



ENERGÍA NUCLEAR: PERCEPCIÓN PÚBLICA VS REALIDAD TÉCNICA

Bruno VALÍN SANFILIPPO
brunovalinsanfilippo@gmail.com

Recibido: 28 de junio del 2025

Enviado a evaluar: 10 de julio del 2025

Aceptado: 15 de diciembre del 2025

RESUMEN

La investigación analiza la brecha entre la percepción pública negativa de la energía nuclear y la realidad técnica basada en evidencias científicas. Aunque esta fuente energética es eficiente, segura y baja en emisiones de carbono, su imagen se ha visto perjudicada por accidentes históricos, su asociación con armamento nuclear y una cobertura mediática alarmista. A través de un enfoque multidisciplinar, el estudio identifica cómo factores socioculturales, psicológicos y comunicacionales han contribuido a la mala fama de la energía nuclear. La investigación también realiza una comparación con otras fuentes energéticas, mostrando que la nuclear presenta ventajas significativas en términos de emisiones, estabilidad operativa y eficiencia, especialmente frente a fuentes fósiles. Se argumenta que excluirla del mix energético global dificultaría alcanzar los objetivos climáticos, haciendo la transición energética más costosa y compleja. Además, se estudian ejemplos internacionales donde la energía nuclear ha sido integrada con éxito y se analizan tecnologías emergentes. En conclusión, se defiende la necesidad de revisar el papel de la energía nuclear desde un enfoque racional, con base en datos científicos y no en percepciones erróneas o mitos infundados.

Palabras clave: Energía nuclear, opinión pública, sostenibilidad, desinformación, transición energética.

NUCLEAR ENERGY: PUBLIC PERCEPTION VS. TECHNICAL REALITY

ABSTRACT

The research analyzes the gap between the negative public perception of nuclear energy and the technical reality based on scientific evidence. Although this energy source is efficient, safe and low carbon, its image has been damaged by historical accidents, its association with nuclear weaponry and alarmist media coverage. Through a multidisciplinary approach, the study identifies how sociocultural, psychological and communicational factors have contributed to nuclear energy's poor reputation. The research also makes a comparison with other energy sources,

showing that nuclear has significant advantages in terms of emissions, operational stability and efficiency, especially compared to fossil sources. It is argued that excluding it from the global energy mix would make it more difficult to achieve climate objectives, making the energy transition more costly and complex. In addition, international examples where nuclear energy has been successfully integrated are studied and emerging technologies are analyzed. In conclusion, the need to review the role of nuclear energy from a rational approach, based on scientific data and not on erroneous perceptions or unfounded myths, is defended.

Keywords: Nuclear energy, public opinion, sustainability, misinformation, energy transition.

ÉNERGIE NUCLÉAIRE: PERCEPTION DU PUBLIC VS. RÉALITÉ TECHNIQUE

RÉSUMÉ

Cette recherche analyse l'écart entre la perception négative du public à l'égard de l'énergie nucléaire et la réalité technique fondée sur des preuves scientifiques. Bien que cette source d'énergie soit efficace, sûre et à faibles émissions de carbone, son image a été ternie par des accidents historiques, son association avec les armes nucléaires et une couverture médiatique alarmiste. Grâce à une approche multidisciplinaire, l'étude identifie comment des facteurs socioculturels, psychologiques et communicationnels ont contribué à la mauvaise réputation de l'énergie nucléaire. La recherche compare également l'énergie nucléaire à d'autres sources d'énergie, démontrant qu'elle offre des avantages significatifs en termes d'émissions, de stabilité opérationnelle et d'efficacité, notamment par rapport aux combustibles fossiles. Elle soutient que l'exclusion de l'énergie nucléaire du bouquet énergétique mondial entraverait la réalisation des objectifs climatiques, rendant la transition énergétique plus coûteuse et complexe. Par ailleurs, des exemples internationaux d'intégration réussie de l'énergie nucléaire sont examinés et les technologies émergentes sont analysées. En conclusion, l'étude plaide pour la nécessité de réexaminer le rôle de l'énergie nucléaire d'un point de vue rationnel, en se basant sur des données scientifiques et non sur des idées reçues ou des mythes infondés.

Mots-clés: Énergie nucléaire, opinion publique, durabilité, désinformation, transition énergétique.

1. INTRODUCCIÓN

La energía nuclear, desde su descubrimiento, ha generado controversia. A pesar de su capacidad probada para producir electricidad de forma continua y con bajas emisiones de carbono, persiste una percepción social negativa que la asocia con catástrofes, residuos peligrosos y amenazas bélicas. Esta imagen, influida por eventos como Chernóbil o Fukushima y reforzada por la cobertura mediática y el discurso de algunas ONG, contrasta con la evidencia técnica sobre su seguridad, eficiencia y utilidad climática. Esta discrepancia entre percepción pública y realidad científica constituye un obstáculo significativo para evaluar objetivamente su rol en la transición energética.

La justificación de este estudio radica en su relevancia en un contexto de urgencia climática. Instituciones como el IPCC o la AIE destacan que la energía nuclear debe formar parte del abanico de soluciones bajas en

carbono. Comprender los fundamentos del rechazo público permite determinar si este se basa en hechos o en percepciones distorsionadas. Así, esta tesis se propone identificar las causas históricas, socioculturales y políticas de esta visión, compararlas con la evidencia científica, y evaluar si la energía nuclear puede ser una herramienta viable en un futuro sostenible.

El objetivo general de esta investigación es examinar de forma integral la percepción pública negativa de la energía nuclear y contrastarla con la evidencia científica y tecnológica disponible. Con ello se busca identificar las causas históricas y socioculturales de dicha percepción adversa, evaluar sus implicaciones en el debate energético y ambiental, y proporcionar una visión informada que contribuya a determinar el papel real que la energía nuclear puede desempeñar en un futuro sostenible.

2. ANTECEDENTES, EVOLUCIÓN Y APLICACIONES DE LA ENERGÍA NUCLEAR

La historia de la energía nuclear comienza con descubrimientos científicos de finales del siglo XIX, como los rayos X (Röntgen) y la radiactividad (Becquerel y Curie). En 1938, Hahn y Strassmann descubren la fisión nuclear, base del posterior desarrollo de armas atómicas y energía civil (U.S. Department of Energy, 1994, p. 2). Durante la Segunda Guerra Mundial, estos conocimientos se aplicaron con fines militares en el Proyecto Manhattan, culminando en las bombas de Hiroshima y Nagasaki (1945) (U.S. Department of Energy, 1994, p. 49). A partir de entonces, comenzó el aprovechamiento civil de la energía nuclear. En 1954, la planta de Obninsk (URSS) fue la primera en suministrar electricidad a una red (De Paoli, 2011). Le siguieron Calder Hall (UK) y Shippingport (EE.UU.), iniciando la expansión industrial de la energía nuclear. La creación del OIEA (1957) formalizó la promoción del uso pacífico de esta tecnología dentro del programa "Átomos para la Paz" (De Paoli, 2011).

Durante las décadas de 1960 y 1970, el desarrollo fue impulsado por la Guerra Fría y la crisis del petróleo de 1973. Estados Unidos, la URSS y Francia lideraron la expansión, construyendo numerosos reactores (De Paoli, 2011). No obstante, el accidente de Three Mile Island (1979) marcó un punto de inflexión en la percepción pública, ralentizando la expansión en Occidente (IEA, 2019, p. 58). Chernóbil (1986) profundizó este declive, con consecuencias políticas y sociales significativas (De Paoli, 2011). La disolución de la URSS en 1991 también afectó a los programas nucleares en Europa del Este.

En las últimas décadas, la energía nuclear ha mantenido un papel constante pero limitado: en 2022 representaba el 9 % de la electricidad mundial (WNA, 2025a). Tras un breve "renacimiento nuclear" a inicios del siglo XXI, impulsado por la lucha contra el cambio climático y mejoras tecnológicas (WNA, 2025a), el accidente de Fukushima (2011) volvió a frenar su expansión. Aun así, países asiáticos como China han liderado una ligera recuperación en los últimos años.

El desarrollo nuclear ha tenido un carácter dual: militar y civil. En el ámbito militar, las armas nucleares de fisión y fusión protagonizaron la carrera armamentística de la Guerra Fría. Actualmente, nueve países poseen arsenales nucleares (SIPRI, 2018). Además, la propulsión nuclear ha sido aplicada en submarinos y portaaviones, con ventajas estratégicas de autonomía y potencia (WNA, 2025b). Aunque se propusieron otros usos

militares, como aviones o explosiones nucleares para ingeniería, fueron descartados por razones de seguridad y contaminación.

Por su parte, las aplicaciones civiles son amplias y diversas. La generación eléctrica sigue siendo la más conocida: las centrales nucleares destacan por su alta densidad energética, continuidad operativa y bajas emisiones de CO₂ (Foro Nuclear, s.f.-a). Países como Francia, Ucrania o Eslovaquia obtienen más del 50 % de su electricidad de esta fuente (WNA, 2025a).

En la industria y la investigación, los reactores se usan para producir radioisótopos, probar materiales, dopar silicio o estudiar flujos y procesos mediante trazadores radiactivos (WNA, 2025c). En medicina, la energía nuclear es fundamental para el diagnóstico por imágenes (gammagrafías, PET) y tratamientos oncológicos (radioterapia, braquiterapia). Radiofármacos como el yodo-131 o el tecnecio-99m han transformado la atención sanitaria (WNA, 2025d).

En agricultura, se emplean técnicas como la irradiación de alimentos para su conservación, el control de plagas mediante insectos estériles, y la mejora genética de cultivos (WNA, 2025e). También se usan trazadores en ganadería y sondas nucleares para optimizar el riego. Estas aplicaciones, avaladas por la FAO y la OMS, contribuyen al desarrollo sostenible.

Finalmente, la energía nuclear tiene un rol creciente en campos como la exploración espacial (RTG para sondas como Voyager o Curiosity) (WNA, 2025b), la producción de hidrógeno y calor industrial, la arqueología (datación por carbono-14) y la propulsión de rompehielos en el Ártico (WNA, 2025b). Además, se exploran reactores modulares para uso en buques mercantes.

3. ACCIDENTES NUCLEARES Y PERCEPCIÓN PÚBLICA

A lo largo de la historia, los accidentes nucleares de Three Mile Island (1979), Chernóbil (1986) y Fukushima (2011) han moldeado profundamente la percepción pública sobre la energía nuclear, a menudo con un contraste notable entre las evidencias técnicas y la narrativa mediática.

En Three Mile Island, un fallo en el sistema de refrigeración provocó una fusión parcial del núcleo. Aunque clasificado como nivel 5 en la escala INES, los estudios oficiales concluyen que las emisiones radiactivas fueron mínimas y no se produjeron efectos detectables en la salud pública (NRC, 2022; WNA, 2022). Más de una docena de estudios concluyeron que las dosis fueron bajas (~0,08 mSv) y no se observó un aumento de cáncer (Hatch et al., 1990). No obstante, la cobertura alarmista (amplificada por Greenpeace y medios como la BBC) generó una percepción de catástrofe, alimentada por la coincidencia con la película *The China Syndrome* (Redacción, 2019; Greenpeace, 2011).

El accidente de Chernóbil fue de mayor magnitud (nivel 7), con una explosión del reactor y la liberación masiva de radionúclidos. Se evacuaron más de 300.000 personas y se confirmaron 30 muertes inmediatas, principalmente entre trabajadores y bomberos. A largo plazo, se han asociado más de 4.000 casos de cáncer de tiroides en niños expuestos, con una tasa de supervivencia del 99 % (UNSCEAR, s.f.). Aunque organizaciones como UNSCEAR subrayan la falta de evidencias de un

aumento significativo de otros tipos de cáncer, ONGs como Greenpeace han estimado cientos de miles de muertes, basándose en estudios criticados por su escasa rigurosidad (Greenpeace, 2006; Hawley, 2006; Fayard, 1992).

En Fukushima, el tsunami de 2011 provocó fallos en la refrigeración de tres reactores, con fusiones parciales y liberación de radiactividad. Clasificado también como nivel 7, el accidente no causó muertes por radiación. Las dosis recibidas por la población fueron bajas (unos 10 mSv para adultos) y organismos como la OMS y UNSCEAR prevén efectos mínimos sobre la salud (WHO, 2016; UNSCEAR, 2013). Sin embargo, la evacuación masiva, el estrés y las consecuencias indirectas sí causaron unas 2.300 muertes, no atribuibles a la radiación (WNA, 2024a). Aun así, los medios representaron el evento como una catástrofe global, reforzando el miedo nuclear (Berger & Garthwaite, 2021).

En conjunto, estos tres casos reflejan cómo la desinformación, el sensacionalismo y el desconocimiento técnico influyen poderosamente en la percepción del riesgo nuclear. Las consecuencias reales, aunque serias en algunos aspectos, han sido en general menores de lo que se proyectó públicamente (UNSCEAR, s.f.; WNA, 2024a).

4. PERCEPCIÓN PÚBLICA DE LA ENERGÍA NUCLEAR

La energía nuclear, a pesar de su capacidad para generar electricidad con bajas emisiones de carbono, ha sido históricamente objeto de desconfianza social. Encuestas como el Eurobarómetro (2010) y el ISSP (2003) revelan que una mayoría significativa de la población considera esta fuente energética peligrosa, percepción que contrasta con las valoraciones técnicas sobre su seguridad y eficiencia.

No obstante, la actitud pública no es uniforme: mientras que en países como Francia y EE. UU. el apoyo ha crecido recientemente, en otros como Alemania o Italia persisten reticencias profundas. Entre los principales factores que explican esta percepción negativa destacan los accidentes nucleares, como Three Mile Island, Chernóbil y Fukushima. Estos sucesos, aunque diferentes en gravedad, han dejado huellas duraderas en el imaginario colectivo. En algunos casos, como en Italia tras Chernóbil, provocaron el cierre definitivo de centrales mediante referéndums populares (De Paoli, 2011).

Otro elemento clave es el origen militar de la energía nuclear. La asociación con armas atómicas, reforzada por la Guerra Fría y el discurso antinuclear, ha contribuido a percibir lo nuclear como inherentemente peligroso. Aunque la separación entre usos militares y civiles es clara desde el punto de vista técnico, en el imaginario colectivo ambos ámbitos se confunden fácilmente.

El problema de los residuos radiactivos también genera preocupación. La idea de materiales peligrosos durante miles de años alimenta miedos intergeneracionales. A pesar de que existen soluciones tecnológicas seguras, como el almacenamiento geológico profundo (ej. Onkalo en Finlandia), el desconocimiento y la falta de comunicación impiden su aceptación social (Gil, 2020). Muchas personas continúan creyendo que no hay solución viable al problema de los desechos.

El miedo a la radiación es otro factor esencial. Al ser invisible, inodora y poco comprendida, la radiación genera una respuesta emocional desproporcionada. Estudios como los de Slovic (1987) demuestran que lo

nuclear se percibe como un riesgo de tipo “desconocido” y “atemorizante”. Incluso tras accidentes donde la exposición fue baja, como Fukushima, se generaron reacciones de pánico que costaron la vida a muchas personas (Rodríguez, 2019).

A todo esto, se suma la desconfianza en autoridades e instituciones. Casos de ocultamiento o mala comunicación, como ocurrió con Chernóbil, han deteriorado la credibilidad de gobiernos e industrias nucleares. Las ONG y medios críticos, en cambio, gozan de mayor confianza, lo que facilita la difusión de narrativas antinucleares. Esto se agrava por el bajo nivel de información disponible: encuestas como el Eurobarómetro (2010) muestran que la mayoría de los ciudadanos europeos se consideran mal informados sobre el tema nuclear.

La percepción negativa también está condicionada por factores sociodemográficos e ideológicos. Las mujeres, por ejemplo, tienden a rechazar más la energía nuclear que los hombres, una diferencia que se ha observado de forma consistente en numerosos países (Bisconti, 2024; WNA, 2025f). Asimismo, la ideología influye: las personas con posiciones políticas de izquierda tienden a desconfiar más de lo nuclear, mientras que los votantes conservadores suelen mostrar mayor aceptación (Bisconti Research, 2024). Otros factores como la edad, la cercanía a instalaciones nucleares o el contacto directo con el sector también modulan la percepción individual.

En conjunto, la imagen negativa de la energía nuclear es el resultado de una compleja interacción entre hechos históricos, miedos psicológicos, sesgos informativos y factores culturales. Aunque existe evidencia técnica sólida que respalda la seguridad y utilidad de esta fuente energética, superar su estigmatización requerirá mejorar la comunicación, reforzar la transparencia institucional y fomentar la educación científica.

4.1. MEDIOS DE COMUNICACIÓN, MOVIMIENTOS AMBIENTALISTAS Y LA PERCEPCIÓN PÚBLICA DE LA ENERGÍA NUCLEAR

La energía nuclear ha estado marcada por una representación mediática negativa que ha moldeado significativamente la opinión pública. Los medios de comunicación tradicionales (prensa, televisión y radio) tienden a cubrir lo nuclear sobre todo en situaciones de crisis, destacando sus aspectos más dramáticos. Accidentes como Chernóbil (1986) y Fukushima (2011) recibieron una cobertura alarmista, con imágenes impactantes y titulares catastrofistas que amplificaron el miedo colectivo, incluso cuando las consecuencias reales, especialmente en el caso japonés, no incluyeron muertes por radiación (Rodríguez, 2019; Benavent Sendra & Alonso Ramos, 2016; WNA, 2024a). Esta cobertura sensacionalista distorsionó el contexto técnico, dando pie a demandas sociales inmediatas de cierre de plantas, alimentadas por la percepción de amenaza inminente (Benavent Sendra & Alonso Ramos, 2016).

Además del contenido, la forma en que se encuadra la información también refuerza el sesgo negativo. Noticias sobre avances nucleares o funcionamiento seguro a menudo se ven eclipsadas por comentarios de grupos antinucleares, lo que genera una falsa equivalencia y refuerza argumentos críticos. Por contraste, los logros técnicos, como la reducción de emisiones o años sin incidentes, raramente son noticia (Chatzis, 2023).

La cultura popular ha amplificado esta visión distorsionada. Películas como *The China Syndrome* (1979) o series como *Los Simpson* han retratado la energía nuclear como peligrosa y negligente, con plantas defectuosas y

trabajadores incompetentes (Jawerth, 2020). También la ciencia ficción, con ejemplos como Godzilla o Fallout, ha asociado lo nuclear con mutaciones, apocalipsis y contaminación. Estas representaciones, aunque ficticias, consolidan en el imaginario colectivo la idea de que lo nuclear es sinónimo de desastre. Incluso documentales como Chernobyl (HBO, 2019), a pesar de su calidad técnica, reactivaron miedos profundos entre nuevas generaciones (Jawerth, 2020).

Asimismo, símbolos y expresiones del discurso antinuclear, como el logo “¿Nuclear? No, gracias” o términos como “ataúd de hormigón” para referirse al sarcófago de Chernóbil, han calado hondo en la cultura visual (Chatzis, 2023). Las escasas referencias positivas en los medios y la ficción generan un desequilibrio informativo que refuerza la demonización de esta fuente energética.

Con la llegada de internet, las redes sociales han diversificado las fuentes de información, permitiendo que nuevas voces, como divulgadores científicos, ganen visibilidad. Sin embargo, también han proliferado bulos y temores infundados, contribuyendo a una polarización del debate (Jawerth, 2020).

4.2. INFLUENCIA DE MOVIMIENTOS AMBIENTALES Y ONG EN LA OPINIÓN PÚBLICA

Paralelamente, los movimientos ambientalistas y las ONG han sido actores decisivos en la configuración de la percepción pública negativa hacia la energía nuclear. Desde los años 70, el activismo antinuclear se consolidó como una vertiente del ecologismo. Protestas emblemáticas, como las de Seabrook o Wyhl, marcaron el inicio de una oposición ciudadana que logró frenar proyectos y modificar políticas públicas (De Paoli, 2011). En países como Austria, Suecia o Italia, la presión social llevó al abandono de la energía nuclear mediante referéndums y decisiones gubernamentales (Friedman et al., 1992; De Paoli, 2011).

Greenpeace ha liderado la oposición internacional, argumentando que lo nuclear es peligroso, caro e innecesario. A través de informes, campañas y acciones directas, ha reforzado la narrativa de que las centrales nucleares son incompatibles con un futuro sostenible (Leman, 2022). Sus mensajes, ampliamente difundidos y percibidos como creíbles por parte de la población, han contribuido a establecer un marco discursivo contrario a la nuclear (NEA, 2010).

Estas ONG han influido también en el lenguaje político y en foros internacionales, intentando excluir a la energía nuclear del grupo de soluciones al cambio climático. Aunque organismos como el IPCC o la AIE sí la reconocen como una fuente baja en carbono, la presión de los grupos ambientalistas ha condicionado decisiones políticas en varios países (Leman, 2022).

No obstante, en años recientes se han producido fisuras dentro del ambientalismo. Figuras prominentes como James Lovelock, Patrick Moore o Zion Lights han revisado sus posturas, apoyando la energía nuclear como parte de la solución climática (American Nuclear Society, 2022; Jawerth, 2020). Este cambio, aunque minoritario, sugiere una apertura dentro del movimiento hacia una visión más matizada.

5. Percepciones vs. Realidades Científicas de la Energía Nuclear

La percepción pública sobre la energía nuclear está frecuentemente marcada por el temor, el desconocimiento y la desinformación, en contraste con los datos científicos y avances tecnológicos actuales. Aunque muchas personas creen que un accidente nuclear catastrófico es altamente probable, la evidencia demuestra lo contrario. En más de 60 años de operación comercial con más de 18.500 reactores-año acumulados, solo dos accidentes mayores, Chernóbil y Fukushima, han tenido impacto radiológico relevante, y en ambos casos hubo circunstancias excepcionales (WNA, 2025g). Desde entonces, los avances en seguridad, especialmente en reactores de Generación III y III+, han reducido drásticamente el riesgo, situando a la energía nuclear como una de las fuentes más seguras (WNA, 2025f; IAEA, 2020a). De hecho, su índice de mortalidad por unidad de energía es inferior al de hidroeléctrica, carbón, petróleo o gas (Ritchie, 2020).

También se exageran los efectos de la radiación. Si bien dosis altas son peligrosas, la exposición del público a radiación derivada de centrales nucleares ha sido prácticamente nula. Los límites internacionales fijados por la IAEA y otros organismos garantizan márgenes muy seguros (IAEA, 2020a; Foro Nuclear, s.f.-c). En accidentes como Fukushima, las dosis esperadas eran comparables a las de radiación natural, y no se registraron muertes por radiación (WNA, 2025g). Sin embargo, la percepción pública sigue asociando cualquier radiación con riesgo letal, ignorando que convivimos con ella de forma natural y médica sin consecuencias (Foro Nuclear, s.f.-c).

Respecto a los residuos nucleares, el público los ve como un problema sin solución. En realidad, estos se gestionan de forma segura desde hace décadas. Finlandia y Suecia ya han desarrollado repositorios geológicos permanentes, como Onkalo, que garantizan aislamiento durante milenios (Gil, 2020). Además, los residuos ocupan poco volumen, y los nuevos diseños de reactores de Generación IV permitirán reutilizarlos, reduciendo su peligrosidad (WNA, 2024b; Office of Nuclear Energy, 2021a). Así, el problema no es técnico, sino social y político.

Por último, el desarrollo tecnológico en energía nuclear ha sido constante. Los nuevos reactores modulares pequeños (SMR) y futuras tecnologías Gen IV incorporan mejoras en seguridad, eficiencia y sostenibilidad (IAEA, 2020a; WNA, 2024b). No obstante, la mayoría de la población desconoce estos avances, manteniendo una imagen anclada en tecnologías del siglo XX.

En conclusión, la discrepancia entre percepción y realidad es significativa. La energía nuclear no está exenta de desafíos, pero su demonización generalizada no refleja su historial de seguridad, bajo impacto ambiental ni su potencial como fuente energética baja en carbono. Superar este desfase informativo es esencial para decisiones energéticas racionales y sostenibles (WNA, 2025g).

6. ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA DE LA ENERGÍA NUCLEAR

El análisis del ciclo de vida (ACV) de la energía nuclear abarca todas sus etapas: desde la extracción del uranio hasta el desmantelamiento final de la planta. Cada fase presenta impactos ambientales y radiológicos específicos, pero en conjunto se caracteriza por una gestión altamente controlada y una eficiencia energética elevada. Durante la minería y procesamiento del uranio, se producen emisiones de radón y residuos sólidos con radionúclidos

y metales pesados, que deben confinarse adecuadamente para evitar filtraciones al medio ambiente (Ahmed & Daw, 1980; IEA, 2019). En la etapa de operación de los reactores, la exposición radiológica se limita mediante estrictas normas de seguridad. La mayoría de las emisiones, como tritio y carbono-14, se liberan en cantidades muy reducidas (Ahmed & Daw, 1980).

Uno de los aspectos más delicados es la gestión del combustible gastado y otros residuos radiactivos, que varían en peligrosidad. Aunque los residuos de alta actividad representan solo un 2–3% del volumen total, requieren almacenamiento seguro por miles de años (IEA, 2014). Las soluciones como el repositorio geológico profundo de Onkalo (Finlandia) demuestran que esta gestión es técnicamente viable, aunque social y políticamente compleja (IEA, 2019). El reciclaje del combustible, aunque prometedor, conlleva riesgos técnicos y de proliferación, especialmente en el manejo del plutonio (Ahmed & Daw, 1980).

La etapa final del ciclo, el desmantelamiento de plantas nucleares, también genera residuos de baja y media actividad. Este proceso requiere décadas de vigilancia y planificación, con opciones como el desmantelamiento inmediato o el almacenamiento seguro con retraso. Si bien costoso, es técnicamente factible y controlado por protocolos internacionales (IEA, 2019).

En cuanto a la sostenibilidad de los recursos, las reservas identificadas de uranio son suficientes para más de 130 años al ritmo actual de consumo (IPCC, 2023, p. 639). El torio, un combustible alternativo, es tres veces más abundante y podría complementar a futuro el suministro nuclear (WNA, 2024c). Existen, sin embargo, desafíos logísticos: la producción está concentrada en pocos países y las nuevas minas requieren inversiones sustanciales (IAEA, 2025).

En conjunto, el ciclo de vida de la energía nuclear es largo y complejo, pero también robusto desde el punto de vista técnico. Aunque existen impactos ambientales, sobre todo en la minería y gestión de residuos, estos son localizados, controlables y comparativamente menores que los de los combustibles fósiles. Su elevada densidad energética, baja huella de carbono y mejoras constantes en seguridad refuerzan su posición como una fuente de energía limpia, confiable y compatible con objetivos climáticos a largo plazo.

7. EL PAPEL DE LA ENERGÍA NUCLEAR EN LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA Y LA SOSTENIBILIDAD

La energía nuclear ocupa una posición clave en la transición energética global, al ser una fuente firme de electricidad de bajas emisiones de carbono. Ante la urgencia de descarbonizar los sistemas eléctricos para limitar el calentamiento global según el Acuerdo de París y cumplir con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), organismos como la IEA y la IAEA coinciden en que prescindir de la energía nuclear haría esta transición mucho más difícil y costosa (IEA, 2021; IAEA, 2020b).

 Energía baja en emisiones

La principal ventaja de la energía nuclear en este contexto es su capacidad de generar grandes cantidades de electricidad con emisiones de gases de efecto invernadero casi nulas durante su operación. Considerando su ciclo de vida completo, sus emisiones son comparables o incluso inferiores a las de la energía eólica e hidráulica (IEA, 2019). Desde mediados del siglo XX, ha evitado la emisión de más de 55 gigatoneladas de CO₂ al sustituir la generación con combustibles fósiles (IEA, 2019). En 2023, la nuclear representó entre el 9% y 10% de la electricidad mundial, superando a la solar y la eólica, y convirtiéndose en la segunda fuente de energía baja en carbono después de la hidroeléctrica (WNA, 2025a).

A diferencia de las fuentes renovables intermitentes, la energía nuclear proporciona electricidad continua independientemente del clima. Esta firmeza la convierte en un complemento ideal para las renovables, ayudando a mantener la estabilidad de la red y facilitando la integración de eólica y solar (IEA, 2019).

✚ Contribuciones a metas climáticas y sostenibles

En escenarios alineados con los compromisos climáticos, se espera que la capacidad nuclear mundial se duplique hacia 2050. En la hoja de ruta de la IEA para alcanzar emisiones netas cero, la combinación de nuclear y renovables permite una caída de un 40% de emisiones del sector eléctrico para 2030, y su completa descarbonización en 2050 (IEA, 2021). Sin la nuclear, se requeriría una expansión mucho mayor de renovables y almacenamiento, lo que elevaría significativamente los costes de transición (IEA, 2021).

Además de generar electricidad limpia, la energía nuclear tiene potencial para contribuir en otros sectores, como la producción de hidrógeno limpio, calor industrial y calefacción urbana mediante pequeños reactores modulares (SMR) (IEA, 2019). También promueve varios ODS: mejora la calidad del aire (ODS 3), crea empleo cualificado (ODS 8), fomenta la innovación tecnológica (ODS 9) y garantiza energía accesible y limpia (ODS 7).

✚ Nuevos modelos de negocio y financiación

El despliegue nuclear requiere modelos financieros innovadores. La intervención estatal seguirá siendo fundamental para compartir riesgos y garantizar rentabilidad. Se están explorando herramientas como contratos por diferencia, financiación a través de bonos verdes, y acuerdos de compra directa de electricidad limpia por grandes consumidores industriales (IEA, 2025). Además, la estandarización de diseños y la construcción de múltiples unidades en un mismo sitio pueden reducir costes significativamente, aumentando la competitividad nuclear incluso sin subsidios (IEA, 2025).

✚ SMR: una opción estratégica emergente

Los Pequeños Reactores Modulares (SMR) representan una de las apuestas más prometedoras del sector. Con potencias menores a 300 MWe y diseños modulares, se espera que puedan fabricarse en serie, reduciendo costes, plazos de construcción y riesgos financieros (Liou, 2023). Además, son altamente seguros, requieren menos infraestructura, y pueden instalarse en lugares donde una planta convencional no cabría.

Los SMR son versátiles: pueden usarse para generar electricidad, producir calor industrial, desalinizar agua o generar hidrógeno (IEA, 2025).

No obstante, la mayoría de los diseños aún no han alcanzado la operación comercial, y su éxito dependerá de decisiones políticas y regulatorias en los próximos años. La armonización internacional de normativas y licencias es esencial para su exportación y adopción global (IEA, 2025).

✚ La energía nuclear como garantía de seguridad energética

La crisis energética de 2022, desencadenada por la invasión rusa de Ucrania, revalorizó el papel de la energía nuclear como fuente estratégica. Países como Japón, Bélgica y Corea del Sur decidieron revertir planes de cierre de reactores. La nuclear ofrece una fuente de electricidad estable, no dependiente de condiciones climáticas ni de cadenas logísticas complejas (IEA, 2019). El uranio, además, se puede almacenar por años, y los reactores solo se recargan cada 12 meses aproximadamente.

En contextos de alta penetración renovable, la nuclear proporciona servicios de estabilidad esenciales para el sistema eléctrico: inercia, frecuencia y potencia firme. Además, estabiliza los precios eléctricos a medio plazo, al tener bajos costos operativos y ser menos expuesta a la volatilidad del mercado del gas (IEA, 2019). Sin embargo, su fiabilidad depende de una buena planificación y mantenimiento. El caso de Francia en 2022, con numerosos reactores inactivos por paradas técnicas, demuestra la importancia de una gestión rigurosa (Murray, 2023).

✚ Limitaciones actuales

A pesar de su potencial, la expansión nuclear enfrenta obstáculos relevantes. Uno de los principales es el tiempo de construcción: entre 5 y 10 años por reactor (Sovacool et al., 2020). Esto limita su impacto directo en los objetivos climáticos de 2030. Por eso, la estrategia más eficaz a corto plazo consiste en extender la vida útil de los reactores existentes, cuya mitad se acerca al final de sus licencias iniciales (IAEA, 2020b).

Otro reto clave son los altos costos de capital. Las inversiones iniciales para construir centrales nucleares son elevadas y tardan en recuperarse, lo que genera desconfianza entre inversores privados, especialmente en mercados eléctricos liberalizados (IEA, 2019). Los retrasos y sobrecostos frecuentes en proyectos nucleares europeos o estadounidenses han agravado esta percepción de riesgo.

Además, la aceptación pública sigue siendo un desafío. La memoria de accidentes como Chernóbil y Fukushima afecta la opinión ciudadana, así como la preocupación por la gestión de residuos radiactivos. Aunque existen soluciones técnicas como los repositorios geológicos (caso Onkalo en Finlandia), persiste la desconfianza pública (IEA, 2019).

Otra limitación es la pérdida de capacidades industriales en muchos países occidentales, que han abandonado el desarrollo nuclear durante décadas. Esto ha provocado la escasez de personal especializado, proveedores y recursos industriales (IEA, 2025). Hoy, China y Rusia lideran la construcción de nuevos reactores. Para recuperar dinamismo, será necesario invertir en formación técnica, estandarizar procesos, renovar la cadena de suministro y fomentar la cooperación internacional (IEA, 2025). Tecnologías como la construcción modular, la impresión 3D y los gemelos digitales podrían mejorar tiempos y reducir costes (IEA, 2025).

7.1. CASOS EXITOSOS DE ENERGÍA NUCLEAR SOSTENIBLE: FRANCIA Y CANADÁ

Francia y Canadá constituyen dos ejemplos de integración exitosa de la energía nuclear dentro de sistemas eléctricos sostenibles y de bajas emisiones. Ambos países han implementado estrategias que combinan políticas públicas firmes, innovación tecnológica y marcos regulatorios robustos para aprovechar la energía nuclear como herramienta clave en su transición energética.

Francia cuenta con uno de los sistemas eléctricos más descarbonizados del mundo gracias a su alta dependencia de la energía nuclear. En 2023, operaba 56 reactores de agua a presión, que generaron el 65% de su electricidad total. Este aporte nuclear, combinado con renovables, ha permitido que el 92% de su electricidad provenga de fuentes bajas en carbono. La política energética francesa se articula a través de leyes como la LTECV (2015), la LEC (2019) y la Estrategia Nacional de Bajo Carbono, que fijan metas como el cierre de plantas de carbón y la neutralidad climática para 2050.

El gobierno francés ha anunciado la construcción de seis nuevos reactores EPR2 y estudios para otros ocho, basándose en informes como "Futurs énergétiques 2050", que destacan la necesidad de mantener y expandir la nuclear para asegurar la seguridad energética. Además, el país impulsa el desarrollo de SMRs a través del proyecto NUWARD y mantiene el programa "Grand Carénage" para prolongar la vida útil de sus reactores actuales. Francia gestiona el ciclo cerrado del combustible, con reprocesamiento en La Hague y fabricación de MOX en Melox, además de avanzar en el proyecto CIGEO para almacenamiento geológico profundo. Instituciones como EDF, Framatome y Orano conforman su sólido ecosistema industrial, acompañado de mecanismos de participación ciudadana y cooperación internacional activa (IAEA, 2024a).

Canadá, por su parte, combina energía nuclear e hidroeléctrica para conformar un sistema eléctrico mayoritariamente libre de emisiones. Opera 19 reactores CANDU, que generan el 15% de la electricidad nacional y más del 50% en Ontario. La política energética está descentralizada, lo que ha hecho que la nuclear sea clave en provincias con menos acceso a hidroenergía. Canadá está renovando sus principales plantas nucleares para extender su vida útil hasta 30 años y ha asumido liderazgo en SMRs, destacando el proyecto BWRX-300 en Darlington (IAEA, 2024b). La CNSC regula estrictamente el ciclo nuclear, y la NWMO lidera el desarrollo de un repositorio geológico. El respaldo público a la nuclear va en aumento, especialmente en regiones con experiencia directa en su uso, consolidando así su papel en la transición energética nacional.

Según la IAEA (2024a), Francia no solo lidera la generación nuclear en Europa, sino que también invierte aproximadamente 5.000 millones de euros anuales en la modernización de sus reactores mediante el programa "Grand Carénage". Al mismo tiempo, el país ha asignado 1.000 millones de euros a proyectos de SMRs y otras tecnologías nucleares avanzadas para diversificar su matriz eléctrica. En Canadá, la construcción del primer SMR BWRX-300 en Darlington y los procesos de renovación en Bruce y Pickering son considerados por la IAEA (2024b) como ejemplos de integración efectiva de innovación tecnológica y mantenimiento de capacidad instalada. Además, la hoja de ruta nacional canadiense de SMRs ha permitido establecer colaboraciones entre gobiernos, industria y academia, fortaleciendo la gobernanza del sector.

Tanto Francia como Canadá presentan casos de éxito que demuestran que la energía nuclear puede ser sostenible, segura y alineada con objetivos

climáticos y de desarrollo. La combinación de apoyo público, regulación eficaz, inversión continua y aceptación social creciente refuerzan su papel como pilares de una transición energética basada en bajas emisiones y alta fiabilidad.

8. MARCO REGULATORIO Y POLÍTICAS PÚBLICAS EN LA ENERGÍA NUCLEAR

La regulación internacional de la energía nuclear se basa en estándares establecidos por organismos como el Organismo Internacional de Energía Atómica (IAEA), que, aunque no legalmente vinculantes, orientan a los Estados en la formulación de marcos regulatorios nacionales. Instrumentos como la Convención sobre Seguridad Nuclear y los procesos de revisión por pares contribuyen a fomentar una cultura de seguridad global. Estos estándares no son legalmente obligatorios por sí mismos, pero sirven de base para que los Estados elaboren sus propios marcos regulatorios nacionales, y su cumplimiento se suele evaluar mediante revisión por pares de la IAEA (U.S. Government Accountability Office, 2014). La IAEA emite recomendaciones, pero carece de mecanismos coercitivos para asegurar su implementación. Aun así, ha tenido un papel crucial en armonizar los enfoques regulatorios globales.

En la Unión Europea, el Tratado Euratom y directivas como la 2009/71/Euratom obligan a los Estados miembros a establecer marcos legislativos robustos con reguladores independientes. Esta directiva también exige autoevaluaciones cada diez años e impulsa revisiones temáticas por pares coordinadas por el ENSREG (ENSREG, s.f.-a). El ENSREG, grupo asesor de la Comisión Europea, coordina revisiones y "stress tests" para evaluar la seguridad de las plantas, especialmente tras eventos como Fukushima. Esta estructura ha fortalecido la confianza en la regulación nuclear europea. Tras el accidente de Fukushima en 2011, la UE reforzó sus estándares realizando pruebas de resistencia a todas las plantas y ajustando la directiva de seguridad nuclear en 2014 para introducir un objetivo común europeo de seguridad más estricto.

En América del Norte, tanto Canadá como EE. UU. poseen reguladores independientes y con amplia experiencia. La Canadian Nuclear Safety Commission (CNSC) regula todo el ciclo nuclear bajo un enfoque inclusivo, con participación de comunidades locales e indígenas, lo cual ha mejorado la aceptación pública. Este enfoque ha contribuido a una percepción pública relativamente favorable hacia la energía nuclear, en especial en provincias como Ontario, donde se concentra la mayor parte de la capacidad instalada (IAEA, 2024b). EE. UU., por su parte, cuenta con la Nuclear Regulatory Commission (NRC), reconocida por su rigor técnico, independencia y principios de buena regulación. La NRC aplica los Principios de Buena Regulación (independencia, apertura, eficiencia, claridad y fiabilidad), y sus procesos se actualizan constantemente tras lecciones aprendidas, como se vio tras Fukushima (NRC, s.f.; U.S. Government Accountability Office, 2014). La NRC adapta constantemente su normativa tras eventos internacionales e impulsa cooperación global a través de iniciativas como el Multinational Design Evaluation Programme (MDEP).

En Asia, la red ANSN facilita la cooperación regional. Japón, tras el desastre de Fukushima, reformó profundamente su marco regulador creando la NRA como organismo independiente, imponiendo requisitos de seguridad post-Fukushima muy estrictos. Japón disolvió el antiguo regulador NISA en 2012 y creó la NRA, con independencia real y más poder

sancionador, introduciendo normas más exigentes para el reinicio de reactores (IAEA, 2024c). China, con un programa nuclear en rápida expansión, ha enfrentado desafíos en recursos regulatorios, aunque ha mejorado sus estándares y coopera activamente con la IAEA. En 2016, la NNSA china contaba con 25 inspectores por reactor frente a los 40 de la NRC estadounidense, lo que evidencia la brecha de recursos aún existente (Ortega, 2022). Corea del Sur e India también poseen agencias reguladoras independientes alineadas con las guías de la IAEA.

Tras Fukushima, se observaron mejoras regulatorias generalizadas: nuevos escenarios de diseño, bunkers con generadores, y auditorías nacionales. La ASN francesa, por ejemplo, ordenó mejoras estructurales en todas sus centrales. Cada país revisó escenarios antes no contemplados, como accidentes multirreactor o pérdidas prolongadas de suministro eléctrico; reguladores exigieron equipos de respaldo, sistemas pasivos y centros de crisis bunkerizados (U.S. Government Accountability Office, 2014). Japón detuvo sus reactores hasta garantizar el cumplimiento de nuevos estándares. Organismos como la NEA (OCDE) y WANO fortalecen esta cultura de seguridad mediante cooperación técnica y evaluaciones entre pares. En este marco, la Unión Europea también ha adoptado un sistema regional de revisiones por pares cada seis años sobre temas como resistencia sísmica o envejecimiento de materiales críticos (ENSREG, s.f.-a).

A nivel nacional, la relación entre regulación y aceptación pública es directa. En países con marcos regulatorios estrictos y transparentes, la energía nuclear suele ser mejor valorada. Finlandia es ejemplo paradigmático: su regulador STUK goza de alta confianza y ha involucrado a la ciudadanía en decisiones como la localización del repositorio geológico Onkalo. Esto ha generado altos niveles de apoyo social (60% en 2022). Una encuesta nacional de ese año mostró un apoyo récord del 60% a la energía nuclear, frente a solo un 11% de oposición (WNA, 2024d), lo que ilustra el efecto positivo de una regulación transparente y participativa (IAEA, 2024e). Canadá también muestra una correlación entre participación ciudadana y aceptación: el 66% de los ontarianos apoya la nuclear, frente al 34% en Quebec, donde no hay reactores. Este respaldo elevado se asocia a una política clara de información pública, la inclusión de pueblos indígenas en el proceso regulatorio y un historial sin accidentes graves (IAEA, 2024b).

En cambio, donde la regulación ha fallado o ha sido percibida como insuficiente, la opinión pública se ha tornado adversa. Japón es un ejemplo claro: el mal manejo de Fukushima minó la confianza pública. Alemania, a pesar de una regulación estricta, tomó una decisión política de salida nuclear por rechazo social. En Italia, el rechazo tras Chernóbil se plasmó en dos referendos (1987 y 2011) que eliminaron la posibilidad de un programa nuclear viable. En estos casos, incluso regulaciones técnicamente sólidas no bastaron para contrarrestar el temor generado por eventos internacionales; la percepción de riesgo pesó más que la garantía institucional (Moody, 2011; Redacción, 2023).

La gestión de residuos también afecta la aceptación pública. Procesos participativos exitosos como los de Suecia y Finlandia han generado consenso social, mientras que casos como el fallido ATC de Villar de Cañas en España reflejan cómo la falta de acuerdo puede erosionar la imagen de la energía nuclear. El proyecto fue cancelado tras más de una década de controversia y oposición social, proyectando una imagen de falta de solución clara para los residuos (Acosta, 2024). En conjunto, una regulación sólida, transparente y participativa no solo asegura el uso seguro de la energía

nuclear, sino que también es fundamental para su aceptación y sostenibilidad a largo plazo.

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La investigación ha permitido identificar una brecha significativa entre la percepción pública y la realidad técnico-científica de la energía nuclear. Mientras que una parte considerable de la ciudadanía asocia esta fuente de energía con altos niveles de peligrosidad, contaminación radiactiva y catástrofes ambientales, los datos analizados revelan una imagen más equilibrada y, en muchos aspectos, favorable en términos de sostenibilidad y seguridad comparativa. Los hallazgos principales se pueden resumir en los siguientes puntos:

La percepción pública negativa está fuertemente influida por factores históricos y emocionales, especialmente los accidentes de Chernóbil (1986) y Fukushima (2011), así como por el origen militar de la tecnología nuclear y su vinculación simbólica con el riesgo y la muerte. Esta narrativa se ha reforzado a través de los medios de comunicación y de campañas ambientalistas que, en ocasiones, han simplificado o sobredimensionado los riesgos, como demuestran por ejemplo las discrepancias entre el número de muertes indicado por la prensa o sugerido por obras de ficción y el que aparece en estadísticas proporcionadas por instituciones fiables. Además, la prensa ha comparado Chernóbil y Fukushima en perspectiva catastrófica, sin matizar las diferencias que han permitido que en el segundo caso las consecuencias no fueran tan dramáticas.

La evidencia científica muestra que la energía nuclear es una de las fuentes más bajas en emisiones de carbono, comparable incluso con las renovables, y muy superior en este aspecto a las fuentes fósiles. Su alta densidad energética y estabilidad operativa la convierten en una tecnología complementaria útil en sistemas energéticos descarbonizados.

En cuanto a la seguridad, aunque la energía nuclear conlleva riesgos específicos, los análisis de accidentes demuestran que sus consecuencias han sido mucho más limitadas de lo que suele creerse, especialmente cuando se compara con los efectos acumulativos de la quema de combustibles fósiles en términos de salud y medio ambiente. Además, los reactores modernos incorporan múltiples barreras de seguridad, automatismos y mecanismos de contención que hacen que los riesgos de accidentes graves sean extremadamente bajos. Las centrales actuales son mucho más seguras que las que estaban en funcionamiento hace varias décadas.

Los residuos nucleares, si bien de alta peligrosidad, son gestionables con las tecnologías actuales, y su volumen es reducido en comparación con otros desechos industriales o energéticos. Existen ejemplos exitosos de almacenamiento geológico profundo en marcha, como el caso de Finlandia, que demuestran la viabilidad técnica de soluciones a largo plazo.

La exclusión de la energía nuclear en algunas políticas energéticas no se justifica en general con argumentos técnicos, sino más bien está determinada por factores sociales y políticos, como el miedo, la falta de información y la presión pública. Esto ha tenido como consecuencia un menor aprovechamiento de una fuente energética potencialmente clave en la lucha contra el cambio climático.

Ejemplos como Francia o Canadá muestran que es posible integrar la energía nuclear en una política energética sostenible. En estos países, la generación eléctrica tiene una de las huellas de carbono más bajas del mundo, gracias a una planificación coherente y a la aceptación social conseguida a través de transparencia, estabilidad regulatoria y creación de instituciones de alto perfil para la formación de personal técnico.

La persistencia de prejuicios y temores infundados limita el uso de una herramienta que podría acelerar la transición energética. Superar este estigma, a través de la educación, la transparencia y el debate informado, es crucial si se quiere aprovechar todo el abanico de soluciones tecnológicas disponibles para enfrentar el cambio climático.

10. CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS

A lo largo del desarrollo de esta investigación, se han abordado de forma coherente y completa los objetivos planteados al principio del trabajo, tanto el general como los específicos. En primer lugar, se ha logrado cumplir con el objetivo general de analizar críticamente la discrepancia entre la percepción pública negativa de la energía nuclear y la evidencia científica y tecnológica disponible. A través de una revisión sistemática de fuentes técnicas, sociales e históricas, se ha contrastado de manera rigurosa el imaginario colectivo con los datos objetivos sobre seguridad, impacto ambiental y sostenibilidad de esta fuente de energía.

Futuras vías de investigación

Los resultados de esta investigación abren diversas líneas que pueden enriquecer el debate académico y político sobre el papel de la energía nuclear en la transición ecológica. Una de ellas es el análisis comparado de las políticas energéticas nacionales e internacionales. La planificación nuclear está profundamente condicionada por marcos regulatorios, decisiones geopolíticas y organismos multilaterales. Estudiar cómo distintos países gestionan la energía nuclear —desde su expansión en Francia hasta su abandono en Alemania o España— puede aportar claves sobre su posible reintegración en los sistemas energéticos actuales.

También es crucial investigar la viabilidad técnico-económica de tecnologías emergentes como los pequeños reactores modulares (SMRs) y los reactores de cuarta generación. Estas soluciones podrían superar barreras históricas de la industria nuclear, aunque su adopción masiva dependerá de la estandarización, la aceptación social y marcos regulatorios adecuados. Estudios de caso, análisis de ciclo de vida y comparaciones económicas ayudarían a evaluar su integración en contextos energéticos diversos.

Otra línea relevante es el estudio del miedo como herramienta política. La narrativa del riesgo ha influido en la percepción pública de la energía nuclear y ha sido utilizada para bloquear avances tecnológicos o promover regulaciones restrictivas. Investigar cómo se construye y manipula este imaginario puede aportar una visión crítica sobre las decisiones energéticas.

Finalmente, se propone vincular estas investigaciones con el concepto de justicia energética. Analizar quiénes se benefician o se ven afectados por la inclusión o exclusión de la nuclear permite abordar el debate desde una perspectiva social. Integrar enfoques interdisciplinarios y metodologías

participativas será clave para generar conocimiento útil y comprometido con una transición justa.

11. BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, S. (11 de junio 2024). El Gobierno entierra para siempre el proyecto del cementerio nuclear de Villar de Cañas. *El Periódico de la Energía*. <https://elperiodicodelaenergia.com/el-gobierno-entierra-para-siempre-el-proyecto-del-cementerio-nuclear-de-villar-de-canas/>.
- Ahmed, J. U. y Daw, H. T. (1980). La energía nuclear en el Tercer Mundo. *IAEA Bulletin*, 22(2), 47–51. https://www.iaea.org/sites/default/files/22204742329_es.pdf.
- American Nuclear Society. (13 de julio de 2022). Former Greenpeace director explains his support for nuclear energy. *Nuclear Newswire* <https://www.ans.org/news/article-4126/former-greenpeace-director-explains-his-support-for-nuclear-energy/>
- Benavent Sendra J. y Alonso Ramos M. (2016) Fukushima. Accidente Nuclear: lección 6.3, Lecciones aprendidas, curso gratuito de la UNED <https://fukushima-1188.appspot.com/6/3>
- Berger, M. y Garthwaite, J. (11 de marzo de 2021). Lessons from the Fukushima disaster, 10 years later. *Stanford Report*. <https://news.stanford.edu/stories/2021/03/lessons-fukushima-disaster-10-years-later>
- Bisconti Research. (2024). National Nuclear Energy Public Opinion (1983–2024). <https://www.bisconti.com/>
- Bisconti, A. S. (octubre de 2024). Understanding and bridging the gender gap. *Bisconti Research Inc.* <https://www.bisconti.com/blog/runderstanding-and-bridging-the-gender-gap>
- Chatzis, I. (septiembre de 2023). Crear percepciones sobre la energía nuclear. *Boletín del OIEA*. <https://www.iaea.org/es/bulletin/crear-percepciones-sobre-la-energia-nuclear>
- Comisión Europea. (2010). Europeans and nuclear safety. *Eurobarómetro Especial*, 324. <https://europa.eu/eurobarometer/surveys/detail/769>
- De Paoli, L. (2011). *L'energia nucleare*. Il Mulino.
- ENSREG. (s.f.-a). Nuclear safety directive <https://www.ensreg.eu/nuclear-safety-regulation/eu-instruments/Nuclear-Safety-Directive>
- Fayard, P. (1992). La información ante Chernóbil. *Revista TELOS*, 29, 2-11. <https://telos.fundaciontelefonica.com/archivo/numero029/la-informacion-ante-chernobyl/?output=pdf>
- Foro Nuclear. (s.f.-c). ¿Sabes cuánta radiación emiten estos elementos de la vida cotidiana? <https://www.foronuclear.org/descubre-la-energia-nuclear/preguntas-y-respuestas/sobre-proteccion-radiologica-y-radiacion/sabes-cuanta-radiacion-emiten-estos-elementos-de-la-vida-cotidiana/>
- Friedman, S. M., Gorney, C. M. y Egoft, B. P. (1992). Chernobyl coverage: How the US media treated the nuclear industry. *Public Understanding of Science*, 1(3), 305–323. <https://doi.org/10.1088/0963-6625/1/3/005>
- Gil, L. (26 de noviembre de 2020). Finland's spent fuel repository a game changer for the nuclear industry, Director General Grossi says. *IAEA Office of Public Information and Communication*. <https://www.iaea.org/newscenter/news.f.inlands-spent-fuel-repository-a-game-changer-for-the-nuclear-industry-director-general-grossi-says>

- Greenpeace. (2006). Chernobyl: Consecuencias sobre la salud. Informe de Greenpeace International. <https://archivo-es.greenpeace.org/espana/PageFiles/182800/chernobylhealthreport.pdf>
- Greenpeace. (28 de marzo de 2011). El accidente nuclear de Three Mile Island (Harrisburg, EEUU, 1979). <https://archivo-es.greenpeace.org/espana/es/reports/El-accidente-nuclear-de-Three-Mile-Island-Harrisbug-EEUU-1979/>
- Hatch, M. C., Beyea, J., Nieves, J. W. y Susser, M. (1990). Cancer near the Three Mile Island nuclear plant: radiation emissions. *American Journal of Epidemiology*, 132(3), 397–417. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aje.a115673>
- Hawley, C. y Schmitt, S. (18 de abril de 2006). Greenpeace vs. the United Nations: The Chernobyl body count controversy. Spiegel International. <https://www.spiegel.de/international/greenpeace-vs-the-united-nations-the-chernobyl-body-count-controversy-a-411864.html>
- IAEA. (2020a). Examen de la tecnología nuclear de 2020 (p. 40–43). https://www.iaea.org/sites/default/files/gc/gc64-inf2_sp.pdf
- IAEA. (2020b). Energy, electricity and nuclear power estimates for the period up to 2050. https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/PUB1911_web.pdf
- IAEA. (2024a). Country Nuclear Power Profiles: France. CNPP. <https://cnpp.iaea.org/public/countries.f.R/profile/preview>
- IAEA. (2024b). Country Nuclear Power Profiles: Canada. CNPP. <https://cnpp.iaea.org/public/countries/CA/profile/preview>
- IAEA. (2024c). Country Nuclear Power Profiles: Japan. CNPP. <https://cnpp.iaea.org/public/countries/JP/profile/preview>
- IAEA. (2024e). Country Nuclear Power Profiles: Finland. CNPP. <https://cnpp.iaea.org/public/countries.f.I/profile/preview>
- IAEA. (2025). Sufficient uranium resources exist, however investments needed to sustain high nuclear energy growth. <https://www.iaea.org/newscenter/pressreleases/sufficient-uranium-resources-exist-however-investments-needed-to-sustain-high-nuclear-energy-growth>
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (Ed.). (2023). Energy systems. En *Climate change 2022 – Mitigation of climate change: Working Group III contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, pp. 613–746. Cambridge University Press. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/downloads/report/IPCC_AR6_WGIII_Chapter06.pdf
- International Energy Agency (IEA). (2014). World energy outlook. IEA. <https://iea.blob.core.windows.net/assets/e6f58562-203e-474c-97a3-486f409aa7ff/WEO2014.pdf>
- International Energy Agency (IEA). (2019). Nuclear Power in a Clean Energy System. IEA. <https://www.iea.org/reports/nuclear-power-in-a-clean-energy-system>
- International Energy Agency (IEA). (2021). Net Zero by 2050. IEA. <https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050>
- International Energy Agency (IEA). (2025). The Path to a New Era for Nuclear Energy. IEA. <https://www.iea.org/reports/the-path-to-a-new-era-for-nuclear-energy>
- ISSP Research Group (2003). International Social Survey Programme: Environment II - ISSP 2000. ZA3440 Data file Version 1.0.0, <https://doi.org/10.4232/1.3440>.
- Jawerth, N. (2020). Q&A: Public opinion of nuclear and why it matters to the clean energy transition. IAEA. <https://www.iaea.org/newscenter/news/qa-public-opinion-of-nuclear-and-why-it-matters-to-the-clean-energy-transition>

- Leman, M. (18 de marzo de 2022). 10 reasons why nuclear energy is not the way to a green and peaceful world. Greenpeace International. <https://www.greenpeace.org/international/story/52758/reasons-why-nuclear-energy-not-way-green-and-peaceful-world/>
- Liou, J. (13 de septiembre de 2023). What are Small Modular Reactors (SMRs)? International Atomic Energy Agency. <https://www.iaea.org/newscenter/news/what-are-small-modular-reactors-smrs>
- Moody, B. (13 de junio de 2011). Italians say no to nuclear energy in referendum. Agencia Reuters. <https://www.reuters.com/article/world/italians-say-no-to-nuclear-energy-in-referendum-idUSTRE75C3P0/>
- Murray, J.-M. (24 de julio de 2023). The 2022 French nuclear outages: Lessons for nuclear energy in Europe. Clean Air Task Force. <https://www.catf.us/2023/07/2022-french-nuclear-outages-lessons-nuclear-energy-europe/>
- Nuclear Energy Agency. (2010). Public attitudes to nuclear power. NEA. <https://www.oecd-nea.org/upload/docs/application/pdf/2019-12/6859-public-attitudes.pdf>
- Nuclear Regulatory Commission. (2022). Backgrounder on the Three Mile Island Accident. <https://www.nrc.gov/docs/ML0402/ML040280573.pdf>
- Nuclear Regulatory Commission. (s.f) Values. <https://www.nrc.gov/about-nrc/values.html>
- Office of Nuclear Energy. (31 de marzo de 2021a). 3 reasons why nuclear is clean and sustainable. Office of Nuclear Energy. <https://www.energy.gov/ne/articles/3-reasons-why-nuclear-clean-and-sustainable>
- Ortega, D. (2022). New Kid on the Grid: China's Price for Becoming the Poster Child for Nuclear Energy. The International Affairs Review. <https://www.iar-gwu.org/blog/iar-web/new-kid-on>
- Redacción. (21 de septiembre de 2019). Three Mile Island: cómo fue el mayor accidente nuclear en la historia de EE.UU. y por qué se cerró 40 años después la planta donde ocurrió. BBC News Mundo. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-internacional-49763206>
- Redacción. (14 de abril de 2023). Alemania y la energía nuclear: Cronología de una relación compleja. El periódico de la energía. <https://elperiodicodelaenergia.com/alemania-y-la-energia-nuclear-cronologia-de-una-relacion-compleja/>
- Rodríguez, R. (21 de noviembre de 2019). El accidente nuclear de Fukushima mató a otras 1.280 personas (y no fue la radiación). El Confidencial. https://www.elconfidencial.com/mundo/2019-11-21/fukushima-accidente-nuclear-muertes-frio-japon_2346072/
- Rothwell, S. L. (2023, 8 de diciembre). Antinuclear movement. Encyclopedia Britannica. <https://www.britannica.com/topic/anti-nuclear-movement>
- SIPRI. (2018). Resumen del anuario 2018 del SIPRI en español. https://www.sipri.org/sites/default/files/2018-08/yb18_summary_esp.pdf
- Slovic, P. (1987). Perception of risk. *Science*, 236 (4799), 280–285. <https://doi.org/10.1126/science.3563507>
- Sovacool, B. K., Schmid, P., Stirling, A., Walter, G. y MacKerron, G. (2020). Differences in carbon emissions reduction between countries pursuing renewable electricity versus nuclear power. *Nature Energy*, 5, 928–935. <https://doi.org/10.1038/s41560-020-00696-3>
- U.S. Department of Energy. (1994, septiembre). The Manhattan Project: Making the atomic bomb. https://digital.library.unt.edu/ark:/67531/metadc1395991/m2/1/high_res_d/10186004.pdf

- U.S. Government Accountability Office. (6 de marzo de 2014). Nuclear Safety: Countries' Regulatory Bodies Have Made Changes in Response to the Fukushima Daiichi Accident. <https://www.gao.gov/products/gao-14-109>
- United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation: UNSCEAR. (s.f.). The Chernobyl Accident. <https://www.unscear.org/unscear/en/areas-of-work/chernobyl.html>
- United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation: UNSCEAR. (2013). Fukushima-Daiichi nuclear power station accident: An overview. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. <https://www.unscear.org/unscear/en/areas-of-work/fukushima.html>
- World Health Organization. (2016). Health consequences of the Fukushima nuclear accident. <https://www.who.int/news-room/questions-and-answers/item/health-consequences-of-fukushima-nuclear-accident>
- World Nuclear Association. (2022). Three Mile Island accident. <https://world-nuclear.org/information-library/safety-and-security/safety-of-plants/three-mile-island-accident>
- World Nuclear Association. (2024a). Fukushima Daiichi accident. <https://world-nuclear.org/information-library/safety-and-security/safety-of-plants/fukushima-daiichi-accident>
- World Nuclear Association. (2024b). Generation IV nuclear reactors. <https://world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/nuclear-power-reactors/generation-iv-nuclear-reactors>
- World Nuclear Association. (2024c). Thorium. <https://world-nuclear.org/information-library/current-and-future-generation/thorium>
- World Nuclear Association. (2024d). Nuclear power in Finland. <https://world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-a-f/finland>
- World Nuclear Association. (2025a). Nuclear power in the world today. <https://world-nuclear.org/information-library/current-and-future-generation/nuclear-power-in-the-world-today>
- World Nuclear Association. (2025b). Nuclear-powered ships. <https://world-nuclear.org/information-library/non-power-nuclear-applications/transport/nuclear-powered-ships>
- World Nuclear Association. (2025c). The many uses of nuclear technology. <https://world-nuclear.org/information-library/non-power-nuclear-applications/overview/the-many-uses-of-nuclear-technology>
- World Nuclear Association. (2025d). Radioisotopes in medicine. <https://world-nuclear.org/information-library/non-power-nuclear-applications/radioisotopes-research/radioisotopes-in-medicine>
- World Nuclear Association. (2025e). Radioisotopes in food & agriculture. <https://world-nuclear.org/information-library/non-power-nuclear-applications/radioisotopes-research/radioisotopes-in-food-agriculture>
- World Nuclear Association. (2025f). Nuclear energy and public opinion. WNA Report. <https://world-nuclear.org/information-library/current-and-future-generation/nuclear-energy-and-public-opinion>
- World Nuclear Association. (2025g). Safety of nuclear power reactors. <https://world-nuclear.org/information-library/safety-and-security/safety-of-plants/safety-of-nuclear-power-reactors>.