

Análisis de las emisiones de la generación eléctrica en España

Laura María Pérez Usón, Silvia Guillén Lambea

Grupo de Ingeniería Térmica y Sistemas Energéticos (GITSE)
Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón (I3A)
Universidad de Zaragoza, Mariano Esquillor s/n, 50018, Zaragoza, Spain.
Tel. +34-976762707, e-mail: L.perez@unizar.es

Resumen

Este estudio evalúa y compara las emisiones de CO₂ equivalente (CO₂eq) y residuos radiactivos de la generación de electricidad en España en 2024. Se contrastan los datos publicados por la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia (CNMC) con los resultados calculados con el método ReCiPe 2016 y el software SimaPro.

Introducción

En 2021, la CNMC estableció que las empresas comercializadoras de energía eléctrica debían informar sobre el origen de la electricidad consumida y su impacto ambiental a través de un etiquetado. Dicho etiquetado, implementado desde abril de 2022, incluye las emisiones de CO₂eq y de residuos radiactivos asociados.

La Red Eléctrica de España (REE) proporciona a la CNMC los factores de emisión de CO₂eq (en g/kWh) para cada tecnología de generación. Con ellos, la CNMC calcula la media de emisiones directas, que para 2024 es de **102 gCO₂eq/kWh a nivel nacional** y de **80 gCO₂eq/kWh para el ámbito peninsular [1]**. Estos valores solo consideran las **emisiones directas** derivadas de la producción de electricidad, excluyendo las asociadas a la construcción, mantenimiento y desmantelamiento de las plantas, así como las de producción y transporte de combustibles. Para los **residuos radiactivos de alta actividad**, la CNMC utiliza información facilitada por la Dirección General de Política Energética y Minas.

Durante los últimos años, la reducción del CO₂ ha sido fundamental en la lucha contra la descarbonización y el cambio climático. Sin embargo, centrarse únicamente en el potencial de calentamiento global (GWP) como indicador puede llevar a **decisiones sesgadas** y a la **transferencia de cargas ambientales** a otras categorías no consideradas. Por ejemplo, una tecnología con bajas emisiones de CO₂ podría, al mismo tiempo, estar ocasionando un alto consumo de agua o una elevada toxicidad del suelo, o estar agotando recursos

minerales esenciales. Por ello, la evaluación del impacto ambiental no debe limitarse exclusivamente a las emisiones de CO₂eq.

Para obtener una visión más amplia y precisa del impacto ambiental, es fundamental **considerar el ciclo de vida completo** de las instalaciones de generación eléctrica. Por ello, este estudio emplea el método ReCiPe 2016 para calcular las emisiones asociadas “de la cuna a la tumba” de cada tecnología, incluyendo el indicador GWP y otros 17 indicadores ambientales. Este planteamiento evita la transferencia de cargas ambientales y garantiza una evaluación ambiental más completa.

Metodología

Para este análisis, se han obtenido los GWh generados por cada tecnología en el sistema eléctrico español durante 2024 a partir de informes de la REE. Las tecnologías consideradas son: hidráulica, nuclear, carbón, fuel + gas, ciclo combinado, eólica, solar fotovoltaica, solar térmica, otras renovables, cogeneración, residuos no renovables y residuos renovables, así como los saldos de importación de electricidad desde Francia, Portugal, Marruecos y Andorra [2].

Utilizando la base de datos Ecoinvent 3 - Allocation at point of substitution se ha creado un proceso denominado “electricity mix 2024” que simula el mix energético español y refleja el peso relativo de cada tecnología en la generación eléctrica peninsular. La composición detallada de este proceso puede verse en la Tabla 1. El método de evaluación de impacto empleado es ReCiPe 2016 midpoint, hierarchist perspective, que considera un total de 18 indicadores de impacto ambiental.

Resultados

El GWP obtenido tras el cálculo es de **139 gCO₂eq**, lo que representa un aumento significativo frente a los 80 gCO₂eq reportados por la CNMC como media peninsular de emisiones directas. En la Tabla 2 pueden verse los resultados para el resto de indicadores de impacto, presentados en forma normalizada. Entre

ellos, la toxicidad carcinogénica para los humanos es la que más destaca, representando un 64,76% del impacto total normalizado. Le siguen la radiación ionizante con un 8,78% y la toxicidad marina con un 8,76%.

Conclusiones

Las emisiones generadas en las distintas etapas del ciclo de vida de las plantas de generación eléctrica, más allá de la fase de operación, son considerablemente elevadas. De hecho, el análisis de ciclo de vida completo revela un **incremento del 73% en las emisiones de CO₂eq respecto a las emisiones directas reportadas por la CNMC.**

Al considerar el conjunto de los 18 indicadores de impacto ambiental de forma normalizada, el **calentamiento global representa solo un 0,35% del impacto total.** En contraste, **la toxicidad carcinogénica para los humanos destaca como el impacto más significativo**, con un 64,76% del total normalizado.

Estos resultados ponen de manifiesto las limitaciones del enfoque adoptado por la CNMC, centrado exclusivamente en las emisiones de CO₂eq y los residuos radiactivos.

El uso de métodos de evaluación ambiental como ReCiPe 2016 permite una caracterización más completa y precisa de los impactos, evidenciando la necesidad de incorporar una perspectiva de ciclo de vida completa en la evaluación ambiental de la generación eléctrica.

Reconocimientos

Este estudio es parte de la ayuda PRE2024-UZ-15, financiado por MICIU/AEI/10.13039/501100011033 y por el FSE+, y de la ayuda RYC2021-034265-I financiado por MCIN/AEI/ 10.13039/501100011033 y por “European Union NextGenerationEU/PRTR”

REFERENCIAS

- [1]. RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA. *No renovables - Detalle de emisiones CO₂*. [en línea]. Red Eléctrica de España, [s.f.] [consulta: 7 junio 2025]. Disponible en: <https://www.ree.es/es/datos/generacion/no-renovables-detalle-emisiones-CO2>
- [2]. RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA. *Generación total de energía eléctrica*. [en línea]. Red Eléctrica de España, 18 marzo 2025 [consulta: 7 junio 2025]. Disponible en: <https://www.sistemaelectrico-ree.es/informe-del-sistema-electrico/generacion/generacion-de-energia-electrica/generacion-total-de-energia-electrica>

Tabla 1 - Tecnologías de generación de electricidad y su peso relativo introducido en SimaPro

Tecnología	Cantidad
Hard coal	0,013714624
Hydro pumped storage	0,017027620
Hydro reservoir non alpine region	0,048979526
Hydro run of river	0,095079699
Natural gas combined cycle power	0,134317486
Nuclear boiling water reactor	0,048243307
Nuclear pressure water reactor	0,193520784
Solar thermal parabolic trough 50MW	0,018624776
Solar tower power plant 20MW	0,000419724
Wind < 1MW turbine onshore	0,097313606
Wind > 3 MW turbine onshore	0,000469444
Wind 1-3 MW turbine offshore	5,33459E-05
Wind 1-3 MW turbine onshore	0,176788341
Heat and power cogeneration biogas	0,046153033
Heat and power cogeneration wood	0,049170989
Treatment of blast furnace gas	0,002757230
Treatment of coal gas	0,002757230
Import FR	0,038448944
Import MA	0,001355517
Import PT	0,014804775
Pérdidas	0,042367030

Tabla 2 - Emisiones normalizadas de la generación eléctrica en España en 2024 (ReCiPe 2016)

Categoría de impacto	Valor
Calentamiento global	1,73983E-05
Agotamiento del ozono	3,48953E-06
Radiación ionizante	0,000432096
Formación de ozono	1,65193E-05
Formación de partículas finas	5,83081E-06
Formación de ozono, ecosistemas	2,00692E-05
Lluvias ácidas	9,86729E-06
Eutrofización de agua dulce	8,78064E-05
Eutrofización marina	2,81203E-06
Toxicidad terrestre	0,000320118
Toxicidad para el agua dulce	0,000306394
Toxicidad marina	0,000431507
Toxicidad carcinogénica humana	0,003187169
Toxicidad no cancerígena para los	5,40412E-06
Uso del suelo	4,70652E-06
Agotamiento de recursos minerales	5,27082E-09
Agotamiento de combustibles fósiles	4,44791E-05
Consumo de agua	2,52322E-05