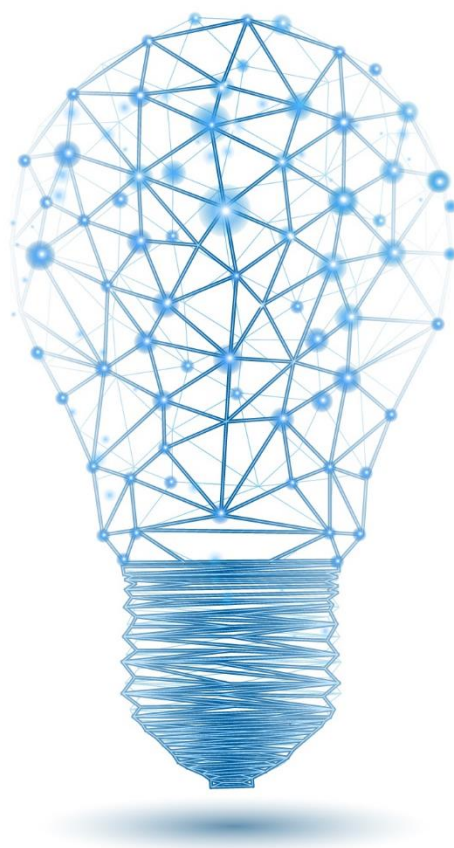




IMPACTOS AMBIENTALES DE LA ELECTRICIDAD EN ESPAÑA EN 2019

ANÁLISIS DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES DEL MIX ELÉCTRICO PENINSULAR DURANTE EL AÑO 2019 A TRAVÉS DE LA METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA

IMPACTOS AMBIENTALES DE LA ELECTRICIDAD EN ESPAÑA EN 2019

INVESTIGACIÓN SOBRE LOS DISTINTOS IMPACTOS AMBIENTALES ASOCIADOS A LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA DURANTE EL AÑO 2019 Y EVALUACIÓN PREVIA DEL IMPACTO DE LA COVID-19 EN EL CONSUMO ELÉCTRICO DURANTE EL PRIMER SEMESTRE DE 2020 EN LA ESPAÑA PENINSULAR.

© ACODEA 2020 (algunos derechos reservados)

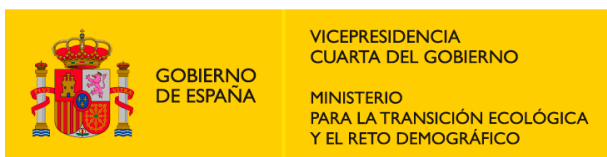
Las opiniones en esta publicación no representan necesariamente las de la Fundación Acodea

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 2019. Investigación sobre los distintos impactos ambientales asociados a la producción de energía eléctrica durante el año 2019 y evaluación previa del impacto de la covid-19 en el consumo eléctrico durante el primer semestre de 2020 en la España peninsular. – ACODEA – 2020”)

CREDITOS IMÁGENES:

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

Proyecto subvencionado por Orden de 20 de mayo de 2020 («BOE» núm. 150, de 27 de mayo de 2020) por la que se convoca para el año 2020 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 2019

ANÁLISIS DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES
DEL MIX ELÉCTRICO PENINSULAR DURANTE
EL AÑO 2019 A TRAVÉS DE LA
METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE CICLO DE
VIDA

INTRODUCCIÓN: PLAN DE PROYECTOS AMBIENTALES ACODEA 2020

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 tercer 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, 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 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, y la evaluación de un potencial sistema, orientado a productores y la cadena de distribución, que permita a las organizaciones y consumidores analizar y reducir el uso de plásticos propios y a lo largo de toda la cadena de valor.

Este año 2020, 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 2019.

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 *The ecoinvent 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.

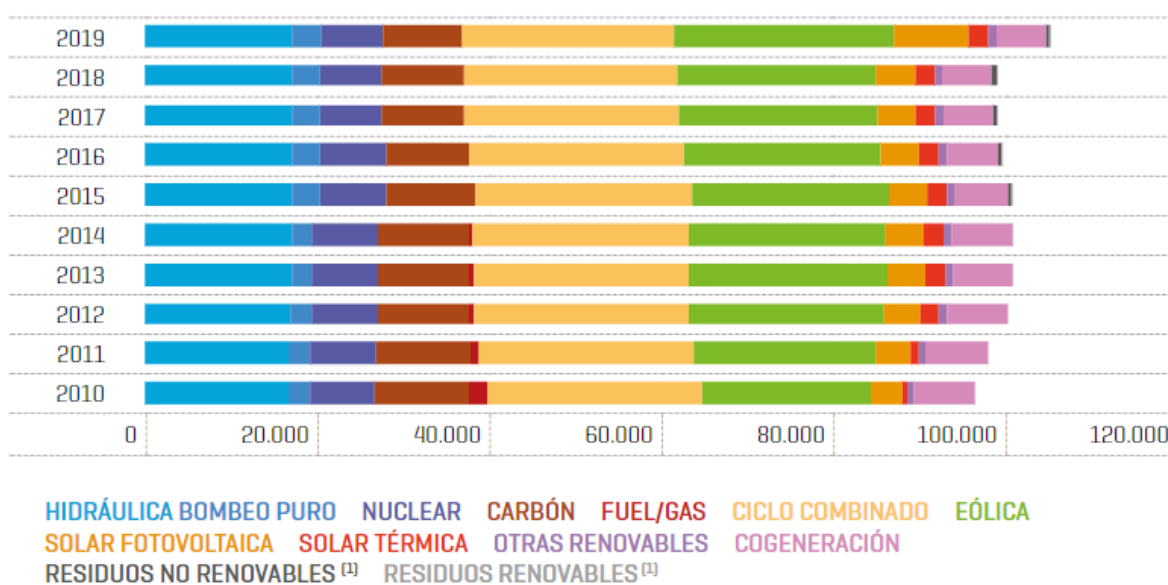
Desde al año 2018, ACODEA lleva realizando anualmente el **Inventario de Ciclo de Vida del sistema eléctrico peninsular español**, que aporta esta nueva información que no se encuentra disponible desde ninguna otra fuente. Es por tanto el objetivo de este proyecto continuar con estos trabajos, desarrollando este **inventario de ciclo de vida para la anualidad 2019**, 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 2019

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.

Evolución de la estructura de potencia eléctrica instalada peninsular (MW)



[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 desde el año 2015, con un importante aumento en el año 2019, año objeto de este análisis (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, que ha tenido un gran impulso en el año 2019, cuando se han puesto en marcha más de 2.200 MW nuevos procedentes de instalaciones eólicas, y más de 4.200 MW en instalaciones fotovoltaicas.

Este aumento de los nuevos sistemas de producción de electricidad mediante fuentes renovables ha dado lugar a que, en 2019, y por

primera vez desde que existen registros, la potencia instalada en España procedente de fuentes renovables sea superior a la procedente de fuentes no renovables. En concreto, **de los 110.376 MW instalados en España en 2019, el 50,1% corresponden a 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 2019, respecto al total de potencia instalada en 2017, haciendo un total acumulado de +6,14% de potencia instalada en 2019 respecto a 2017. Las tecnologías que no han sufrido variación no se muestran en la gráfica.

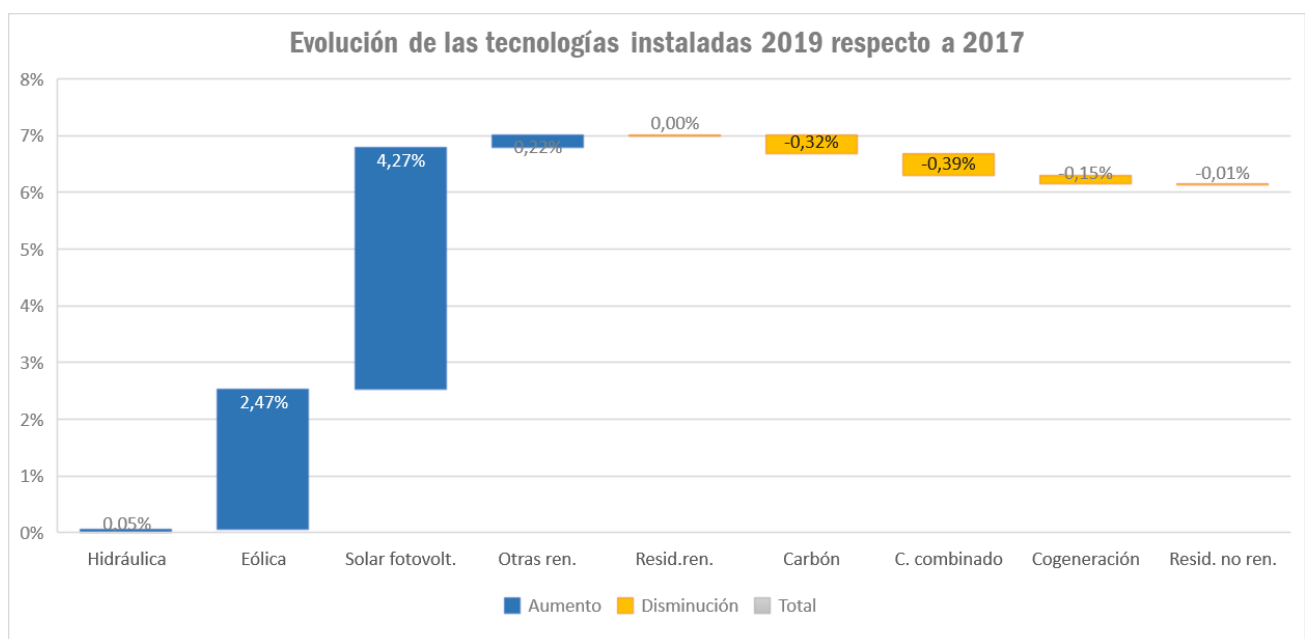


Figura 2 - Evolución de las tecnologías de producción, 2019 respecto a 2017, en cuanto a potencia instalada. Fuente: Elaboración propia a partir de datos procedentes de los Informes del Sistema Eléctrico Español 2017 y 2019.

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

Durante el año 2019, se produjo una ligera disminución de la producción en la península mediante energías renovables, que pasó a suponer el 38,9% frente al 61,1% producido

mediante fuentes no renovables. Esto fue debido principalmente a la disminución, en un 27,6% respecto al año 2018, de la energía generada mediante instalaciones hidráulicas.

En la figura 3 se muestra la diferencia en la generación de la electricidad según la tecnología de procedencia, entre 2019 y 2017. El gráfico representa la diferencia de total de energía

generada anualmente por cada tecnología comparando 2019 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 0,54% (247.086 GWh producidos en 2019, frente a los 248.424 GWh producidos en 2017). En la gráfica no se muestran las tecnologías que no han variado de forma representativa.

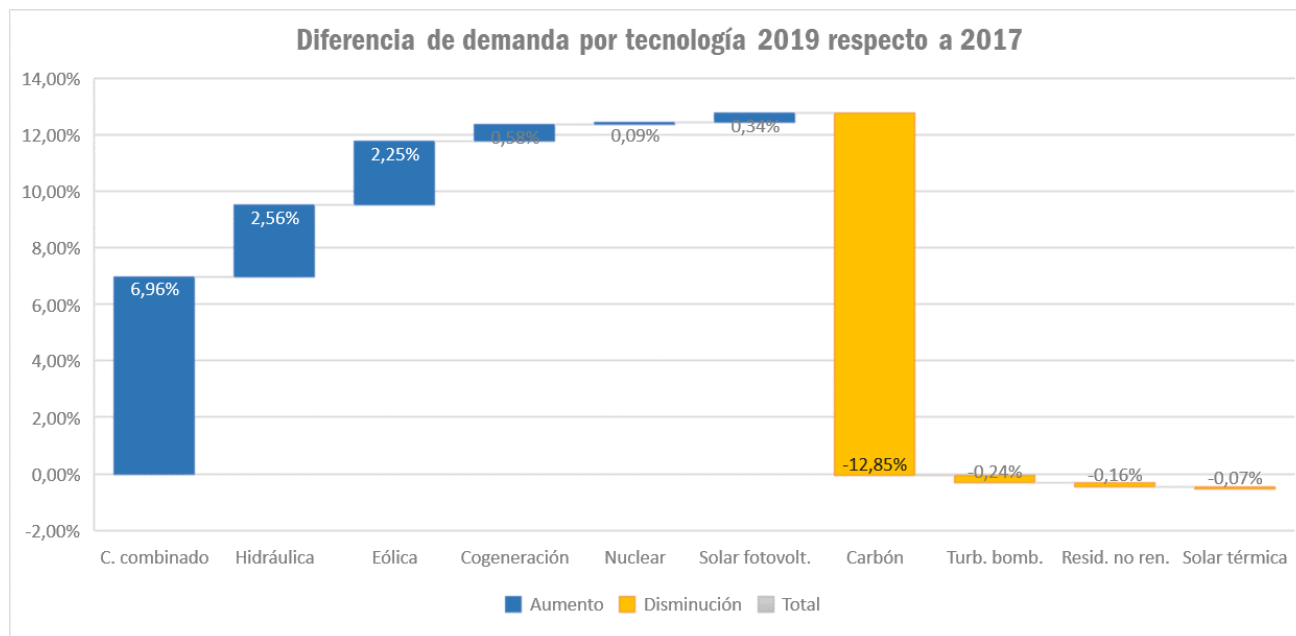


Figura 3 - Diferencia en la producción de energía por tecnologías entre 2019 y 2017. Fuente: Elaboración propia a partir de datos procedentes de los Informes del Sistema Eléctrico Español 2017 y 2019.

En la figura 3 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 2019 sólo se produjeron 10.672 GWh, una disminución del 75% en la producción mediante carbón, lo que supone una disminución próxima al 13% 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 2019, que no se

corresponde estrictamente con la potencia instalada. Así, por ejemplo, mientras que en el año 2019 la potencia instalada mediante tecnologías renovables corresponde al 50,1% de la potencia total instalada, la realidad de la energía generada es que sólo el 38,9% de la energía utilizada por el consumidor en 2019 provenía de fuentes renovables. Esto ha sido debido a una menor producción de energía hidráulica durante 2019 (un 27,6% menor que en 2018), por menor disponibilidad debido a la disminución de precipitaciones en 2019 con respecto a 2018.

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 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 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.

Para la evaluación de impactos, se han actualizado los métodos según la versión **EF 3.0** de la guía de la Comisión Europea. Esta actualización supone el cambio de método en varios impactos, que incluyen, entre otros, cambio de unidades, lo que hace necesario actualizar los resultados de anualidades anteriores para poder comparar estos resultados.

Entre otros cambios, cabe destacar la actualización del impacto “Agotamiento de recursos-agua”, que ahora utiliza el método AWARE

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 3.6. Air.e LCA ha

sido desarrollada íntegramente en España por la empresa Solid Forest.

	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 gasoil
	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 4 - 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 v3.6. 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 2020, Red Eléctrica de España ha publicado su informe completo anual sobre el sistema eléctrico español en el año 2019. 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 2019.



Tecnología	GWh 2019
Hidráulica	24.708,93
Eólica	53.093,63
Solar fotovoltaica	8.840,51
Solar térmica	5.166,43
Otras renovables	3.606,58
Residuos renovables	738,95
Hidroeólica	-
Turbinación bombeo	1.642,32
Nuclear	55.824,41
Carbón	10.672,48
Fuel/gas	-
Ciclo combinado	51.140,07
Cogeneración	29.579,92
Residuos no renovables	2.071,63
Total Generación 2019	247.085,87
Consumos en bombeo	-3.024,96
Enlace Península-Baleares	-1.694,84
Saldo intercambios internacionales físicos	6.862,33
Total Demanda Peninsular 2019	249.228,39

Figura 5 - Balance energético peninsular 2018

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 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” 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 2019 existían en España 1.123 parques eólicos en la península (dato procedente del Registro administrativo de instalaciones de producción de energía eléctrica - sección segunda- en agosto de 2020).

La potencia eólica en la península aumentó en 2019 en 2.243 MW (datos del Anuario Eólico 2020 de la AEE), principalmente a través de nueva potencia instalada en Aragón (más de 1GW), Castilla y León (461 MW), Galicia (416 MW), Andalucía (124 MW), Navarra (85 MW) y Extremadura (39 MW).

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 1.219 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.

La información utilizada para realizar el análisis ambiental del Mix eléctrico de 2019, 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.

POTENCIA EÓLICA INSTALADA POR COMUNIDADES AUTÓNOMAS 2019 [EN MW Y PORCENTAJE DE CUOTA DE MERCADO]

Fuente: AEE

COMUNIDAD AUTÓNOMA	Potencia instalada en 2019	Acumulado 31/12/2018	Acumulado 31/12/2019	Porcentaje sobre el total	Nº de parques
Castilla y León	461	5.595	6.056	23,56%	258
Castilla-La Mancha	0	3.817	3.817	14,85%	144
Galicia	416	3.422	3.814	14,84%	178
Andalucía	124	3.331	3.455	13,44%	160
Aragón	1102	2.002	3.104	12,08%	132
Cataluña		1.271	1.271	4,95%	47
Comunidad Valenciana		1.189	1.189	4,63%	38
Navarra	85	1.004	1.089	4,24%	51
Asturias		518	518	2,02%	23
La Rioja		447	447	1,74%	14
Murcia		262	262	1,02%	14
Canarias	16	431	447	1,74%	86
País Vasco		153	153	0,60%	7
Cantabria		38	38	0,15%	4
Baleares		4	4	0,01%	46
Extremadura	39	0	39	0,15%	1
TOTAL	2.243	23.484	25.704		1.203

Figura 6 - Potencia eólica instalada en España en 2019. 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 EURO5 (para el año 2018 se modelaron vehículos EURO4).

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 1.642 GWh se han consumido 3.025 GWh, por lo que se ha modelado este consumo en el Análisis del proyecto como 1,84 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.

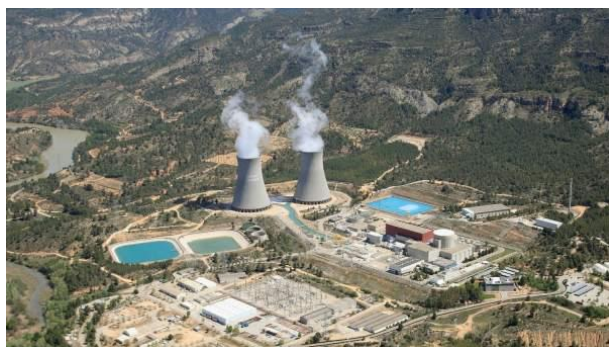


Imagen 1 - Central de Cofrentes (Imagen: Iberdrola)

En el presente proyecto se han modelado las dos tecnologías según la capacidad total instalada en 2019, 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: 14,5%
- Presión: 85,5%

En total, durante el año 2019 se generaron 55.824 GWh de electricidad desde centrales nucleares, lo que supuso el 22,4% de la producción, siendo por tanto el principal sistema del mix eléctrico español ese año.

CENTRALES DE CARBÓN

La generación por carbón en 2019 fue de 10.672 GWh, correspondiente 4% de la generación de electricidad en España Peninsular, y el dato de porcentaje más bajo de los registros históricos. Mientras la capacidad instalada se ha mantenido en los últimos años en el entorno del 10%, la generación oscilaba anualmente, hasta el año 2018, en torno al 15%, con variaciones entre el 12% y el 20% dependiendo del uso de las otras tecnologías disponibles. En 2019, la producción de electricidad en centrales de carbón se ha reducido en casi un 70% respecto al año anterior, lo que supone una importante reducción de emisiones, especialmente de CO₂.



Imagen 2 - Central de carbón Compostilla II (Imagen: C. Sánchez -Ical-)

El 31 de diciembre de 2018 se materializó el cierre definitivo de las minas de carbón españolas, por lo que su porcentaje de participación en el origen del carbón producido pasa del 14% de la última actualización, al 0%.

A la hora de realizar correctamente el Análisis de Ciclo de Vida de la producción de electricidad, es necesario considerar el origen de los combustibles. Esta importante variación en los últimos años en el origen del carbón consumido hace que las estimaciones que se estaban realizando hasta ahora en bases de datos que utilizaban un modelo estándar de emisiones de producción para España, sean incorrectas. Es

necesario realizar un nuevo modelo de las importaciones de carbón.

En años anteriores, se había modelado el origen del carbón utilizado en las centrales a partir de datos de Carbunión y el Observatorio Crítico de la Energía. Estas dos entidades ya no actualizan sus datos, y ni REE ni los productores dan detalles sobre el origen del carbón, por lo que se han utilizado los datos del estudio “Origen del carbón” publicado por GreenPeace en diciembre

de 2019, aplicándose la asignación que se indica en la Figura 7.

Según el Informe Inventarios GEI 1990-2018 (Edición 2020) publicado por el MITECO, en 2018 las centrales térmicas españolas consumieron 17.819 kt de carbón (Tabla A2.10), y generaron 12.672 GWh, lo que supone un consumo de 0,71kg de carbón por kWh generado. Se utiliza este dato para modelar el consumo de las centrales de carbón en la península en 2019.

Origen del carbón	Porcentaje sobre el consumo en centrales 2019
Indonesia	27,34%
Rusia	22,48%
Colombia	21,17%
Sudáfrica	8,20%
EEUU	7,86%
Australia	6,42%
Otros	6,52%

Figura 7 - Origen del carbón en 2019

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 2019 en la península en sistemas de cogeneración ha sido de 5.666 MW (según el “Informe del Sistema Eléctrico Español - 2019” de R.E.E.), suponiendo una reducción del 0,9% respecto al año 2018, lo que continúa la tendencia iniciada en el año 2011, como se muestra en la Figura 8, elaborada a partir de datos de la Comisión Nacional del Mercado de la Competencia a enero de 2019.

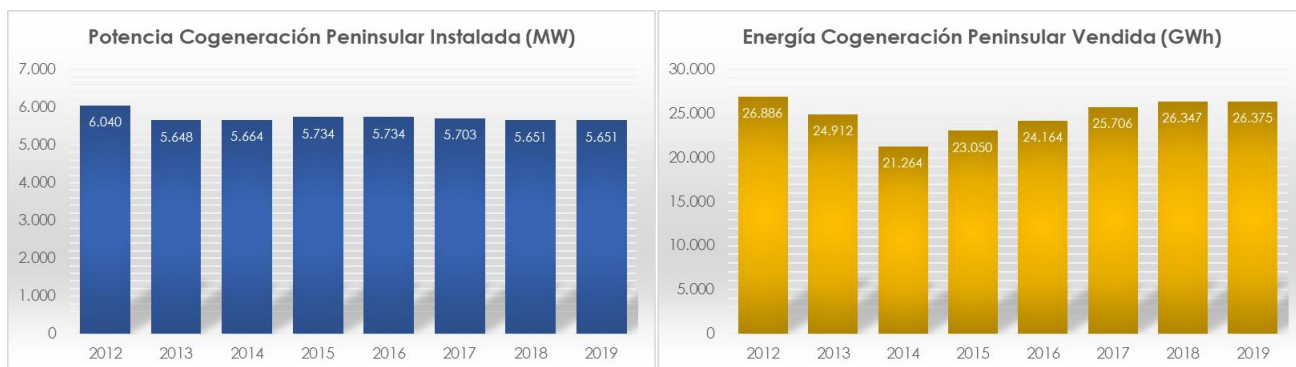


Figura 8 - Tendencia de la Cogeneración en España (Península) Datos: CNMC abril 2020

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 2019 el 87% de ellas inferiores a 10 MW. Estas instalaciones de menos de 10 MW suponen el 40% de la potencia instalada (ver figura 9). 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.

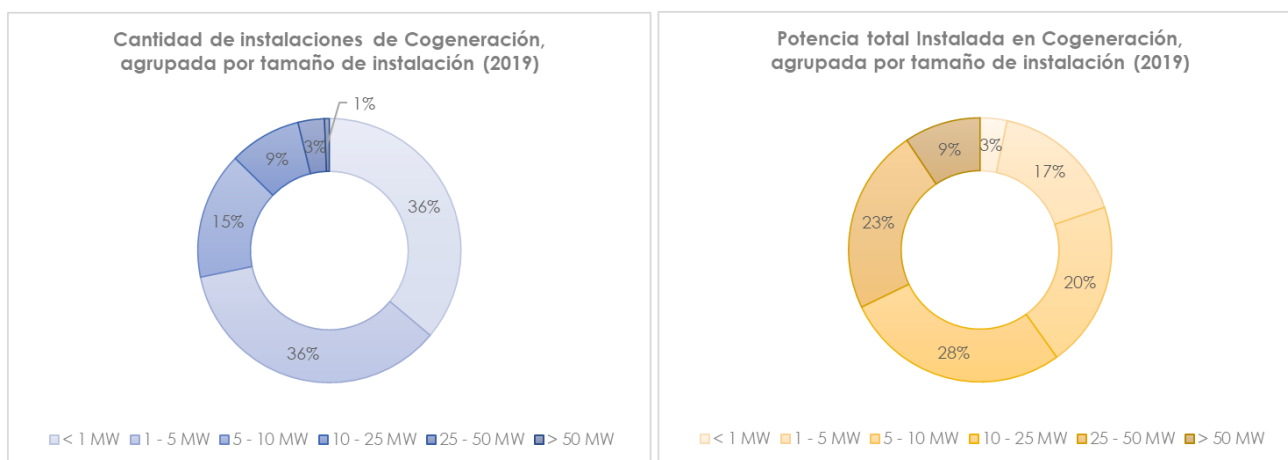


Figura 9 - Cantidad y tamaño de las instalaciones de cogeneración. Datos: Encuesta ACOGEN 2016

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 10. 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 89,5% como gas natural, un 10% como fuel-oil, y un 0,5% gasóleo. En los años anteriores (2018 y 2017) de este análisis no se consideraron las centrales de gasóleo por representar menos del 0,5% de la generación anual.

Combustible Cogeneración	% sobre el total generado en 2019
Gas natural	89,44%
Gasoil	0,49%
Fuel Oil	9,81%
Calor residual	0,04%
Gas de refinería	0,00%
Carbón de importación	0,22%
GLP	0,00%

Figura 10 - Combustible consumido para cogeneración en el 2018. Datos: CNMC 2019

BIOGAS, BIOMASA Y RESIDUOS

En el informe sobre el sector eléctrico para el año 2019 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: 80,2%
- BIOGAS: 19,8%

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 2020, de donde se extrae que de las 50 centrales operativas en 2019, 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 R.E.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.

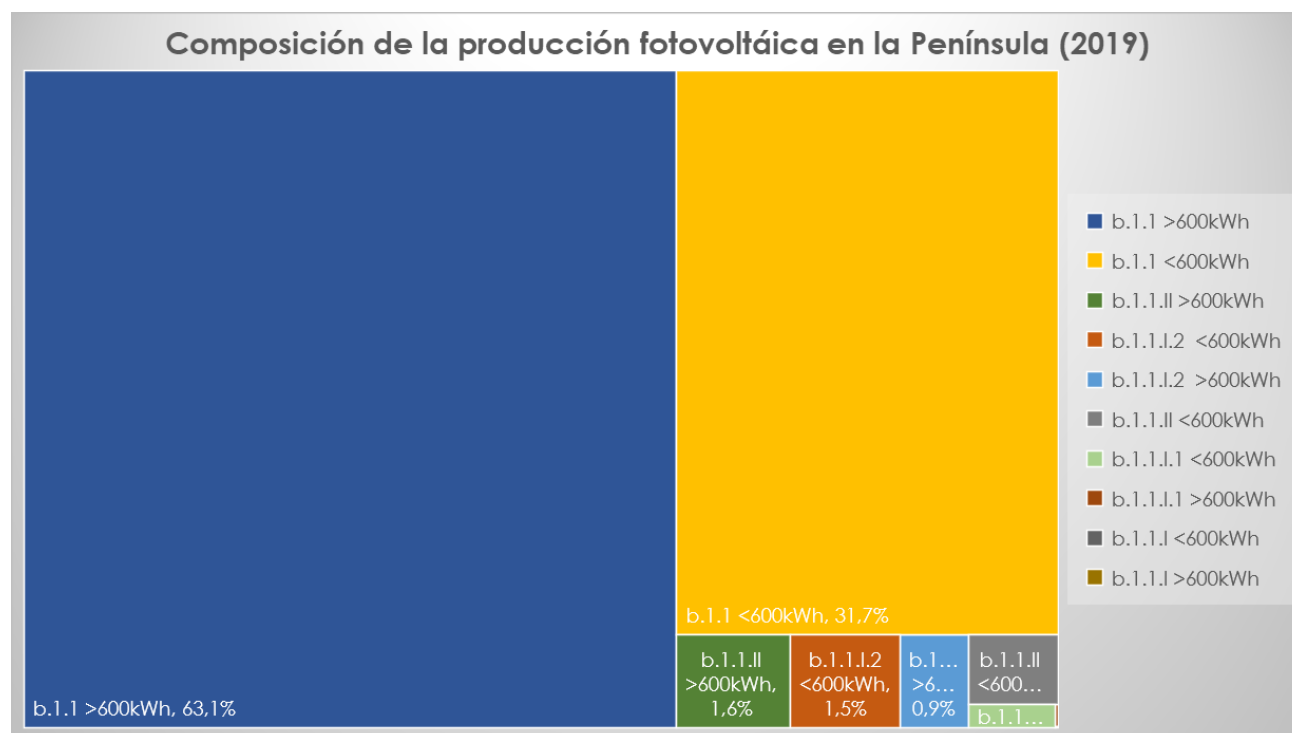


Figura 11 – Distribución de la potencia instalada en instalaciones fotovoltaicas por tipología. Datos: Registro administrativo de instalaciones de producción de energía eléctrica (año 2019)

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

- Centrales < 600 kWh: 33,4%
- Centrales ≥ 600 kWh: 66,6%

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.

En el año 2019, la cantidad de energía importada se ha reducido considerablemente respecto al año anterior, de los 11.102 GWh importados en 2018, a los 6.862 GWh de este año. Los cambios más importantes se hayan en los intercambios con Marruecos (que pasa de importador neto en 2018 a exportador en 2019) y con Portugal (que

pasa de exportador neto en 2018 a importador en 2019).

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 2019	
Francia	9.697 GWh
Marruecos	773 GWh
Andorra	-208 GWh
Portugal	-3.399 GWh
TOTAL	6.862 GWh

Figura 12 - Saldo internacional (Fuente: REE 2020)

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 2019. 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 2019 son:

- Alta tensión: 21.736 km
- Media tensión: 19.295 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 2019.

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]:	0,00098	mol H+e
 Agotamiento de recursos (agua) [WDP]:	255,575	l W.ed
 Agotamiento del ozono [ODP100]:	0,04356	mg CFC-11e
 Agotamiento recursos (comb.fósiles) [ADPff]:	6,79132	MJ
 Agotamiento recursos (reserva final) [ADPeI,ur]:	25,2198	mg Sbe
 Cambio climático (biogénicas) [GWP100bio]:	11,0796	g CO2e
 Cambio climático (fósiles) [GWP100f]:	240,005	g CO2e
 Cambio climático (uso terreno) [GWP100lu]:	1,04759	mg CO2e
 Cambio climático [GWP100]:	251,202	g CO2e
 Ecotoxicidad agua dulce (inorgánico):	0,29656	CTUe
 Ecotoxicidad agua dulce (metales):	2,0321	CTUe
 Ecotoxicidad agua dulce (orgánico):	0,02544	CTUe
 Ecotoxicidad agua dulce (FETP):	2,3541	CTUe
 Eutrofización, agua dulce [FEP]:	17,3916	mg Pe
 Eutrofización, marina [MEP]:	190,852	mg Ne
 Eutrofización, terrestre [TEP]:	0,002	mol Ne
 Formación de ozono fotoquímico [HOFp]:	547,911	mg NMVOCe
 Partículas en suspensión [PMFP]:	3,81557E-09	D.I.
 Radiación ionizante (humana) [IRP]:	206,693	Bq U235e
 Toxicidad humana, efectos cancerígenos (inorgánico) [HTPcio]:	2,16116E-19	CTUh

Figura 13 - Resultado final de impactos ambientales del ACV del Mix Eléctrico Peninsular 2019

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 2019

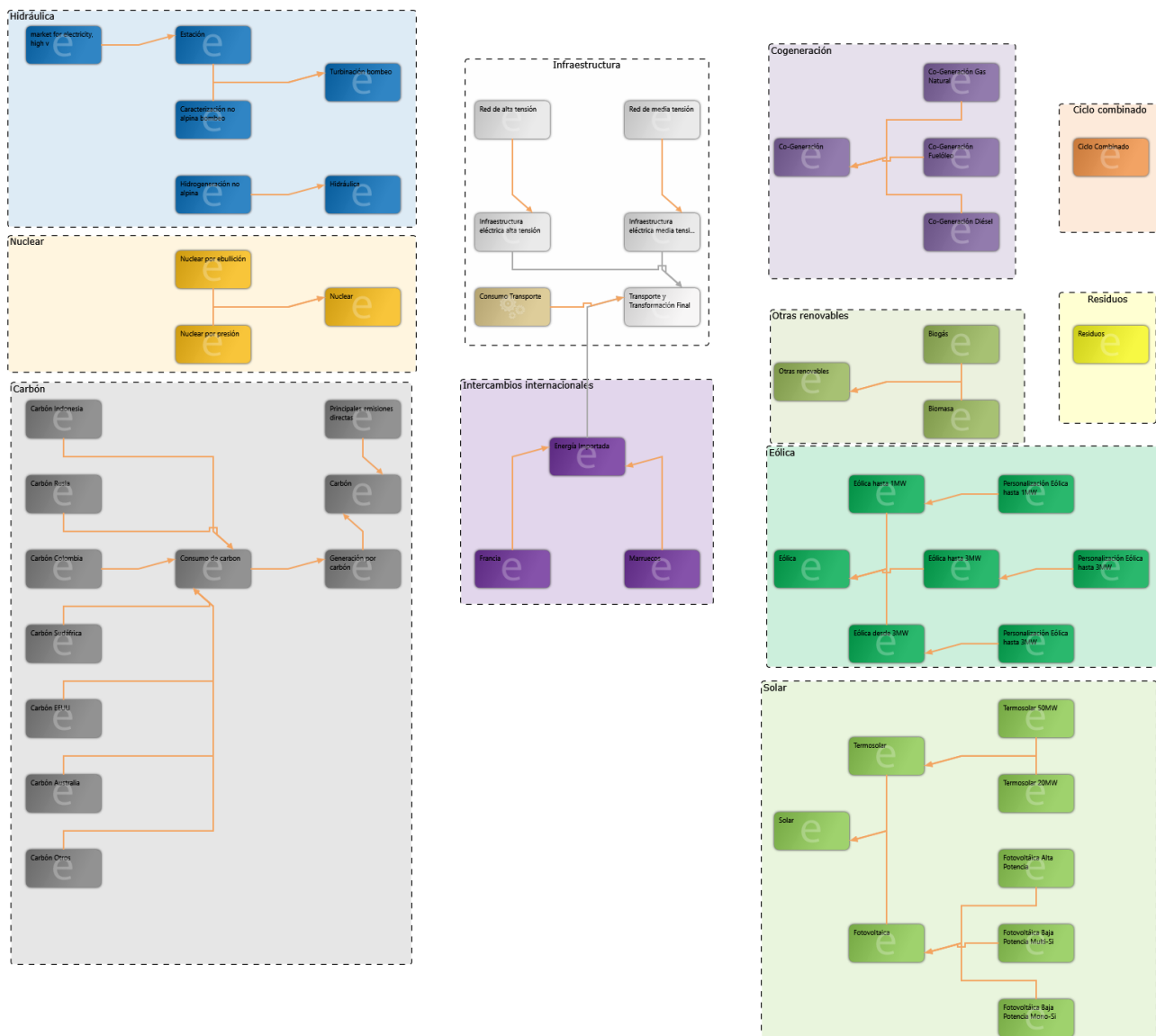
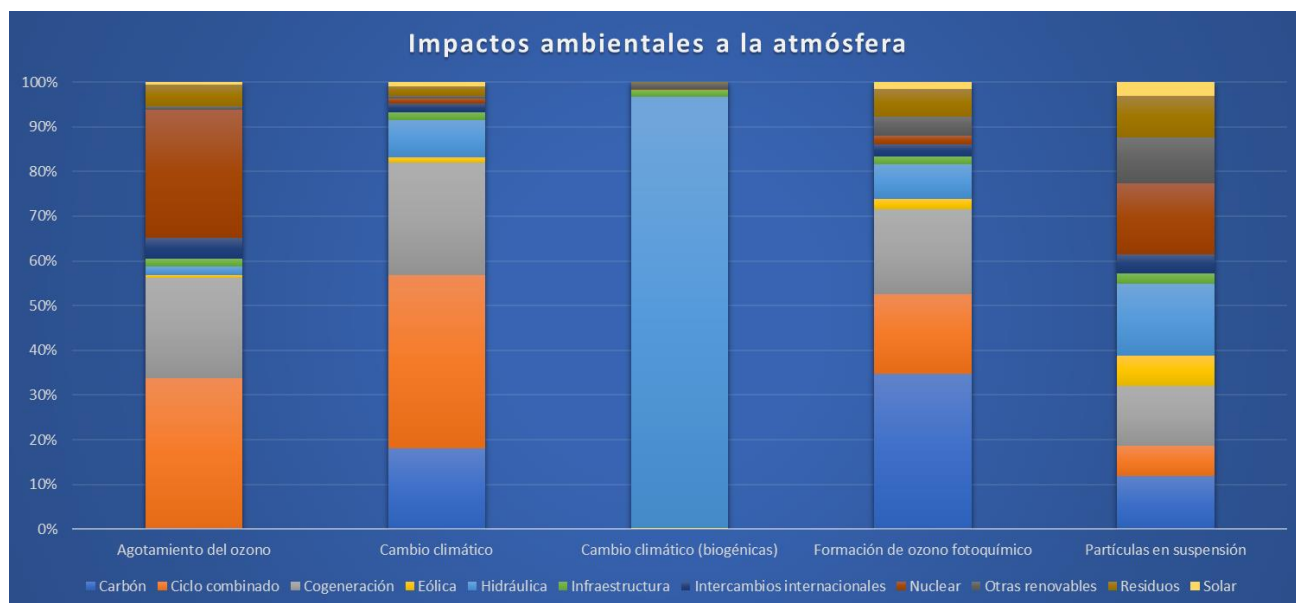


Figura 14 - Modelo desarrollado para el ACV del mix eléctrico peninsular 2019

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.

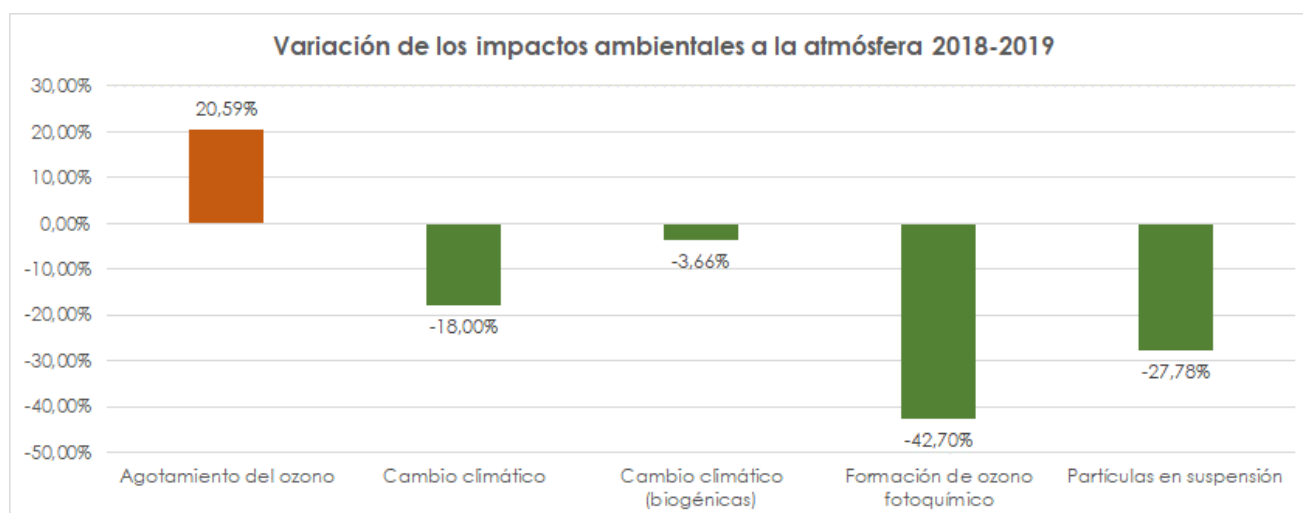
IMPACTOS AMBIENTALES HACIA LA ATMÓSFERA



En años anteriores, el análisis realizado por Acodea se centraba principalmente en el Agotamiento de Ozono y Cambio Climático, en lo referente a emisiones a la atmósfera. Este año, se incluye también con más detalle 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 “**Agotamiento del ozono**”.

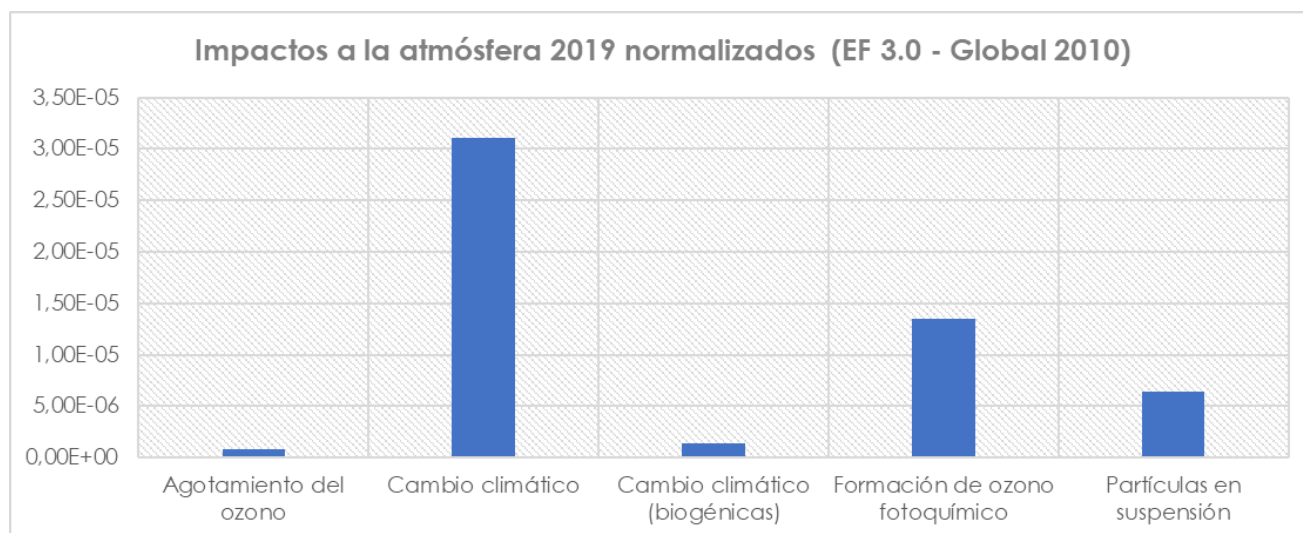


El agotamiento de ozono se produce por la emisión de CFCs a la atmósfera, pero estos compuestos no son habituales en ninguna tecnología actual de producción de electricidad, donde aparecen únicamente en la acumulación de procesos “aguas arriba”, como por ejemplo en la producción de diésel. El impacto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

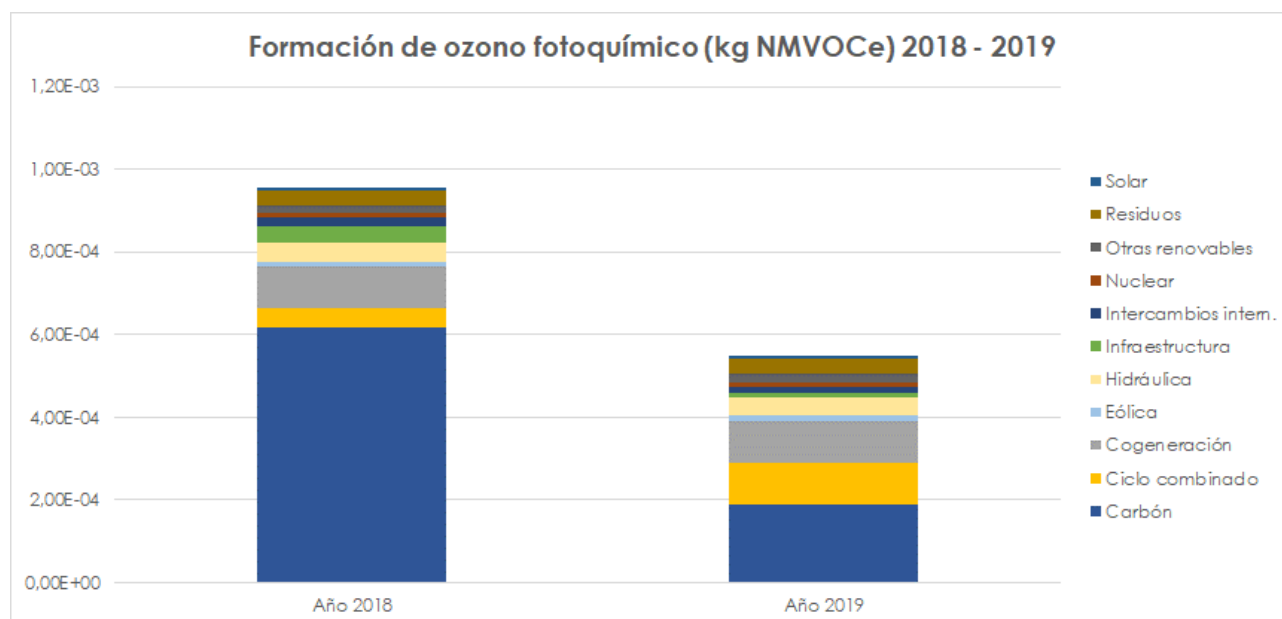
Uno de los pocos elementos que producen este impacto es el gas natural, no por su combustión, que no emite CFCs, sino por la construcción de la infraestructura necesaria para su transporte y uso en las centrales de cogeneración.

En el año 2019, el uso de centrales de Cogeneración, con gas natural, fue prácticamente el doble que en 2018, esta hace que el impacto de esta tecnología sobre el agotamiento del ozono se duplique, lo que afecta al impacto de forma global.

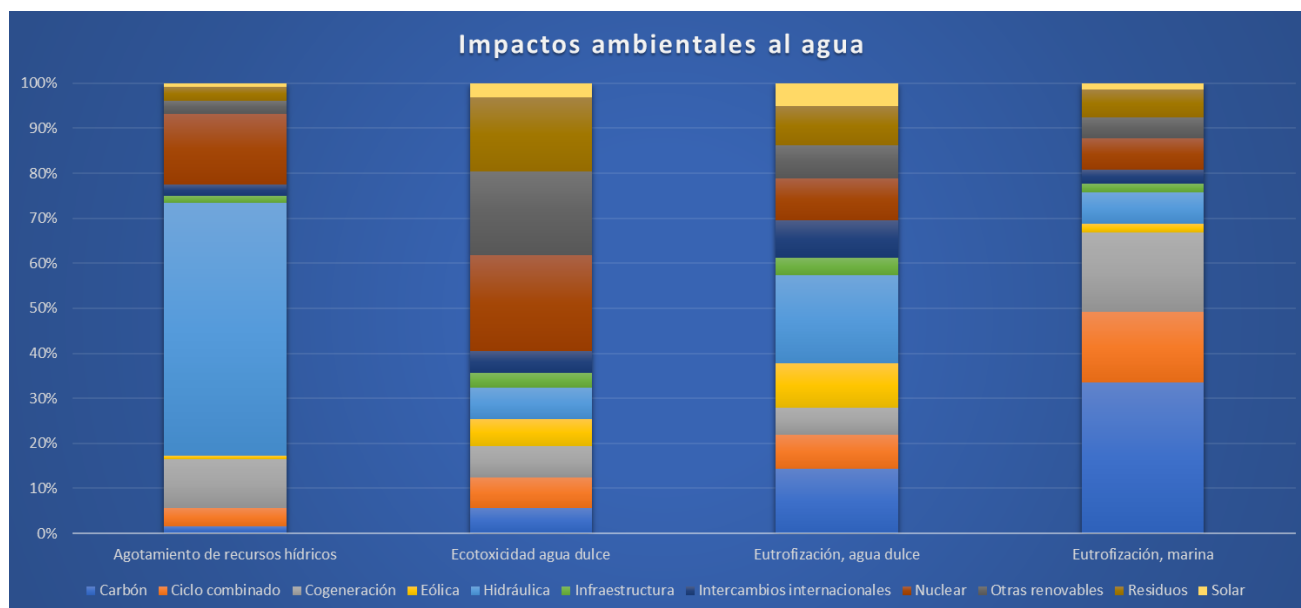
En cualquier caso, es importante volver a destacar que el “Agotamiento de ozono” no es un impacto relevante en la producción de electricidad. En la siguiente figura, se muestra el **valor normalizado** de los impactos, con la normalización EF 3.0 [Global 2010], recomendada por la Comisión Europea dentro 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.



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, como se muestra en la siguiente figura:



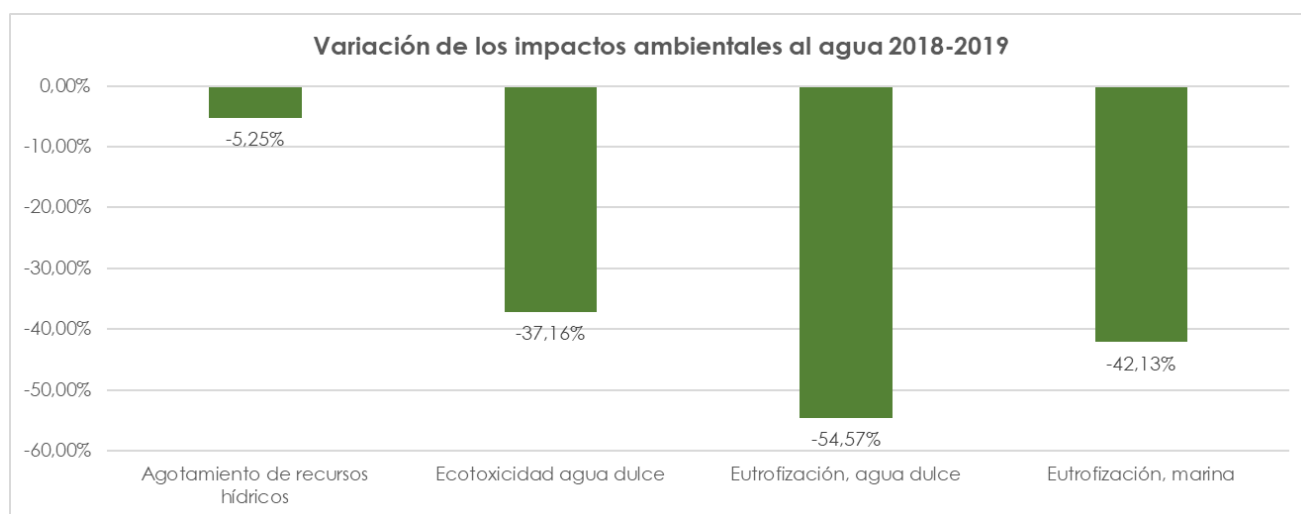
IMPACTOS AMBIENTALES HACIA EL AGUA



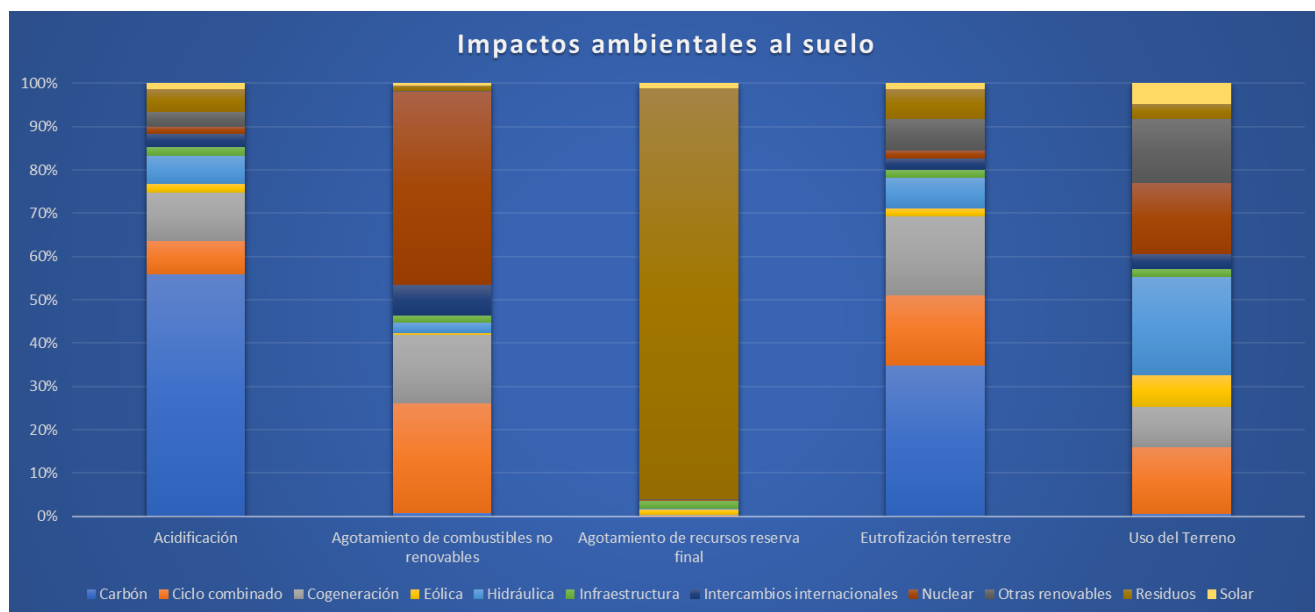
En la metodología ILCD, se evalúan cuatro impactos al agua, el agotamiento de recursos hídricos, la ecotoxicidad, y la eutrofización, tanto del agua dulce como del agua marina. El método de evaluación del impacto “Agotamiento de recursos hídricos” ha cambiado con respecto al utilizado en años anteriores, 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 menos uso de energía hidroeléctrica supone una reducción de los impactos ambientales asociados con los embalses, principalmente el agotamiento de recursos hídricos y la eutrofización del agua dulce.

En los impactos más relacionados con la contaminación del agua, esto es la ecotoxicidad y la eutrofización, la reducción en el uso de centrales de carbón ha conseguido reducirlos considerablemente, como se puede ver en la siguiente gráfica.



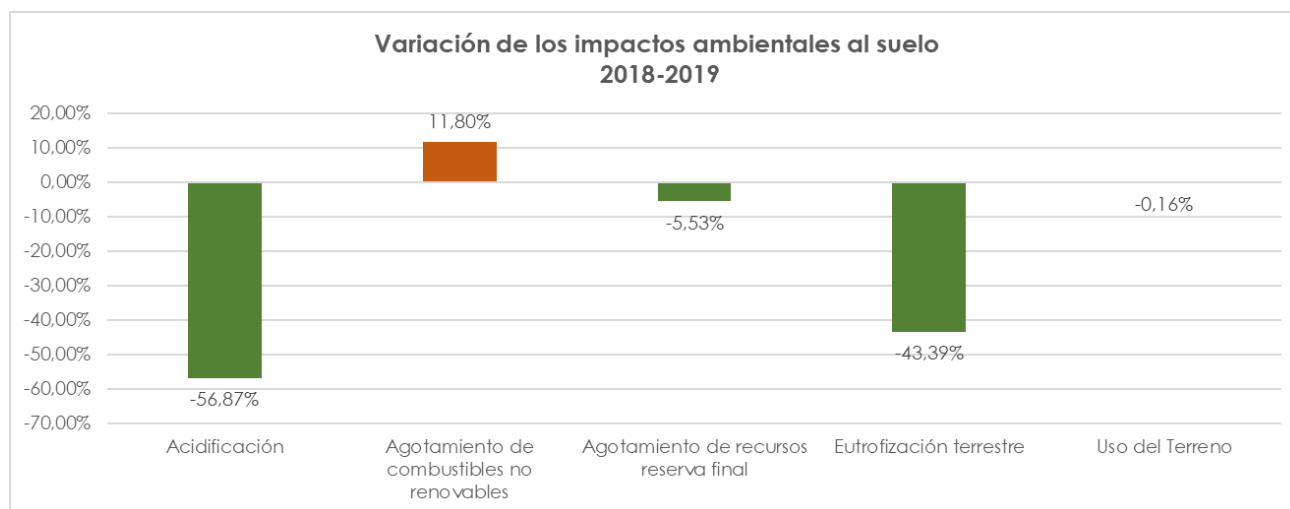
IMPACTOS AMBIENTALES HACIA EL SUELO



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.

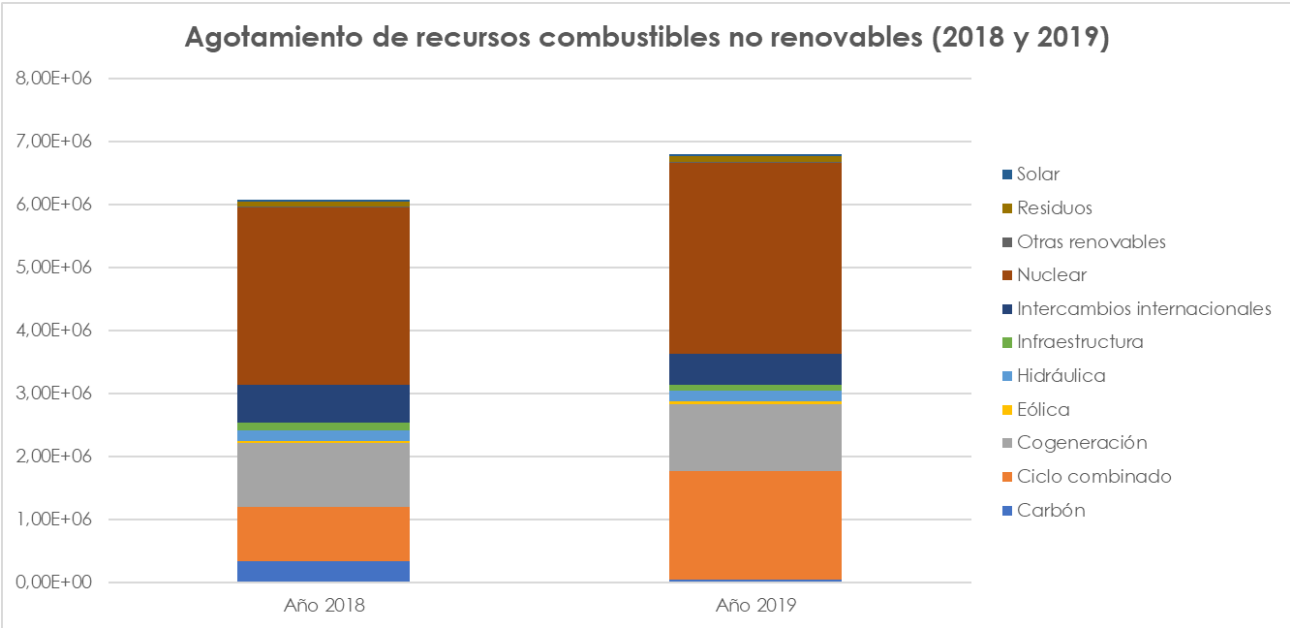
En esta nueva edición de este estudio, uno de los métodos de impacto actualizados es el de **Agotamiento de Recursos de Reserva Final**, es decir, los recursos no fósiles y no renovables. En este nuevo método, materiales como el cobre o el aluminio tienen menos impacto que en versiones anteriores al 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.



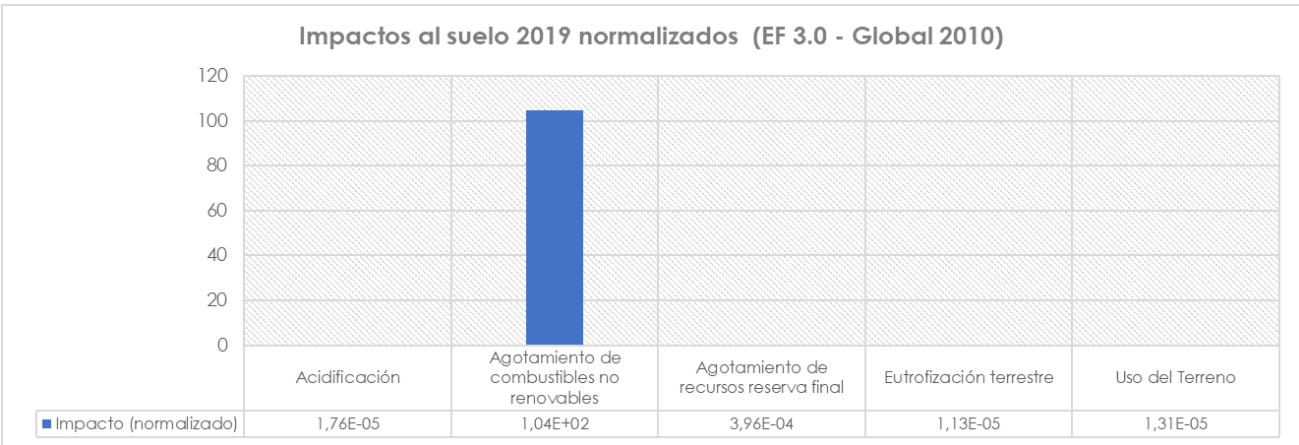
En la gráfica de variaciones respecto al año pasado, vemos la importante disminución de la Acidificación y la Eutrofización, debido principalmente a la reducción del uso de carbón como fuente de energía.

Vemos sin embargo un aumento del impacto “Agotamiento de Combustibles no Renovables” debido a las Centrales de Ciclo Combinado, que han duplicado su generación en 2019 respecto a 2018. Este método de evaluación de impacto también ha variado respecto al año anterior, que se denominaba “Agotamiento de recursos fósiles”. En la nueva versión del método de evaluación, también se incluye al uranio dentro de los recursos a considerar. Por esta razón, las centrales nucleares suponen un 45% del impacto.

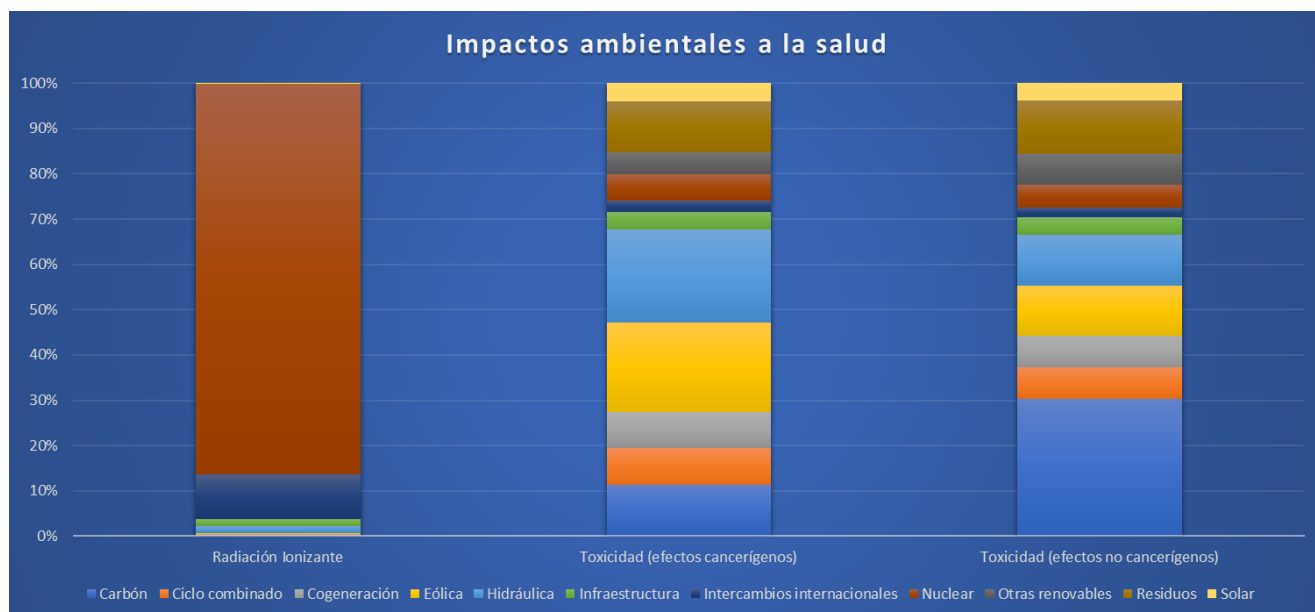
En la siguiente gráfica vemos más en detalle este impacto, comparando 2018 y 2019. Mientras que prácticamente todas las tecnologías han permanecido con un impacto invariable en ambos años, podemos observar el aumento del impacto debido a las centrales de ciclo combinado, y cómo ha desaparecido prácticamente el impacto de las centrales de carbón.



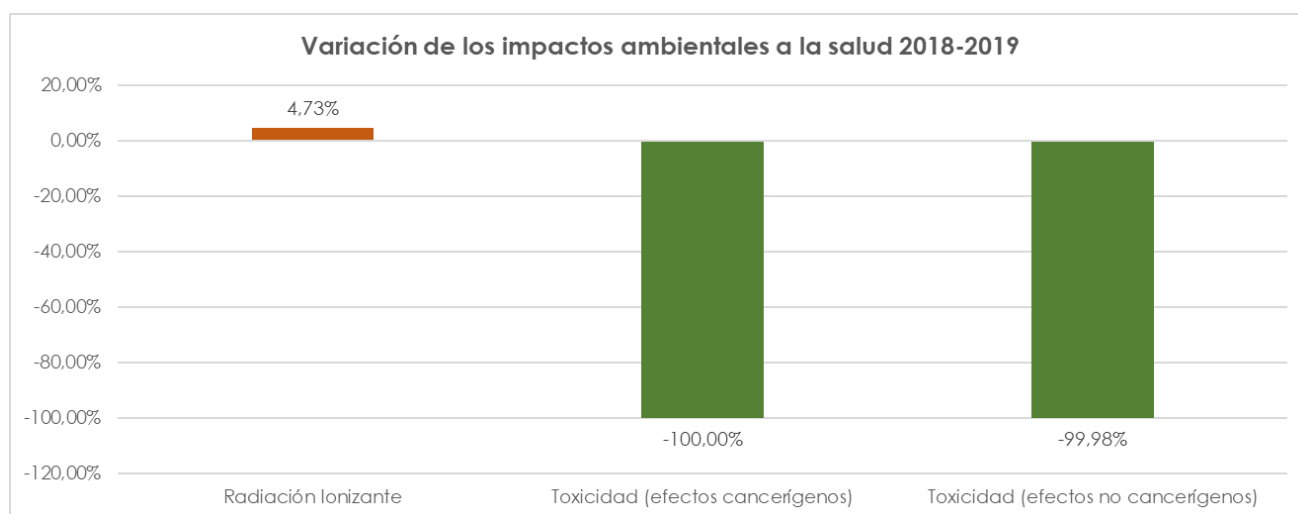
Si aplicamos la normalización EF 3.0 ILCD [Global 2010], vemos como el impacto más elevado es el agotamiento de combustibles. Esto es lógico porque precisamente los combustibles están destinados a la generación de energía, gran parte de la cual es energía eléctrica de la red.



IMPACTOS A LA SALUD



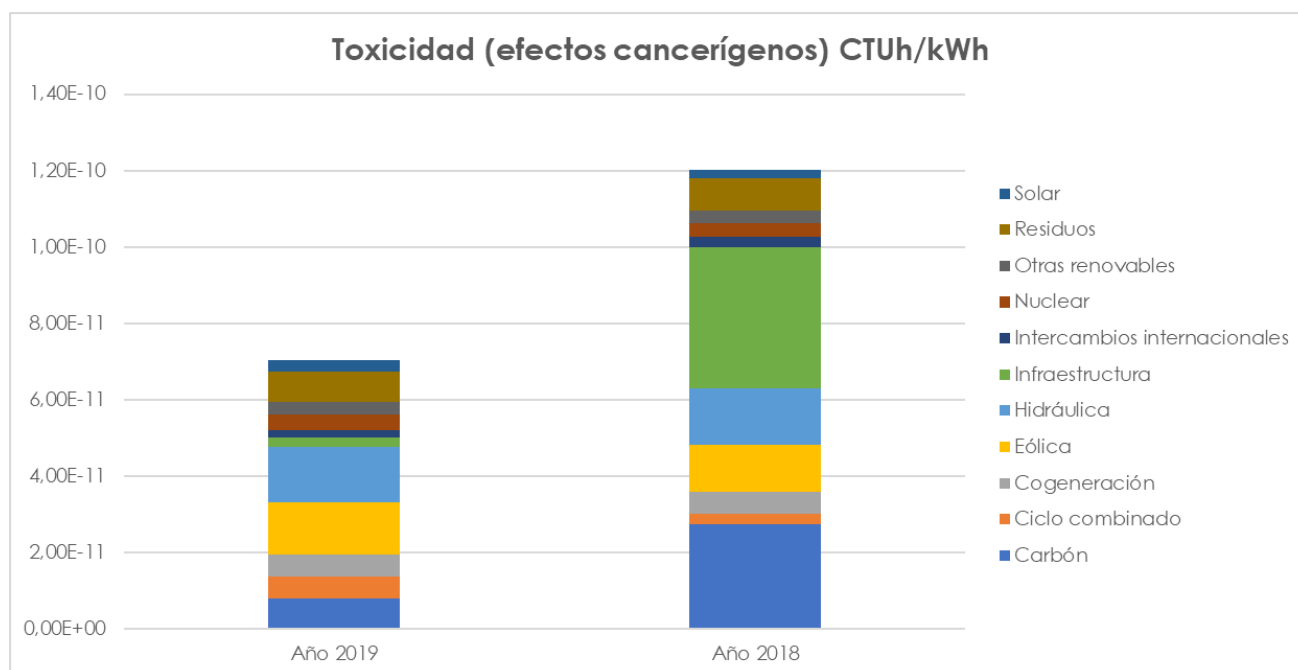
En esta sección se han evaluado los impactos que afectan directamente a la salud. En ediciones anteriores se incluían aquí otros impactos asociados con la salud, pero de forma indirecta, a través de la calidad del aire, que eran la formación de ozono fotoquímico y las partículas en suspensión. Estos dos impactos se reportan ahora en la sección “Impactos a la atmósfera”.



La cantidad de energía generada en centrales nucleares ha aumentado en 2019 aproximadamente un 4,5% respecto a 2018. Este aumento 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.

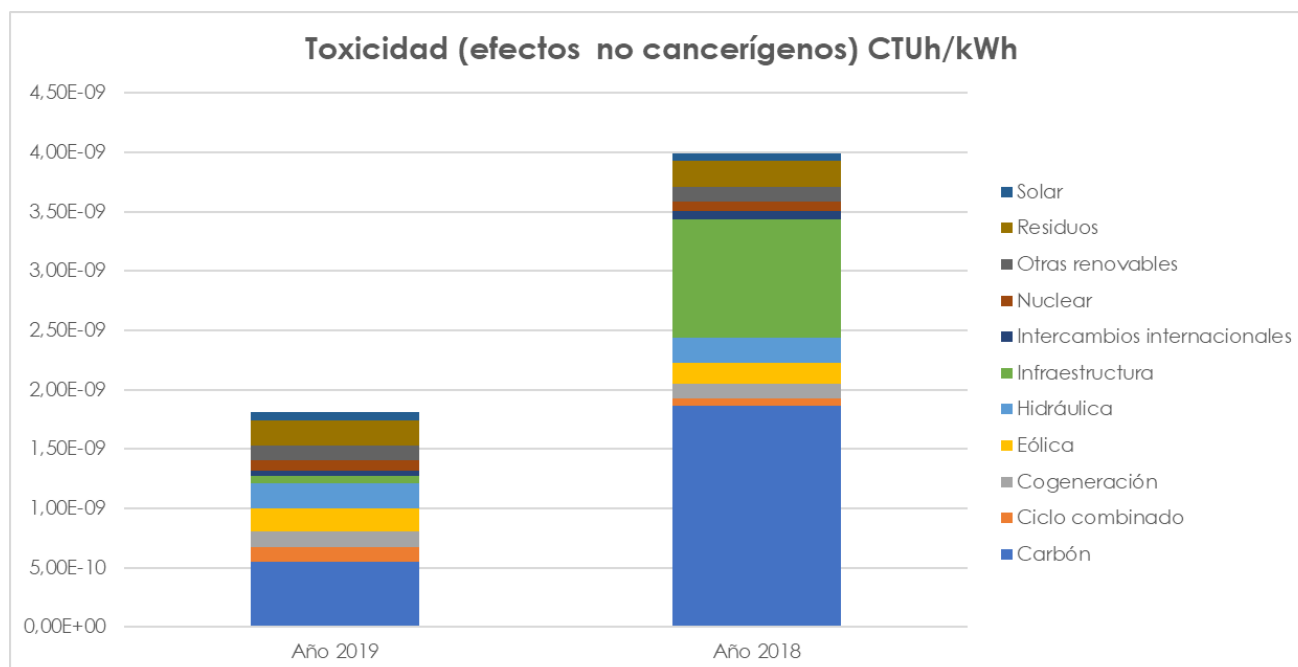
Pero lo que más destaca es la importante reducción de la toxicidad, tanto la de efectos cancerígenos como la de efectos no cancerígenos.

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



Los **efectos cancerígenos** se han reducido en dos áreas: la infraestructura y el carbón. La reducción en el uso del carbón en el mix provoca una gran mejora en el aspecto medioambiental relacionado con la toxicidad con efectos cancerígenos, debido a las sustancias tóxicas que se dejan de emitir a la atmósfera. El otro ámbito donde se han reducido es en la Infraestructura. Pero esto se debe a un cambio en la metodología a la hora de desarrollar el modelo, por tanto, no podemos considerar esta reducción como una reducción real, sino como un **efecto del cambio de metodología**.

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



Los cambios en el método de modelado de la infraestructura 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 2017 – Acodea, Agriagencia de España 2018

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 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 – 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/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-2019>