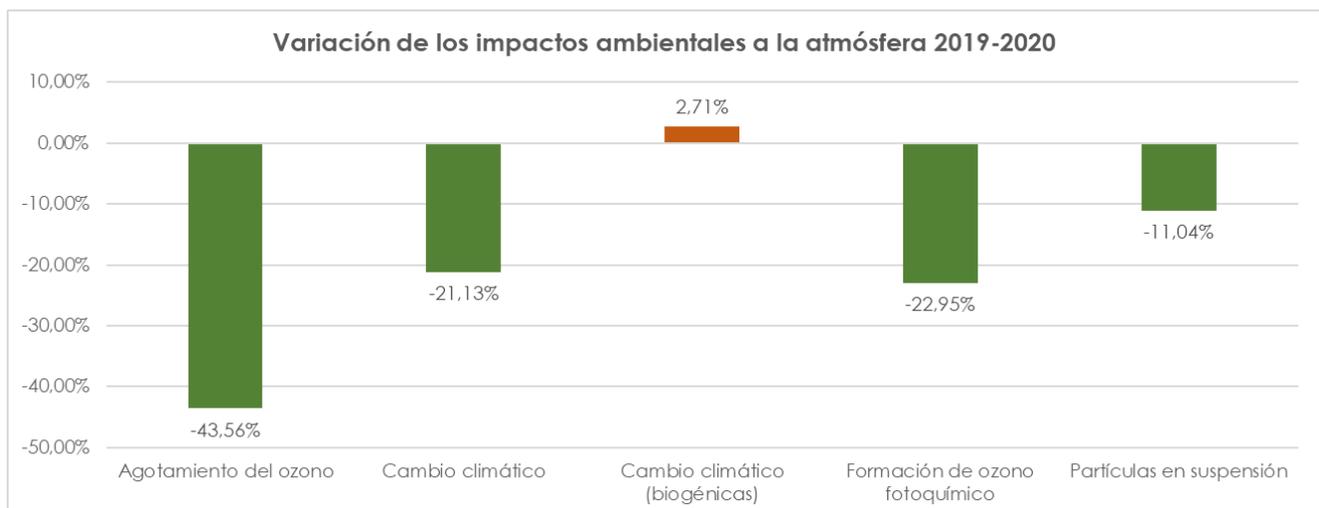
IMPACTOS AMBIENTALES HACIA LA ATMÓSFERA



Este año, al igual que en el año 2019, pero no así en 2018 y anteriores, se incluye información sobre la Formación de Ozono Fotoquímico (responsable del “smog”) en entornos urbanos, y las partículas en suspensión.

A pesar de la reducción en el uso del carbón en el sistema peninsular de producción de electricidad, este tipo de centrales siguen siendo las más influyentes en cuanto a la Acidificación y la Formación de Ozono Fotoquímico.

En la siguiente gráfica se muestra la variación interanual de estos cinco indicadores de impactos a la atmósfera, donde vemos una mejora de todos ellos, menos del “Cambio climático emisiones biogénicas”.



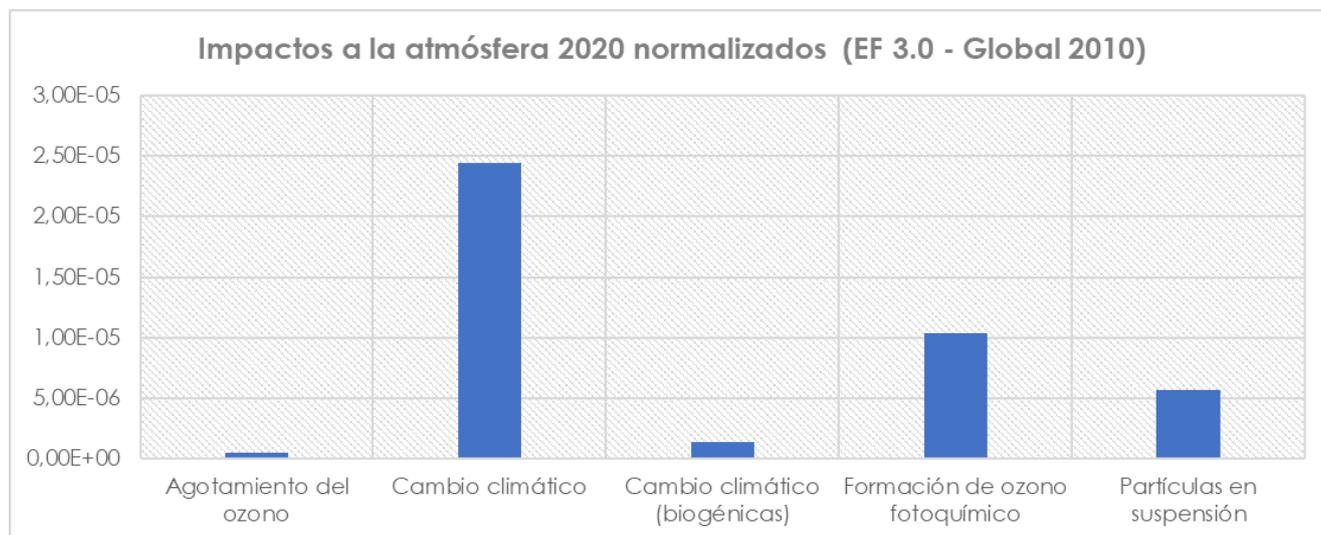
Las emisiones de Gases de Efecto Invernadero de origen biogénico se producen principalmente en la quema y gestión de biomasa y de residuos, pero también en los embalses, por la producción de metano de las bacterias presentes en el agua embalsada. Al haber aumentado en 2020 la generación hidroeléctrica, el impacto “Cambio climático, emisiones biogénicas” aumenta.

Se puede apreciar también la importante reducción del impacto “Agotamiento de ozono”. Este impacto se produce por la emisión de CFCs a la atmósfera, pero estos compuestos no son habituales en ninguna tecnología actual de producción de electricidad, donde aparecen únicamente en la acumulación de procesos “aguas arriba”, como por ejemplo en la producción de diésel. El impacto “Agotamiento de ozono” en la producción de electricidad es muy bajo en términos generales, por lo que pequeñas variaciones pueden suponer cambios relevantes.

Uno de los pocos elementos que producen este impacto es el gas natural, no por su combustión, que no emite CFCs, sino por la construcción de la infraestructura necesaria para su transporte y uso en las centrales de cogeneración.

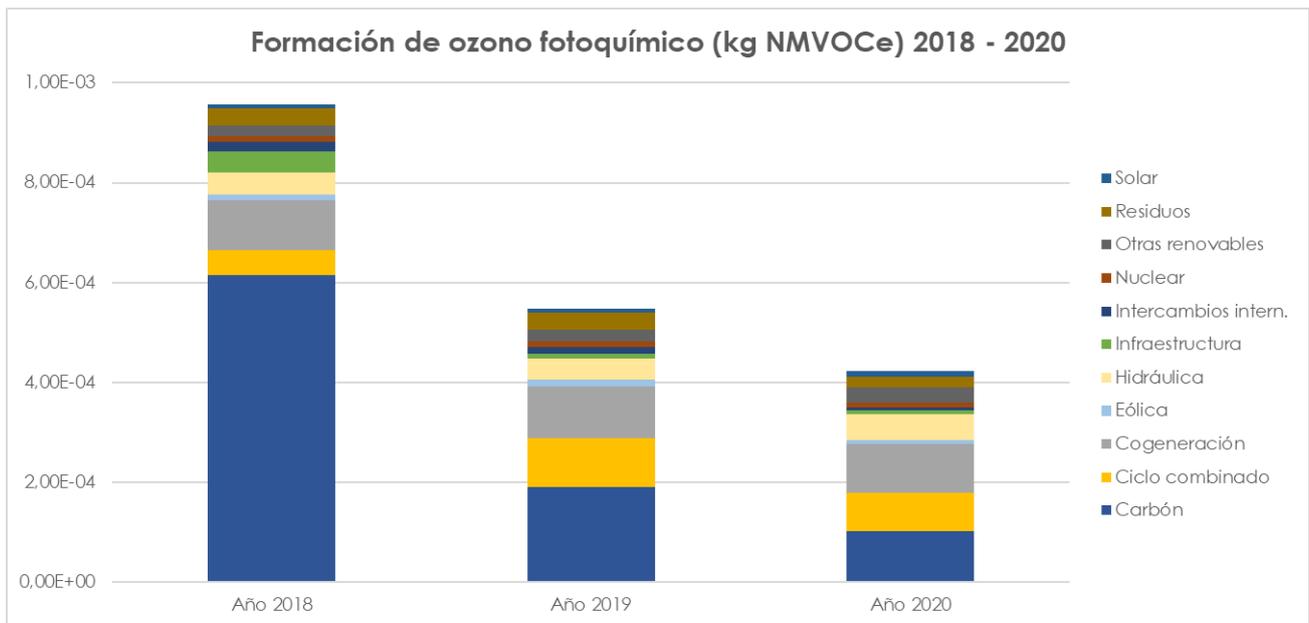
En el año 2020, el uso de centrales de Cogeneración se redujo con respecto al año 2019, que fue prácticamente el doble que en 2018, esta hace que el impacto de esta tecnología sobre el agotamiento del ozono se duplicase en 2019 y ha vuelto a corregirse en 2020.

En cualquier caso, es importante volver a destacar que el “Agotamiento de ozono” no es un impacto relevante en la producción de electricidad. En la siguiente figura, se muestra el **valor normalizado** de los impactos, con la normalización EF 3.0 [Global 2010], recomendada por la Comisión Europea dentro de la metodología ILCD. La normalización es un método aproximado que permite comparar entre sí impactos diferentes. Para ello, la normalización establece como “valor de referencia” de cada impacto el total de ese impacto de todas las actividades de la sociedad a nivel global (o de un territorio o población específico), de tal manera que se consideraría el máximo posible. Los impactos más altos están más cerca de ese valor de referencia máximo.

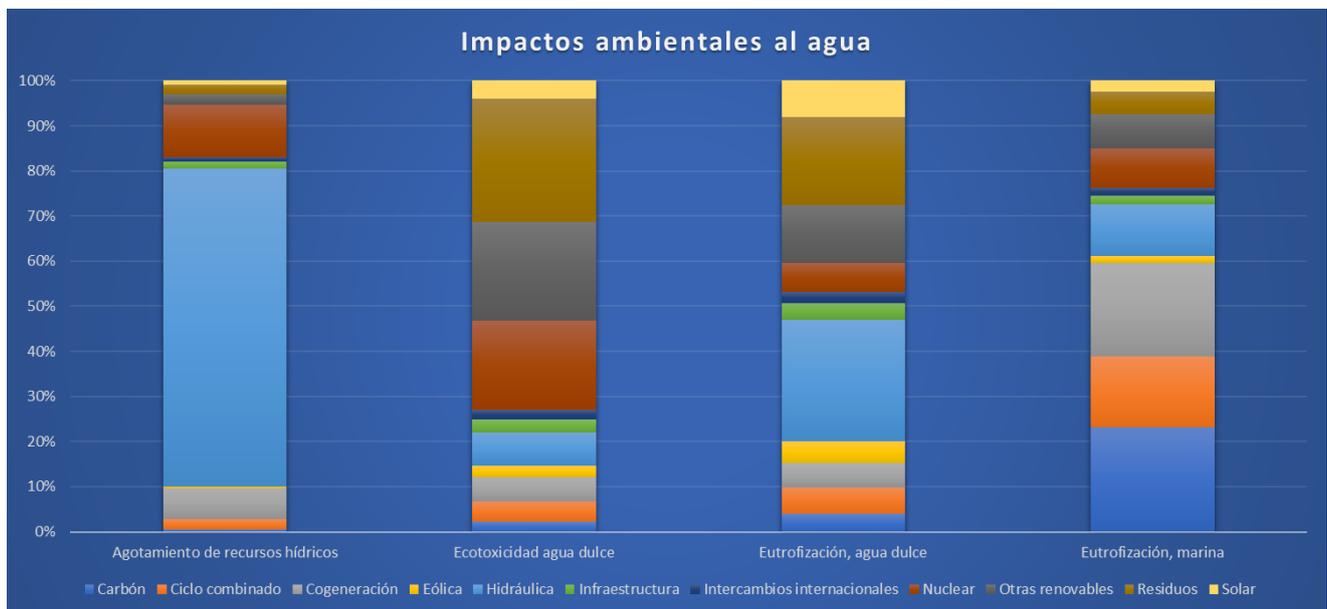


A pesar de que el impacto “Cambio climático”, como se muestra en la gráfica anterior, es el más relevante en cuanto a emisiones al aire, en 2020 las emisiones por kilovatio-hora vuelven a bajar, situándose en **197,96 gramos de CO₂ equivalente por kWh generado**. Este valor se puede utilizar como Factor de Emisión del Mix eléctrico para 2020 en cálculos de **Huella de Carbono**.

Respecto a la formación de ozono fotoquímico, la reducción interanual observada se debe a la reducción del uso de energía procedente de centrales de carbón, que se lleva produciendo en los últimos años, con una reducción muy importante en 2019, que continua durante el año 2020 como se muestra en la siguiente figura:

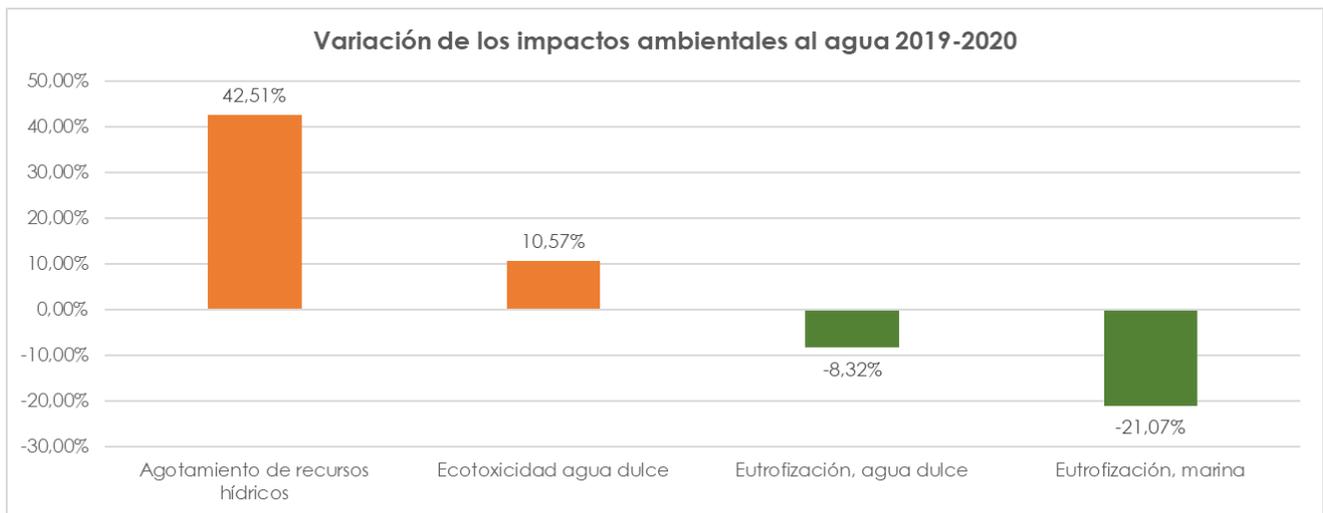


IMPACTOS AMBIENTALES HACIA EL AGUA



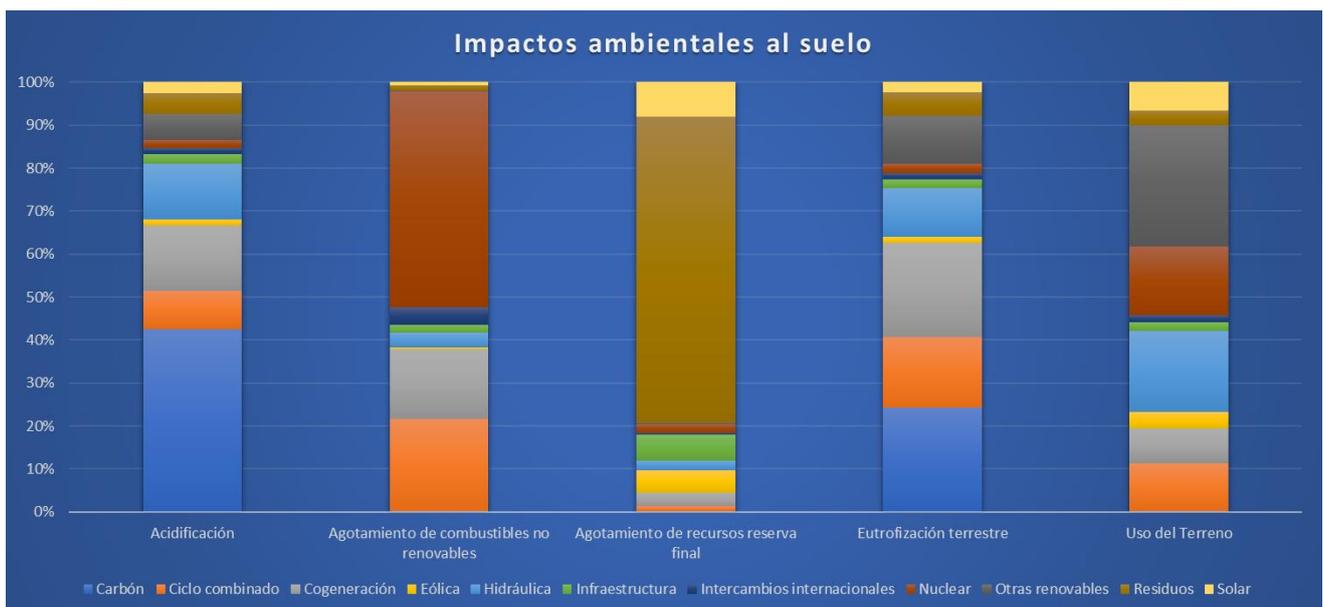
En la metodología ILCD, se evalúan cuatro impactos al agua, el agotamiento de recursos hídricos, la ecotoxicidad, y la eutrofización, tanto del agua dulce como del agua marina. El método de evaluación del impacto “Agotamiento de recursos hídricos” ha cambiado con respecto al utilizado en años anteriores, por actualización de la metodología ILCD.

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 pertenezca el embalse. El mayor uso de energía hidroeléctrica durante 2020 supone un aumento de los impactos ambientales asociados con los embalses, principalmente el agotamiento de recursos hídricos y la eutrofización del agua dulce, como se puede ver en la siguiente gráfica.



En los impactos más relacionados con la contaminación del agua, esto es la ecotoxicidad y le eutrofización, la reducción en el uso de centrales de carbón ha conseguido reducirlos, pero no lo suficiente en cuanto a la ecotoxicidad del agua dulce que aumento debido al incremento de uso de agua embalsada.

IMPACTOS AMBIENTALES HACIA EL SUELO

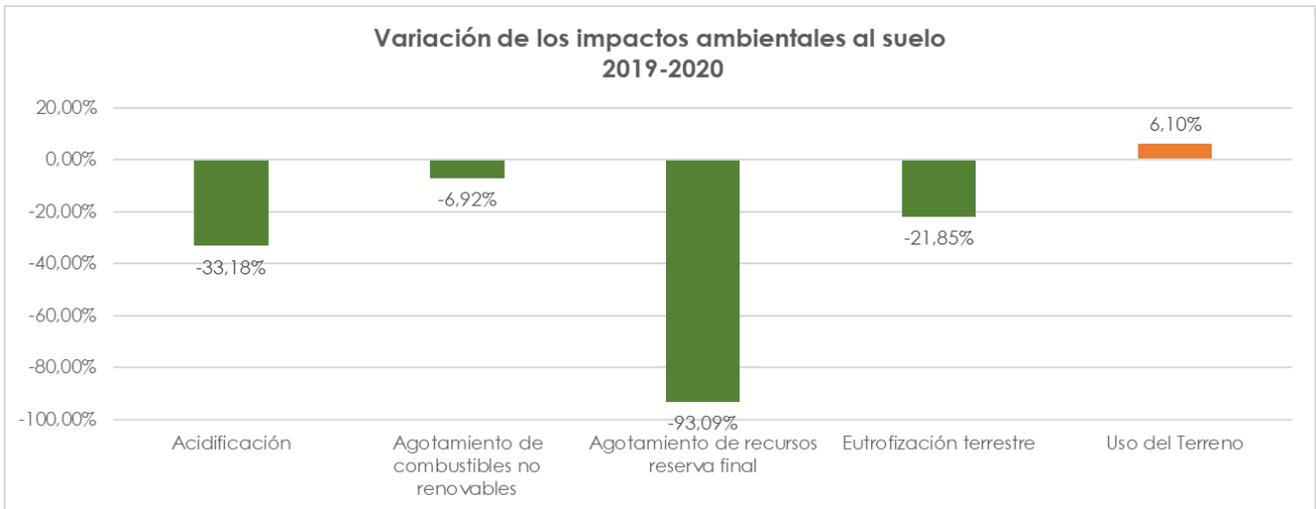


Los impactos hacia el suelo tienen ámbitos muy distintos dentro de la metodología ILCD, y no se refieren estrictamente a “contaminación” de los suelos, si no a distintas afecciones sobre los mismos y el territorio.

La **Acidificación** y la **Eutrofización** están muy relacionadas con los combustibles fósiles (aunque no únicamente), y por tanto al reducirse estas metodologías se reducen estos impactos. El impacto “**Uso del Terreno**” está directamente relacionado con la ocupación de las infraestructuras, por lo que las grandes construcciones como los embalses o los gasoductos aumentan este impacto.

En esta nueva edición de este estudio, uno de los métodos de impacto actualizados es el de **Agotamiento de Recursos de Reserva Final**, es decir, los recursos no fósiles y no renovables. En este nuevo método, materiales como el cobre o el aluminio tienen menos impacto que en versiones anteriores al tenerse en consideración su mayor potencial de reciclabilidad, por eso su uso en infraestructuras no afecta tanto al

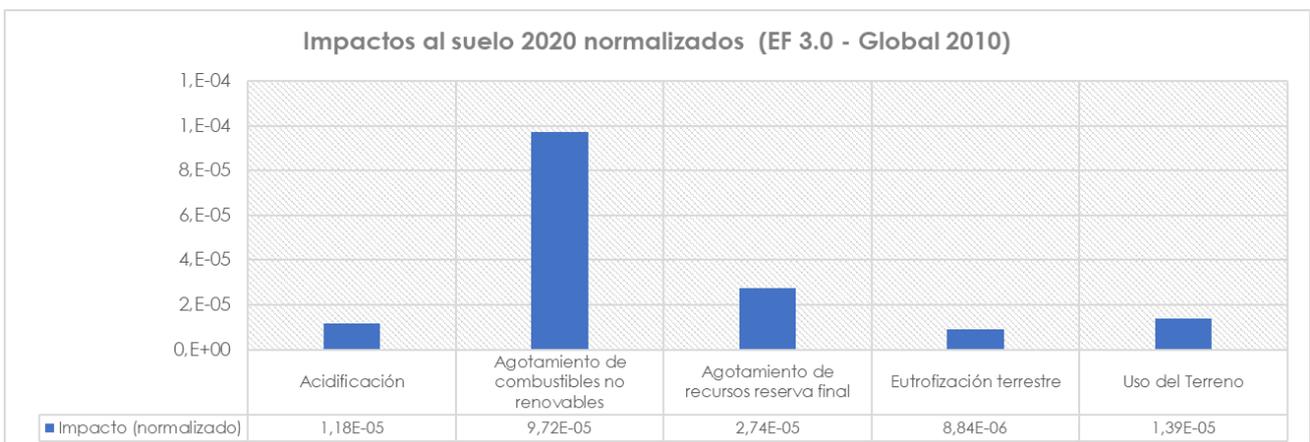
impacto como lo hacen los residuos no renovables y no recuperados que se utilizan para la incineración con recuperación de energía, que es la que más afecta a este impacto. Como sucedía con el Agotamiento del ozono, el impacto de Agotamiento de recursos de reserva final es muy poco relevante en la producción de electricidad, lo que hace que destaquen estos efectos, que se ven corregidos al normalizar el impacto.



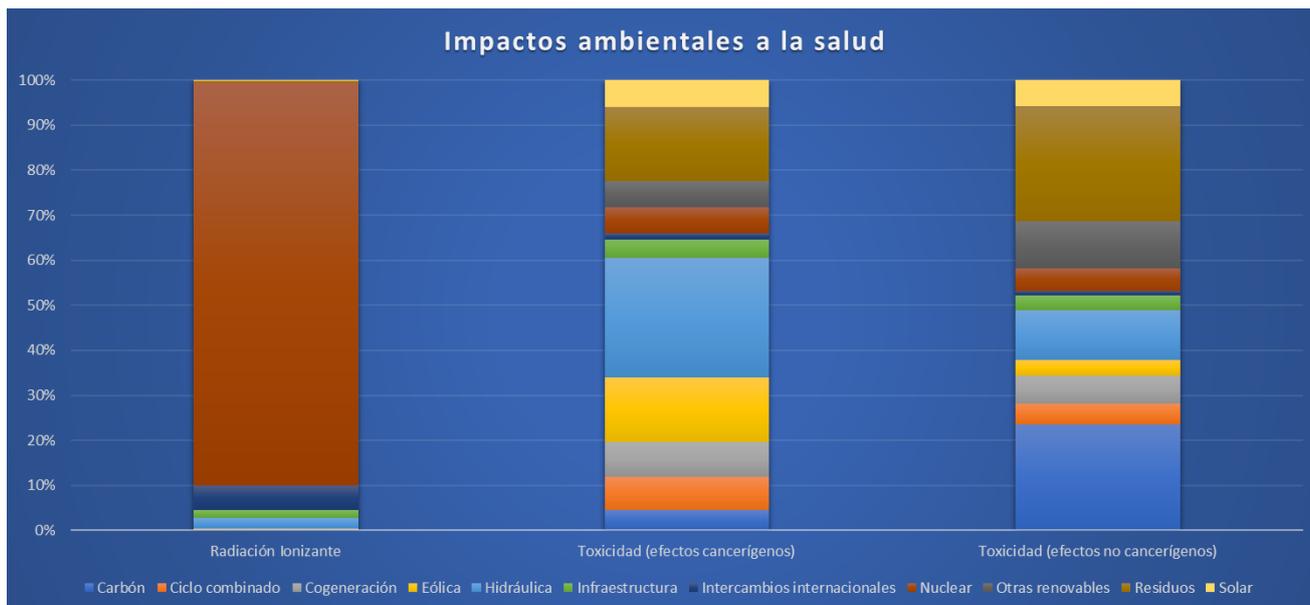
En la gráfica de variaciones respecto al año pasado, vemos la importante disminución del Agotamiento de recursos de reserva final, y la Acidificación debido principalmente a la reducción del uso de carbón como fuente de energía y a la reducción de producción de energía por la quema de residuos.

En cualquier caso, es fundamental tener en cuenta que, salvo el impacto, “Agotamiento de combustibles no renovables”, todos los impactos al suelo son casi insignificante en la generación de electricidad, y todo el impacto procede de actividades relacionadas. De esta manera, cambios muy pequeños en la producción pueden suponer cambios proporcionalmente muy grandes en el impacto, pero muy pequeños si consideramos su valor absoluto.

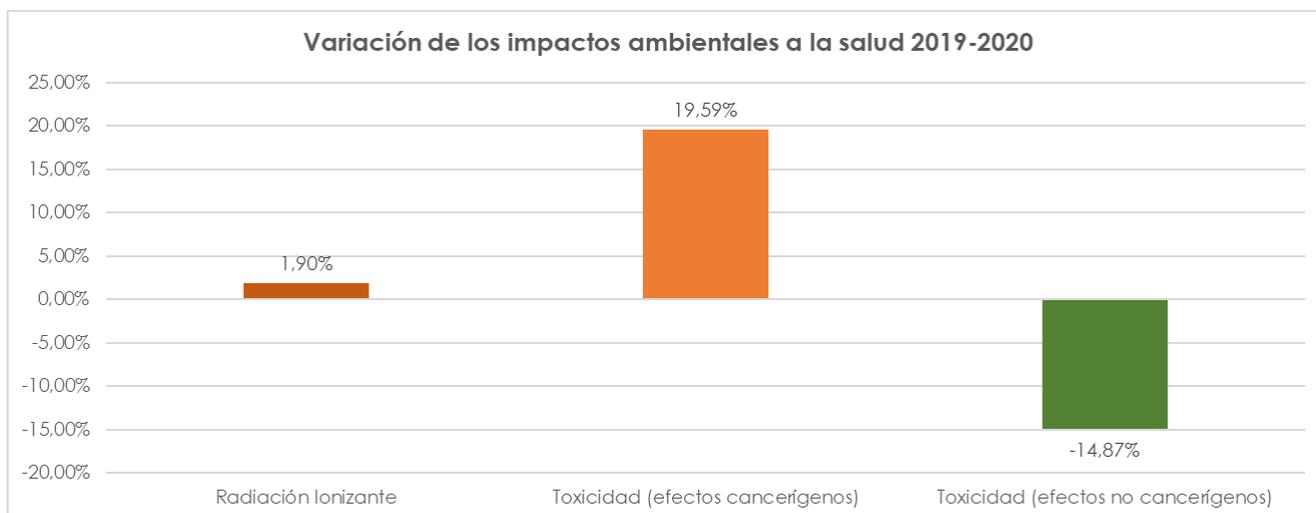
Si aplicamos la normalización EF 3.0 ILCD [Global 2010], vemos como el impacto más elevado es el agotamiento de combustibles. Esto es lógico porque precisamente los combustibles están destinados a la generación de energía, gran parte de la cual es energía eléctrica de la red.



IMPACTOS A LA SALUD



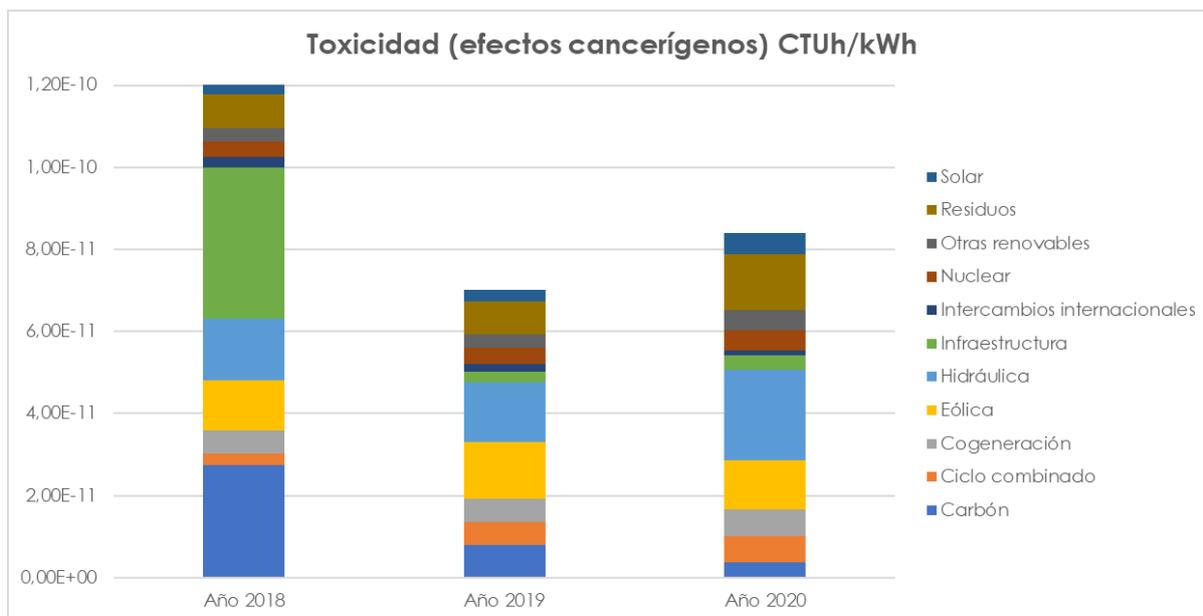
En esta sección se han evaluado los impactos que afectan directamente a la salud. Estos impactos son de dos tipos, el relacionado con la “radiación ionizante”, que se debe casi exclusivamente al uso de combustibles nucleares, y por lo tanto aumenta o disminuye según aumente o disminuya la cantidad de energía de origen nuclear utilizada, y los impactos de tipo toxicidad, que se deben a la emisión de sustancias tóxicas principalmente a la atmósfera y al agua. En muchas ocasiones estas emisiones no se producen de forma directa, sino de forma indirecta aguas arriba principalmente en la construcción de infraestructuras y en la extracción de combustibles.



Como era previsible, el aumento de la cantidad de energía generada en centrales nucleares se ve reflejado en el impacto “Radiación ionizante”, puesto que la generación de energía con combustibles nucleares es el principal emisor de este impacto a nivel global.

Pero lo que más destaca es la variación en la toxicidad, tanto el aumento en lo que respecta a efectos cancerígenos como la disminución de los efectos no cancerígenos.

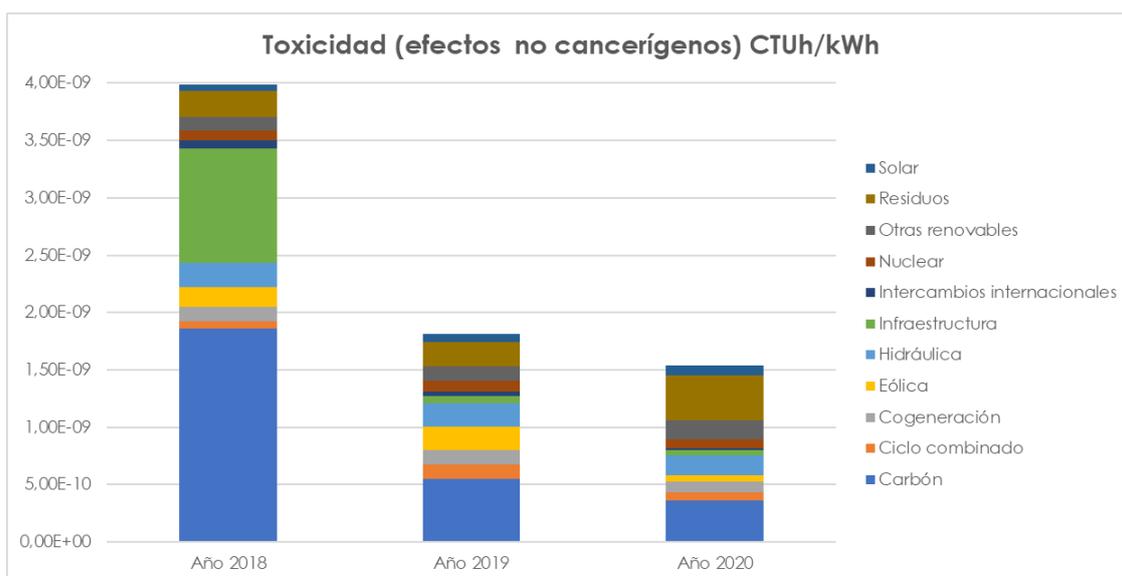
Para ver el origen de esta variación, podemos observar las gráficas siguientes, que comparan los años 2018, 2019 y 2020 con más detalle:



Al comparar los tres años, se puede apreciar que la Toxicidad con efectos cancerígenos aumentó en 2020 en las áreas de hidráulica y residuos. Esto es debido a la mayor necesidad de recursos materiales e infraestructuras necesarias para gestionar los residuos, así como a la emisión de determinados contaminantes que pueden estar presentes en los residuos al ser quemados para producir energía, y también a la parte de infraestructura proporcional en la hidráulica, en cuyo caso las emisiones son aguas arriba.

Como se puede ver en el informe realizado por Acodea para el año 2019, la reducción entre los años 2018 y 2019 que se puede ver en la toxicidad por la infraestructura es debida a un cambio en la metodología de evaluación de la infraestructura y su modelización. Más información se detalla en el informe de la anualidad correspondiente.

Lo mismo sucede si analizamos los **efectos no cancerígenos**.



Los cambios en el método de modelado de la infraestructura en 2019 afectan de forma muy relevante a la toxicidad con efectos no cancerígenos, por lo que esta parte no debe ser tomada en cuenta.

Al contrario, si debemos observar los grandes efectos beneficiosos que conlleva la reducción en el uso del carbón, también en este impacto a la salud.

BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS Web:

Impactos ambientales de la electricidad en España en 2019 – Acodea, Agriagencia de España 2020

Impactos ambientales de la electricidad en España en 2018 – Acodea, Agriagencia de España 2019

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

Informe del sistema eléctrico español 2020 – Red Eléctrica de España

Informe del sistema eléctrico español 2019 – Red Eléctrica de España

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 2020 – Red Eléctrica de España

Comunicación al Secretariado de la 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 – 2019 – 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/estadisticas>

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

⁵ <https://www.mincotur.gob.es/energia/electricidad/energias-renovables/Paginas/registro-administrativo.aspx>

⁶ <https://www.ree.es/es/publicaciones/sostenibilidad-y-medio-ambiente/medio-ambiente/memoria-ambiental-2020>