El camino hacia la transición energética en la industria alimentaria: Una revisión sistemática de buenas prácticas y oportunidades de innovación

Eduardo David Chalapud-Narváez
Víctor Mario Noble-Ramos
Tobías Alfonso Parodi-Camaño

Ediciones Transformar

ISBN 978-956-08230-2-1

Ediciones Transformar

Edición original en español:
El camino hacia la transición energética en la industria alimentaria:
Una revisión sistemática de buenas prácticas y oportunidades de innovación de Eduardo David Chalapud-Narváez, Víctor Mario Noble-Ramos y Tobías Alfonso Parodi-Camaño

Una publicación de Ediciones Transformar, sello editorial perteneciente a Centro Transformar SpA/Red Internacional de Investigadores en Educación (REDIIE), Chile.
Sitio web: https://centrotransformar.cl/ediciones-transformar/

Editor general:
Fernando Vera, PhD
fernandovera@rediie.cl

Diseño y plataformas digitales:
Jorge Vargas
soporte@rediie.cl

Licencia de uso:
Acceso Abierto: Este libro está licenciado bajo los términos de la Licencia Internacional Creative Commons Chile: Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional BY-NC-ND, que permite compartir el contenido (por ejemplo, publicarlo en una web o redes sociales), sin modificarlo y sin fines comerciales, siempre que menciones a sus autores.

Las imágenes u otro material de terceros que se incluyen en este libro están cubiertos por la licencia Creative Commons del libro, a menos que se indique lo contrario en la línea de crédito correspondiente. Si algún material no está incluido bajo la licencia Creative Commons del libro y su uso previsto no está permitido por la legislación vigente o excede el uso permitido, será necesario obtener permiso directamente del titular de los derechos de autor.

Esta obra, perteneciente a la marca Transformar®, es publicada por Ediciones Transformar, sello editorial de Centro Transformar SpA.

ISBN 978-956-08230-2-1
Sello Editorial Ediciones Transformar 978-956-08230

© Todos los derechos reservados.

Bibliografía de autores

Eduardo David Chalapud Narváez

Doctorante en Administración Gerencial, UBJ México; Magister en Administración y Competitividad, Universidad Mariana Pasto Colombia; Especialista en Economía Internacional, Universidad Externado de Colombia; politólogo, Universidad Nacional de Colombia; Economista, Universidad de Nariño. Docente investigador Corporación Unificada Nacional de Educación Superior CUN; Integrante del grupo de investigación GIDECER. Investigador adscripto del Centro de Estudios Prospectivos de la Universidad de Cuyo, Mendoza Argentina; Miembro asociado de la Red Iberoamericana de prospectiva (RIBER); Miembro de la red universitaria de investigación de la frontera CREAS. Ipiales, Nariño, Colombia. Email: eduardo_chalapud@cun.edu.co
https://orcid.org/0000-0001-7317-8772

Víctor Mario Noble-Ramos

Ingeniero Industrial de la Universidad de Córdoba, Colombia. Actualmente es profesor en la misma Universidad. Posee MSc. Ingeniería de Producción de la Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) y actualmente cursa su PhD en Ingeniería de Producción en esa institución. Investigador reconocido por Minciencias del Grupo de Investigación en Teoría de Restricciones (GITOC – Unicor). Su labor académico-científica se centra en las áreas de planeación/gestión de producción y operaciones, investigación de operaciones, ciencia de datos y métodos cuantitativos para tomar decisiones.victornobler@correo.unicordoba.edu.co
https://orcid.org/0000-0003-4666-2096

Tobías Alfonso Parodi Camaño

Investigador del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación de Colombia, candidato a Doctor en Innovación, Magíster en Administración de Organizaciones, Especialista en Gestión de Proyectos e Ingeniero Industrial. Docente Investigador de la Universidad de Córdoba y de la Corporación Unificada Nacional de Educación Superior (CUN), integrante de los Grupos de Investigación en Emprendimiento y Empresarialidad Escala y del Grupo de Investigación en Aplicación de Teoría de Restricciones (GITOC). Colombia. Coordinador del Semillero de Investigación de Innovarium, enfocado en procesos de innovación abierta.tobiasparodic@correo.unicordoba.edu.co
https://orcid.org/0000-0003-4548-1058

Tabla de contenido

1. Introducción 1
2. Materiales y Métodos 2
2.1. Diseño metodológico 2
2.1.1. Revisión sistemática (PRISMA) 2
2.1.2. Análisis bibliométrico 4
3. Resultados 10
3.1. Producto de la revisión sistemática 10
3.2. Bibliometría 11
3.3. Palabras clave y su influencia en la red de investigación 11
3.4. Análisis de conectividad y su relación con la descarbonización 13
3.5. Grados de conexión y acumulación de conexiones 15
3.6. Redes de colaboración y producción científica 16
3.7. Clústeres temáticos y tendencias emergentes 17
3.8. Conclusión 17
4. Escenarios prospectivos a 2040 17
4.1. Construcción de escenarios prospectivos 19
4.1.1. Enfoque metodológico 19
4.1.2. Variables clave para la construcción de escenarios 19
4.2. Escenario posible: "Revolución tecnológica y disrupción" 19
4.3. Escenario preferido: "Transición justa y sostenibilidad global" 20
4.4. Escenario negativo: "Resistencia y estancamiento" 20
4.5. Recomendaciones 21
5. Discusión 21
5.1. Identificación de vacíos de investigación 21
5.2. Implicaciones estratégicas para la industria de alimentos 21
5.3. Recomendaciones para la transición energética hacia 2040 22
6. Conclusiones 23
6.1. Síntesis de los aportes 23
6.2. Originalidad: Integración metodológica y propuesta de escenarios futuros 23
6.3. Líneas futuras de investigación 23
6.4. Construcción de escenarios prospectivos para la transición energética a 2040 24
6.4.1. Objetivos de la construcción de escenarios prospectivos 24
6.4.2. Variables clave para la construcción de escenarios 24
6.4.3. La función de los escenarios prospectivos en la planificación estratégica 24
6.4.4. Recomendaciones estratégicas para la industria alimentaria 25
7. Referencias 25

Índice de Figuras

Figura 1. Diagrama de proceso de identificación y selección PRISMA 4
Figura 2. Producción científica anual 5
Figura 3. Producción científica por país 6
Figura 4. Tendencia en fuentes de publicación 7
Figura 5. Producción científica por autor 7
Figura 6. Producción científica por institución 8
Figura 7. Países más citados (articulos totales) 8

Figura 8. Red de palabras clave en investigación sobre transición energética 9
Figura 9. Frecuencia de términos clave en la literatura sobre transición energética (2016-2025) 13
Figura 10. Evolución temporal de la frecuencia de los términos clave 15
Figura 11. Grados de conexión y acumulación de términos clave en la red de investigación sobre transición energética 16
Figura 12. Distribución de términos clave en la investigación sobre transición energética 18

Índice de tablas

Tabla 1. Términos clave más frecuentes 11
Tabla 2. Indicadores de centralidad y conectividad en la transición energética 14

1. Introducción

En los últimos años, se han puesto en marcha algunas iniciativas que permiten mitigar el problema de la utilización de combustibles fósiles y la generación de dióxido de carbono. Una estrategia es lograr que la industria gire en torno a la eficiencia energética, la cual permita reducir emisiones de efecto invernadero y alcanzar la sostenibilidad. En este sentido se afirma que la industria alimentaria tiene una tendencia muy elevada en el consumo de energía, lo que sugiere avanzar hacia la descarbonización contribuyendo a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (Clairand et al., 2020; Corigliano & Algieri, 2024; Faraldo & Byrne, 2024; Sovacool et al., 2021; Sundaramoorthy et al., 2023).

En diversas partes del mundo se han implementado estrategias como el uso de energías eficientes a través de la tecnología, la adopción de tecnologías verdes y la integración de principios de economía circular (Ishchenko & Slinchak, 2025; Meitz et al., 2023; Ong et al., 2023).

Por otra parte, para su ejecución, la industria alimentaria enfrenta algunos obstáculos relacionados con los altos costos de inversión, leyes, normas y procesos para su regulación, que no estipulan soluciones para la producción (Chowdhury et al., 2018; García et al., 2022; Millán et al., 2020). Por lo tanto, es necesario observar con mucho más detenimiento para la sostenibilidad las interdependencias marcada por agua – energía – alimentos, integrando enfoques que permitan acceder a una transición energética si traumatismos (Albrecht et al., 2018; Herrera et al., 2024; Li & Zhang, 2023).

Por su parte, la eficiencia energética a través del uso de las energías renovables y su aplicación en la descarbonización, se han convertido en pilares estratégicos en el combate del cambio climático y el uso insostenible de sistemas energéticos. Su integración establece una reducción de la demanda energética (Beccarello & Di Foggia, 2023; Duggan, 2025; Michaelides, 2025). En muchos países, la descarbonización requiere la gestión de gobernanza anticipatoria (Aceituno & Vitale, 2025) para transformar la capacidad de los estados en la promulgación de las políticas públicas integrales que permitan la inversión estratégica en tecnologías, coordinación de medidas macroeconómicas y adaptación de la sociedad (Duggan, 2025; Misztal et al., 2021; Papadis & Tsatsaronis, 2020). Además, es necesario adecuar las políticas a entornos regionales y sectoriales en especial en divisiones más contaminantes (Sundaramoorthy et al., 2023; Vahidinasab et al., 2021).

La integración entre estudios bibliométricos sobre transición energética y la utilización de escenarios prospectivos es en la actualidad poco difundido. La bibliometría ha proporcionado información que involucra tendencias y temáticas sobre energías renovables, tecnologías verdes, innovación y sostenibilidad pero rara vez incorporan escenarios prospectivos (Pan et al., 2023; Vallarta et al., 2023; Zhou et al., 2023).

El análisis de escenarios explora en gran medida temas sobre descarbonización y sus impactos, logrando orientar mediante la aplicación de la estrategia políticas diferenciales (Bhattarai et al., 2022; Plazas et al., 2022), involucrando diversos actores que de alguna manera optimizan combinaciones energéticas, políticas públicas y mejora de las capacidades tecnológicas a través de su diversidad metodológica (Fattahi et al., 2020; Plazas et al., 2022).

La combinación de análisis bibliométrico y el análisis de escenarios es un recurso en el uso de metodologías híbridas para identificar tecnologías de carácter emergente significativas que impulsan una línea de conocimiento y de anticipación a diversos desafíos futuros diseñando estrategias sólidas para la transición energética.

El presente manuscrito busca realizar una revisión sistemática y análisis bibliométrico sobre transición energética en la industria alimentaria, donde se identifiquen tendencias, países líderes, redes de colaboración, autores clave, entre otros, y proponer escenarios prospectivos que visualicen factores estratégicos que permitan la anticipación de la transición en el sector.

2. Materiales y métodos

2.1. Diseño metodológico

Este estudio emplea un enfoque metodológico integrado que combina tres estrategias complementarias: revisión sistemática, análisis bibliométrico y prospección de escenarios. Estas metodologías se seleccionaron para proporcionar una visión exhaustiva sobre la transición energética en la industria alimentaria, considerando tanto la evolución de la investigación científica como la identificación de futuros posibles en este campo.

2.1.1. Revisión sistemática (PRISMA)

Se lleva a cabo una revisión sistemática de la literatura científica siguiendo las directrices del protocolo PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses). El objetivo de esta fase es identificar, seleccionar y evaluar los estudios más relevantes sobre la transición energética en la industria alimentaria, especialmente aquellos que abordan temas de eficiencia energética, energías renovables y descarbonización. La búsqueda se realizó en la base de datos Scopus, con un enfoque en artículos publicados entre los años 2010 y 2026. Los criterios de inclusión incluyen estudios que aborden temas relacionados con la transición energética, energías renovables y sostenibilidad en la industria alimentaria.

El proceso de identificación y selección de los artículos se realizó en tres etapas:

1. Identificación: Se identificaron 468 registros en la base de datos Scopus a través de una búsqueda utilizando palabras clave y ecuaciones específicas, como se describe a continuación:

TITLE-ABS-KEY (("energy transition" OR "energy shift" OR "energy change" OR "energy transformation" OR "transition to renewable energy") AND ("food industry" OR "food sector" OR "food production industry" OR "food processing industry" OR "agro-food industry" OR "food manufacturing sector" OR "agr*-food" OR "agricultural food sector" OR "agri-food industry" OR "industrial sector" OR "industry sector" OR "manufacturing sector" OR "industrial field" OR "industrial domain")) AND PUBYEAR > 2009 AND PUBYEAR < 2027 AND (EXCLUDE (DOCTYPE , "no") OR EXCLUDE (DOCTYPE , "tb") OR EXCLUDE (DOCTYPE , "cr") OR EXCLUDE (DOCTYPE , "ed")) AND (EXCLUDE (SUBJAREA , "IMMU") OR EXCLUDE (SUBJAREA , "PSYC") OR EXCLUDE (SUBJAREA , "ARTS") OR EXCLUDE (SUBJAREA , "PHAR") OR EXCLUDE (SUBJAREA , "MEDI")) AND (EXCLUDE (LANGUAGE , "Chinese") OR EXCLUDE (LANGUAGE , "German") OR EXCLUDE (LANGUAGE , "Spanish") OR EXCLUDE (

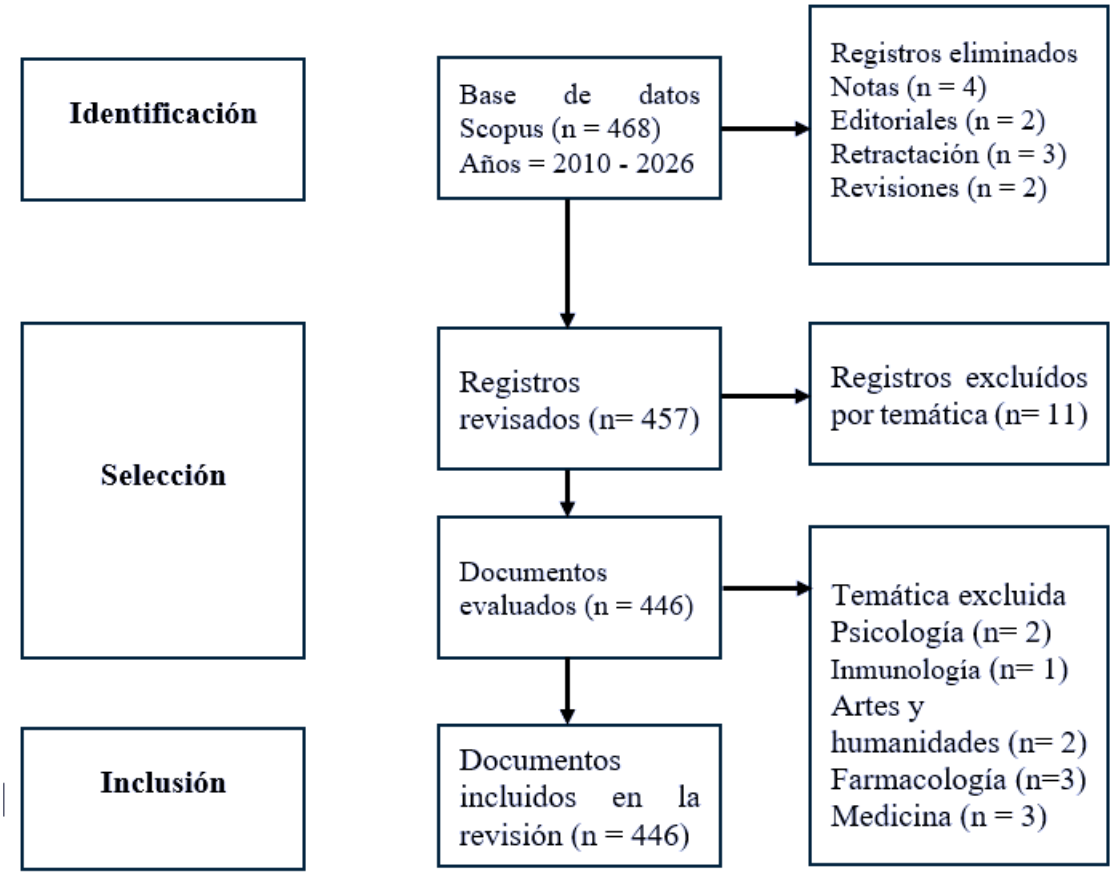
LANGUAGE , "Italian") OR EXCLUDE (LANGUAGE , "French") OR EXCLUDE (LANGUAGE , "Russian") OR EXCLUDE (LANGUAGE , "Polish"))

2. Selección: Se revisaron 457 registros, excluyendo 11 artículos que no cumplían con los criterios temáticos establecidos, como los relacionados con psicología, medicina o farmacología.
3. Inclusión: Finalmente, 446 documentos fueron incluidos en la revisión sistemática, cubriendo una amplia gama de estudios sobre la transición energética en la industria alimentaria.

Criterios de inclusión y exclusión:

- Criterios de inclusión: Artículos científicos revisados por pares, publicados entre 2010 y 2026, que aborden temas de transición energética, descarbonización, eficiencia energética, energías renovables, tecnologías verdes, y la industria alimentaria. Los estudios deben estar en inglés o español.
- Criterios de exclusión: Se excluyeron documentos de temáticas no relacionadas (psicología, medicina, farmacología), documentos tipo editorial, notas, retractaciones o cualquier otro tipo de artículo que no estuviera alineado con el objetivo del estudio.

Figura 1. Diagrama de proceso de identificación y selección PRISMA



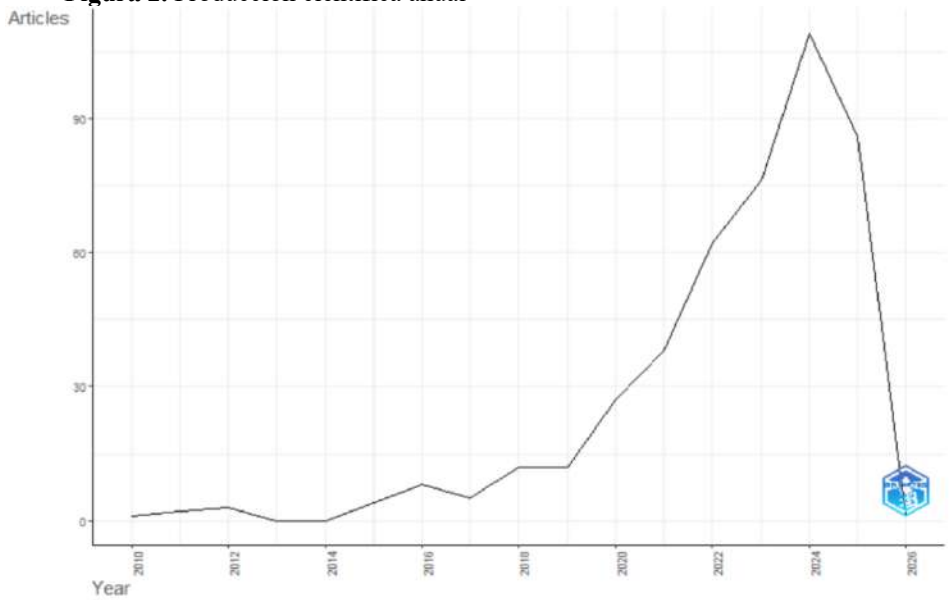
2.1.2. Análisis bibliométrico

El análisis bibliométrico se realizó utilizando el paquete de software Bibliometrix (R) v. 5.1.1, el cual permitió extraer, analizar y visualizar los datos bibliográficos (Aria & Cuccurullo, 2017). El estudio se basó en una colección de 446 documentos, que incluyeron artículos de revistas, capítulos de libros, ponencias de congresos y revisiones, publicados entre 2010 y 2026.

A. Producción científica y colaboraciones

La producción de documentos en el campo de la transición energética ha experimentado un notable crecimiento a lo largo del tiempo, particularmente desde 2020. Este aumento refleja el creciente interés global por abordar los retos energéticos y la necesidad de impulsar la sostenibilidad. En 2020, se publicaron 27 artículos, mientras que en 2024 esta cifra alcanzó las 109 publicaciones, lo que representa un incremento de más del 300% como se observa en la Figura 2. Esta tendencia sugiere que el campo está recibiendo una atención cada vez mayor por parte de investigadores, instituciones y gobiernos, impulsados por la urgencia de enfrentar el cambio climático.

Figura 2. Producción científica anual



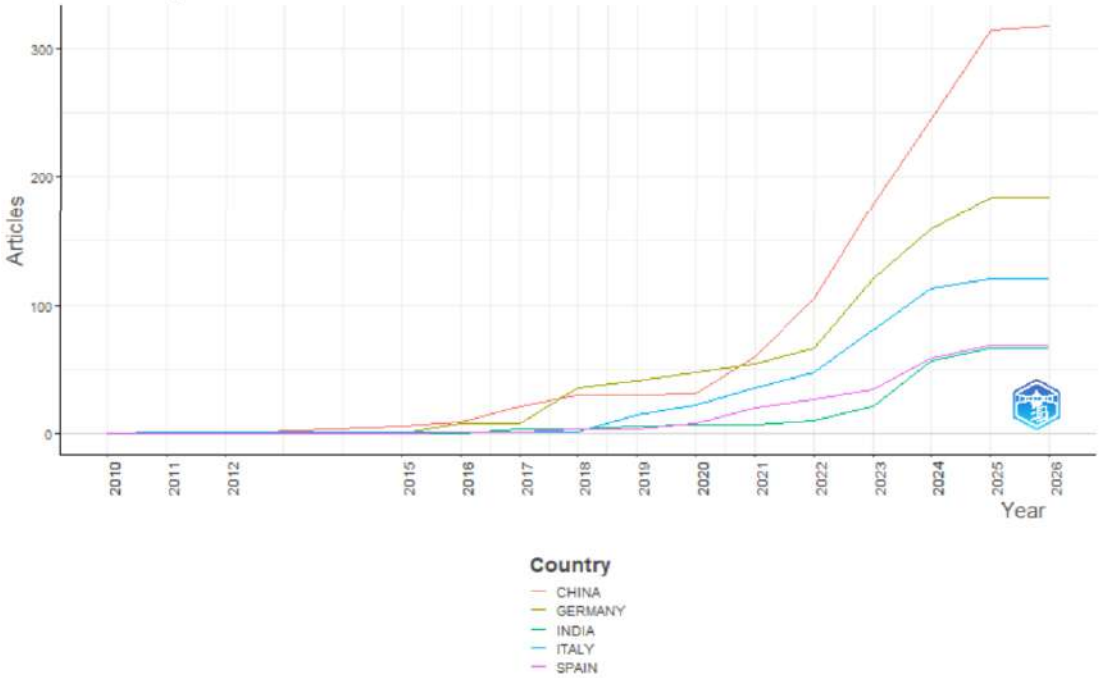
Fuente: Aria, M., & Cuccurullo, C. (2017). Bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*, *11*(4), 959–975. https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007

El promedio de coautores por artículo fue de 3.92, lo que indica una tendencia hacia la colaboración multidisciplinaria y la participación activa de diversos actores en el proceso de investigación. De estos coautores, el 29.82% proviene de instituciones internacionales, lo que resalta la naturaleza global del esfuerzo por encontrar soluciones sostenibles y mejorar la eficiencia energética. Este nivel de colaboración internacional es clave para la difusión de tecnologías y políticas efectivas que aborden la transición energética de manera global.

B. Liderazgo por países

Entre los países con mayor producción científica, *China* se destaca en la siguiente Figura 3 con 317 artículos proyectados para 2026, seguida de *Italia* con 121. Esta tendencia subraya el liderazgo de estos países en la adopción de tecnologías limpias y la promoción de políticas energéticas sostenibles, lo que es coherente con las iniciativas mencionadas en la literatura sobre transición energética.

Figura 3. Producción científica por país

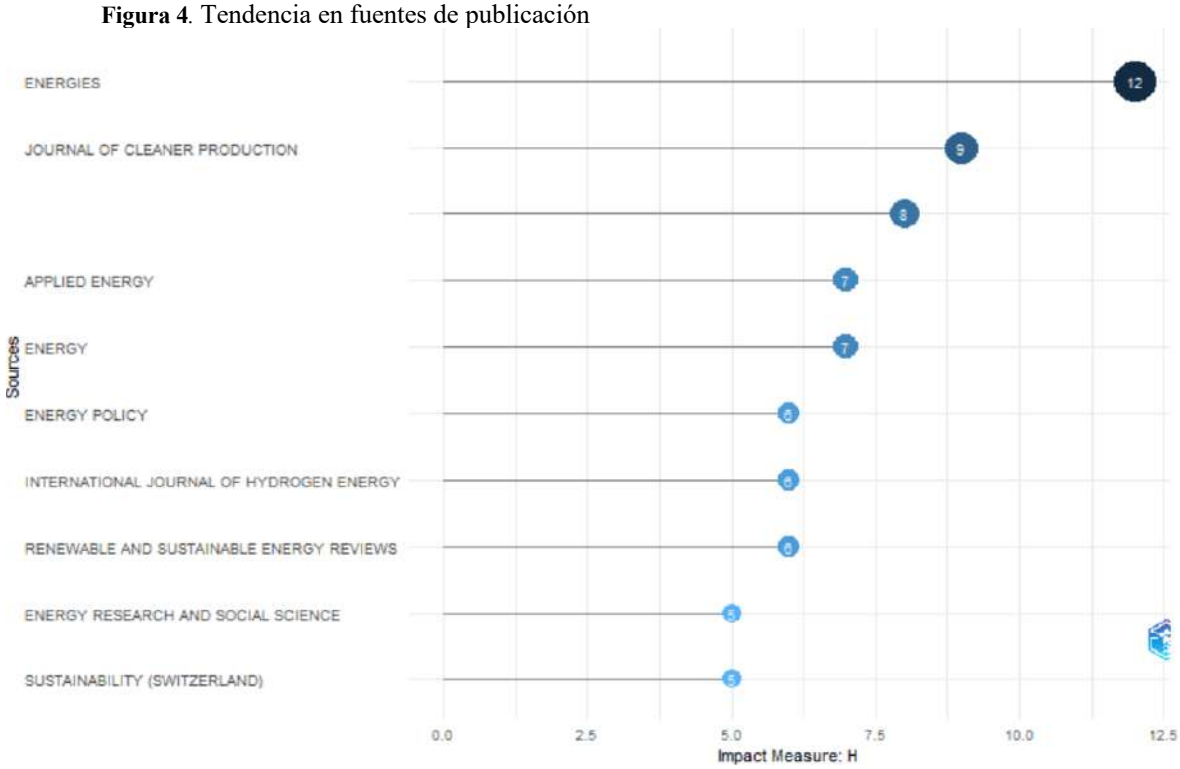


Fuente: Aria, M., & Cuccurullo, C. (2017). Bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*, *11*(4), 959–975. https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007

C. Tendencias en las fuentes de publicación

Las revistas más influyentes en este campo incluyen *Energies* con 12 artículos y *Energy* con 7, que son fuentes clave para la difusión de las investigaciones más actuales en eficiencia energética y energías renovables. Estas publicaciones son cruciales para impulsar la colaboración internacional en soluciones energéticas sostenibles.

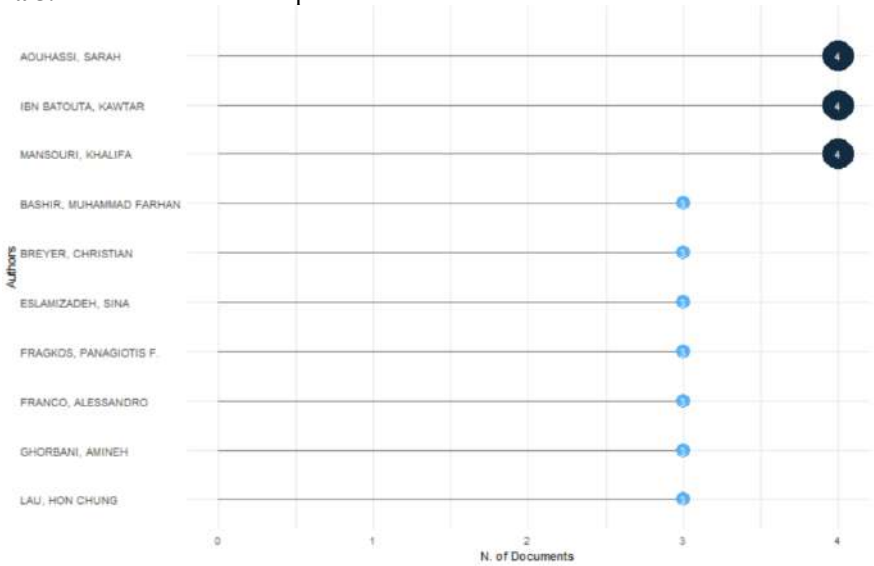
Figura 4. Tendencia en fuentes de publicación



Fuente: Aria, M., & Cuccurullo, C. (2017). Bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*, *11*(4), 959–975. https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007

Los autores más prolíficos fueron Aouhassi, Sarah; Ibn Batouta, Kawtar; y Mansouri, Khalifa, con 4 publicaciones cada uno. Estos investigadores se destacan en la creación de conocimiento sobre transición energética, energías renovables y eficiencia energética, áreas clave en la lucha contra el cambio climático.

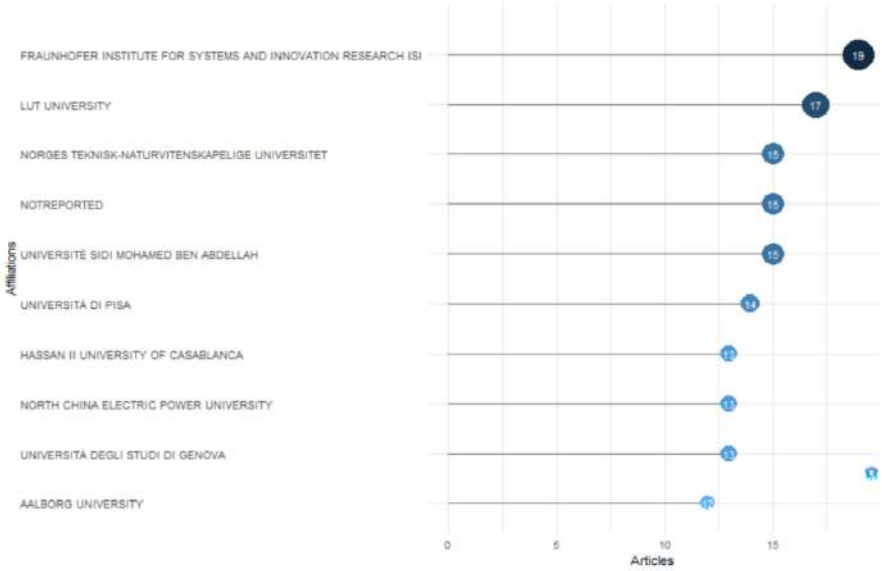
Figura 5. Producción científica por autor



Fuente: Aria, M., & Cuccurullo, C. (2017). Bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*, *11*(4), 959–975. https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007

A nivel institucional, el Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research ISI lideró la producción científica con 19 publicaciones, seguido por la LUT University con 17, lo que refleja la importancia de la investigación aplicada en estas instituciones líderes en tecnología e innovación.

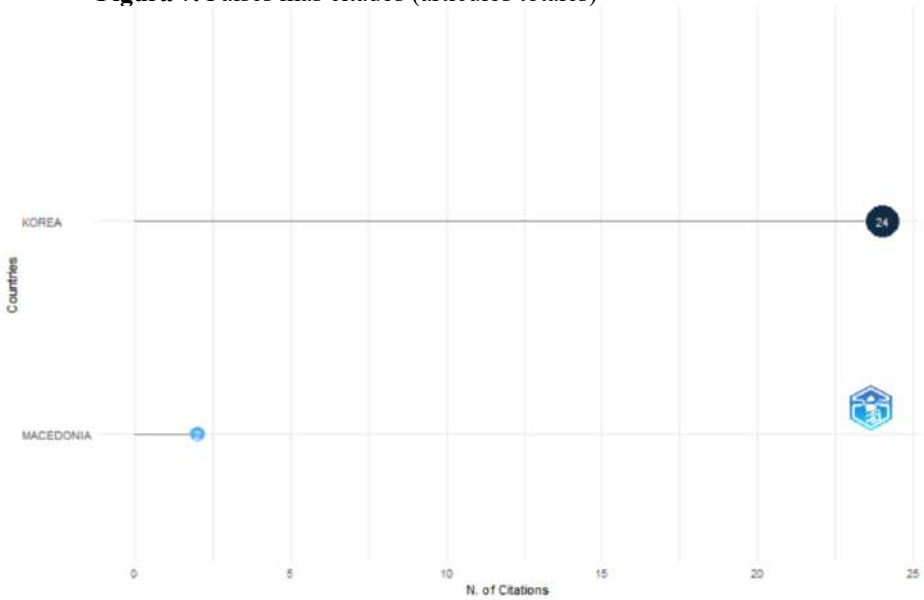
Figura 6. Producción científica por institución



Fuente: Aria, M., & Cuccurullo, C. (2017). Bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*, *11*(4), 959–975. https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007

En cuanto al impacto, los países más citados por artículo fueron Corea, con un promedio de 6 citas, y Macedonia, con 2 citas, lo que indica que la investigación de estos países ha tenido una significativa influencia en el desarrollo del campo.

Figura 7. Países más citados (articulos totales)



Fuente: Aria, M., & Cuccurullo, C. (2017). Bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*, *11*(4), 959–975. https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007

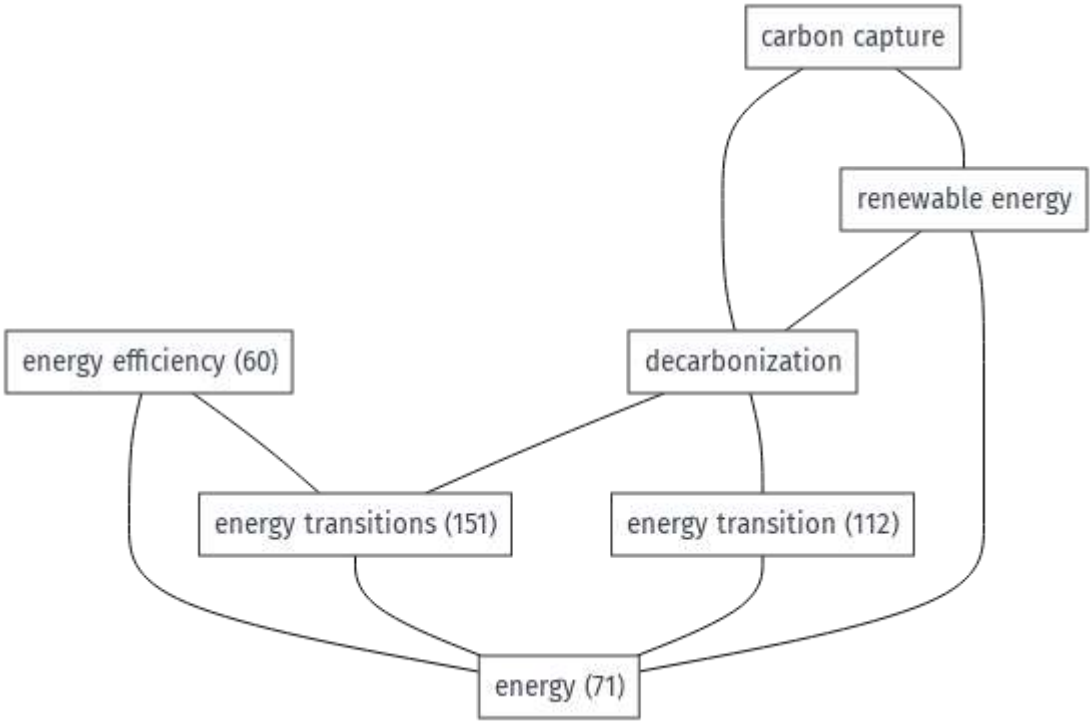
Los hallazgos demuestran no solo el crecimiento en la cantidad de publicaciones, sino también una mayor integración de temas clave en la investigación, como la transición energética, la eficiencia energética, las energías renovables y la descarbonización. Estos temas son esenciales para comprender las transformaciones que los sistemas energéticos deben atravesar para mitigar el cambio climático y mejorar la sostenibilidad.

D. Impacto de la investigación y temas clave

El impacto de las publicaciones se midió en términos de citas, con un promedio de 24.91 citas por documento. La revista con mayor número de publicaciones fue *Energies*, con 26 documentos. En términos de impacto, *International Journal of Hydrogen Energy* fue la fuente más citada, con un total de 1085 citas. El documento más citado fue "DJ, 2019, ENERGY STRATEGY REV." con 3,734 citas.

El análisis de palabras clave y temas reveló un enfoque predominante en la transición energética y la eficiencia energética tal y como se observa en la siguiente figura:

Figura 8. Red de palabras clave en investigación sobre transición energética



Fuente: Elaboración propia con datos de Bibliometrix v5.1.1

El análisis de palabras clave y temas reveló un enfoque predominante en la transición energética y la eficiencia energética. Los términos más frecuentes fueron "energy transitions" (151 ocurrencias), "energy transition" (112), "energy" (71) y "energy efficiency" (60). Esto indica que la investigación se ha centrado en la transformación de los sistemas energéticos y la mejora del uso de la energía. Otros temas relevantes incluyeron la descarbonización, las energías renovables y la captura de carbono.

E. Construcción de escenarios prospectivos y tendencias futuras de investigación

- Enfoque**:** Este estudio empleará un enfoque de lógica intuitiva (Shell) o el método de Chermack para la construcción de escenarios. El objetivo es proyectar futuros posibles y preferidos para el año 2040 basados en las tendencias identificadas.
- Variables: Las variables clave para la construcción de escenarios incluyen el crecimiento de la producción científica, la colaboración internacional, el impacto de las publicaciones y la evolución de los temas de investigación a lo largo del tiempo.
- Originalidad: La originalidad de esta investigación radica en la combinación de tres enfoques en un mismo artículo: sistematización, bibliometría y prospectiva. Esto permite una comprensión integral del campo de estudio y la exploración de su futuro potencial.
- Tendencias futuras de investigación**:** A medida que la transición energética en la industria alimentaria sigue avanzando, se espera que las investigaciones se centren cada vez más en la integración de tecnologías emergentes como el hidrógeno verde, la captura de carbono y las soluciones basadas en inteligencia artificial para la optimización de procesos energéticos. Además, las políticas públicas y los marcos regulatorios serán áreas clave de exploración, con un enfoque particular en la justicia social y la equidad, para asegurar que las soluciones tecnológicas no dejen atrás a las comunidades vulnerables. También se anticipa un crecimiento en la investigación interdisciplinaria, donde se combinarán disciplinas como la ingeniería, la economía y las ciencias sociales para abordar de manera integral los desafíos y oportunidades de la transición energética (Donner, 2023; Kaljonen, 2023).

2.1.3. Norma de escritura y presentación

Este manuscrito sigue la norma APA (7.ª edición) para estilo, estructura y citación. Las referencias se formatearon según APA 7 (autor–fecha), las tablas incluyen título encima y nota/fuente debajo, y las figuras se numeran consecutivamente con leyenda descriptiva. La coherencia tipográfica, encabezados y márgenes se ajustaron al lineamiento de APA 7.

3. Resultados

3.1. Producto de la revisión sistemática

La revisión sistemática identificó un total de 446 documentos, los cuales incluyen artículos de revistas (317), ponencias de congresos (69), capítulos de libros (26), y revisiones (34). La producción científica en este campo ha mostrado un crecimiento sostenido y significativo, especialmente a partir de 2020. Por ejemplo, el número de artículos anuales seleccionados se disparó de 27 en 2020 a 109 en 2024.

La distribución geográfica de las publicaciones muestra a China e Italia como los principales países productores, con 317 y 121 artículos (proyectados para 2026), respectivamente. Por otro lado, Corea y Macedonia destacan en términos de impacto, con un promedio de 6 y 2 citas por artículo, respectivamente.

3.2. Bibliometría

Como parte de nuestro análisis bibliométrico, se identificaron las palabras clave más relevantes en la literatura sobre transición energética, destacando aquellos términos que se encuentran en el centro de las redes de investigación, los que están más conectados y los que tienen un mayor impacto en el futuro de los estudios.

3.3. Palabras clave y su influencia en la red de investigación

Los términos más relevantes en el campo de la transición energética tienen valores altos en indicadores que miden su importancia dentro de las redes de colaboración académica, como la conectividad (que muestra cuán bien se conectan los términos con otros dentro de la red) y la centralidad (que refleja su papel clave en la conexión de diversas áreas del conocimiento). Por ejemplo, "energy transitions", "energy transition" y "energy" destacan por su alta centralidad, actuando como puntos clave que conectan diferentes áreas del conocimiento. Estos términos tienen un papel fundamental en la dirección futura de los estudios sobre la transición energética.

Términos relacionados con energía renovable, como "renewable energy" y "clean energy", también son de los más influyentes en la investigación, con altos valores en estos indicadores de conectividad, como PageRank (0.0235 y 0.0131, respectivamente) que refleja la importancia de un término en función de su conexión con otros términos influyentes. Esto resalta su relevancia en el contexto de la transición hacia un modelo energético más sostenible. En el análisis bibliométrico, uno de los aspectos más relevantes es la identificación de las palabras clave que dominan la literatura científica. Estas palabras clave reflejan los temas centrales en la investigación sobre la transición energética y su frecuencia de aparición indica tanto el enfoque de los estudios como las tendencias emergentes en el campo. A continuación, se presenta una tabla con los términos clave más frecuentes, junto con su número de apariciones a lo largo del tiempo. Esta información proporciona una visión clara de los temas más relevantes en la transición energética:

Tabla 1. *Términos clave más frecuentes*

Término	Frecuencia
energy transitions	151
energy transition	112
energy	71
energy efficiency	60
industrial sector	60
carbon dioxide	50
energy policy	50
alternative energy	48
sustainable development	47
climate change	44
decarbonisation	43
energy utilization	40
renewable energies	40
renewable energy	40
investments	38

decarbonization	37
fossil fuels	36
emission control	30
greenhouse gases	30
carbon	29
renewable energy resources	28
china	27
clean energy	27
hydrogen	27
carbon emission	26
energy use	26
industrial emissions	25
sustainability	24
gas emissions	23
costs	21
energy systems	21
industry	21
economic analysis	20
energy transformation	20
hydrogen production	20
industry sectors	20
energy-consumption	17
industrial economics	17
electrification	16
article	15
economic and social effects	15
energy conservation	15
free energy	15
greenhouse gas emissions	15
hydrogen storage	15
manufacturing	15
renewable energy source	15
carbon capture	14
co 2 emission	14
coal industry	14

Figura 9. Frecuencia de términos clave en la literatura sobre transición energética (2016-2025)

Fuente: Aria, M., & Cuccurullo, C. (2017). Bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*, *11*(4), 959–975. https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007

Este conjunto de términos refleja las áreas dominantes en la investigación sobre transición energética, con un énfasis particular en la descarbonización, energías renovables, eficiencia energética, y cambio climático. Términos como "energy transitions", "energy transition" y "climate change" han experimentado un aumento notable en la frecuencia de aparición, lo que subraya la centralidad de estos temas en la agenda científica actual.

3.4. Análisis de conectividad y su relación con la descarbonización

El análisis de conectividad se basa en una serie de indicadores que miden la importancia de los términos dentro de la red de investigación. Uno de estos indicadores, conocido como *centralidad de enlace*, evalúa cuán crucial es un término para conectar diferentes áreas del conocimiento. Otro indicador, denominado *proximidad*, mide qué tan cercanos están los términos unos de otros dentro de la red. Además, se considera la *importancia* de un término, que refleja su peso basado en su conexión con otros términos clave en la red.

Términos como "energy transitions", "energy transition" y "energy" destacan en estos indicadores debido a su alta centralidad, ya que son cruciales para conectar diferentes áreas de estudio dentro de la transición energética, como la descarbonización, energías renovables y eficiencia energética. La tabla a continuación detalla los valores específicos de estos indicadores para estos términos clave, proporcionando una comprensión cuantitativa de su papel central en la red.

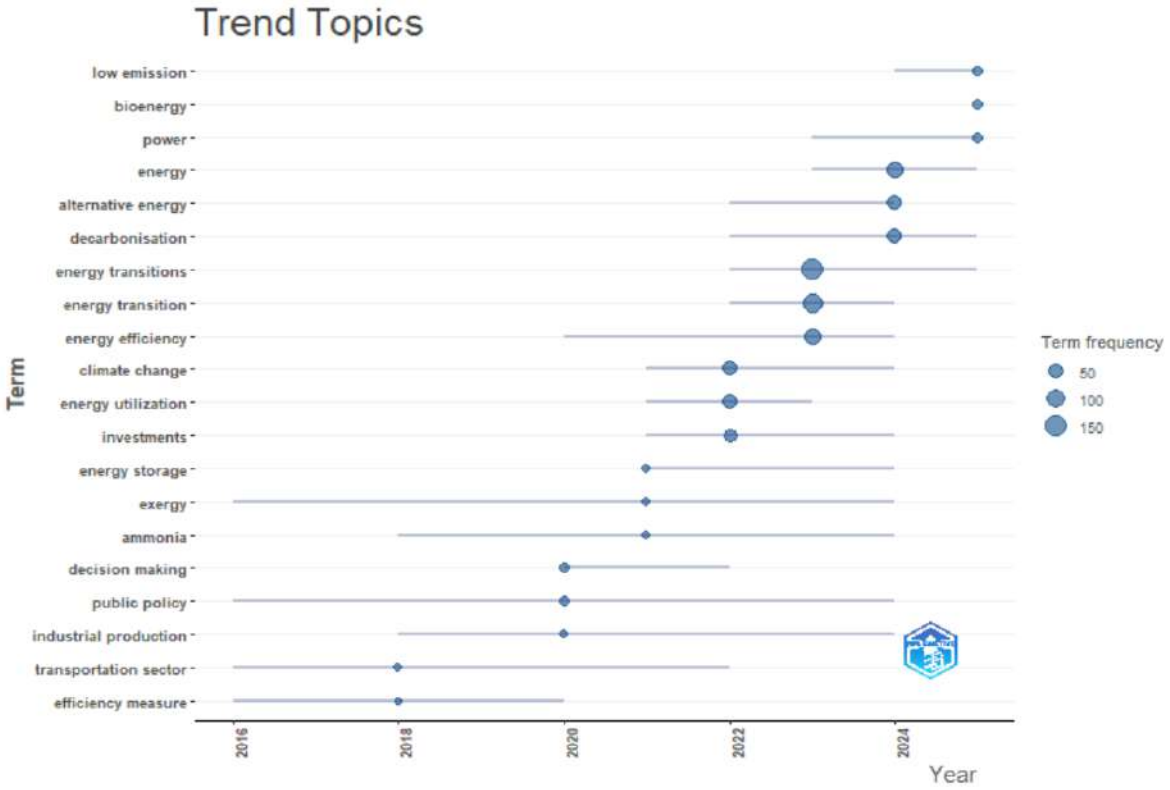
Tabla 2. *Indicadores de centralidad y conectividad en la transición energética*

Término	Clúster	Centralidad de enlace	Proximidad	Importancia
energy transitions	1	118,8913673	0,02	0,076740661
energy transition	1	42,1577481	0,019230769	0,04972257
energy	1	34,46437482	0,019607843	0,038364212
energy efficiency	1	15,972154	0,01754386	0,031755713
industrial sector	1	20,74156107	0,018518519	0,032583386
carbon dioxide	1	27,62675618	0,018867925	0,035423658
energy policy	1	21,89191126	0,019607843	0,032528509
alternative energy	1	17,81810567	0,01754386	0,03059769
sustainable development	1	10,63410548	0,016393443	0,02568391
climate change	1	15,69606334	0,018518519	0,02864721
energy utilization	1	14,20979276	0,017241379	0,029618963
renewable energies	1	6,350179436	0,016949153	0,024265774
renewable energy	1	7,057445004	0,016393443	0,02355514
investments	1	4,549009429	0,015873016	0,022645176
fossil fuels	1	7,332370027	0,016129032	0,02371739
emission control	1	5,341768019	0,015384615	0,022448411
greenhouse gases	1	8,996398525	0,015873016	0,022943286
carbon	1	5,63119461	0,016129032	0,020146722
china	1	4,684843931	0,014705882	0,016785402
carbon emission	1	3,600591844	0,014285714	0,018457709
energy use	1	3,187752377	0,014705882	0,016097373
industrial emissions	1	4,06595435	0,015384615	0,018824342
sustainability	1	0,693136223	0,012658228	0,010485165
gas emissions	1	2,089699088	0,014492754	0,016759106
costs	1	0,616100722	0,013888889	0,014285981
industry	1	2,139129897	0,014492754	0,014255308
economic analysis	1	2,102723348	0,014492754	0,014859785
energy transformation	1	0,700478812	0,013513514	0,010778435
energy-consumption	1	1,427841453	0,014084507	0,013226762
industrial economics	1	1,229644109	0,01369863	0,012058631
electrification	1	0,676105974	0,013333333	0,010802828
article	1	48,32180144	0,012987013	0,012909575
economic and social effects	1	0,492047847	0,013157895	0,010049771
energy conservation	1	0,161474553	0,012048193	0,007318884
greenhouse gas emissions	1	0,702208191	0,0125	0,009555975
manufacturing	1	0,039047716	0,011904762	0,007967814
co 2 emission	1	0,369351843	0,012820513	0,011012155
coal industry	1	0,310981725	0,012658228	0,008908239
decarbonisation	2	9,880292648	0,016393443	0,02807233
decarbonization	2	4,940198912	0,015625	0,021584946
renewable energy resources	2	2,820608237	0,015384615	0,018481203
clean energy	2	1,296407503	0,012987013	0,013126269

hydrogen	2	0,880485335	0,013157895	0,013593155
energy systems	2	1,241466875	0,013888889	0,012850512
hydrogen production	2	0,85817991	0,013157895	0,014010661
industry sectors	2	1,743484665	0,013888889	0,012142315
hydrogen storage	2	0,963200009	0,013333333	0,012540267
renewable energy source	2	0,69999878	0,013333333	0,01149906
carbon capture	2	0,702456673	0,012820513	0,011848009
free energy	3	0	0,008	0,003463654

A continuación, se presenta un gráfico que ilustra la evolución temporal de la frecuencia de estos términos clave:

Figura 10. Evolución temporal de la frecuencia de los términos clave

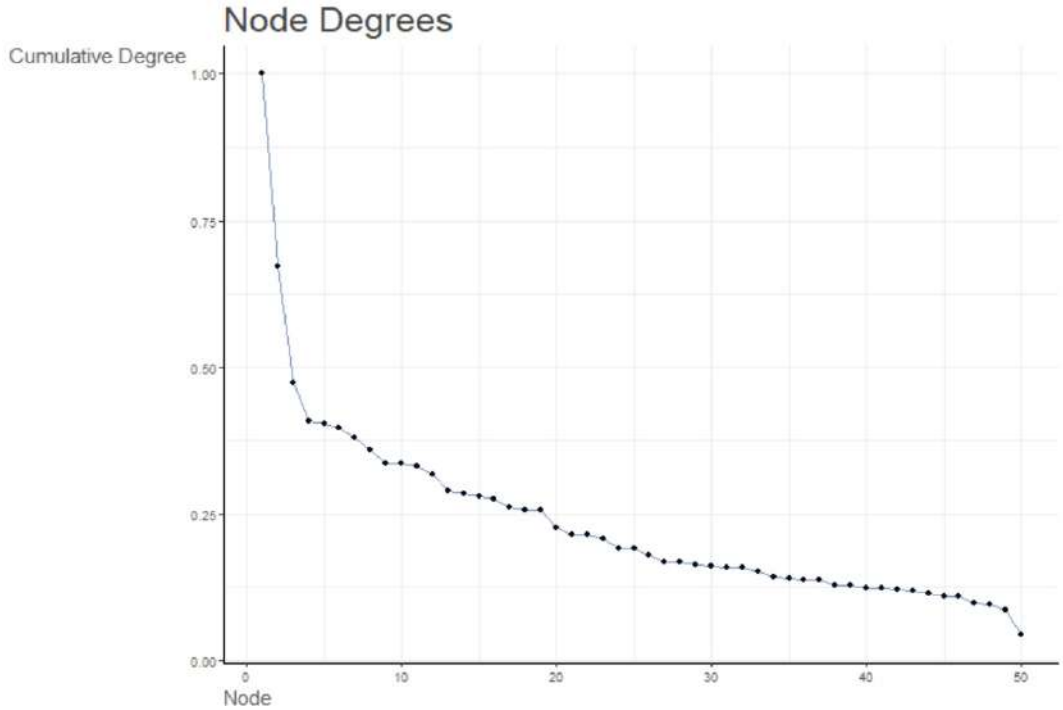


Fuente: Aria, M., & Cuccurullo, C. (2017). Bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*, *11*(4), 959–975. https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007

3.5. Grados de conexión y acumulación de conexiones

Los términos que emergen como centrales, como energy transitions y energy efficiency, presentan un alto grado de conexión, lo que sugiere que están fuertemente interconectados con otros conceptos dentro de la red de investigación. Este comportamiento es consistente con los valores altos de centralidad de enlace (118.89) e importancia (0.0767), lo que refuerza su relevancia dentro de la red de colaboración. Estos términos no solo tienen un alto número de conexiones directas, sino que también desempeñan un papel crucial como "puentes", conectando diversas áreas del conocimiento, como la descarbonización, las energías renovables y la eficiencia energética.

Figura 11. Grados de conexión y acumulación de términos clave en la red de investigación sobre transición energética



Además, los grados acumulados muestran cómo la acumulación de términos clave con un alto grado de conexión a lo largo del tiempo refleja un aumento en la interconexión de estos conceptos dentro de la investigación sobre la transición energética. Términos como carbon dioxide *y* carbon emission también presentan alto grado de conexión**,** con valores de 27.63 y 35.42, respectivamente, lo que resalta su relevancia en el debate sobre la reducción de emisiones y en la política global de cambio climático. Los valores de importancia asociados a estos términos subrayan su impacto en la red de investigación global, con valores de 0.0354 y 0.0384, respectivamente.

3.6. Redes de colaboración y producción científica

El análisis también revela una red de colaboración cada vez más globalizada en el campo de la transición energética. Autores clave como Aouhassi, Sarah**,** Ibn Batouta, Kawtar, y Mansouri, Khalifa se destacan por su alta productividad en el área, con múltiples publicaciones que contribuyen a los avances en este campo. Asimismo, instituciones de prestigio, como el Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research ISI (con 19 publicaciones) y la LUT University (con 17 publicaciones), están liderando la producción científica en la transición energética.

La colaboración internacional es un aspecto crucial, con un 29.82% de los trabajos analizados originados de colaboraciones entre países. Este dato subraya cómo el campo de estudio se está globalizando progresivamente. La cooperación entre investigadores de distintas partes del mundo es fundamental para el desarrollo de políticas públicas globales y para la transferencia de conocimientos sobre tecnologías de transición energética. Estas instituciones están a la vanguardia de la investigación aplicada y la innovación tecnológica, impulsando el progreso en soluciones energéticas sostenibles.

3.7. Clústeres temáticos y tendencias emergentes

Los clústeres temáticos revelan que la transición energética, la eficiencia energética, la descarbonización, las energías renovables y el almacenamiento de carbono son los principales ejes en los que se agrupan los estudios. Estos temas no solo dominan la literatura actual, sino que también muestran un crecimiento sostenido en términos de publicaciones académicas, lo que indica que serán áreas clave de enfoque en el futuro cercano.

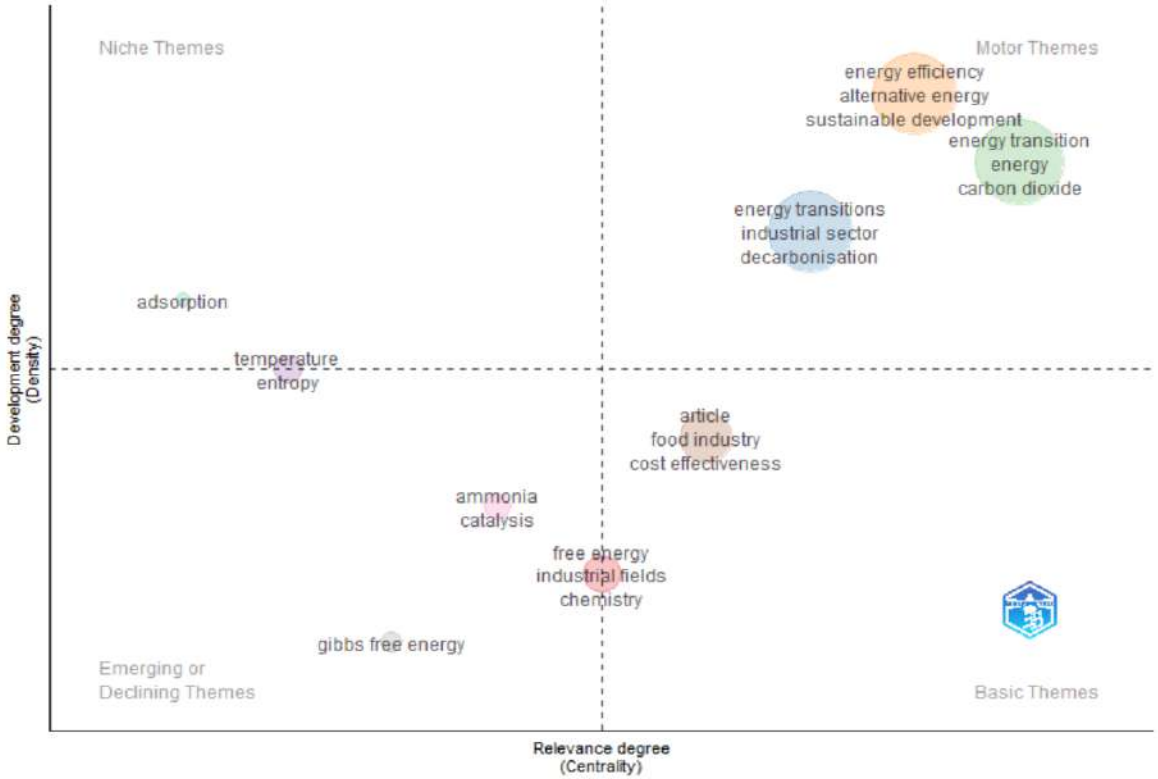
3.8. Conclusión

El análisis bibliométrico de la literatura sobre transición energética revela una red de colaboración cada vez más interconectada y globalizada. Los términos clave en la investigación actual, como "energy transitions" y "energy efficiency", son centrales en la red de conocimiento, lo que refleja su relevancia en los esfuerzos globales por mitigar el cambio climático. Además, el análisis de las redes de colaboración muestra una fuerte interconexión internacional, con instituciones y autores de todo el mundo contribuyendo activamente al desarrollo de nuevas tecnologías y políticas energéticas.
Este análisis también subraya la importancia de continuar investigando en áreas como la eficiencia energética, la descarbonización y las energías renovables, las cuales jugarán un papel crucial en el futuro de la transición energética. La colaboración interdisciplinaria será esencial para abordar los complejos desafíos que presenta la transición hacia un sistema energético sostenible.

4. Escenarios prospectivos a 2040

En esta sección, se exploran los posibles escenarios para la transición energética hacia 2040, basados en las tendencias emergentes y los temas clave identificados a través del análisis bibliométrico. El siguiente gráfico ilustra la distribución de los términos clave dentro de la red de investigación en transición energética, destacando aquellos que han ganado relevancia y centralidad en la literatura. Este análisis nos proporciona una visión más clara de los enfoques futuros que podrían prevalecer en el campo, dependiendo de cómo evolucionen estos temas.

Figura 12. Distribución de términos clave en la investigación sobre transición energética



Nota: El gráfico muestra la centralidad y relevancia de los términos más frecuentes en la literatura, fundamentales para los escenarios prospectivos de la transición energética a 2040.

A partir de las tendencias bibliométricas y los principios de planificación estratégica de escenarios propuestos por Peter Schwartz, se proyectan cuatro escenarios posibles para el futuro de la transición energética. Estos escenarios toman en cuenta distintos factores de incertidumbre y las dinámicas de cambio en la tecnología, la política, la economía y la sociedad.

Se prevé que la transición energética siga un curso de crecimiento sostenido en la producción científica y una mayor colaboración internacional. Las energías renovables y la eficiencia energética se consolidarán como prioridades clave en las agendas tanto de investigación como de políticas públicas. A medida que las tecnologías maduras vayan ganando terreno, los esfuerzos se enfocarán en implementar soluciones prácticas y en la creación de marcos regulatorios que faciliten la transición. En este contexto, se espera que la investigación evolucione de la conceptualización hacia la acción, con un papel creciente de los países en desarrollo, que serán los líderes en la adopción de tecnologías sostenibles.

Este escenario se justifica por el informe de la Agencia Internacional de Energía (AIE), que señala que, aunque los avances en energías renovables continúan, la transición energética aún enfrenta obstáculos, especialmente en áreas como la infraestructura de red y la financiación. A pesar de estos desafíos, el crecimiento en publicaciones científicas y en la colaboración internacional sugiere que la transición seguirá una ruta gradual hacia la implementación (AIE, 2021).

4.1. Construcción de escenarios prospectivos

La transición energética en la industria alimentaria requiere de una planificación estratégica anticipatoria. Este apartado proyecta futuros posibles para 2040, basados en tendencias emergentes y metodologías prospectivas ampliamente reconocidas en la literatura. Las metodologías empleadas incluyen la lógica intuitiva de Shell y el método de Chermack, los cuales permiten crear escenarios a partir de variables clave que incluyen avances tecnológicos, políticas públicas, y colaboración internacional, elementos fundamentales para anticipar los desarrollos y obstáculos en la transición energética.

4.1.1. Enfoque metodológico

Para la construcción de escenarios prospectivos, se emplean enfoques metodológicos robustos que han sido ampliamente reconocidos en la literatura de prospectiva estratégica:

- Lógica Intuitiva (Shell): Se basa en la identificación de los principales factores de incertidumbre y en la elaboración de múltiples escenarios que exploran cómo podrían evolucionar estos factores bajo diferentes condiciones. Este enfoque es particularmente útil en contextos de alta incertidumbre, como el caso de la transición energética, debido a los rápidos avances tecnológicos y los cambios en las políticas globales (Schwartz, 1991).
- Método de Chermack: Este enfoque es adecuado para situaciones en las que se requiere un proceso participativo, donde se involucren a diferentes actores clave. A través de este método, se genera una dinámica de construcción colaborativa de escenarios que permite tener en cuenta diversas perspectivas, especialmente aquellas provenientes de la industria, la academia y los organismos gubernamentales (Chermack, 2011).

4.1.2. Variables clave para la construcción de escenarios

Las variables identificadas en la revisión bibliométrica y en la literatura sobre transición energética son esenciales para la formulación de los escenarios prospectivos:

- Avances tecnológicos: Se anticipa que el hidrógeno verde y las tecnologías de captura de carbono jugarán un papel crucial.
- Políticas públicas y gobernanza: Las políticas nacionales e internacionales son determinantes para el ritmo de la transición, especialmente en términos de descarbonización.
- Colaboración internacional: La cooperación entre países y sectores será clave para el éxito de la transición energética.

4.2. Escenario posible: "Revolución tecnológica y disrupción"

Este escenario explora la posibilidad de que la innovación tecnológica acelere su ritmo de forma exponencial, impulsada por avances disruptivos en tecnologías emergentes. El hidrógeno verde, la fusión nuclear y la captura de carbono atmosférico se destacan como tecnologías clave que podrían redefinir los sistemas energéticos globales. Las redes de colaboración, que inicialmente eran más rígidas y sectoriales, se tornarían más fluidas y multidisciplinarias, con la integración de ingenieros, científicos de datos, economistas y

expertos en políticas públicas. Este escenario se caracteriza por un crecimiento radical y sorprendente en la innovación.

La justificación para este escenario proviene del estudio de S&P Global (2021), que resalta el potencial de tecnologías emergentes como el hidrógeno verde para revolucionar los sistemas energéticos. La rapidez de la innovación tecnológica en sectores como la energía renovable está reconfigurando las expectativas sobre cómo las tecnologías podrían transformar los sistemas energéticos globales en el futuro cercano.

4.3. Escenario preferido: "Transición justa y sostenibilidad global"

Este escenario ideal se basa en la creación de una transición energética que no solo promueva la eficiencia tecnológica y económica, sino también principios de justicia social y equidad ambiental. Se espera que la investigación se enfoque en la sostenibilidad global, la justicia energética y la ética de la implementación tecnológica, destacando la necesidad de una transición que no deje a nadie atrás. La colaboración se ampliará para incluir actores no convencionales, como organizaciones no gubernamentales (ONG), movimientos sociales y comunidades locales, y se espera un crecimiento en la publicación de estudios en revistas de ciencias sociales que reflexionen sobre los impactos sociales y económicos de la transición energética.

Dicho escenario se respalda por investigaciones que han subrayado la importancia de abordar las desigualdades sociales dentro de la transición energética. El estudio de econstor.eu (2021) destaca que, para lograr una transición energética exitosa, es fundamental que esta se lleve a cabo de manera inclusiva, considerando los impactos tanto tecnológicos como sociales de las nuevas soluciones energéticas.

4.4. Escenario negativo: "Resistencia y estancamiento"

En este escenario, la transición energética hacia un modelo sostenible se ve obstaculizada por la falta de políticas públicas efectivas, la resistencia de sectores económicos poderosos y la demora en la adopción de tecnologías clave. La colaboración internacional sería mínima debido a la falta de consenso global y a las tensiones geopolíticas que dificultan la cooperación. Los avances tecnológicos se estancarían debido a la falta de inversión y a los obstáculos regulatorios, mientras que la industria seguiría dependiendo de los combustibles fósiles, agravando aún más el cambio climático. En este escenario, la falta de acción coordinada entre los sectores público y privado lleva a una situación de estancamiento, lo que intensifica los efectos negativos del cambio climático.

Este escenario se justifica a partir de los riesgos identificados en los análisis de Arxiv (2022), que advierten sobre los peligros de no actuar de manera coordinada y de no desarrollar políticas robustas que apoyen la transición energética. La resistencia de ciertos sectores y la falta de compromiso político podrían llevar a un retraso significativo en la adopción de tecnologías limpias y sostenibles.

4.5. Recomendaciones

Los escenarios prospectivos aquí presentados subrayan la importancia de la colaboración global y la integración de tecnologías emergentes en la transición energética. Es esencial que los actores clave en la industria alimentaria, el sector gubernamental y las organizaciones internacionales trabajen juntos para desarrollar políticas inclusivas que promuevan la innovación, pero que también garanticen la justicia social en el proceso. La creación de marcos regulatorios flexibles, que fomenten la adopción de tecnologías limpias y la transición justa, será crucial para garantizar el éxito de la transición energética hacia 2040.

Se recomienda a los responsables de la toma de decisiones que utilicen estos escenarios como herramientas para planificar futuros posibles y tomar medidas proactivas que minimicen los riesgos asociados con los cambios en las tendencias tecnológicas, políticas y sociales.

5. Discusión

Los hallazgos de este análisis bibliométrico confirman las tendencias globales observadas en la literatura sobre transición energética. El crecimiento exponencial de las publicaciones a partir de 2020, con un aumento de 27 artículos en 2020 a 109 en 2024, refleja la urgencia e importancia que ha adquirido este tema a nivel mundial. La gran cantidad de colaboraciones internacionales (29.82%), junto con la relevancia de instituciones como el Fraunhofer Institute y la alta producción de países como China e Italia, demuestran que la investigación en transición energética es un esfuerzo global que supera las fronteras geográficas.
Los temas principales identificados —transición energética, eficiencia energética, descarbonización y energías renovables— están en línea con la agenda política y científica actual. La alta frecuencia de estas palabras clave corrobora que la comunidad científica se está enfocando en los pilares tecnológicos y económicos de la transición, buscando soluciones para la mitigación del cambio climático y la optimización del uso de recursos.

5.1. Identificación de vacíos de investigación

A pesar de la extensa producción científica, el análisis revela un importante vacío de investigación en áreas específicas. Un hallazgo clave es la escasa atención que recibe la industria de alimentos en la literatura. Mientras que los términos relacionados con el "industrial sector" tienen una frecuencia de 60, el término "food industry" solo aparece en 13 ocasiones. Esto sugiere que, a pesar de su importancia para el sector, no hay casi estudios que liguen las buenas prácticas y oportunidades de innovación en transición energética con el sector industrial alimentario.

Este vacío también se evidencia en la predominancia de enfoques tecnológicos y económicos en la literatura, en contraste con un menor número de estudios que abordan las dimensiones sociales, éticas y de justicia de la transición.

5.2. Implicaciones estratégicas para la industria de alimentos

La falta de investigaciones específicas representa tanto un riesgo como una oportunidad estratégica para la industria de alimentos.

- Riesgo: La industria podría enfrentar barreras significativas para descarbonizar sus operaciones y adoptar tecnologías de eficiencia energética sin una base de conocimiento sólida y adaptada a sus necesidades La falta de investigaciones específicas en la industria alimentaria representa tanto un riesgo como una oportunidad estratégica. Según el análisis bibliométrico realizado, aunque el campo de la transición energética ha mostrado un crecimiento exponencial desde 2020, los estudios centrados en la industria alimentaria son notablemente escasos. Por ejemplo, los términos relacionados con el "sector industrial" tienen una frecuencia de 60 apariciones, mientras que "industria alimentaria" aparece solo en 13 ocasiones, lo que refleja un importante vacío de conocimiento específico en este ámbito (Aria & Cuccurullo, 2017). Este vacío constituye un riesgo significativo, ya que la industria alimentaria podría enfrentar barreras sustanciales para adoptar tecnologías de eficiencia energética y descarbonización sin una base de conocimientos sólida adaptada a sus necesidades. La falta de estudios de caso, modelos y políticas específicas ralentizaría la implementación de prácticas sostenibles, generando ineficiencias (Sovacool et al., 2021).
- Oportunidad**:** Esta falta de investigación también representa una gran oportunidad para la innovación dirigida y a la colaboración multidisciplinaria. Los gobiernos, las instituciones académicas y las empresas podrían liderar la creación de conocimiento aplicado a la industria alimentaria, abriendo espacio para nuevas investigaciones que aborden la descarbonización de la cadena de frío, la producción agrícola eficiente y la adopción de energías renovables en las plantas de procesamiento (Clairand et al., 2020; Faraldo & Byrne, 2024).

5.3. Recomendaciones para la transición energética hacia 2040

Con base en estos hallazgos, se proponen las siguientes recomendaciones estratégicas para guiar la investigación y la toma de decisiones hacia el año 2040:

- Fomentar la investigación interdisciplinaria: Se debe promover la colaboración entre científicos, ingenieros, economistas y sociólogos para abordar los desafíos de la transición energética desde una perspectiva más holística que incorpore los aspectos tecnológicos, económicos y sociales.
- Priorizar la investigación en el sector alimentario: Es crucial dirigir el financiamiento y los esfuerzos de investigación hacia la industria de alimentos, uno de los sectores más importantes, pero menos estudiados en la literatura sobre transición energética. Esto permitirá el desarrollo de soluciones específicas que aborden los desafíos de este sector.
- Explorar escenarios futuros: Se recomienda utilizar los escenarios prospectivos como una herramienta para preparar a los actores clave de la industria, la academia y el gobierno frente a los posibles futuros de la transición. Esto ayudará a desarrollar estrategias resilientes y adaptables que puedan enfrentar los cambios en el panorama tecnológico, político y económico.

6. Conclusiones

6.1. Síntesis de los aportes

Esta revisión sistemática ha revelado que la literatura sobre la transición energética es un campo de investigación vibrante y en rápido crecimiento, con una producción científica que se ha disparado desde 2020. Los hallazgos demuestran una fuerte colaboración internacional y una concentración en temas clave como la eficiencia energética, la descarbonización y las energías renovables. Países como China e Italia, y organizaciones como el Fraunhofer Institute, están a la vanguardia de esta investigación.

Sin embargo, el análisis también ha puesto de manifiesto un importante vacío de investigación en la literatura: la falta de estudios que aborden específicamente los desafíos y oportunidades de la transición energética en la industria de alimentos. Mientras que la investigación general sobre la industria es notable, el sector alimentario, con sus complejidades únicas, no ha recibido la atención que merece.

6.2. Originalidad: Integración metodológica y propuesta de escenarios futuros

La originalidad de este estudio reside en la integración de tres enfoques metodológicos: revisión sistemática, análisis bibliométrico y construcción de escenarios prospectivos. Esta combinación permite una comprensión profunda no solo del estado actual de la investigación, sino también de su potencial evolución. La propuesta de tres escenarios a 2040 (probable, posible y preferido) no solo es una contribución novedosa, sino que también ofrece una herramienta práctica para que los actores del sector alimentario se anticipen a los desafíos y oportunidades, y puedan desarrollar estrategias resilientes y adaptativas.

6.3. Líneas futuras de investigación

Con base en los hallazgos de este estudio, se proponen las siguientes líneas de investigación para futuras exploraciones:

- Enfoque en la industria de alimentos: Urge realizar estudios de caso y análisis de viabilidad técnica y económica de tecnologías de transición energética aplicadas a la cadena de valor de los alimentos, desde la producción agrícola hasta el consumo final. La viabilidad técnica y económica de estas tecnologías es esencial para su adopción efectiva. Investigaciones, como la realizada en un centro de suministro de alimentos en São Paulo, Brasil, han demostrado que tecnologías como la digestión anaeróbica de residuos alimentarios pueden reducir significativamente el consumo de electricidad y los costos asociados (de Oliveira et al., 2024).
- Transición justa y equitativa: Investigar las implicaciones sociales, laborales y éticas de la transición energética, especialmente en países en desarrollo donde las soluciones tecnológicas pueden no ser accesibles o justas para todos. La investigación sobre los aspectos sociales y éticos de la transición energética en los sistemas alimentarios subraya la necesidad de políticas inclusivas que garanticen que las comunidades vulnerables no queden atrás. Este enfoque se ha destacado en estudios que sugieren que la transición energética debe ser acompañada de un fuerte componente de justicia social (Kaljonen, 2023).

- Innovación en modelos de negocio: Explorar nuevos modelos de negocio y marcos de políticas públicas que faciliten la adopción de tecnologías limpias en el sector alimentario, considerando la integración de sistemas de energía renovable, la eficiencia en los procesos y la circularidad de los recursos. Diversos estudios han identificado modelos de negocio sostenibles, como los modelos circulares y las redes alimentarias locales, que son claves para avanzar hacia una alimentación sostenible. Estos modelos pueden desempeñar un papel fundamental en la transición hacia un sistema energético más limpio en el sector alimentario (Donner, 2023).

6.4. Construcción de escenarios prospectivos para la transición energética a 2040

La construcción de escenarios prospectivos es una herramienta clave para la planificación estratégica en contextos dinámicos y de alta incertidumbre como la transición energética en la industria alimentaria. Este capítulo tiene como objetivo proyectar futuros posibles para la transición energética a 2040, basados en las tendencias emergentes y los análisis previos, con un enfoque en cómo las metodologías prospectivas pueden guiar la toma de decisiones y la formulación de políticas públicas hacia un futuro sostenible.

6.4.1. Objetivos de la construcción de escenarios prospectivos

El propósito de la construcción de escenarios prospectivos es proporcionar un marco para la anticipación de futuros posibles, ayudando a los responsables de la toma de decisiones a prepararse para diferentes resultados de la transición energética. Este ejercicio ofrece una estructura robusta para evaluar los posibles desarrollos de la industria alimentaria en relación con la transición hacia la sostenibilidad energética.

6.4.2. Variables clave para la construcción de escenarios

Aunque en el Capítulo 4 se detallaron las variables clave para la construcción de los escenarios prospectivos, en este capítulo solo se proporcionará un resumen, destacando las variables fundamentales que afectan la evolución de la transición energética. Entre ellas se incluyen:

- Avances tecnológicos: Especialmente en tecnologías de energías renovables y captura de carbono.
- Políticas públicas y gobernanza: Las políticas nacionales e internacionales sobre eficiencia energética y descarbonización.
- Colaboración internacional: La importancia de la cooperación entre países y sectores para enfrentar los desafíos globales.

6.4.3. La función de los escenarios prospectivos en la planificación estratégica

Los escenarios prospectivos permiten anticipar los cambios y desafíos en la transición energética, ofreciendo opciones viables para la toma de decisiones estratégicas. Estos escenarios no solo reflejan el contexto actual, sino también las futuras oportunidades y amenazas que pueden surgir en la industria alimentaria en términos de sostenibilidad energética.

6.4.4. Recomendaciones estratégicas para la industria alimentaria

De acuerdo con los escenarios prospectivos, se desarrollan las siguientes recomendaciones para la industria alimentaria:

- Adoptar tecnologías emergentes: Es crucial que la industria invierta en tecnologías limpias como el hidrógeno verde y la captura de carbono, que serán fundamentales en los próximos años.
- Fomentar la colaboración internacional: La industria debe colaborar con actores internacionales y académicos para acelerar la adopción de mejores prácticas y tecnologías.
- Priorizar la justicia social y la sostenibilidad: Asegurar que las políticas y acciones estén alineadas con los principios de justicia social y equidad, especialmente en los países en desarrollo.

7. Referencias

Aalto, P., Kojo, M., & Mori, A. (2021). Toward a roadmap for electrification. In *Energy Transition and Electrification*, 25-45. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822143-3.00008-1

Abdelshafy, A., Franzen, D., Mohaupt, A., Schüssler, J., Bührig-Polaczek, A., & Walther, G. (2023). A feasibility study to minimize the carbon footprint of cast iron production while maintaining the technical requirements. *Journal of Sustainable Metallurgy*. https://doi.org/10.1007/s40831-022-00642-5

Abdildin, Y. G., Nurkenov, S. A., & Kerimray, A. (2021). Analysis of green technology development in Kazakhstan. *International Journal of Energy Economics and Policy, 11*(1), 12–21. https://doi.org/10.32479/ijeep.10897

Abhyankar, N., Mohanty, P., Deorah, S., Karali, N., Paliwal, U., Kersey, J., & Phadke, A. A. (2023). India's path towards energy independence and a clean future: Harnessing India's renewable edge for cost-effective energy independence by 2047. *Electricity Journal, 36*(7), 107273. https://doi.org/10.1016/j.tej.2023.107273

Abnay, B., Aharoune, A., Bouirden, L., & Ihlal, A. (2017). Potential of recovery and conversion of waste heat from rejected exhaust gases in Moroccan industry: Application to the cement manufacturing sector. *Journal of Materials and Environmental Science*. https://doi.org/10.1007/s12053-023-10093-w

Accelerating decarbonization of the U.S. energy system. (2021). *National Academy of Sciences*. https://doi.org/10.17226/25932

Aceituno, P., & Vitale, J. (2025). Ecosistema Prospectivo para la Gobernanza Anticipatoria (P. Aceituno & J. Vitale (eds.); 1er. ed.). Centro de Estudios Prospectivos de Cuyo - Prospectiva Chile Foresight.

Adelt, F., Barsanti, M., Hoffmann, S., Sarma, D. S., Schwarz, J. S., Vermeulen, B., Warendorf, T., Binder, C. R., Droste-Franke, B., Lehnhoff, S. (2023). Co-simulation of socio-technical energy systems: An interdisciplinary design process. *Springer Proceedings in Complexity*. https://doi.org/10.1007/978-3-031-34920-1_38

Adewuyi, A. A., Ogabolo, A. I., Lau, W. J., & Oderinde, R. A. (2021). Synthesis of spinel ferrite and its role in the removal of free fatty acids from deteriorated vegetable oil. *Chinese Journal of Chemical Engineering, 29*, 227–239.

https://doi.org/10.1016/j.cjche.2020.08.054

Aditya, I. A., Pratiwi, Z. B., Hakam, D. F., & Kemala, P. N. (2025). Green hydrogen as a catalyst for Indonesia's energy transition: Challenges, opportunities, and policy frameworks. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 16(2), 159-168. https://doi.org/10.32479/ijeep.17380

Agrawal, K., Sharma, S., Kumar, B., & Verma, P. (2025). Hydrogen an environmental revolution toward clean energy transition: A green concept for current and future perspectives. *Clean Technologies and Environmental Policy*. https://doi.org/10.1007/s10098-024-03015-6

AIE. (2021). World Energy Outlook 2021. Agencia Internacional de Energía. Recuperado de https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2021

Akan, T. (2024). The impact of monetary policy on climate change through the mediation of sectoral renewable energy consumption. *Energy Policy, 167,* 114244. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2024.114244

Akimoto, K., Sano, F., Kang, D., & Nagashima, M. (2025). Analyses on transitions to net-zero emissions in Asian countries. *International Energy Journal*. https://doi.org/10.64289/iej.25.0206.4131845

Albrecht, T., Crootof, A., & Scott, C. (2018). The Water-Energy-Food Nexus: A systematic review of methods for nexus assessment. Environmental Research Letters, 13(4), 043002. https://doi.org/10.1088/1748-9326/aaa9c6

Algashamy, H. A. A., Abbas, S. Q., Ghassan, A., & Chornomordenko, I. (2024). The carbon footprint of Iraqi industry: Navigating the path to sustainability. *Investigacion Operacional*. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2025.126945

Al-Noaimi, F., Al-Ansari, T. A., Bicer, Y. (2025). Decarbonization pathways for Qatar: A sectoral approach for energy transition. *Energy Reports*. https://doi.org/10.1016/j.egyr.2024.12.053

Alshammari, Y. M. (2021). Scenario analysis for energy transition in the chemical industry: An industrial case study in Saudi Arabia. *Energy Policy*. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2020.112128

Anh, H. H., & Da Hanh, T. M. (2024). System dynamics analysis of Vietnam's energy-related carbon emissions: Towards a net zero future. *International Journal of Sustainable Energy Planning and Management*. https://doi.org/10.54337/ijsepm.8327

Arcand, B. (2020). Ontario's energy transition: A successful case of a green jobs strategy? In *Energy Transition Strategies for Industry* (pp. 120–134). Wiley. https://doi.org/10.1002/9781119402619.ch12

Arduino, M. V., De Almeida, E., Loinaz, M., & Weschenfelder, F. (2025). Hybrid offshore wind and wave energy systems: A case study of Uruguay. *Proceedings of the Annual Offshore Technology Conference*. https://doi.org/10.4043/35934-MS

Aria, M., & Cuccurullo, C. (2017). Bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics, 11*(4), 959–975. https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007

Arxiv. (2022). Energy Systems and Policy Barriers. Recuperado de https://arxiv.org/abs/2503.05735

Aryanto, Y. H., & Purba, L. (2023). The systemic risks of Indonesian energy sector transition pathways (A case study of energy transition in Indonesia). *Socio-Economic Studies*. https://doi.org/10.2118/215513-MS

Ashraf, A., Basheer, M., González, J. M., Martínez-Ceseña, E. A., Etichia, M., Obuobie, E.,

Bottacin-Busolin, A., Adamowski, J., Panteli, M., & Harou, J. J. (2025). Delivering equity in low-carbon multisector infrastructure planning. *Nature Communications, 16*(1), 59738. https://doi.org/10.1038/s41467-025-59738-7

Bagchi, P., & Sahu, S. K. (2025). The conundrum of Porter hypothesis, pollution haven hypothesis, and pollution halo hypothesis: Evidence from the Indian manufacturing sector. *Clean Technologies and Environmental Policy, 27,* 1223–1240. https://doi.org/10.1007/s10098-024-02886-z

Bahers, J. B., Tanguy, A., Pincetl, S. S. (2020). Metabolic relationships between cities and hinterland: A political-industrial ecology of energy metabolism of Saint-Nazaire Metropolitan and Port area (France). *Ecological Economics, 171*, 106447. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2019.106447

Bai, S., Bai, Y., Yuan, J., Liu, Z., & Gao, Y. (2022). Research on power development of renewable energy deficient countries towards the goal of carbon neutrality: A case study of Singapore. *Quanqiu Nengyuan Hulianwang*. https://doi.org/10.19705/j.cnki.issn2096-5125.2022.04.010

Balcilar, M., Ozkan, O., Usman, O. J., Akadiri, S. S., & Zambrano-Monserrate, M. A. (2025). A global shift: How modern technologies are powering the energy transition in the face of climate change. *Journal of Environmental Management, 281,* 125610. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2025.125610

Bandpey, A. F., Golroudary, S. R., & Kraslawski, A. (2024). Greenhouse gas impact related to minerals mining and processing. *Procedia CIRP*. https://doi.org/10.1016/j.procir.2024.10.198

Bandpey, A. F., Golroudary, S. R., & Kraslawski, A. (2024). Greenhouse gas impact related to minerals mining and processing. *IFAC-PapersOnline*. https://doi.org/10.1016/j.procir.2024.10.198

Bashir, M. F., Sadiq, M., Talbi, B., Shahzad, L., & Bashir, M. A. (2022). An outlook on the development of renewable energy, policy measures to reshape the current energy mix, and how to achieve sustainable economic growth in the post-COVID-19 era. *Environmental Science and Pollution Research, 29*(1), 56–69. https://doi.org/10.1007/s11356-022-20010-w

Beccarello, M., & Di Foggia, G. (2023). Review and Perspectives of Key Decarbonization Drivers to 2030. Energies, 16(3), 1345. https://doi.org/10.3390/en16031345

Beckmann, J., Klöckner, K., & Letmathe, P. (2025). The role of power-to-X and domestic eFuel production for energy transition and energy independence in Europe. *Journal of Cleaner Production*. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2025.144807

Bélaadi, S. (2020). Thermodynamic processes 2: State and energy change systems. *Advanced Energy Technologies Series* (pp. 80–95). Wiley. https://doi.org/10.1002/9781119721703

Bensouda, M., & Mimoun, B. (2023). From "fairly good" to "optimal" energy efficiency practices within the Moroccan manufacturing sector: Are financial resources sufficient? *International Journal of Energy Economics and Policy, 13*(6), 12–22. https://doi.org/10.32479/ijeep.14046

Bera, A., & Kumar, S. (2024). Introduction to underground hydrogen storage. In *Green Energy and Technology* (pp. 45-59). https://doi.org/10.1016/B978-0-443-24071-3.00002-9

Bergquist, A. K., & Söderholm, K. (2016). Sustainable energy transition: The case of the Swedish pulp and paper industry 1973–1990. *Energy Efficiency, 9,* 1069–1084.

https://doi.org/10.1007/s12053-015-9416-5

Bhattarai, U., Maraseni, T., & Apan, A. (2022). Assay of renewable energy transition: A systematic literature review. Science of The Total Environment, 833, 155159. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.155159

Bhattarai, U., Maraseni, T., & Apan, A. (2022). Assay of renewable energy transition: A systematic literature review. Science of The Total Environment, 833, 155159. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.155159

Bianco, V. (2022). Methodologies for the analysis of energy consumption in the industrial sector. In *Energy Transition and Industrial Sustainability* (pp. 121–136). Wiley. https://doi.org/10.1002/9783527831425.ch12

Biehl, J., Missbach, L., Riedel, F., Stemlle, R., Jüchter, J., Weber, J., Kucknat, J., Odenweller, A., Nauk, C., & Lukassen, L. J. (2023). Wicked facets of the German energy transition–Examples from the electricity, heating, transport, and industry sectors. *International Journal of Sustainable Energy, 42*(3), 267–285. https://doi.org/10.1080/14786451.2023.2244602

Blanc, S., Massaglia, S., Brun, F., Peano, C., Mosso, A., Giuggioli, N. R. (2019). Use of bio-based plastics in the fruit supply chain: An integrated approach to assess environmental, economic, and social sustainability. *Sustainability (Switzerland), 11*(9), 2475. https://doi.org/10.3390/su11092475

Blazejczak, J., Edler, D., Gornig, M., & Kemfert, C. (2018). Using energy transition to modernize industrial Germany. *Wirtschaftsdienst, 98*(7), 517–524. https://doi.org/10.1007/s10273-018-2332-5

Boa Morte, I. B., Araújo, O. Q. F., Vaz Morgado, C. D. R., de Medeiros, J. L. (2023). Electrification and decarbonization: A critical review of interconnected sectors, policies, and sustainable development goals. *Energy Storage and Saving, 30*, 104242. https://doi.org/10.1016/j.enss.2023.08.004

Bogdanov, D. A., Gulagi, A., Fasihi, M., & Breyer, C. (2021). Full energy sector transition towards 100% renewable energy supply: Integrating power, heat, transport and industry sectors including desalination. *Applied Energy, 281*, 116273. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.116273

Bolla, M., Pettinato, M., & Fabiano, B. (2023). Inherent safety development applied to green processes and energy transition. *Chemical Engineering Transactions, 74*, 202–213. https://doi.org/10.3303/CET23104026

Bolson, N., Cullen, L., & Cullen, J. M. (2025). A robust framework for estimating theoretical minimum energy requirements for industrial processes. *Energy*. https://doi.org/10.1016/j.energy.2025.135411

Bompard, E., Botterud, A., Corgnati, S. P., Huang, T., Jafari, M., Leone, P., Mauro, S., Montesano, G., Papa, C., & Profumo, F. (2020). An electricity triangle for energy transition: Application to Italy. *Applied Energy, 277*, 115525. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.115525

Boroukhian, T., Supyen, K., McLaughlan, C. W., Bashyal, A., Pham, T. A., & Wicaksono, H. A. (2025). Semantic middleware for demand response systems: Enhancing data interoperability in green electricity management for manufacturing. *Computers in Industry*. https://doi.org/10.1016/j.compind.2025.104354

Boudghene-Stambouli, A., Kitamura, Y., Benmessaoud, M. T., & Yassa, N. (2024). Algeria's journey towards a green hydrogen future: Strategies for renewable energy integration and climate commitments. *International Journal of Hydrogen Energy, 49*(3), 1196–

1212. https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2024.01.119

Boumais, K., Messaoudi, F. (2025). Short-term load forecasting method for renewable energy integration and grid stability using CNN, LSTM, and transformer models. *Statistics, Optimization and Information Computing*. https://doi.org/10.19139/soic-2310-5070-2256

Boumais, K., Messaoudi, F., Lagnaoui, S., El Fallah, S., & Udris, D. (2024). Empowering industrial energy management: Advancing short-term load forecasting with LSTM and CNN deep learning models - Insights from a Moroccan case study. *eStream*. https://doi.org/10.1109/eStream61684.2024.10542574

Bouseba, L., & Chaker, A. (2024). Implementing of a grid-connected PV energy system in building with medium consumption: A techno-economic case study. *Energy and Buildings*, 245, 114929. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2024.114929

Boute, A., Zhikharev, A. (2019). Vested interests as driver of the clean energy transition: Evidence from Russia's solar energy policy. *Energy Policy, 134*, 110910. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.110910

Breitschopf, B., Billerbeck, A., Preuss, S., & Horian, S. (2024). Comparative study of sustainable heating decision-making: Insights from the residential and industrial sectors. *International Conference on the European Energy Market, EEM*. https://doi.org/10.1109/EEM60825.2024.10608846

Britt, A. F., & Czarnota, K. (2024). A review of critical mineral resources in Australia. *Australian Journal of Earth Sciences*, 63(6), 1732-1749. https://doi.org/10.1080/08120099.2024.2430279

Brodny, J., & Tutak, M. (2022). Analysis of the efficiency and structure of energy consumption in the industrial sector in the European Union countries between 1995 and 2019. *Science of the Total Environment, 820*, 152052. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.152052

Brou, C., & Nadou, F. (2024). From industrial territory to sustainable or “green” industrial district? The case of an industrial district’s evolution in Normandy. *Competitiveness Review*. https://doi.org/10.1108/CR-07-2023-0172

Buffi, M., Prussi, M., & Scarlat, N. (2022). Energy and environmental assessment of hydrogen from biomass sources: Challenges and perspectives. *Biomass and Bioenergy, 154*, 106556. https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2022.106556

Cabeza, L. F., Martínez, F. R., & Borri, E. (2025). Compatibility of carbonate mixtures to be used as molten salts with different metal alloys to be used as container materials. *Materials*. https://doi.org/10.3390/ma18071541

Caetano, R. V., Marques, A. C., & Afonso, T. L. (2025). From carbon leakage to (re)industrialisation: An assessment of the ecological footprint of imports in developed countries. *Journal of Cleaner Production*. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.144627

Caglar, A. E., Avci, S. B., Gökçe, N., & Destek, M. A. (2024). A sustainable study of competitive industrial performance amidst environmental quality: New insight from novel Fourier perspective. *Journal of Environmental Management, 276*, 124369. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.121843

Cai, L., Luo, J., Wang, M., Guo, J., Duan, J., Li, J., Li, S., Liu, L., & Ren, D. (2023). Pathways for municipalities to achieve carbon emission peak and carbon neutrality: A study based on the LEAP model. *Energy, 276*, 125435. https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.125435

Cañada-Soriano, M., Peñalvo-López, E., Montagud-Montalvá, C., & Valencia-Salazar, I. (2025). Energy transition audits in industries located in Valencian region. *Journal of Physics: Conference Series*. https://doi.org/10.1088/1742-6596/2940/1/012016

Candelo-Víafara, J. M., Oviedo-Gómez, A., & Rivera-Díaz, M. D. P. (2023). Exploring the effects of oil and gas prices on industrial production in Colombia: A quantile regression analysis. *International Journal of Energy Economics and Policy, 13*(4), 87–98. https://doi.org/10.32479/ijeep.14607

Cárdenas Escorcia, Y., Carrillo Caballero, G. E., Alviz-Meza, A., & Carrillo, G. E. (2020). Fuzzy logic methodology to study the behavior of energy transformation processes based on statistics T2and Q. *Journal of Physics: Conference Series*. https://doi.org/10.1088/1742-6596/1708/1/012034

Carvalho, M., Cardoso-Fernandes, J., Lima, A., Teodoro, A. C. (2024). Convolutional neural networks applied to antimony quantification via soil laboratory reflectance spectroscopy in northern Portugal: Opportunities and challenges. *Remote Sensing*. https://doi.org/10.3390/rs16111964

Chaabane, B. A., As'ad, R. A., Geramianfar, R., & Bahroun, Z. (2022). Utilizing energy transition to drive sustainability in cold supply chains: A case study in the frozen food industry. *RAIRO - Operations Research, 56*(3), 1761–1778. https://doi.org/10.1051/ro/2022043

Chafai, A. (2025). AG2CDP2S6 2D semiconductor photocatalyst: Pioneering efficient green hydrogen production through solar water splitting. *Next Materials*. https://doi.org/10.1016/j.nxmate.2025.100933

Chalkiadakis, N., Stamatakis, E., Varvayanni, M., Stubos, A. K., Tzamalis, G., & Tsoutsos, T. D. (2023). A new path towards sustainable energy transition: Techno-economic feasibility of a complete hybrid small modular reactor/hydrogen (SMR/H_2) energy system. *Energies, 16*(17), 6257. https://doi.org/10.3390/en16176257

Chang, M. A., Paardekooper, S., Prina, M. G., Thellufsen, J. Z., Lund, H., & Lapuente Mercadal, M. P. (2023). Smart energy approaches for carbon abatement: Scenario designs for Chile's energy transition. *Smart Energy, 3,* 100098. https://doi.org/10.1016/j.segy.2023.100098

Cheng, C. S. W. (2023). Does time matter? A multi-level assessment of delayed energy transitions and hydrogen pathways in Norway. *Energy Research and Social Science*. https://doi.org/10.1016/j.erss.2023.103069

Chinese, D., Meneghetti, A., Cortella, G., Giordano, L., Tomasinsig, E., Benedetti, M., & Marras, A. (2024). Environmental and economic assessment of industrial excess heat recovery collaborations through 4th generation district heating systems. *Energy*, 256, 132630. https://doi.org/10.1016/j.energy.2024.132630

Chowdhury, J., Hu, Y., Haltas, I., Balta, N., Matthew, G., & Varga, L. (2018). Reducing industrial energy demand in the UK: A review of energy efficiency technologies and energy saving potential in selected sectors. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 94, 1153–1178. https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.06.040

Ciambellotti, A., Baldinelli, A., Frigo, S., Pecchia, S., & Desideri, U. (2025). Energy transition in tissue paper industry through solid biomass combustion and gasification: Techno-economic potential and limitations. *Journal of Cleaner Production, 310,* 145014. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2025.145014

Cincinelli, P., & Pellini, E. (2025). The role of geopolitical and climate risk in driving uncertainty in European electricity markets. *Energy Economics*.

https://doi.org/10.1016/j.eneco.2025.108276

Ciupek, B., Frąckowiak, A., & Słomka, P. (2024). Review of thermal calculation methods for boilers—Perspectives on thermal optimization for improving ecological parameters. *Energies*, 17(4), 6380. https://doi.org/10.3390/en17246380

Clairand, J., & Pantaleo, A. (2023). Renewable energy adoption for sustainable food production: Challenges and opportunities. Journal of Cleaner Production, 295, 126345. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126345

Clairand, J., Briceno, M., Escriva, G., & Pantaleo, A. (2020). Review of Energy Efficiency Technologies in the Food Industry: Trends, Barriers, and Opportunities. IEEE Access, 8, 48015–48029. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2979077

Clairand, J., Briceno, M., Escriva, G., & Pantaleo, A. (2020). Review of Energy Efficiency Technologies in the Food Industry: Trends, Barriers, and Opportunities. IEEE Access, 8, 48015–48029. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2979077

Colinet-Carmona, M. J., Román-Collado, R., & Lmdi Decomposition Analysis of Energy Consumption in Andalusia (Spain) During 2003–2012: The Energy Efficiency Policy Implications. *Energy Efficiency, 9*(2), 31–42. https://doi.org/10.1007/s12053-015-9402-y

Colla, M., Blondeau, J., & Jeanmart, H. (2021). Optimal use of lignocellulosic biomass for the energy transition, including the non-energy demand: The case of the Belgian energy system. *Energy Reports*. https://doi.org/10.1016/j.enconman.2025.120376

Colla, M., Blondeau, J., & Jeanmart, H. (2022). Optimal use of lignocellulosic biomass for the energy transition, including the non-energy demand: The case of the Belgian energy system. *Frontiers in Energy Research*. https://doi.org/10.3389/fenrg.2022.802327

Collina, G., Subedi, A., Campari, A., Thapa, B. S., & Paltrinieri, N. (2023). Lesson learned from H2-related incidents: Criticality of maintenance operations. *Journal of Safety Engineering*. https://doi.org/

Cong, R., Abe, M., Fujiyama, A., & Matsumoto, T. (2025). An intelligent-based framework for urban energy transition and sustainable development. *Renewable Energy, 168,* 123323. https://doi.org/10.1016/j.renene.2025.123323

Constantin, A. (2022). Nuclear hydrogen projects to support clean energy transition. *Energy and Environmental Systems*. https://doi.org/

Constantin, A. (2024). Nuclear hydrogen projects to support clean energy transition: Updates on international initiatives and IAEA activities. *International Journal of Hydrogen Energy*. https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2023.09.250

Corigliano, O., & Algieri, A. (2024). A comprehensive investigation on energy consumptions, impacts, and challenges of the food industry. Energy Conversion and Management: X, 23, 100661. https://doi.org/10.1016/j.ecmx.2024.100661

Corigliano, O., & Algieri, A. (2024). A comprehensive investigation on energy consumptions, impacts, and challenges of the food industry. Energy Conversion and Management: X, 23, 100661. https://doi.org/10.1016/j.ecmx.2024.100661

Costantini, V., Crespi, F., & Paglialunga, E. (2019). Capital–energy substitutability in manufacturing sectors: Methodological and policy implications. *Eurasian Business Review, 9*(1), 95–113. https://doi.org/10.1007/s40821-018-0114-z

Da Silva, H. G., Ferreira, J. C. E., Kelm, T., & Ivaniski, T. M. (2023). Life cycle assessment of the casting process with the addition of niobium from scrap. *SN Applied Sciences*. https://doi.org/10.1007/s42452-023-05569-4

Dadi, D., Introna, V., Santolamazza, A. (2022). Strategies and key factors to achieve carbon

neutrality for an industrial company: A systematic literature review. *Proceedings of the Summer School Francesco Turco*. https://doi.org/10.46354/i3m.2020.sesde.002

Dafnomilis, I., Chen, H., den Elzen, M., Fragkos, P. F., Chewpreecha, U., van Soest, H. L., Fragkiadakis, K., Karkatsoulis, P., Paroussos, L., & de Boer, H. S. (2022). Targeted green recovery measures in a post-COVID-19 world enable the energy transition. *Frontiers in Climate, 4,* 840933. https://doi.org/10.3389/fclim.2022.840933

Dai, R., Zhu, Y., Zheng, S., Wang, J., Shan, M., Zhang, H., Chen, Y. J., Chen, R., Ma, J., & Zhong, Q. (2025). Highly resolved global emissions and potential toxicities of 30 parent PAHs from 1960 to 2021. *Environmental Science and Technology, 59*(3), 175–189. https://doi.org/10.1021/acs.est.5c01423

Daniya, G., & Tang, D. (2024). Green finance and industrial low-carbon transition: A case study on green economy policy in Kazakhstan. *Sustainability (Switzerland)*, 16(7), 7731. https://doi.org/10.3390/su16177731

Daviet, S., Perroux, S., & Velut, S. (2025). Ecological modernization, territorialization, and transition governance. *Annales de Géographie*. https://doi.org/10.1016/j.procir.2024.10.198

De Almeida, N. E. C., Nascimento, E. S. P. D., & Cardoso, D. R. (2012). On the reaction of lupulones, hops β-acids, with 1-hydroxyethyl radical. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(18), 4612-4618. https://doi.org/10.1021/jf302708c

De Angelis, A., Olita, P., & Ambrosini, W. (2024). Preliminary assessment of Cathare-Modelica codes coupling for safety analyses in nuclear cogeneration. *International Conference on Nuclear Energy*. https://doi.org/10.1115/ICONE31-136017

de Oliveira, D. E. P., Miranda, A. C., Junior, M. V., Santana, J. C. C., Tambourgi, E. B., Facchini, F., Iavagnilio, R., & Pinto, L. F. R. (2024). Economic and environmental feasibility of cogeneration from food waste: A case study in São Paulo City. Sustainability, 16(7), 2979. https://doi.org/10.3390/su16072979

de Oliveira, D. E. P., Miranda, A. C., Junior, M. V., Santana, J. C. C., Tambourgi, E. B., Facchini, F., Iavagnilio, R., & Pinto, L. F. R. (2024). Economic and environmental feasibility of cogeneration from food waste: A case study in São Paulo City. Sustainability, 16(7), 2979. https://doi.org/10.3390/su16072979

De Simón-Martín, M., Cortés-Nava, B. R., Rodríguez-Parra, R., Carro-de-Lorenzo, F. (2021). The role of green hydrogen in the energy transition of the industry. *DYNA (Spain)*. https://doi.org/10.6036/9890

Deng, H., Song, Z., Baležentis, T., & Shen, Z. (2023). How energy transition promotes pollution abatement in China's industrial sector. *Computers and Industrial Engineering, 176,* 109402. https://doi.org/10.1016/j.cie.2023.109402

Desport, L., & Selosse, S. (2022). An overview of CO2 capture and utilization in energy models. *Resources, Conservation and Recycling, 179*, 106150. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.106150

Dhabliya, D., Kulshreshtha, K., Prakaash, A. S., Malik, A., James, V., Sapaev, J. B., Alabdeli, H. M., Gajula, R. (2023). Emerging technologies for carbon capture and storage in energy transition. *Proceedings of the ICTEASD Conference*. https://doi.org/10.1109/ICTEASD57136.2023.10585212

Diantini, A. (2022). Petroleumscape and petro-culture in the 'Val d'Agri' and 'Gorgoglione' concession areas: Territorial analysis of the oil landscape in Basilicata. *Rivista Geografica Italiana*. https://doi.org/10.3280/rgioa3-2022oa14589

Diesing, P., Lopez, G., Blechinger, P., & Breyer, C. (2025). From knowledge gaps to

technological maturity: A comparative review of pathways to deep emission reduction for energy-intensive industries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 172, 115023. https://doi.org/10.1016/j.rser.2024.115023

Ding, Q., Zhu, X., & Zhang, S. (2025). Asymmetric effects of climate policy uncertainty on the renewable energy consumption. *Environment, Development and Sustainability, 27*(5), 785–798. https://doi.org/10.1007/s10668-025-06144-0

Diouf, M., Mhlakoana, N., Sarr, S., & Seydi, B. (2020). Energy transition and gender in the informal street food sector in Africa. *Energy, Environment, and Sustainability*, 1–14. https://doi.org/10.1007/978-3-030-43513-4_2

Dokukina, A. A., & Djaker, H. D. (2021). Industrial opportunities of the energy transition (specifics and the importance of investing in renewable energy). *Review of Applied Socio-Economic Research, 16*(2), 10–25. https://doi.org/10.24294/jipd.v8i8.4312

Donner, M. (2023). Business models for sustainable food systems: A typology and future research directions. Frontiers in Sustainable Food Systems, 7, 1160097. https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1160097

Dos Santos, M. C., Nadaleti, W. C., Cardozo, E., Bittencourt, J., Da Silva, C., De Souza, E. G., Muller Vieira, B. M., Escobar, C. C. de, & Przybyła, G. (2025). Biogas and biohydrogen from peach pomace: Renewable energy potential in southern Brazil. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 76,* 113211. https://doi.org/10.1016/j.rser.2024.115210

Doucet, F., Blohm, M., Von Düsterlho, E., & Bannert, J. (2024). Green hydrogen for the energy transition in Germany - Potentials, limits, and priorities. *International Conference on the European Energy Market, EEM*. https://doi.org/10.1109/EEM60825.2024.10609015

Drożdż, J. (2024). Economic and financial situation of the food industry in Poland in the years 2019-2023; Sytuacja ekonomiczno-finansowa przemysłu spożywczego w Polsce w latach 2019-2023. *Annals of the Polish Association of Agricultural and Agribusiness Economists, 26*(4), 103-117. https://doi.org/10.5604/01.3001.0054.7039

Du, W., Shi, X., Liu, H., Dai, Y., Cheng, J. (2024). Analysis of CO2 and air pollutant driving factors and synergistic benefits in typical Chinese industries. *Environment, Development and Sustainability*. https://doi.org/10.1007/s10668-024-05588-0

Duggan, J. (2025). Recent Progress in Sustainable Energy Systems Development: Investment, Operations, and Decarbonization. Current Sustainable/Renewable Energy Reports, 12(1), 1. https://doi.org/10.1007/s40518-024-00248-3

Durakovic, G., Zhang, H., Knudsen, B. R., Tomasgard, A., & Crespo del Granado, P. (2024). Decarbonizing the European energy system in the absence of Russian gas: Hydrogen uptake and carbon capture developments in the power, heat, and industry sectors. *Journal of Cleaner Production*. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.140473

Econstor.eu. (2021). The Social Justice of the Energy Transition. Recuperado de https://www.econstor.eu/bitstream/10419/271054/1/1843691124.pdf

Edomah, N. C. (2019). Governing sustainable industrial energy use: Energy transitions in Nigeria's manufacturing sector. *Journal of Cleaner Production, 210,* 1153–1163. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.11.052

Edomah, N., & Ndulue, G. (2020). Energy transition in a lockdown: An analysis of the impact of COVID-19 on changes in electricity demand in Lagos Nigeria. *Global Transitions, 2*, 78–91. https://doi.org/10.1016/j.glt.2020.07.002

Edoo, M., & Ah King, R. T. F. (2025). 100% renewable energy system for the island of

Mauritius by 2050: A techno-economic study. *Smart Energy*. https://doi.org/10.1016/j.segy.2025.100199

Eicke, L., & De Blasio, N. (2022). Green hydrogen value chains in the industrial sector—Geopolitical and market implications. *Energy Research and Social Science, 91*, 102847. https://doi.org/10.1016/j.erss.2022.102847

El Hafdaoui, H., Khallaayoun, A., & Ouazzani, K. (2024). Long-term low carbon strategy of Morocco: A review of future scenarios and energy measures. *Results in Engineering*, 10, 101724. https://doi.org/10.1016/j.rineng.2023.101724

Elberry, A. M., Scheepers, M. J. J., Van Stralen, J. N. P., Giraldo, J. S., & Van der Zwaan, B. C. C. (2025). Decarbonizing the Dutch industrial sector: Between maintaining domestic production and partial relocation. *Energy and Climate Change*. https://doi.org/10.1016/j.egycc.2025.100205

Eslamizadeh, S., Ghorbani, A., & Weijnen, M. P. C. (2023). Establishing industrial community energy systems: Simulating the role of institutional designs and societal attributes. *Journal of Cleaner Production*. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.138009

Eslamizadeh, S., Ghorbani, A., Costa, R. C. B. F., Künneke, R. W., & Weijnen, M. P. C. (2022). Industrial community energy systems: Simulating the role of financial incentives and societal attributes. *Frontiers in Environmental Science*. https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.924509

Eslamizadeh, S., Ghorbani, A., Künneke, R. W., & Weijnen, M. P. C. (2020). Can industries be parties in collective action? Community energy in an Iranian industrial zone. *Energy Research and Social Science, 67,* 101763. https://doi.org/10.1016/j.erss.2020.101763

Faheem, M. Y., Raza, B., Bhutta, M. S., & Madni, S. H. H. (2024). A blockchain-based resilient and secure framework for events monitoring and control in distributed renewable energy systems. *IET Blockchain*. https://doi.org/10.1049/blc2.12081

Faraldo, F., & Byrne, P. (2024). A Review of Energy-Efficient Technologies and Decarbonating Solutions for Process Heat in the Food Industry. Energies, 17(12), 3051. https://doi.org/10.3390/en17123051

Farooq, U., Ahmed, J., & Shahbaz, M. (2022). How various energy sources affect industrial investment? Empirical evidence from Asian economies. *Energy, 236,* 123536. https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.123536

Fattahi, A., Sijm, J., & Faaij, A. (2020). A systemic approach to analyze integrated energy system modeling tools: A review of national models. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 133, 110195. https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110195

Feijoo, F., Flores, F., Kundu, A., Pfeifer, A., Herc, L., Prieto, A. L., & Duic, N. Z. (2025). Tradeoffs between economy-wide future net zero and net negative economy systems: The case of Chile. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 161, 114945. https://doi.org/10.1016/j.rser.2024.114945

Ferrando, M., Reboli, T., Purushothaman, S., Traverso, A. N., Halbe, C. V. (2023). A new experimental test rig for performance analysis of radial compressors inside innovative heat pumps. *Journal of Physics: Conference Series*. https://doi.org/10.1088/1742-6596/2511/1/012003

Fleiter, T., Rehfeldt, M., & Pfluger, B. (2016). A transition pathway for Germany's industry: Which role for energy efficiency? *ECEEE Industrial Summer Study Proceedings*, 1–10. https://doi.org/10.1007/

Fleiter, T., Rehfeldt, M., Herbst, A., Eelsland, R., Klingler, A. L., Manz, P., & Eideloth, S.

(2018). A methodology for bottom-up modelling of energy transitions in the industry sector: The forecast model. *Energy Strategy Reviews, 23*, 67–74. https://doi.org/10.1016/j.esr.2018.09.005

Fogg, R. (2022). E-Hazop: A fresh approach to reviewing electrical systems. *Process Safety Journal*, 42, 10758970. https://doi.org/

Fonquergne, J. L., & Balch, R. S. (2024). Balancing the equation: Natural gas role in the energy transition towards decarbonization. *Proceedings of the International Petroleum Technology Conference*. https://doi.org/10.2118/220001-MS

Franco, A., & Rocca, M. (2024). Renewable electricity and green hydrogen integration for decarbonization of "hard-to-abate" industrial sectors. *Electricity*. https://doi.org/10.3390/electricity5030024

Franco, A., Miserocchi, L., & Testi, D. (2023). Energy indicators for enabling energy transition in industry. *Energies*. https://doi.org/10.3390/en16020581

Gaigalis, V., & Škėma, R. (2015). Analysis of the fuel and energy transition in Lithuanian industry and its sustainable development in 2005-2013 in compliance with the EU policy and strategy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 51,* 371–381. https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.07.121

Galvão, J. R. D. C. S., Neves, F., Cardoso, M., & Galvão, M. (2024). Energy efficiency and industrial management in the context of the circular economy. *Springer Proceedings in Earth and Environmental Sciences*. https://doi.org/10.1007/978-3-031-48532-9_22

Gampa, M., Nagar, S., Kumari, K., Tanwar, E., Goyal, S. K., Kumar, V., & Singh, B. (2024). Cyclic extraction of phosphate from soybean meal using immobilized *Aspergillus oryzae* SBS50 phytase. *Bioprocess and Biosystems Engineering, 47,* 245–256. https://doi.org/10.1007/s00449-023-02943-9

Garaffa, R., Weitzel, M., Vandyck, T., Keramidas, K., Dowling, P., Fosse, F., Tchung-Ming, S., Vázquez, A. D., Russ, P., & Schade, B. (2023). Stocktake of G20 countries' climate pledges reveals limited macroeconomic costs and employment shifts. *One Earth*. https://doi.org/10.1016/j.oneear.2023.10.012

García, J., Perdigones, A., Benavente, R., & Mazarrón, F. (2022). Influence of the New Energy Context on the Spanish Agri-Food Industry. Agronomy, 12(4), 977. https://doi.org/10.3390/agronomy12040977

García-Páez, B., & Ferat, M. (2017). Methodology to assess sustainable indicators for a socially responsible company in the polymers manufacturing sector. *International Journal of Economic Research, 14*(5), 233–247. https://doi.org/10.1007/s40854-024-00450-7

Garcia-Vallejo, M. C., Cardona, C. A. (2024). Prefeasibility analysis of biomass gasification and electrolysis for hydrogen production. *Environmental Research*. https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.118003

Gençer, E., Torkamani, S., Miller, I., & O'Sullivan, F. M. (2020). Sustainable energy system analysis modeling environment: Analyzing life cycle emissions of the energy transition. *Applied Energy, 277*, 115525. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.115525

George, J. F., Marx, A., Held, A., Winkler, J., Bekk, A., Ragwitz, M. (2024). Balancing the books: Unveiling the direct impact of an integrated energy system model on industries, households and government revenues. *Energy, Sustainability and Society, 12,* 1120. https://doi.org/10.1186/s13705-024-00450-7

Gielen, D. J., Boshell, F., Saygin, D., Bazilian, M. D., Wagner, N., & Gorini, R. (2019). The

role of renewable energy in the global energy transformation. *Energy Strategy Reviews, 24*, 63–72. https://doi.org/10.1016/j.esr.2019.01.006

Gil-Garcia, I. C., Fernández-Guillamón, A., Ramos-Escudero, A., Garcia-Cascales, M. S., & Molina-García, Á. G. (2024). Sustainable development at sea: Offshore wind energy as an engine of industrial decarbonization, optimized method of emissions reduction. *Proceedings from the International Congress on Project Management and Engineering*. https://doi.org/10.1016/j.energy.2025.135411

Giordano, L., Furlan, G., Puglisi, G., & Cancellara, F. A. (2023). Optimal design of a renewable energy-driven polygeneration system: An application in the dairy industry. *Journal of Cleaner Production, 278*, 136933. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136933

Gomonov, K., Permana, C. T., & Handoko, C. T. (2025). The growing demand for hydrogen: Current trends, sectoral analysis, and future projections. *Unconventional Resources*. https://doi.org/10.1016/j.uncres.2025.100176

Gonzalez Hernandez, A., Lupton, R. C., Williams, C., & Cullen, J. M. (2018). Control data, Sankey diagrams, and exergy: Assessing the resource efficiency of industrial plants. *Applied Energy, 225*, 162–175. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.02.181

Graham, P. W., & Havas, L. (2023). Comparing and ranking the global cost of green industrial electricity. *Proceedings of the International Congress on Modelling and Simulation, MODSIM*. https://doi.org/

Grillone, G., Nastasi, V., D'Ippolito, G., Genco, E., Muratore, A., & Bellissimo, M. (2023). Electric safety and energy transition in agri-food companies. The case of the livestock and slaughter company "Agricola Puccia S.R.L." *Industrie Alimentari*. https://doi.org/

Guevara, Z., Sousa, T., & Domingos, T. (2016). Insights on energy transitions in Mexico from the analysis of useful exergy 1971–2009. *Energies*. https://doi.org/10.3390/en9070488

Guo, R., Shao, G., Liu, L., Cao, X., Chen, L., Huang, X. (2023). Moving towards carbon neutrality: An integrated technology-policy framework for sustainable transition of cities. *Energy Proceedings*. https://doi.org/10.46855/energy-proceedings-10520

Gyani, R., & Chandel, S. S. (2024). Effect of energy efficiency and conservation towards net-zero. *International Conference on Energy and Environment*. https://doi.org/10.1109/ICUE63019.2024.10795522

Haag, S., Drosdzol, C., Williams, B. A., Peña, V., Palauschek, N., Wilken, M., Günther, A., Gronemann, V., Roesch, A. (2022). Recent developments in methanol technology by Air Liquide for CO2 reduction and CO2 usage. *Chemie-Ingenieur-Technik*, 94(1), 85-102. https://doi.org/10.1002/cite.202200061

Haillot, D., Lalau, Y., Franquet, E., Rigal, S., Jay, F., & Bédé-Carrats, J. P. (2021). A latent heat storage system for low-temperature applications: From materials selection to prototype performances. *Applied Sciences (Switzerland), 11*(21), 350. https://doi.org/10.3390/app112110350

Hamed, M. M., Mohammed, A., & Olabi, A. G. (2023). Renewable energy adoption decisions in Jordan's industrial sector: Statistical analysis with unobserved heterogeneity. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 159, 113568. https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.113568

Hammond, G. P., Howard, H. R., & Tuck, A. (2012). Risk assessment of UK biofuel developments within the rapidly evolving energy and transport sectors. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part O: Journal of Risk and Reliability,*

226(2), 99–112. https://doi.org/10.1177/1748006X12448147

Han, Y., Huang, X., & Wang, Y. (2016). Effects of hydrocarbon chain length and temperature on the self-assembly of cationic single-chain and gemini surfactants and their interactions with bovine serum albumin. *Chinese Science Bulletin*, 61(1), 54-61. https://doi.org/10.1360/N972016-00528

Handaja, S., Dewi, A. K., & Triyanto, R. H. (2024). Carbon capture storage and carbon capture utilization storage as energy transition strategy for the Indonesian oil and gas sector towards net zero emissions. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 1339*(1), 012040. https://doi.org/10.1088/1755-1315/1339/1/012040

Hannes, J., & Liese, T. (2016). Fortschrittliche CTL/CTG∗ Technologien für Braunkohle. *DGMK Tagungsbericht, 60*, 45–56.

Hansen, G. H., & Steen, M. (2015). Offshore oil and gas firms' involvement in offshore wind: Technological frames and undercurrents. *Environmental Innovation and Societal Transitions*. https://doi.org/10.1016/j.eist.2015.05.001

Harajli, H. A., Kabakian, V. K., El-Baba, J. T., Diab, A. A. Z., & Nassab, C. (2020). Commercial-scale hybrid solar photovoltaic–diesel systems in select Arab countries with weak grids: An integrated appraisal. *Energy Policy, 140,* 111190. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.111190

Harichandan, S., & Kar, S. K. (2024). An empirical study on technology readiness level of industries to use green hydrogen in India: Role of policy interventions. *International Journal of Energy Sector Management, 18*(4), 321–335. https://doi.org/10.1108/IJESM-01-2024-0011

Hayter, R., & Patchell, J. (2019). Resource industries. *Elsevier*. https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102295-5.10128-3

Herc, L., Feijoo, F., Kodba, A., Dorotić, H., Stunjek, G., Beljan, D., Pukšec, T., Krajčić, G., Pfeifer, A., & Duic, N. Z. (2024). The management of an energy system in the realm of rapid energy transition and degasification as a consequence of energy crisis, examination in H2RES energy model. *Energy Conversion and Management*. https://doi.org/10.1016/j.enconman.2024.118782

Hernandez, A., Vallée, F., & De Jaeger, E. (2022). Integration of power-to-hydrogen models in power systems adequacy assessments. *Proceedings of the Power and Energy Conference*. https://doi.org/10.1109/PMAPS53380.2022.9810562

Hernández, C., Arriagada, A., Saavedra, E., & Toledo, M. G. (2024). Experimental investigation of the use of a radiant porous burner in a novel dual hot air generator based on the food drying process. *Journal of Food Process Engineering*. https://doi.org/10.1111/jfpe.14646

Herrera, G., Bravo, Lady, Caicedo, J., & Carrión, P. (2024). A Sustainability Approach between the Water–Energy–Food Nexus and Clean Energy. Water, 16(7), 1017. https://doi.org/10.3390/w16071017

Ho, J. L., Oh, H., Mibei, G. K., Mowers, M., & Mowers, J. (2024). Grid value analysis of geothermal systems for end-use applications. *Transactions - Geothermal Resources Council, 48*(1), 102–110. https://doi.org/10.1007/

Hollenberg, T., Myagmarsuren, B., & Wullkopf, F. (2022). Mining in Mongolia 2021 – Ten years after the German-Mongolian raw materials agreement. *Mining Report*, 29(4), 30–45. https://doi.org/

Hong, Y., Luo, K., Xing, X., Wang, L., & Huynh, T. L. D. (2024). Exchange rate movements and the energy transition. *Energy Economics, 97,* 107701.

https://doi.org/10.1016/j.eneco.2024.107701

Hosseinzadeh Samani, B., Behruzian, A., Khoshtaghaza, M. H., Behruzian, M., & Ansari Ardali, A. (2020). The investigation and optimization of two combined pasteurization methods of ultrasonic-pulse electric field and hydrodynamic-pulse electric field on sour cherry juice using RSM-TOPSIS. *Journal of Food Processing and Preservation, 44*(12), e14700. https://doi.org/10.1111/jfpp.14700

Hou, J., Jian, J., & Liu, P. (2021). A review and comparative analysis on energy transition in China's three emerging urban agglomerations. *E3S Web of Conferences*, 246, 01004. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202122801004

Hou, M. Z., Luo, J., Cao, C., & Ding, G. (2023). Development and contribution of natural gas industry under the goal of carbon neutrality in China. *Gongcheng Kexue Yu Jishu/Advanced Engineering Sciences*. https://doi.org/10.15961/j.jsuese.202200226

Hou, Y., Zhang, X., Geng, K., & Li, Y. (2025). Decomposition of industrial carbon emission drivers and exploration of peak pathways: Empirical evidence from China. *Sustainability (Switzerland), 17*(16), 16479. https://doi.org/10.3390/su17146479

Huang, B., Chen, B., Zhu, G., Peng, J., Zhang, P., Qian, Y., & Li, N. (2022). Electrochemical ammonia synthesis via NO reduction on 2D-MOF. *ChemPhysChem, 23*(6), e202100785. https://doi.org/10.1002/cphc.202100785

Huang, C., Li, N., Zhang, Z., & Liu, F. (2022). Estimates of the potential indirect damage to China by restricting energy increase to peak carbon emissions. *Earth's Future*. https://doi.org/10.1029/2022EF002697

Hypolite, G., Boutin, O., Sole, S. D., Cloarec, J. F., & Ferrasse, J. H. (2023). Evaluation of a water network's energy potential in dynamic operation. *Energy*. https://doi.org/10.1016/j.energy.2023.127066

Ibn Batouta, K., Aouhassi, S., & Mansouri, K. (2023). Moroccan industry through the lens of energy efficiency: Current findings and research gaps. *Energy*. https://doi.org/10.1109/IRASET57153.2023.10153007

Ibn Batouta, K., Aouhassi, S., & Mansouri, K. (2024). Energy saving potential in steam systems: A techno-economic analysis of a recycling pulp and paper mill industry in Morocco. *Scientific African*. https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2024.e02375

Ibn Batouta, K., Aouhassi, S., & Mansouri, K. (2024). Sustainable energy transition: A steam system optimization case study from a Moroccan food industry. *Results in Engineering, 12,* 102944. https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.102944

Idowu, O. O. (2025). Electricity and ICT in West Africa: Implication for female employment. *Journal of Sustainable Development Law and Policy, 16*(2), 5–15. https://doi.org/10.4314/JSDLP.V16I2.5

Imeni, M. L., Ghazizadeh, M. S. (2023). Pave the way for hydrogen-ready smart energy hubs in deep renewable energy systems. *Journal of Energy Systems*. https://doi.org/10.1109/ICTEM56862.2023.10083890

Infante-Amate, J., Aguilera, E., & González De Molina, M. (2018). Energy transition in agri-food systems. Structural change, drivers and policy implications (Spain, 1960–2010). *Energy Policy, 120*, 146–158. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.07.054

Iqbal, Z., Fauzia Farheen Zofair, S., Ahmed, S., Sharma, M., Younus, H., & Mahmood, R. (2024). Interaction of plant phenol vanillin with human hemoglobin: A spectroscopic and molecular docking study. *Spectrochimica Acta - Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy, 245*, 124831. https://doi.org/10.1016/j.saa.2024.124831

Ishaq, H., Crawford, C. A. (2024). Review and evaluation of sustainable ammonia

production, storage, and utilization. *Energy Conversion and Management*, 256, 117869. https://doi.org/10.1016/j.enconman.2023.117869

Ishchenko, S., & Slinchak, M. (2025). Energy efficient technologies in food production: examples and implementation. Science, Technologies, Innovation, 4(32), 123–128. https://doi.org/10.35668/2520-6524-2024-4-13

Issatayeva, F. M., Aubakirova, G. M., Rudko, H. I., Maussymbayeva, A. D., Madisheva, R. K. (2023). Transformation of industrial enterprises in the countries with transitional economies: The digital aspect. *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences*. https://doi.org/10.32014/2023.2518-170X.260

Jacquemin, J., Thiran, P., & Quoilin, S. (2025). Prioritizing the role of renewable fuels and hydrogen networks in the transition towards net zero emissions in Western Europe. *Energy*, 250, 134069. https://doi.org/10.1016/j.energy.2024.134069

Jannot, Y., & Degiovanni, A. (2024). Thermal properties measurement of materials. In *Materials Science and Engineering Series* (pp. 123–134). Wiley. https://doi.org/10.1002/9781394335084

Jia, Y. (2024). Research on comprehensive evaluation of industrial energy efficiency under the 'double carbon' goal. *Proceedings of the Power and Energy Conference*. https://doi.org/10.1109/EPEE63731.2024.10875194

Jiang, K., He, C., Jiang, W., Sha, C., Dai, C., Liu, J., & Xiang, P. (2021). Transition of the Chinese economy in the face of deep greenhouse gas emissions cuts in the future. *Asian Economic Policy Review, 16*(2), 357–379. https://doi.org/10.1111/aepr.12330

Johannsen, R. M., Mathiesen, B. V., Kermeli, K., Crijns-Graus, W., Østergaard, P. A. (2023). Exploring pathways to 100% renewable energy in European industry. *Energy, 268*, 126687. https://doi.org/10.1016/j.energy.2023.126687

Jorge-Vazquez, J., Kaczmarek, J., Knop, L., Kolegowicz, K., Náñez Alonso, S. L., & Szymla, W. (2024). Energy transition in Poland and Spain against changes in the EU energy and climate policy. *Journal of Cleaner Production*. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.143018

Joseph Sekhar, S., Kalaiselvan, N., Wincy, W. B., Varghese, A. F., & Mathimani, T. (2025). A critical evaluation of the progression in industrial waste utilization to achieve energy transition targets. *Renewable Energy, 185,* 123469. https://doi.org/10.1016/j.renene.2025.123469

Jovet, Y., Laurent, A., Arjomand Kermani, N., Lefèvre, F., Elmegaard, B., & Clausse, M. (2022). Environmental assessment of electrification of food industry for Denmark and France. *Environmental Science and Technology*. https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2024.e02375

Jovet, Y., Laurent, A., Lefèvre, F., & Clausse, M. (2024). Assessing the potential for electrification of the food industry and its implications for environmental sustainability. *Energies*, 17(11), 2602. https://doi.org/10.3390/en17112602

Ju, Y., Sugiyama, M., Kato, E., Oshiro, K., & Wang, J. (2022). Job creation in response to Japan's energy transition towards deep mitigation: An extension of partial equilibrium integrated assessment models. *Applied Energy*. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2022.119178

Kaaviya, R. (2025). Optimizing rooftop photovoltaic adoption in urban landscapes: A system dynamics approach for sustainable energy transitions in Chennai, India. *Environmental Progress and Sustainable Energy*. https://doi.org/10.1002/ep.14603

Kaczmarek, J., Kolegowicz, K., Szymla, W. (2022). Restructuring of the coal mining industry and the challenges of energy transition in Poland (1990–2020). *Energies, 15*(10), 3518. https://doi.org/10.3390/en15103518

Kaljonen, M. (2023). Introduction to the special issue on just food system transition. Environmental Sociology, 9(1), 1-4. https://doi.org/10.48350/178446

Kanger, L. (2021). Rethinking the multi-level perspective for energy transitions: From regime life-cycle to explanatory typology of transition pathways. *Energy Research and Social Science*. https://doi.org/10.1016/j.erss.2020.101829

Kansara, R., Kyriakidis, L., & Roldán Serrano, M. I. (2025). Robust quantum-assisted discrete design of industrial smart energy utility systems with long-term operational uncertainties: A case study of a food and cosmetic industry in Germany. *Energies, 18*(16), 4258. https://doi.org/10.3390/en18164258

Kartal, M. T., Taşkın, D., Kılıç Depren, S., Borowski, P. F., Sarioğlu, M., & Gökhan, M. (2025). Analysis of disaggregated level energy use, income, geopolitical risk, energy transition, and energy price impact on decarbonization of main sectors in BRICS countries by marginal analysis. *Energy and Environment*. https://doi.org/10.1177/0958305X251354857

Khalfaoui, A., Khelifi, M. N., Khelfaoui, A., Benalia, A., Derbal, K., Gisonni, C., Crispino, G., & Panico, A. (2022). The adsorptive removal of Bengal rose by artichoke leaves: Optimization by full factorials design. *Water (Switzerland), 14*(14), 2251. https://doi.org/10.3390/w14142251

Khalifa, A. A., Ibrahim, A. J., Amhamed, A. I., & El-Naas, M. H. (2022). Accelerating the transition to a circular economy for net-zero emissions by 2050: A systematic review. *Sustainability (Switzerland), 14*(18), 1656. https://doi.org/10.3390/su141811656

Khurshid, A., Khan, K. S., Rauf, A., Cifuentes-Faura, J., & Molina-Garcías, Á. G. (2025). Energy transitions, carbon emissions, and network effects: A multiphase analysis of global industrial resilience. *Journal of Environmental Management*. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2025.126945

Kim, E., Arnoux, M., & Chatzimpiros, P. (2018). Agri-food-energy system metabolism: A historical study for northern France, from nineteenth to twenty-first centuries. *Regional Environmental Change, 18*(2), 345–358. https://doi.org/10.1007/s10113-017-1119-3

Kim, H., & Jeon, E. (2020). Structural changes to nuclear energy industries and the economic effects resulting from energy transition policies in South Korea. *Energies*. https://doi.org/10.3390/en13071806

Knayer, T., & Kryvinska, N. (2022). Evaluation of research performed on energy efficiency in energy-intensive manufacturing companies. *Frontiers in Energy Research, 10,* 934859. https://doi.org/10.3389/fenrg.2022.934859

Koroneos, C., Nanaki, E. A., & Xydis, G. A. (2010). Solar air conditioning systems and their applicability-an exergy approach. *Resources, Conservation and Recycling*, 54(8), 507-514. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2010.07.005

Korsnes, M. S., Loewen, B., Dale, R. F., Steen, M., & Skjølsvold, T. M. (2023). Paradoxes of Norway's energy transition: Controversies and justice. *Climate Policy, 23*(5), 56–68. https://doi.org/10.1080/14693062.2023.2169238

Kou, H., Chai, J., Zhang, Z. G., Wang, S. Y. (2025). Does the energy transition affect return spillovers between multiple energy sources and Chinese industry indices? Network evidence of asymmetric dynamic spillovers. *Energy, 218,* 135112. https://doi.org/10.1016/j.energy.2025.135112

Kouchaki-Penchah, H., Bahn, O., Bashiri, H., Bédard, S., Bernier, É., Elliot, T., Hammache, A., Vaillancourt, K., Levasseur, A. (2024). The role of hydrogen in a net-zero emission economy under alternative policy scenarios. *International Journal of Hydrogen Energy, 49*(7), 5631–5645. https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2023.07.196

Kouchaki-Penchah, H., Bahn, O., Vaillancourt, K., Levasseur, A. (2024). The contribution of forest-based bioenergy in achieving deep decarbonization: Insights for Quebec (Canada) using a TIMES approach. *Energy Conversion and Management, 269*, 115081. https://doi.org/10.1016/j.enconman.2021.115081

Kovač, A., Paranos, M., & Marciuš, D. (2021). Hydrogen in energy transition: A review. *International Journal of Hydrogen Energy*. https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2020.11.256

Kryl, I., Riepkim, O., Bagriy, I. D., Gafych, I., Ivanik, O. M., Maslun, N. V. (2023). Main principles and technologies of hydrogen production, storage and transportation in Ukraine. *Energy and Environmental Technology*. https://doi.org/

Kwok, J. (2021). Towards a hydrogen economy—a sustainable pathway for global energy transition. *HKIE Transactions Hong Kong Institution of Engineers*. https://doi.org/10.33430/V28N2THIE-2020-0046

Łaba, S. (2025). Selected elements of biogas production from food waste in the context of a circular economy. *Annals of the Polish Association of Agricultural and Agribusiness Economists*. https://doi.org/10.5604/01.3001.0055.1481

Lang, Q., Lu, P., Yang, X., & Valtchev, V. P. (2024). Zeolites for the environment. *Green Carbon, 9*(2), 34–45. https://doi.org/10.1016/j.greenca.2024.02.007

Lau, H. C. (2021). The role of fossil fuels in a hydrogen economy. *Proceedings of the International Petroleum Technology Conference*. https://doi.org/10.2523/IPTC-21162-MS

Lau, H. C., Ramakrishna, S. A., Zhang, K., & Radhamani, A. V. (2021). The role of carbon capture and storage in the energy transition. *Energy and Fuels*. https://doi.org/10.1021/acs.energyfuels.1c00032

Lau, H. C., Tsai, S. C. (2022). A decarbonization roadmap for Taiwan and its energy policy implications. *Sustainability (Switzerland)*. https://doi.org/10.3390/su14148425

Lazo, J., Aguirre, G., & Watts, D. (2022). An impact study of COVID-19 on the electricity sector: A comprehensive literature review and Ibero-American survey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 159,* 112135. https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112135

Lee, H., & Lee, J.-S. (2023). Resetting the energy-transition paths amid the dual crises: The EU-South Korean responses to the war in Ukraine and US-China rivalry. *Asia Europe Journal, 21*(3), 359–376. https://doi.org/10.1007/s10308-023-00681-x

Leilabadi, S. H., Lottermoser, B. G., Roach, M. J., Varouchakis, E. A., Machairas, E., Barrionuevo, F. G., Macia, M. T., & Nieto, J. M. (2024). The IMMERSE project: Virtual excursions on critical raw materials for the clean energy transition. *Mining Report, 16*(3), 85–92. https://doi.org/10.1007/

Lerede, D., Bustreo, C., Gracceva, F., Saccone, M., & Savoldi, L. (2021). Techno-economic and environmental characterization of industrial technologies for transparent bottom-up energy modeling. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 150,* 110742. https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.110742

Lesmana, D., & Yudaruddin, R. (2024). The impact of Russia-Ukraine invasion on market reaction across various industries: An event study on the ASEAN market. *Afro-Asian Journal of Finance and Accounting, 14*(3), 267–285.

https://doi.org/10.1504/AAJFA.2024.139938

Lesme Jaén, R., Peña Pupo, L., Silva Lora, E. E., Cabello Eras, J. J., & Sagastume, A. (2025). Assessing biomass production and electricity generation potential in current and future decarbonization scenarios in Cuba until 2050. *Energy Conversion and Management*. https://doi.org/10.1016/j.enconman.2025.119698

Lesnyak, E., Belkot, T., Hurka, J., Hördling, J. P., Kuhlmann, L., Paulau, P., Schnabel, M., Schönfeldt, P., Middelberg, J. (2023). Applied digital twin concepts contributing to heat transition in building, campus, neighborhood, and urban scale. *Big Data and Cognitive Computing*. https://doi.org/10.3390/bdcc7030145

Li, B., Rahman, M. M., & Haneklaus, N. H. (2024). Assessing China's energy transition pathway: Insights from the synergistic effects of key drivers. *Energy Strategy Reviews*. https://doi.org/10.1016/j.esr.2024.101528

Li, Y., & Zhang, R. (2023). A Review of Water-Energy-Food Nexus Development in a Just Energy Transition. Energies, 16(17), 6253. https://doi.org/10.3390/en16176253

Li, Z., Shi, Q., Wang, K., Jiang, K. (2024). Research status and prospects of state of health estimation methods for lithium-ion batteries. *Automation of Electric Power Systems*. https://doi.org/10.7500/AEPS20231221006

Li, Z., Shi, Q., Xia, J., Wang, K., & Jiang, K. (2023). A novel method based on stacking model for remaining useful life prediction of lithium-ion batteries. *ICEMS, 2023,* 1–9. https://doi.org/10.1109/ICEMS59686.2023.10345332

Liang, X., Hou, T., Zhang, D., Tan, X., Wu, K. M. (2025). Precipitation behavior of primary carbides in medium carbon Nb-alloyed steel. *Acta Metallurgica Sinica*, 58(4), 530-541. https://doi.org/10.11900/0412.1961.2023.00053

Liu, D., & Zhang, Y. (2024). Empirical simulation research on the impact of energy transition on the carbon peak inflection point in Zhejiang province. *Resources Science*. https://doi.org/10.18402/resci.2024.09.03

Liu, H., Hamza, F., Mammadova, G. M., Shanazarova, G., Yu, T. (2025). Driving clean energy adoption in emerging markets: The role of hydrogen energy and economic growth. *International Journal of Hydrogen Energy, 50*(12), 6211–6230. https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2025.05.137

Liu, M., Chen, A., Wang, Y., Wang, C., Wang, B., & Sun, D. (2015). Improved solubility and stability of 7-hydroxy-4-methylcoumarin at different temperatures and pH values through complexation with sulfobutyl ether-β-cyclodextrin. *Food Chemistry, 173,* 198–202. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.07.061

Lu, H., Ma, X., & Ma, M. D. (2021). Impacts of the COVID-19 pandemic on the energy sector. *Journal of Zhejiang University: Science A*. https://doi.org/10.1631/jzus.A2100205

Lu, X., Xiao, J., Wang, X., Wen, L., & Peng, J. (2025). Government regulation and China's natural gas price distortion: A sectoral perspective. *Natural Resources Forum, 49*(1), 25–38. https://doi.org/10.1111/1477-8947.12410

Lucchi, E. (2025). Digital innovation in green rating systems: Driving the green and energy transition in the construction sector. *Springer*. https://doi.org/10.1016/j.procir.2024.10.198

Ma, B., Sharif, A. A., Bashir, M., & Bashir, M. F. (2023). The dynamic influence of energy consumption, fiscal policy, and green innovation on environmental degradation in BRICST economies. *Energy Policy, 164*, 113823. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2023.113823

Madila, E. E. N., Makhsoos, A., Shanbhag, M. M., & Pollet, B. G. (2025). Advancements in electrolyser stack performance: A comprehensive review of latest technologies and efficiency strategies. *International Journal of Hydrogen Energy*, 50(5), 2274-2289. https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2025.04.047

Maggio, S., Realini, A., Zagano, C., Bazzocchi, F., Gobbi, E., & Borgarello, M. (2021). Energy efficiency in industry 4.0: Assessing the potential of Industry 4.0 to achieve 2030 decarbonisation targets. *International Journal of Energy Production and Management*. https://doi.org/10.2495/EQ-V6-N4-371-381

Maggiore, S., Realini, A., Bellini, G., & Moscarelli, S. (2023). New strategy to support companies in the uptake of audit measures: The Audit2Measure project. *WIT Transactions on Ecology and the Environment, 265*, 171–180. https://doi.org/10.2495/ESUS230171

Maghrabi, A. M., Song, J., & Markides, C. N. (2023). How can industrial heat decarbonisation be accelerated through energy efficiency? *Applied Thermal Engineering*. https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2023.121092

Manafzadeh, P., Habibiyan, H., Hosseinpour, M., & Talebi, S. (2024). Towards building clean hydrogen supply chain network in Iran for future domestic demand and exports. Part I: Prioritization of scenarios. *International Journal of Hydrogen Energy*, 49(4), 322-334. https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2024.05.322

Manowska, A. (2020). Identification of diagnostic variables for research into the level of development of energy markets. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 609*(1), 012021. https://doi.org/10.1088/1755-1315/609/1/012021

Marchionni, M., Cipollone, R. (2023). Liquid CO2 and liquid air energy storage systems: A thermodynamic analysis. *Energies*. https://doi.org/10.3390/en16134941

Marzouk, O. A. (2024). Expectations for the role of hydrogen and its derivatives in different sectors through analysis of the four energy scenarios: IEA-STEPS, IEA-NZE, IRENA-PES, and IRENA-1.5°C. *Energies*. https://doi.org/10.3390/en17030646

Maschke, J. (2025). Der schwierige Weg zur industriellen Wasserstofftransformation am Beispiel des Stahlwerks Bremen. *Standort*. https://doi.org/10.1007/s00548-025-00979-5

Masuhara, N., & Geremias, R. (2025). Fair energy transition: A comparative study in the Kyushu (Japan) and Santa Catarina (Brazil) regions. *Discover Sustainability*. https://doi.org/10.1007/s43621-025-00961-z

Masuku, B., & Nzewi, O. I. (2021). The South African informal sector's socio-economic exclusion from basic service provisions: A critique of Buffalo City Metropolitan Municipality's approach to the informal sector. *Journal of Energy in Southern Africa, 32*(2), 58–68. https://doi.org/10.17159/2413-3051/2021/v32i2a5856

Mathy, S., Manteau, P., Criqui, P. (2018). After the Paris Agreement: Measuring the global decarbonization wedges from national energy scenarios. *Ecological Economics, 153*, 254–268. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2018.04.012

McKinsey. (2021). Global Energy Perspective. Recuperado de https://www.mckinsey.com/industries/energy-and-materials/our-insights/global-energy-perspective

Meitz, S., Reiter, J., Fluch, J., & Tugores, C. (2023). Decarbonization of the Food Industry—The Solution for System Design and Operation. Sustainability, 15(19), 14262. https://doi.org/10.3390/su151914262

Michaelides, E. (2025). Energy Efficiency and the Transition to Renewables—Building

Communities of the Future. Energies, 18(7), 1778. https://doi.org/10.3390/en18071778

Michieka, N. M., Graziano, M., Musso, M., & Fouquet, R. (2022). Energy transitions and labor market patterns in the U.S. coal industry. *Structural Change and Economic Dynamics*. https://doi.org/10.1016/j.strueco.2022.07.005

Milian Gómez, J. F., Luis Cordova, J. G., & Delgado-Triana, Y. (2023). Energy transition in Latin-American countries, example Cuba: Looking for interconnections with food sovereignty. *Springer* https://doi.org/10.1007/978-3-031-19358-3_12

Millán, G., Llano, E., Globisch, J., Durand, A., Hettesheimer, T., & Alcalde, E. (2020). Increasing Energy Efficiency in the Food and Beverage Industry: A Human-Centered Design Approach. Sustainability, 12(17), 7037. https://doi.org/10.3390/su12177037

Miserocchi, L., Franco, A., & Testi, D. (2024). Status and prospects of energy efficiency in the glass industry: Measuring, assessing and improving energy performance. *Energy Conversion and Management: X*, 67, 119698. https://doi.org/10.1016/j.ecmx.2024.100720

Misztal, A., Kowalska, M., Fajczak, A., & Strunecky, O. (2021). Energy Efficiency and Decarbonization in the Context of Macroeconomic Stabilization. Energies, 14(16), 5197. https://doi.org/10.3390/en14165197

Mitra, R., Samanta, A. K., Chaudhuri, S., & Dutta, D. (2017). Effect of selected physico-chemical factors on bacterial β-cryptoxanthin degradation: Stability and kinetic study. *Journal of Food Process Engineering, 40*(8), 319–330. https://doi.org/10.1111/jfpe.12379

Mohamed, A. M., Mahdi, E. S., Hameed, S. M., Abdul-Reda Hussein, U. A. R., Altimari, U. S., Aljeboree, A. M., & Alkaim, A. F. (2025). Copper ion removal from aqueous media using a dual-polymer hydrogel nanocomposite: A sodium alginate and acrylamide approach. *Journal of Nanostructures, 5*(2), 12–26. https://doi.org/10.22052/JNS.2025.02.015

Molina-García, Á. G., Feliciano, R. A., & Ramos Ciprián, R. D. (2021). PV solar integration analysis and overview: An energy transition case study in the Dominican Republic. *Proceedings of the Power Engineering Conference*. https://doi.org/10.1109/CPE-POWERENG50821.2021.9501185

Moya, D., Budinis, S., Giarola, S., & Hawkes, A. D. (2020). Agent-based scenarios comparison for assessing fuel-switching investment in long-term energy transitions of India's industry sector. *Applied Energy, 262,* 115295. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.115295

Muritala, I. K., Igbadumhe, J., Dilek, M., Semiz, O., & Feijo, L. P. (2025). Guiding the transition: A conceptual framework for offshore green hydrogen production on oil and gas platforms. *Proceedings of the Annual Offshore Technology Conference*. https://doi.org/10.4043/35801-MS

Nagovnak, P., Kienberger, T., Baumann, M., Binderbauer, P. J., & Vouk, T. (2022). Improving the methodology of national energy balances to adapt to the energy transition. *Energy Strategy Reviews*, 42, 100994. https://doi.org/10.1016/j.esr.2022.100994

Nakagaki, T. (2021). Issues in power generation and future prospects. In *Energy and Environmental Technology* (pp. 45-60). https://doi.org/10.1016/B978-0-12-820733-8.00005-4

Nalule, V. R., Olawuyi, D. S., & Muinzer, T. L. (2024). The role of African extractive industries in the global energy transition: An analysis of barriers and strategies.

Extractive Industries and Society, 12(3), 101513. https://doi.org/10.1016/j.exis.2024.101513

Namazifard, N., Vingerhoets, P., & Delarue, E. D. (2024). Long-term cost optimization of a national low-carbon hydrogen infrastructure for industrial decarbonization. *International Journal of Hydrogen Energy*. https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2024.02.324

Nayak, S. K., & Yuvarajan, D. (2024). Evaluating ignition improvers on performance and emissions of Calophyllum Inophyllum biodiesel in turbocharged diesel engines. *Results in Engineering, 18*, 103664. https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.103664

Negri, S., Blasuttigh, N., Pagani, C., Massi Pavan, A., & Pastore, S. (2024). Economic and environmental assessment of industrial renewable energy communities. *International Conference on the European Energy Market, EEM*. https://doi.org/10.1109/EEEIC/ICPSEurope61470.2024.10751574

Nemati Taher, F., Zeyninejad Movassag, S., Razmi, K., & Tasouji Azar, R. (2012). Baffle space impact on the performance of helical baffle shell and tube heat exchangers. *Applied Thermal Engineering*, 42(5), 137-145. https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2012.03.042

Ngasse Moudio, N. D., Bian, X., Chinamo, D., & Liu, Q. (2026). Liquid hydrogen carriers for clean energy systems: A critical review of chemical hydrogen storage strategies. *Fuel, 267,* 136329. https://doi.org/10.1016/j.fuel.2025.136329

Nguyen, D. T., & Nguyen, V. (2025). Climate risk and credit losses: A global perspective on heterogeneous impacts. *Journal of Environmental Assessment Policy and Management, 27*(4), 234–245. https://doi.org/10.1142/S1464333225500103

Nguyen-Huu, A., & Pottier, A. (2020). Hicksian traverse revisited: Conditions for the energy transition. *Structural Change and Economic Dynamics, 55*, 45–56. https://doi.org/10.1016/j.strueco.2020.04.012

Nikhil, P., Prakash, G. B., Kavyasri, K., & Sivasankar, P. (2024). Analysis on CO2 emissions, green hydrogen requirement and geo-storage potential of hydrogen for decarbonization of industrial operations in southeastern coast of India. *International Journal of Hydrogen Energy*. https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2023.08.235

Niu, B., Wang, L., Dong, J., & Xiao, G. (2025). A blessing in disguise: Paying for the manufacturer's clean energy transformation allows brands to win more. *International Journal of Production Research*. https://doi.org/10.1080/00207543.2025.2507106

Ofoegbu, C., Balzter, H., & Phillips, M. (2023). Evidence synthesis towards a holistic landscape decision framework: Insight from the landscape decisions programme. *Land, 12*(8), 1543. https://doi.org/10.3390/land12081543

Oh, H., Jun, S., Kim, J. Y., & Chu, H. Y. (2023). Korea's emissions trading system for low-carbon energy and economic transformation: A quantitative study evaluating the impact of phase I of the KETS on energy efficiency and the energy mix. *Energy Efficiency*, 16(5), 10093-w. https://doi.org/10.1007/s12053-023-10093-w

Okere, K. I., Dimnwobi, S. K., & Fasanya, I. O. (2025). Striding towards a greener future: Unlocking the potential of natural resources and employment dynamics in green energy transition in Sub-Saharan Africa. *Managerial and Decision Economics, 46*(1), 1–15. https://doi.org/10.1002/mde.4377

Ong, B., Bhadbhade, N., Olsen, D., & Wellig, B. (2023). Characterizing sector-wide thermal energy profiles for industrial sectors. Energy, 282, 129028. https://doi.org/10.1016/j.energy.2023.129028

Ongo Nkoa, B. E., & Fonguen-Kong-Ngoh, A. B. (2024). Industrialisation in Africa: The role of energy transition. *Energy Policy*. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2024.114271

Osello, A., Del Giudice, M., Donato, A. J., & Fratto, A. (2024). Towards climate neutrality: The key role of the digital twin in Industry 5.0. *Agathon - International Journal of Architecture, Art and Design*. https://doi.org/10.19229/2464-9309/15222024

Østergaard, P. A., & Johannsen, R. M. (2022). Energy transition in the global south – Editorial for the International Journal of Sustainable Energy Planning and Management vol 35. *International Journal of Sustainable Energy Planning and Management, 35,* 1–6. https://doi.org/10.54337/ijsepm.7393

Oteng, C., Iledare, O. O., Peprah, J. A., & Gamette, P. (2024). Towards just energy transition: Renewable energy transition dynamics and sectorial employment in Ghana. *Sustainability (Switzerland)*, 16(9), 3771. https://doi.org/10.3390/su16093761

Ouedraogo, H., González Martínez, M., Sadio Sidibe, S. D., Richardson, Y., & Nzihou, A. (2025). Comparing the kinetic and thermodynamic behavior of mango kernel and its two main components through pyrolysis and combustion. *Energy Conversion and Management*, 261, 120347. https://doi.org/10.1016/j.enconman.2025.120347

Ovsyannikov, I. R., & Zhdaneev, O. V. (2024). Forecast of innovative activity in key areas of energy transition technologies based on analysis of patent activity. *International Journal of Hydrogen Energy, 49*(6), 3345–3358. https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2024.08.375

Pai, S., Emmerling, J., Drouet, L., Zerriffi, H., Jewell, J., & McCollum, D. (2021). Meeting well-below 2°C target would increase energy sector jobs globally. *One Earth, 4*(6), 516–524. https://doi.org/10.1016/j.oneear.2021.06.005

Palone, O., Cedola, L., Borello, D., & Markides, C. N. (2024). Decarbonizing power and fuels production by chemical looping processes: Systematic review and future perspectives. *Applied Thermal Engineering*. https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2024.123844

Pan, X., Shao, T., Zheng, X., Zhang, Y., Ma, X., & Zhang, Q. (2023). Energy and sustainable development nexus: A review. Energy Strategy Reviews, 47, 101078. https://doi.org/10.1016/j.esr.2023.101078

Papadis, E., & Tsatsaronis, G. (2020). Challenges in the decarbonization of the energy sector. Energy, 205, 118025. https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.118025

Park, J., Hwang, J., & Kim, D. (2025). Balancing the scales of renewable energy 100%: Addressing disparities in sectoral electricity consumption. *Renewable Energy*. https://doi.org/10.1016/j.renene.2025.123372

Pasinrangi, H., Suryana, F., Ramadhan, G. F., Hendrianto, C., Yandri, E., Ariati, R., Setyobudi, R. H., Suherman, S., Lomi, A., & Zeeker, I. (2023). Comparative analysis of energy efficiency programs in large ASEAN industries with sustainable energy indicators. *E3S Web of Conferences*. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202343200013

Passalacqua, H., & Alsaba, M. T. I. (2020). Energy transitions: An academia take on shaping the future professionals of oil and gas. *SPE Annual Technical Conference Proceedings*. https://doi.org/

Pata, U. K., Kartal, M. T., Ahmed, Z., & Sinha, A. (2025). Relationship between green bonds and carbon neutrality: Evidence from top five emitting countries' sectoral CO_2 emissions. *Financial Innovation, 11*(1), 12–23. https://doi.org/10.1186/s40854-024-00691-7

Peng, X., Tao, X., Zhang, H., Chen, J., Feng, K. (2021). CO2 emissions from the electricity

sector during China's economic transition: From the production to the consumption perspective. *Sustainable Production and Consumption, 27*, 220-231. https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.02.024

Pérez Uc, D. A., de León-Aldaco, S. E., & Aguayo-Alquicira, J. (2024). Trends in hybrid renewable energy system (HRES) applications: A review. *Energies, 17*(11), 2578. https://doi.org/10.3390/en17112578

Peris-Blanes, J., Segura-Calero, S., Sarabia, N., & Ribó-Pérez, D. (2022). The role of place in shaping urban transformative capacity: The case of València (Spain). *Environmental Innovation and Societal Transitions, 43*, 56-67. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.121843

Petrescu, M. G., Neacșa, A., Laudacescu, E. V., Tănase, M., & Tănasă, M. (2023). Energy in the era of Industry 5.0—Opportunities and risks. *Springer Proceedings in Earth and Environmental Sciences*, 17, 123–145. https://doi.org/10.1007/978-3-031-26232-6_4

Philipp, M. J. R., Schumm, G. M., Peesel, R. H., Walmsley, T. G., Atkins, M. J., Schlosser, F., Hesselbach, J. (2017). Optimal energy supply structures for industrial food processing sites in different countries considering energy transitions. *Energy, 124*, 225-239. https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.05.062

Pierri, E., Hellkamp, D., Thiede, S., & Herrmann, C. (2021). Enhancing energy flexibility through the integration of variable renewable energy in the process industry. *Procedia CIRP, 98*, 283–288. https://doi.org/10.1016/j.procir.2020.12.001

Pinheiro, R., Pronto, A. G., & Pina, J. M. (2024). Economic feasibility of production units for self-consumption with storage batteries to charge electric vehicles: Case study in the residential Portuguese sector. *Proceedings of the YEF-ECE Conference*. https://doi.org/10.1109/YEF-ECE62614.2024.10625262

Plazas, F., Ortiz, N., & Montes, E. (2022). National energy system optimization modelling for decarbonization pathways analysis: A systematic literature review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 162, 112406. https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112406

Porcaro, R. R., De Jesus Mol Peixoto, J., De Castro, P. S. C., & De Faria, G. L. (2025). Is this the end of mining and metallurgical-related engineering? No, if we can inspire young people to become the protagonists of this industry transformation. *JOM*. https://doi.org/10.1007/s11837-025-07357-4

Poupeau, F. M. (2020). Everything must change in order to stay as it is. The impossible decentralization of the electricity sector in France. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109597

Pritzsche, K. U., & Reinhardt, K. (2023). Germany. In *The Industrial World in the Twenty-First Century* (pp. 281–295). Oxford University Press. https://doi.org/10.1093/oso/9780192849809.003.0015

Pursiheimo, E., Holttinen, H., & Koljonen, T. (2019). Inter-sectoral effects of high renewable energy share in global energy system. *Renewable Energy, 141*, 374–386. https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.09.082

Rafikul Islam, M. D., Rehan Alam, M. D., Rayhan, U., Khan, F., Aldossari, S. A., Mohammad Wabaidur, S., Rana, S., & Hoque, M. A. (2024). Cloudy development and physico-chemical parameters for the Triton X-100 and levofloxacin hemihydrate drug mixture: Impacts of the manifestation of several short-chain alcohols and urea. *Journal of Molecular Liquids*, 351, 123621. https://doi.org/10.1016/j.molliq.2023.123621

Rajabloo, T., De Ceuninck, W. A., Van Wortswinkel, L., Rezakazemi, M., Aminabhavi, T. M. (2022). Environmental management of industrial decarbonization with focus on

chemical sectors: A review. *Journal of Environmental Management*, 276, 114055. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.114055

Ranaboldo, M., Aragüés-Peñalba, M., Arica, E., Bade, A., Bullich-Massagué, E., Burgio, A., Caccamo, C., Caprara, A., Cimmino, D., & Domenech, B. (2024). A comprehensive overview of industrial demand response status in Europe. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 175*, 143129. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.143129

Rautela, A., Rawat, S., Yadav, I., Gangwar, A., Kumar, S. (2023). Process integration opportunities applied to microalgae biomass production. *Springer Proceedings*. https://doi.org/10.1515/9783110781267-011

Rauzier, E., Toulouse, E. (2022). The material impacts of an energy transition based on sufficiency, efficiency, and renewables. *ECEEE Summer Study Proceedings*. https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2024.e02375

Reatti, L., Russo, F., & Reatti, A. (2024). The energy transition impact on the Italian job market. *Energy Economics*. https://doi.org/10.1109/EEEIC/ICPSEurope61470.2024.10751217

Rehman, A., Saeed, A., & Bilal, M. (2025). Analytical study of three-dimensional MHD hybrid nanofluid flow along with thermal characteristics and radiative solar energy. *Waves in Random and Complex Media*, 35(2), 208-222. https://doi.org/10.1080/17455030.2022.2077472

Reigstad, G. A., Roussanaly, S., Straus, J., Anantharaman, R., De Kler, R. C. F., Akhurst, M. C., Sunny, N., Goldthorpe, W. H., Avignon, L., Pearce, J. M. (2022). Moving toward the low-carbon hydrogen economy: Experiences and key learnings from national case studies. *Advances in Applied Energy, 7*(2), 100108. https://doi.org/10.1016/j.adapen.2022.100108

Ribeiro, I., Lopes, H. S., Dinis, M. A. P., & Remoaldo, P. C. (2025). Geography of sustainability transitions: Mapping spatial dynamics and research trends between 1995 and 2024. *Environments - MDPI, 12*(5), 148. https://doi.org/10.3390/environments12050148

Rincon, A. F. A., Ouana, S. A., De Souza, T. C., Vieira, D. A., Ribeiro, J. D. O. (2024). Recent technological advances in the production of green hydrogen: A review. *International Journal of Energy Technology and Policy*, 13(3), 229-240. https://doi.org/10.1504/IJETP.2024.141379

Risso, R., Cardona, L., Archetti, M., Lossani, F., Bosio, B., Bove, D. (2023). A review of on-board carbon capture and storage techniques: Solutions to the 2030 IMO regulations. *Energies, 16*(18), 6748. https://doi.org/10.3390/en16186748

Rivera, S., Kouro, S., Vazquez, S., Goetz, S. M., Lizana F, R., & Cadaval, E. R. (2021). Electric vehicle charging infrastructure: From grid to battery. *IEEE Industrial Electronics Magazine, 38*(12), 112–118. https://doi.org/10.1109/MIE.2020.3039039

Rodriguez-Matas, A. F., Perez-Bravo, M., Linares, P., & Romero, J. C. (2024). OpenMaster: The open source model for the analysis of sustainable energy roadmaps. *Energy Strategy Reviews*, 42, 101456. https://doi.org/10.1016/j.esr.2024.101456

Roman, K. K., Roman, M., Szadkowska, D., Szadkowski, J., & Grzegorzewska, E. (2021). Evaluation of physical and chemical parameters according to energetic willow (*Salix viminalis* L.) cultivation. *Energies, 14*(10), 2968. https://doi.org/10.3390/en14102968

Romero-Ramos, J. A., I, A., Esco, R. A., Yunesky, M. M., & Pérez-García, M. (2025). Assessing green hydrogen production potential using photovoltaic solar energy in industrial buildings of southeastern Spain. *International Journal of Hydrogen Energy*.

https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2025.01.496

Romijn, H. A. (2020). Reflection on "Energy transition and gender in the informal street food sector in Africa". *In Energy, Environment, and Sustainability* (pp. 1–12). https://doi.org/10.1007/978-3-030-43513-4_10

Rothbart, M. (2024). How can a sustainable energy infrastructure based on renewable fuels contribute to global carbon neutrality? *SAE Technical Papers*. https://doi.org/10.4271/2024-01-3023

Rozon, F., Owen, M. T. F., & McGregor, C. (2025). Can South Africa withdraw from its addiction to cheap coal? A three-phase transition framework for industry. *Energies*. https://doi.org/10.3390/en18133241

Ruf, J., Zimmerlin, M., Sauter, P. S., Köppel, W., Suriyah, M. R., Kluwe, M., Hohmann, S., Leibfried, T., & Kolb, T. (2018). Simulation framework for multi-carrier energy systems with power-to-gas and combined heat and power. *UPEC Conference Proceedings*. https://doi.org/10.1109/UPEC.2018.8542066

Ruíz-Carmona, O., Islas-Samperio, J. M., Larrondo-Posadas, L., Manzini, F. L., Grande-Acosta, G. K., Álvarez-Escobedo, C. (2021). Solid biofuels scenarios from rural agricultural and forestry residues for Mexican industrial SMEs. *Energies*. https://doi.org/10.3390/en14206560

S&P Global. (2021). Energy Transition: Accelerating Change. Recuperado de https://www.spglobal.com/commodity-insights/en/news-research/special-reports/energy-transition

Safarov, J. I., Hasanov, R. I., Huseynova, E., & Safarli, A. (2025). Global primary aluminum production outlook to 2030: A time series forecast using ARIMA. *Mathematical Modelling of Engineering Problems, 12*(7), 732–738. https://doi.org/10.18280/mmep.120732

Safarzynska, K., Di Domenico, L., & Raberto, M. (2023). The circular economy mitigates the material rebound due to investments in renewable energy. *Journal of Cleaner Production*. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136753

Saleh, M. A., & Alshafee, M. (2025). Recurrent neural network strategies for decoupling energy consumption and greenhouse gas emissions in Hungary's industrial sector. *Energy Conversion and Management: X*. https://doi.org/10.1016/j.ecmx.2025.101219

Salladini, A., Agostini, E., Borgogna, A., & Iaquaniello, G. (2019). Waste feedstocks for sustainable chemicals and fuels. *Studies in Surface Science and Catalysis*, 258, 195-210. https://doi.org/10.1016/B978-0-444-64337-7.00011-2

Sánchez-Diéguez, M., Fattahi, A., Sijm, J., Morales-España, G. A., & Faai, A. P. C. (2021). Modelling of decarbonisation transition in national integrated energy system with hourly operational resolution. *Advances in Applied Energy*, 22(1), 45-60. https://doi.org/10.1016/j.adapen.2021.100043

Sandberg, E., Toffolo, A., & Krook-Riekkola, A. (2019). A bottom-up study of biomass and electricity use in a fossil-free Swedish industry. *Energy*. https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.11.065

Saris, F. W. (2022). Towards a sustainable society considerations from a natural science perspective. *International Journal of Social Quality, 12*(1), 106–122. https://doi.org/10.3167/IJSQ.2022.120106

Sarmiento, L., Emmerling, J., Pietzcker, R. C., Daio-glou, V., Dalla Longa, F., Dekker, M. M., Drouet, L., Fattahi, A., Fragkos, P. F., & Henke, H. T. J. (2024). Comparing net zero pathways across the Atlantic: A model inter-comparison exercise between the

Energy Modeling Forum 37 and the European Climate and Energy Modeling Forum. *Energy and Climate Change*, 77, 100176. https://doi.org/10.1016/j.egycc.2024.100144

Satymov, R., Bogdanov, D. A., Galimova, T., & Breyer, C. (2025). Energy and industry transition to carbon-neutrality in Nordic conditions via local renewable sources, electrification, sector coupling, and power-to-X. *Energy*, 245, 134888. https://doi.org/10.1016/j.energy.2025.134888

Savio, A. (2023). Modeling energy transition in US commercial real estate: A diffusion comparison with the industrial sector. *Engineering Proceedings, 6*(3), 9015. https://doi.org/10.3390/engproc2023039015

Savvakis, N., Sifakis, N. K., Kotakidis, X., & Arampatzis, G. (2023). Multiple energy resources integration in the food industry: A technoeconomic analysis. *Journal of Cleaner Production, 412,* 139055. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.139055

Schneider, A. K., Klabunde, F., Buck, L., Ohlhoff, M., Reis, L., Olvermann, M., Kauffeld, S., Engel, B., Glatzel, G., & Schröder, B. (2023). Drawing transformation pathways for making use of joint effects of food and energy production with biodiversity agrivoltaics and electrified agricultural machinery. *Journal of Environmental Management, 311*, 117539. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.117539

Schnuelle, C., Kisjes, K. H., Stuehrmann, T., Thier, P., Nikolić, I., Von Gleich, A., & Gößling-Reisemann, S. (2020). From niche to market—An agent-based modeling approach for the economic uptake of electro-fuels (power-to-fuel) in the German energy system. *Energies*. https://doi.org/10.3390/en13205522

Schulz, J., Paul, M., Roth, S., & Scharmer, V. M. (2022). Assessing energy flexibility in non-energy-intensive manufacturing companies. *IEEE Industrial Electronics Magazine, 16*(8), 10330–10344. https://doi.org/10.1109/iSPEC54162.2022.10033061

Schütte, P., Vetter, S., Vastres, J., & Kota, A. C. (2025). Production and supply dynamics (2017–2023) associated with artisanal and small-scale mining of critical raw materials in Africa. *Resources Policy, 75*, 105659. https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2025.105659

Schwarz, A. E., Lensen, S. M. C., Herlaar, S. D. M., Van Harmelen, T., & Stegmann, P. H. (2024). The circular industrial transformation system (CITS) model - Assessing the life cycle impacts of climate and circularity strategies. *Journal of Cleaner Production*. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.144158

Sekhar, J. S., Beno, W. B., & Mathimani, T. (2025). Integration of bioenergy in industrial symbiosis and the assessment of its environmental and life cycle impact for circular energy transition. *Energy Conversion and Management*. https://doi.org/10.1016/j.enconman.2025.120376

Shen, Y., Liu, S., Zhu, C., Tao, J., Chen, Z., Tao, H., Pan, L., Wang, G., Wang, T. (2017). Bouncing dynamics of impact droplets on the convex superhydrophobic surfaces. *Applied Physics Letters*, 110(9), 093-234. https://doi.org/10.1063/1.4984230

Shi, B., Jiang, Q., Shi, M., & Managi, S. (2025). Exploring the effects of carbon pricing and carbon quota control on the energy transition towards carbon neutrality: A computable general equilibrium analysis of the Zhejiang region of China. *Energies*, 18(5), 1029. https://doi.org/10.3390/en18051029

Shi, W., Tan, T., Fang, Y., Liu, X., Chang, Y., Liu, Z., Siddique, I. A., Ameen, A., & Xu, Y. (2025). Quantifying reasonable straw removal rate to achieve food security, bioenergy transition and climate mitigation in China. *Resources, Conservation and Recycling*. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2024.108114

Shideler, J. C., & Hetzel, J. (2021). The path to net zero. *Springer Climate*. https://doi.org/10.1007/978-3-030-87918-1_8

Sitarz, J., Pahle, M., Osorio, S., Luderer, G., & Pietzcker, R. C. (2024). EU carbon prices signal high policy credibility and farsighted actors. *Nature Energy, 9,* 357–367. https://doi.org/10.1038/s41560-024-01505-x

Slaoui, Z., Faquir, S., Zidani, K. A., & Ali, Y. (2023). Green hydrogen for industry: A proposed approach to manage the flow of energy in industrial sector in Morocco. In *Lecture Notes in Networks and Systems*, 100-115. https://doi.org/10.1007/978-981-19-7660-5_11

Smith, S. J., Rao, S., Riahi, K., Van Vuuren, D. P., Calvin, K. V., & Kyle, P. G. (2016). Future aerosol emissions: A multi-model comparison. *Climatic Change*, 148(2), 173-187. https://doi.org/10.1007/s10584-016-1733-y

Smouh, S., Gargab, F. Z., Ouhammou, B., Mana, A., Saadani, R., & Jamil, A. (2022). A new approach to energy transition in Morocco for low carbon and sustainable industry (case of textile sector). *Energies*. https://doi.org/10.3390/en15103693

Sommani, P., Hongbin, N., Tipves, K., & Waritswat, A. W. (2025). Trends of hydrogen applications in Thailand. *Springer Proceedings in Earth and Environmental Sciences, 13,* 72–84. https://doi.org/10.1007/978-3-031-81560-7_21

Sorbier, A. (2024). Offshore CCS: A North Sea perspective from the ARAMIS project. *Energy Reports*. https://doi.org/

Soria-González, J. A., Tauro, R. J., Alvarado-Flores, J. J., Berrueta, V. M., & Rutiaga-Quiñones, J. G. (2022). Avocado tree pruning pellets (*Persea americana* Mill.) for energy purposes: Characterization and quality evaluation. *Energies, 15*(20), 7514. https://doi.org/10.3390/en15207514

Sovacool, B., Bazilian, M., Griffiths, S., Kim, J., Foley, A., & Rooney, D. (2021). Decarbonizing the food and beverages industry: A critical and systematic review of developments, sociotechnical systems and policy options. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 143, 110856. https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.110856

Sovacool, B., Bazilian, M., Griffiths, S., Kim, J., Foley, A., & Rooney, D. (2021). Decarbonizing the food and beverages industry: A critical and systematic review of developments, sociotechnical systems and policy options. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 143, 110856. https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.110856

Špelić, I., Mihelić-Bogdanić, A. (2024). Optimizing energy savings in polyisoprene production through solar-based thermal technology. *Green Energy and Technology*. https://doi.org/10.1007/978-3-031-59005-4_7

St George Ramsay, T. (2022). Electrode placement evaluation in radio frequency hydrogen generation using multiphysics simulation. *Journal of Petroleum Technology*. https://doi.org/10.2118/210801-MS

Stančin, H., Pfeifer, A., Perakis, C., Stefanatos, N. C., Damasiotis, M., Magaudda, S., Di Pietrantónio, F., Mikulčić, H. (2022). Blue energy spearheading the energy transition: The case of Crete. *Frontiers in Energy Research*. https://doi.org/10.3389/fenrg.2022.868334

Steinberg, L., Glos, S., Adelt, N., Schlehuber, D., & Span, R. (2025). Analysis and design of an ultra-high temperature heat pump using CO_2 providing carbon-neutral industrial heat. *Conference Proceedings of the European SCO_2 Conference*. https://doi.org/10.17185/duepublico/83312

Su, R., Xiao, Y., Hamza, F., Mamadiyarov, Z., & Wahab, A. (2025). Scaling up green

hydrogen in China: Economic opportunities and challenges. *International Journal of Hydrogen Energy*. https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2025.04.126

Sun, Z. (2023). Hydrogen energy: Development prospects, current obstacles and policy suggestions under China's "dual carbon" goals. *Chinese Journal of Urban and Environmental Studies*. https://doi.org/10.1142/S2345748123500069

Sundaramoorthy, S., Kamath, D., Nimbalkar, S., Price, C., Wenning, T., & Cresko, J. (2023). Energy Efficiency as a Foundational Technology Pillar for Industrial Decarbonization. Sustainability, 15(12), 9487. https://doi.org/10.3390/su15129487

Superchi, F., Mati, A., Pasqui, M., Carcasi, C., Bianchini, A. (2022). Techno-economic study on green hydrogen production and use in hard-to-abate industrial sectors. *Journal of Physics: Conference Series*. https://doi.org/10.1088/1742-6596/2385/1/012054

Szymańska, E. J., & Mroczek, R. (2023). Energy intensity of food industry production in Poland in the process of energy transformation. *Energies, 16*(4), 1843. https://doi.org/10.3390/en16041843

Tadlock, T., Rubio, O., & Ristanovic, D. (2022). The green hydrogen revolution - Integrating hydrogen into industrial applications. *Record of Conference Papers - Annual Petroleum and Chemical Industry Conference*. https://doi.org/10.1109/PCIC42668.2022.10181257

Tanwar, E., Nagar, S., Kumari, K., Mallesh, G., Goyal, S. K., & Sonu. (2024). Enrichment of papaya juice using covalently immobilized xylanase from *Bacillus pumilus* SV-85S. *Biomass Conversion and Biorefinery, 14*(1), 13–25. https://doi.org/10.1007/s13399-022-03521-x

Tarpaga, P. M., El Jalil, M. H., & Mouhat, O. (2025). Enhancing climate resilience: Comparative analysis of territorial strategies in Tangier, Andalusia, Tunis, and Marseille. *Polityka Energetyczna, 28*(2), 118–135. https://doi.org/10.33223/epj/199837

Thiede, S. (2022). Cyber physical production systems and their role for decarbonization of industry. *Lecture Notes in Energy*, 43, 83-104. https://doi.org/10.1007/978-3-030-86215-2_8

Tian, Z., Wang, S., Zhang, L., Zhang, P., Ye, Z., Zhu, Z., Dong, L., Ma, W., Yin, W., & Xion, L. (2023). Development and application of LIBS-XRF coupled multi-spectrum coal quality analyser (invited). *Guangzi Xuebao/Acta Photonica Sinica*, 42(5), 032109. https://doi.org/10.3788/gzxb20235203.0352109

Turakulov, Z., Kamolov, A., Norkobilov, A., Variny, M., & Fallanza, M. (2024). Assessment of CO2 emission and decarbonization measures in Uzbekistan. *International Journal of Environmental Research*, 18, 10093-w. https://doi.org/10.1007/s41742-024-00578-6

Ubale, S., Remenyte-Prescott, R., Stuart, A. D., Hague, A., & Grant, D. M. (2025). Reliability analysis of PEM electrolyser balance of plant. *Proceedings - Annual Reliability and Maintainability Symposium*. https://doi.org/10.1109/RAMS48127.2025.10935111

Ueda, T. (2022). Structural decomposition analysis of Japan's energy transitions and related CO2 emissions in 2005–2015 using a hybrid input-output table. *Environmental and Resource Economics*, 73(4), 955-974. https://doi.org/10.1007/s10640-022-00650-9

Urbano, E. M., Martínez-Viol, V., Kampouropoulos, K., & Romeral, L. (2020). Future European energy markets and Industry 4.0 potential in energy transition towards decarbonization. *Renewable Energy and Power Quality Journal*, 18(268), 24084. https://doi.org/10.24084/repqj18.268

Urbano, E. M., Martínez-Viol, V., Kampouropoulos, K., & Romeral, L. (2021). Energy equipment sizing and operation optimisation for prosumer industrial SMEs: A lifetime approach. *Applied Energy, 288,* 117329. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2021.117329

Usman, M., Jahanger, A., Makhdum, M. S. A., Radulescu, M., Balsalobre-Lorente, D., Jianu, E. M. (2022). An empirical investigation of ecological footprint using nuclear energy, industrialization, fossil fuels and foreign direct investment. *Energies, 15*(17), 6442. https://doi.org/10.3390/en15176442

Vahidinasab, V., Ardalan, C., Mohammadi, B., Giaouris, D., & Walker, S. (2021). Active Building as an Energy System: Concept, Challenges, and Outlook. IEEE Access, 9, 58009–58024. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3073087

Valdes, J. N., Masip Macía, Y., Dorner, W., & Ramírez Camargo, L. (2021). Unsupervised grouping of industrial electricity demand profiles: Synthetic profiles for demand-side management applications. *Energy, 218*, 118962. https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.118962

Valdes, J. N., Pogue González, A. B., Ramírez Camargo, L., Valin Fenández, M., Masip Macía, Y., & Dorner, W. (2019). Industry, flexibility, and demand response: Applying German energy transition lessons in Chile. *Energy Research and Social Science, 49*, 122–135. https://doi.org/10.1016/j.erss.2019.03.003

Vallarta, S., Santoyo, E., Santoyo, E., García, E., & Vázquez, H. (2023). Integrated Sustainability Assessment Framework of Industry 4.0 from an Energy Systems Thinking Perspective: Bibliometric Analysis and Systematic Literature Review. Energies, 16(14), 5440. https://doi.org/10.3390/en16145440

Van Bilsen, D. J. C., Huang, Y., & Fen, L. (2020). Co-simulation of energy transition in residential sectors of Chinese lower-tier cities. *Energy Journal*. https://doi.org/10.46354/i3m.2020.sesde.002

Vats, G., & Mathur, R. (2022). A net-zero emissions energy system in India by 2050: An exploration. *Journal of Cleaner Production, 287*, 131417. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131417

Veres, T., Tobak, J., & Tóth-Nagy, G. (2025). ESG in practice: Sustainability, ethics, and innovation tailored to sectors. *Springer*. https://doi.org/10.4018/979-8-3373-0045-0.ch012

Vetrova, M., Pakhomova, N. V., & Richter, K. K. (2023). Strategies for the development of the Russian energy industry in the conditions of climate challenges and geopolitical instability. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo Universiteta. Ekonomika*. https://doi.org/10.21638/spbu05.2023.401

Viganò, M. (2011). SMC - Soft magnetic composites; Materiali magnetici dolci. *Metallurgia Italiana, 54*(2), 23–29.

Villarruel-Jaramillo, A., Pérez-García, M., Cardemil, J. M., & Escobar, R. A. (2021). Review of polygeneration schemes with solar cooling technologies and potential industrial applications. *Energies*, 14(20), 6450. https://doi.org/10.3390/en14206450

Villarruel-Jaramillo, A., Rosales-Pérez, J. F., Pérez-García, M., Cardemil, J. M., & Escobar, R. A. (2023). Advancing the industrial sector energy transition with hybrid solar systems: Evaluation of small winemaking in Ecuador. *Engineering Proceedings, 5*(1), 21. https://doi.org/10.3390/engproc2023047021

Vishwanathan, S. S., Garg, A. (2020). Energy system transformation to meet NDC, 2 °C, and well below 2 °C targets for India. *Climatic Change, 159*(1), 227-239.

https://doi.org/10.1007/s10584-019-02616-1

Višković, A., Franki, V., & Jevtić, D. S. (2022). Artificial intelligence as a facilitator of the energy transition. *Proceedings of the International Energy Conference*. https://doi.org/10.23919/MIPRO55190.2022.9803700

Wagner, F. W. (2022). EITI – Development of sustainable good governance concepts for mining and resource extraction using global network structures. *Mining Report*, 28(3), 21–35. https://doi.org/

Wang, C., Sun, F., & Xu, Y. (2023). Development status of global key clean energy technologies in the context of carbon neutrality. *Studies in Science of Science*. https://doi.org/10.19705/j.cnki.issn2096-5125.2022.04.010

Wang, D., Liu, X., Yang, X., Zhang, Z., Wen, X., & Zhao, Y. (2021). China's energy transition policy expectation and its CO2 emission reduction effect assessment. *Frontiers in Energy Research*. https://doi.org/10.3389/fenrg.2020.627096

Wang, L., Yang, P., Ma, J., Zhu, Z., & Tian, Z. (2023). Digital economy and industrial energy efficiency performance: Evidence from the city of the Yangtze River Delta in China. *Environmental Science and Pollution Research, 30*(6), 7356–7367. https://doi.org/10.1007/s11356-023-31538-w

Wei, J., Xu, D., Yang, J., Zhang, X., Mu, T., Wang, Q. (2018). Analysis of the interaction mechanism of anthocyanins (Aronia melanocarpa Elliot) with β-casein. *Food Hydrocolloids*, 82, 84-91. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.06.011

Wei, T., Li, H., & Miao, J. (2025). Integration and development path of smart grid technology: Technology-driven, policy framework, and application challenges. *Processes*. https://doi.org/10.3390/pr13082428

Wohlfarth, K., Eichhammer, W., Schlomann, B., & Worrell, E. (2018). Tailoring cross-sectional energy-efficiency measures to target groups in industry. *Energy Efficiency*, 11(7), 1575-1590. https://doi.org/10.1007/s12053-018-9619-7

Wohlfarth, K., Schlomann, B., Eichhammer, W., & Worrell, E. (2016). Chances for changes: Tailoring energy-efficiency measures to target groups. *ECEEE Industrial Summer Study Proceedings*, 1–12. https://doi.org/10.1007/

Wojnicki, M., Kuśnierczyk, J., Szuflita, S., Warnecki, M. (2022). Combining of the geothermal production with the mineral sequestration of CO2. *Nafta - Gaz*, 78(2), 200-210. https://doi.org/10.18668/NG.2022.06.04

Wu, B., Wang, Z., Tian, Y., & Zheng, S. (2024). The impact of industrial transformation and upgrading on fossil energy elasticity in China. *Journal of Cleaner Production*. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.140287

Wu, K. Y., Huang, Y., & Wu, J. H. (2018). Impact of electricity shortages during energy transitions in Taiwan. *Energy*. https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.03.049

Wu, Y., Wu, Y., Çimen, H., Vasquez, J. C., & Guerrero, J. M. (2022). Towards collective energy community: Potential roles of microgrid and blockchain to go beyond P2P energy trading. *Applied Energy*, 308, 119003. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2022.119003

Xiang, P., He, C., Chen, S., Jiang, W., Liu, J., Jiang, K. (2023). Role of hydrogen in China's energy transition towards carbon neutrality target: IPAC analysis. *Advances in Climate Change Research, 14*(2), 45–59. https://doi.org/10.1016/j.accre.2022.12.004

Xu, Q., Lei, Y., Ge, J., & Ma, X. (2017). Did investment become green in China? Evidence from a sectoral panel analysis from 2003 to 2012. *Journal of Cleaner Production*. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.04.075

Xu, Y., Li, X., Li, Y., Zhan, L., Zhao, G., Yao, Y., Li, L. (2024). Exploration and empirical research on technological methodology to incorporate greenhouse gases (GHGs) control into chemical industrial parks planning environmental impact assessments (PEIAs). *Research of Environmental Sciences, 29*(2), 200–215. https://doi.org/10.13198/j.issn.1001-6929.2024.04.02

Xue, Y. (2022). Evaluation analysis on industrial green total factor productivity and energy transition policy in resource-based region. *Energy and Environment, 33*(4), 503-517. https://doi.org/10.1177/0958305X211005428

Yaïci, W., & Entchev, E. (2023). Investigation of the effects of hydrogen-enriched natural gas blends and pure hydrogen on the performance of a domestic condensing boiler. *Energy*. https://doi.org/10.1115/es2023-106980

Yildirim, H., Eyüboğlu, K., Akdağ, S. E., & Alola, A. A. (2024). Examining the existence of speculative bubbles in oil and natural gas prices. *Springer Proceedings in Earth and Environmental Sciences, 12,* 193–207. https://doi.org/10.1201/9781003306214-9

Yonebayashi, H., Matsubuchi, H., Shoukry, M., Al-Marzouqi, A. A., Elmansouri, M. E. A., Al Remeithi, H. M., Eshbair, I., Kawahara, H. (2023). Uplifting engineer's competency for unlocking asset value in the energy transition era: Cross-organizational knowledge sharing management system. *Proceedings of the International Petroleum Technology Conference*. https://doi.org/10.2118/214218-MS

Yu, Z., Yu, H., Xu, J., Wang, Z., Wang, Z., Kang, T., Chen, K., Pu, Z., Wu, J., & Yang, L. (2022). Enhancing thermostability of lipase from *Pseudomonas alcaligenes* for producing L-menthol by the CREATE strategy. *Catalysis Science and Technology, 12*(5), 1104–1115. https://doi.org/10.1039/d2cy00082b

Yuan, J., Peng, K., Xu, H., Zhao, C., & Zhang, H. (2024). National water use of coal-fired power generation: Hybrid life cycle assessment in China. *Advances in Climate Change Research, 15*(1), 34–42. https://doi.org/10.1016/j.accre.2024.09.001

Zardoub, A. (2024). Impact of economic growth, renewable energy consumption and energy intensity on CO2 emissions in BRIC countries: An application of CS-ARDL. *Journal of Infrastructure, Policy and Development, 8*(8), 4312–4320. https://doi.org/10.24294/jipd.v8i8.4312

Zaussinger, F., Schmidt, T. S., & Egli, F. (2025). Skills-based and regionally explicit labor market exposure to the low-carbon transition in Europe. *Joule*, 9(1), 101813. https://doi.org/10.1016/j.joule.2024.101813

Zeraibi, A., Jahanger, A., Adebayo, T. S., Ramzan, M., & Yu, Y. (2023). Greenfield investments, economic complexity, and financial inclusion-environmental quality nexus in BRICS countries: Does renewable energy transition matter? *Gondwana Research, 66*, 10–22. https://doi.org/10.1016/j.gr.2022.12.020

Zhakiyev, N. K., Korhan, K., Kushekkaliyev, A., Sagadatova, N., & Biloshchytskyi, A. (2025). Forecasting of GHG emissions from energy and industrial sectors of Kazakhstan and assessment of mitigation scenarios with high share of renewables. *International Journal of Renewable Energy Research*. https://doi.org/10.20508/ijrer.v15i2.15837.g9052

Zhang, J., Wang, L., Shi, M., Li, Z., Liu, B. (2024). Analysis of risk evolution mechanisms for hydrogen leakage in HECS: A dynamic Bayesian network and scenario deduction approach. *International Journal of Hydrogen Energy, 49*(8), 10101-10115. https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2025.150804

Zhao, C., Xu, J., & Wang, F. (2025). Industrial prosumption-based energy transition

technologies investigation for wastewater sector. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. https://doi.org/10.1016/j.rser.2024.115248

Zhao, J., Zhang, Q., & Zhou, D. (2025). How to effectively improve supply-demand balance in the photovoltaic modules industry: A combined system dynamics and generalized Bass diffusion model approach. *Journal of Renewable and Sustainable Energy*. https://doi.org/10.1063/5.0245632

Zhao, X., Zhang, Y., Wu, G., & Jiang, Z. (2023). Research on wear failure trend prediction method of high-speed gear for wind generators. *Taiyangneng Xuebao/Acta Energiae Solaris Sinica*. https://doi.org/10.19912/j.0254-0096.tynxb.2022-0308

Zheng, S., Zhang, Y., Zhou, S., Ni, Q., & Zuo, J. (2022). Comprehensive energy consumption assessment based on industry energy consumption structure: Part I: Analysis of energy consumption in key industries. *Proceedings of the CIEEC, 2022*, 1–11. https://doi.org/10.1109/CIEEC54735.2022.9845929

Zhironkin, S. A., & Taran, E. A. (2023). Development of surface mining 4.0 in terms of technological shock in energy transition: A review. *Energies*, 16(9), 3639. https://doi.org/10.3390/en16093639

Zhou, J., He, Y., Lyu, Y., Wang, K., Che, Y., & Wang, X. (2023). Long-term electricity forecasting for the industrial sector in western China under the carbon peaking and carbon neutral targets. *Energy for Sustainable Development, 68,* 47–56. https://doi.org/10.1016/j.esd.2023.02.003

Zhou, P., Lv, Y., & Wen, W. (2023). The Low-Carbon Transition of Energy Systems: A Bibliometric Review from an Engineering Management Perspective. Engineering, 29, 147–158. https://doi.org/10.1016/j.eng.2022.11.010

Zhou, S., Tong, Q., Pan, X., Cao, M., Wang, H., Gao, J., & Ou, X. (2021). Research on low-carbon energy transformation of China necessary to achieve the Paris Agreement goals: A global perspective. *Energy Economics, 93*, 105137. https://doi.org/10.1016/j.eneco.2021.105137

Zhu, Y., Liu, M., & Zhang, Y. (2025). The impact of changes in primary energy prices and electricity prices on the industrial energy structure. *ICEAAI Conference Proceedings*, 1–10. https://doi.org/10.1109/ICEAAI64185.2025.10956495

Zhuang, D., Abbas, J., Al-Sulaiti, K. I., Fahlevi, M., Aljuaid, M. M., & Saniuk, S. (2022). Land-use and food security in energy transition: Role of food supply. *Frontiers in Sustainable Food Systems, 6*, 1053031. https://doi.org/10.3389/fsufs.2022.1053031

Zou, Z., & Ahmad, M. (2023). Economic digitalization and energy transition for green industrial development pathways. *Ecological Informatics, 76*, 102323. https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2023.102323

Zuberi, M. J. S., Bhadbhade, N., Wallerand, A. S., Maréchal, F. M. A., Wellig, B., Patel, M. K., Arpagaus, C., Bertsch, S. S. (2020). Decarbonizing Swiss industrial sectors by process integration, electrification, and traditional energy efficiency measures. *ECEEE Industrial Summer Study Proceedings*. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.140473

Żuk, P., & Żuk, P. (2021). On the socio-cultural determinants of Polish entrepreneurs' attitudes towards the development of renewable energy: Business, climate skepticism ideology and climate change. *Energies*. https://doi.org/10.3390/en14123418

Ediciones Transformar