



---

## Tendencias y colaboraciones de tecnologías ambientales en América Latina y El Caribe

### Trends and collaborations in environmental technologies in Latin America and The Caribbean

Alejandra Mercedes Colina-Vargas, Ph.D.  
Universidad Ecotec, Samborondón, Ecuador  
[acolina@ecotec.edu.ec](mailto:acolina@ecotec.edu.ec)

 <https://orcid.org/0000-0003-1514-8852>

Marcos Antonio Espinoza-Mina, Ph.D.  
Universidad Ecotec, Samborondón, Ecuador  
[mespinoza@ecotec.edu.ec](mailto:mespinoza@ecotec.edu.ec)

 <https://orcid.org/0000-0003-1530-7243>

Recepción: 31/08/2024 | Aceptación: 22/11/2024 | Publicación: 27/12/2024

---

#### Cómo citar (APA, séptima edición):

Colina-Vargas, A. y Espinoza-Mina. (2024). Tendencias y colaboraciones de tecnologías ambientales en América Latina y El Caribe. *INNOVA Research Journal*, 9(4), 21-52.  
<https://doi.org/10.33890/innova.v9.n4.2024.2668>

---

#### Resumen

El presente estudio analiza el estado actual de la investigación en tecnologías ambientales y ecoinnovación en América Latina y el Caribe, utilizando un enfoque bibliométrico que examina la colaboración internacional, la productividad científica y el impacto de las publicaciones. La investigación se desarrolló en tres etapas clave. En primer lugar, se recopiló información bibliográfica exhaustiva a partir de las bases de datos Web of Science y Scopus, asegurando una cobertura completa y actualizada. Posteriormente, se realizó un análisis bibliométrico avanzado empleando herramientas en R, como Bibliometrix y técnicas de Machine Learning (LDA), para identificar tendencias, actores clave y patrones de productividad. Finalmente, se visualizó la

información mediante VOSviewer, lo que facilitó la interpretación de las dinámicas de colaboración y las áreas de investigación más relevantes. Los hallazgos principales destacan un crecimiento sostenido en la producción científica, liderado por Brasil, así como diferencias significativas en la colaboración internacional e impacto de las investigaciones en la región. Estas conclusiones ofrecen un marco integral para diseñar estrategias que fortalezcan las capacidades investigativas y promuevan el desarrollo de soluciones sostenibles en América Latina y el Caribe. **Palabras claves:** comportamiento innovador; desarrollo sostenible; cambio climático; análisis de redes; desarrollo regional

### **Abstract**

This study analyzes the current state of research in environmental technologies and eco-innovation in Latin America and the Caribbean through a bibliometric approach that examines international collaboration, scientific productivity, and publication impact. The research was conducted in three key stages. First, comprehensive bibliographic data was collected from the Web of Science and Scopus databases, ensuring full and up-to-date coverage. Subsequently, advanced bibliometric analysis was performed using R tools, such as Bibliometrix and Machine Learning techniques (LDA), to identify trends, key actors, and productivity patterns. Finally, the data was visualized using VOSviewer, facilitating the interpretation of collaboration dynamics and the most relevant research areas. The main findings highlight sustained growth in scientific production, led by Brazil, as well as significant differences in international collaboration and the impact of research in the region. These conclusions provide a comprehensive framework for designing strategies that strengthen research capacities and promote the development of sustainable solutions in Latin America and the Caribbean.

**Keywords:** innovative behavior; sustainable development; climate change; network analysis; regional development

## **Introducción**

En las últimas décadas, la creciente inquietud por el cambio climático y la degradación del medio ambiente ha catalizado la exploración y el desarrollo de tecnologías ambientales y ecoinnovaciones como respuestas esenciales a estos retos globales. Estas disciplinas han adquirido una importancia notable, extendiéndose más allá del ámbito académico para influir en las políticas públicas y en las estrategias empresariales dirigidas hacia la sostenibilidad (Wang et al., 2023). No obstante, a pesar del incremento en la producción científica, persiste la necesidad de realizar un mapeo y una evaluación sistemática de las colaboraciones internacionales y de la productividad de los actores que participan en la investigación sobre tecnologías ambientales, especialmente en regiones emergentes como América Latina y el Caribe (Vargas et al., 2022).

El problema central que impulsa este estudio es la falta de análisis integrales que proporcionen una comprensión completa de la dinámica investigativa en torno a las tecnologías ambientales y la ecoinnovación en América Latina y el Caribe. A pesar de los esfuerzos dispersos, la región enfrenta desafíos únicos derivados de su diversidad en términos de ecosistemas, economías y contextos sociopolíticos (Zapata-Cantu & González, 2021). Además, la identificación de los actores clave, tanto a nivel individual como institucional, y la evaluación de su impacto en

la literatura científica son esenciales para fomentar una colaboración más efectiva y un enfoque más estratégico en la creación de soluciones ambientales.

Este artículo tiene como objetivo abordar esta brecha mediante un estudio bibliométrico que mapee las colaboraciones internacionales, identifique patrones de productividad científica y evalúe el impacto de las investigaciones en tecnologías ambientales y ecoinnovación en la región. La metodología utilizada en este estudio se basa en un análisis bibliométrico meticuloso que integra herramientas avanzadas para el análisis de datos y su visualización, asegurando así una evaluación precisa y actualizada del estado actual de la investigación en este campo. Como se ha señalado, la tecnología desempeña un papel crucial en la adaptación al cambio climático, permitiendo una planificación y toma de decisiones más precisas y basadas en datos (World Economic Forum, 2024).

Los objetivos específicos del artículo incluyen: primero, analizar la evolución de la producción científica en tecnologías ambientales y ecoinnovación en América Latina y el Caribe; segundo, identificar los países, instituciones y autores más productivos e influyentes en esta área; y tercero, explorar las redes de colaboración internacional que han facilitado el avance de esta disciplina. Estos objetivos se abordan mediante un enfoque cuantitativo que permite no solo una comprensión detallada del panorama actual, sino también la detección de tendencias emergentes y oportunidades para investigaciones futuras.

La pregunta central de esta investigación es: ¿Cuál es el estado actual de la investigación en tecnologías ambientales y ecoinnovación en América Latina y el Caribe, y de qué manera se manifiestan las colaboraciones internacionales y la productividad de los principales actores en este ámbito? Responder a esta pregunta es crucial para diseñar estrategias que fortalezcan las capacidades investigativas y promuevan el desarrollo de soluciones sostenibles en la región.

Este estudio ofrece una contribución significativa al campo de la bibliometría aplicada a las tecnologías ambientales y la ecoinnovación, proporcionando un análisis detallado de la producción científica y las dinámicas de colaboración en América Latina y el Caribe. Los resultados obtenidos no solo servirán como base para futuras investigaciones, sino que también proporcionarán valiosos insights para formuladores de políticas, académicos y profesionales interesados en promover un desarrollo más sostenible en la región.

## Metodología

El presente estudio bibliométrico se desarrolló a través de un enfoque metodológico organizado en tres etapas interrelacionadas, cada una de las cuales contribuyó a construir un análisis exhaustivo del campo de la tecnología ambiental y la ecoinnovación. En la primera etapa, se llevó a cabo la recopilación de datos bibliográficos utilizando las bases de datos científicas Web of Science (WoS) y Scopus, seleccionadas por su extensa cobertura y relevancia en el ámbito académico (Gyau et al., 2023). Se diseñaron cadenas de búsqueda que fueron enriquecidas con sinónimos y términos relacionados, asegurando así la recuperación de un conjunto de referencias

bibliográficas representativo (Gyau et al., 2023). Además, se aplicaron filtros rigurosos para garantizar la pertinencia y actualidad de la información obtenida (Yao et al., 2022).

La segunda etapa del estudio se enfocó en el análisis bibliométrico de los datos recopilados. Para ello, se utilizaron herramientas avanzadas en R, particularmente la librería Bibliometrix, que facilitó un análisis detallado de aspectos clave como la evolución de la producción científica, la identificación de países e instituciones con mayor impacto, y la productividad de autores, evaluada mediante la Ley de Lotka (Nagaiah et al., 2021). Asimismo, se incorporaron técnicas de Machine Learning como Latent Dirichlet Allocation (LDA), que permitieron identificar y analizar los tópicos emergentes en los resúmenes de los artículos, proporcionando así una visión más precisa de las tendencias actuales y futuras en el campo de estudio (Yin & Yuan, 2022).

La tercera y última etapa se dedicó a la visualización de los resultados del análisis bibliométrico. Utilizando herramientas como VOSviewer, se generaron mapas de redes que representaron gráficamente las relaciones de coautoría, cocitación y coocurrencia de palabras clave (Zaidi, 2024). Estas visualizaciones ofrecieron una comprensión clara de las dinámicas de colaboración y los focos de investigación predominantes, permitiendo interpretar los resultados de manera más intuitiva y facilitando la identificación de patrones clave. Al combinar la recopilación y análisis de datos con técnicas avanzadas de visualización, se proporcionó una base sólida para la comprensión y el avance en el campo de la tecnología ambiental y la ecoinnovación.

## **Resultados y Discusión**

### **Extracción de datos bibliográficos**

En la primera fase del estudio bibliométrico sobre tecnología ambiental y ecoinnovación, se llevó a cabo un proceso detallado que incluyó la selección cuidadosa de las bases de datos Web of Science (WoS) y Scopus, la formulación de cadenas de búsqueda específicas, y la utilización de tesauros especializados. La elección de WoS y Scopus se basó en su reconocimiento como las principales bases de datos científicas a nivel global, que ofrecen una cobertura amplia y de alta calidad de la literatura académica, lo que las convierte en fuentes ideales para estudios bibliométricos exhaustivos.

El proceso comenzó con la identificación y definición de los conceptos clave que estructurarían la investigación. Se seleccionaron términos fundamentales como "tecnología ambiental", "tecnología verde", "ecoinnovación", "innovación ambiental", "tecnología sostenible", "tecnología limpia" y "tecnología de energías renovables". Estos términos se integraron cuidadosamente en una cadena de búsqueda que fue aplicada tanto en WoS como en Scopus. La cadena de búsqueda diseñada abarcó diversas variantes terminológicas para capturar un espectro amplio y exhaustivo de la literatura existente.

La construcción de la cadena de búsqueda se fortaleció con el uso de tesauros como Power Thesaurus y Collins Thesaurus. Power Thesaurus, una herramienta colaborativa en línea ayudó a identificar sinónimos y términos alternativos para expandir la búsqueda en áreas complejas. Collins Thesaurus, con su enfoque preciso y contextual, aseguró la alta calidad en la selección de

términos. Estos tesauros fueron empleados para asegurar que los términos incluidos en la cadena de búsqueda reflejaran todas las posibles variantes relevantes. Por ejemplo, para el término "tecnología verde", el uso del Power Thesaurus permitió identificar sinónimos adicionales como "tecnologías sostenibles" y "tecnologías limpias", ampliando la cobertura de la búsqueda y mejorando la relevancia de los resultados obtenidos.

En el caso de WoS, la búsqueda fue ejecutada en los campos de título, resumen y palabras clave, lo que inicialmente arrojó 14,076 resultados. A esta base de datos se le aplicaron filtros específicos para refinar los resultados: en primer lugar, se seleccionaron documentos de acceso abierto, lo que redujo el número a 5,123. Posteriormente, se aplicó un filtro temporal que restringió los resultados a publicaciones entre 2019 y 2024, limitando la muestra a 3,775 documentos. Finalmente, se seleccionaron únicamente aquellos artículos provenientes de 33 países de América Latina y el Caribe, resultando en un total de 204 documentos relevantes para el contexto regional.

En la base de datos Scopus, el proceso siguió una metodología similar. La cadena de búsqueda inicialmente aplicada produjo 73,563 documentos. Posteriormente, se aplicaron filtros para seleccionar documentos de acceso abierto, lo que redujo el número a 24,862. Luego, al aplicar un filtro temporal para incluir solo publicaciones recientes (2019-2024), el número de documentos se redujo a 18,016. Finalmente, se seleccionaron artículos de países de América Latina y el Caribe, resultando en una muestra de 571 documentos.

A partir de las referencias bibliográficas recopiladas, se procedió al tratamiento de los datos utilizando herramientas avanzadas en R, integrando las librerías especializadas para análisis bibliométrico como Bibliometrix, así como métodos de Machine Learning para el análisis de patrones y tendencias. Además, se empleó VOSviewer para la visualización y construcción de mapas de redes científicas, permitiendo una exploración profunda de las relaciones y colaboraciones en el campo de la tecnología ambiental y la ecoinnovación.

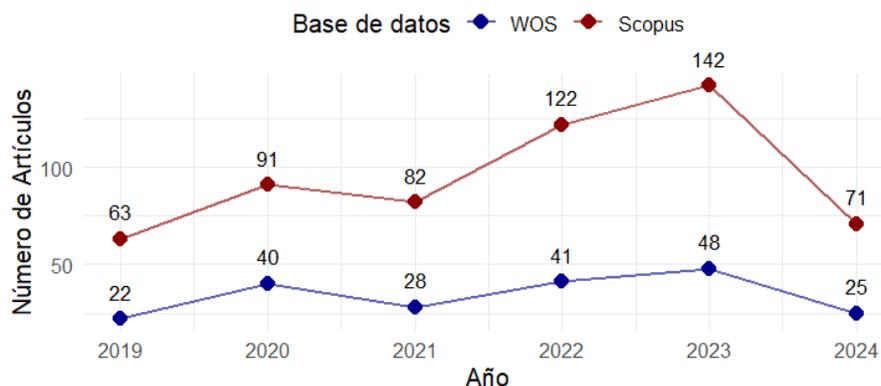
## **Evolución de la producción científica**

Entre 2019 y 2024, la producción científica en las bases de datos WoS y Scopus ha mostrado una tendencia de crecimiento constante. En WoS se registraron 204 documentos, mientras que en Scopus se contabilizaron 571 documentos. Aunque ambos repositorios presentan un crecimiento positivo, la tasa anual de crecimiento en WoS es ligeramente superior, alcanzando el 2.59%, en comparación con el 2.42% registrado en Scopus.

A lo largo de este período, la cantidad de publicaciones ha ido en aumento en ambas bases de datos, reflejando un incremento sostenido en la actividad científica. Es necesario señalar que los datos fueron tomados en el mes de julio de 2024, por ello existe una baja en las publicaciones de ese año, ver Figura 1. Scopus, con un mayor número de documentos, muestra un volumen más amplio de producción, mientras que WoS mantiene una tendencia de crecimiento constante, pero con un menor número total de publicaciones.

### **Figura 1**

*Comparativa de la evolución cronológica de la producción científica en WoS y Scopus*



### Países con producción científica destacada

El estudio realizado presenta que Brasil sobresale como el principal contribuyente en la investigación sobre tecnologías ambientales en América Latina y el Caribe, liderando en ambas bases de datos con una alta producción científica, ver Tabla 1. Sin embargo, su índice de colaboración internacional es relativamente bajo, particularmente en WoS. México y Colombia también presentan una significativa producción científica, aunque en menor volumen. En Scopus, México destaca con un índice de colaboración internacional de 0.304, lo que sugiere un enfoque moderado en la cooperación global.

Chile, aunque con menor producción que Brasil y México, muestra un índice de colaboración internacional notablemente alto en Scopus, alcanzando un 0.622, lo que lo posiciona como un referente en la cooperación internacional en este campo. España aparece en la lista de Scopus, indicando posibles colaboraciones con países latinoamericanos, aunque no es el foco principal del estudio. Estos datos resaltan la importancia de fortalecer las redes de colaboración internacional para maximizar el impacto de la investigación en tecnologías ambientales y ecoinnovación en la región.

**Tabla 1**

*Cinco países principales por producción científica*

	WoS						Scopus					
	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F
Brazil	80	0.3922	63	17	0.212		Brazil	184	0.3511	138	46	0.250
Mexico	30	0.1471	25	5	0.167		Mexico	69	0.1317	48	21	0.304
Colombia	16	0.0784	10	6	0.375		Colombia	41	0.0782	30	11	0.268
Spain	12	0.0588	0	12	1.000		Chile	37	0.0706	14	23	0.622
Chile	11	0.0539	3	8	0.727		Spain	36	0.0687	2	34	0.944

(A) País (B) Artículos (C) Frecuencia (D) Colaboración intrapaís (E) Colaboración entre países (F) Relación entre países

La Tabla 2 destaca una considerable variabilidad en el total de citas y el promedio de citas por artículo entre los cinco países principales en cada base de datos. En WoS, Brasil lidera en términos de citas totales, aunque su promedio de citas por artículo es relativamente modesto. Irlanda, con un menor número de citas en total, sobresale con un promedio impresionante de 58 citas por artículo, lo que sugiere un impacto significativo en la comunidad científica. España también figura con un número notable de citas, manteniendo un promedio de 18 citas por artículo, lo que demuestra su influencia en el ámbito de la investigación.

En Scopus, se observa una variación marcada en el impacto promedio de las investigaciones entre los países analizados. India se destaca con el promedio de citas por artículo más alto, alcanzando 110.43, lo que refleja una gran relevancia de sus publicaciones en el contexto internacional. Aunque Brasil encabeza la lista en número total de citas, su promedio de 9.69 citas por artículo es más bajo en comparación con países como España e India. México, aunque cuenta con un número significativo de citas, presenta un promedio de citas por artículo más bajo, lo que podría indicar que su influencia está más dispersa entre sus diversas publicaciones.

**Tabla 2**

*Principales cinco países por cantidad de citas*

País	WoS		País	Scopus	
	Total de citas	Citas promedio de artículos		Total de citas	Citas promedio de artículos
Brazil	437	5.46	Brazil	1783	9.69
Spain	216	18.00	Spain	801	22.25
Ireland	116	58.00	India	773	110.43
Australia	115	38.33	Mexico	544	7.88
Mexico	111	3.70	Chile	380	10.27

### Principales instituciones por volumen de publicaciones

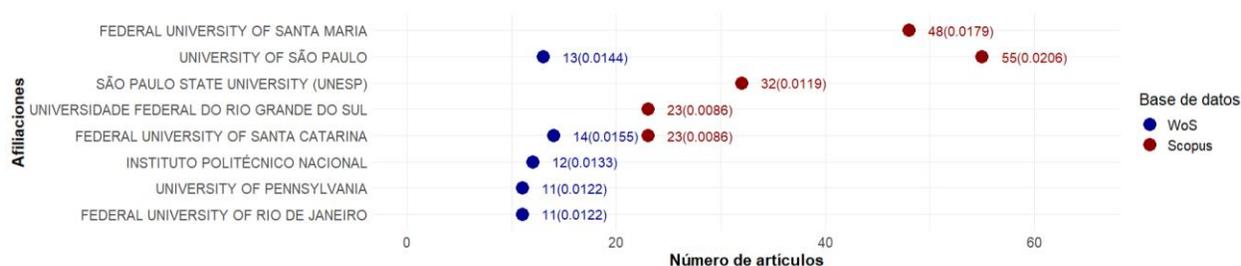
Se identificaron un total de 444 instituciones distintas en la base de datos WoS y un notable número de 1,013 instituciones en Scopus. La Figura 2 destaca las cinco principales instituciones en términos de volumen de publicaciones en ambas bases de datos, lo que permite visibilizar las entidades más influyentes en el ámbito de la investigación científica en la temática estudiada, se presenta sus cantidades y frecuencias.

Entre las instituciones más destacadas, Brasil se posiciona como un actor principal, con universidades como la Universidad de São Paulo, que lidera en ambas bases de datos, acumulando 55 publicaciones en Scopus y 13 en WoS. También sobresale la Universidad Federal de Santa Catarina, presente en ambas clasificaciones con 23 publicaciones en Scopus y 14 en WoS. Estas cifras reflejan la fuerte contribución de las universidades brasileñas a la investigación global.

Por otro lado, se observa la participación de instituciones fuera de Brasil, como el Instituto Politécnico Nacional de México, que se destaca en WoS con 12 publicaciones, y la Universidad de Pensilvania de Estados Unidos, que aparece con 11 publicaciones en WoS.

## Figura 2

### *Instituciones principales por número de artículos*



## Principales revistas en la producción científica

El análisis de 204 artículos en WoS y 571 en Scopus revela diferencias significativas en la cantidad y diversidad de fuentes utilizadas en ambas bases de datos. En WoS se identificaron 138 fuentes diferentes, mientras que en Scopus se utilizaron 315, lo que destaca una mayor amplitud y diversidad en Scopus.

Entre las cinco principales revistas, dos son comunes a ambas bases de datos: Sustainability y Energies, ver Tabla 3. En WoS, Sustainability es la revista más destacada, con 26 artículos que representan el 12.74% del total. En Scopus, Sustainability (Switzerland) encabeza con 38 artículos, lo que equivale al 6.65% del total. Por su parte, Energies ocupa el segundo lugar en ambas bases, con 5 artículos en WoS (2.45%) y 27 en Scopus (4.72%).

Otras revistas importantes como Innovation & Management Review en WoS y Water (Switzerland) en Scopus reflejan la diversidad temática en la producción científica. Aunque las fuentes más frecuentes varían entre WoS y Scopus, las coincidencias en ciertas revistas subrayan su relevancia en el campo.

**Tabla 3**

### *Cinco fuentes principales por número de artículos*

WoS			Scopus		
A	B	C	A	B	C
Sustainability	26	0.1274	Sustainability (Switzerland)	38	0.0665
Energies	5	0.0245	Energies	27	0.0472
Innovation \& Management Review	4	0.0196	Water (Switzerland)	11	0.0192
Applied Sciences-Basel	3	0.0147	Journal Of Cleaner Production	9	0.0157

WoS			Scopus		
Heliyon	3	0.0147	Processes	9	0.0157

(A) Fuentes (B) Número de artículos (C) Frecuencia

Como parte del análisis de las fuentes, se realizó un procesamiento exhaustivo de los datos para evaluar el cumplimiento de la Ley de Bradford, un principio clave en el ámbito de la bibliometría. Esta ley sostiene que, dentro de un campo de investigación o área temática, la producción científica se distribuye de manera desigual entre las diferentes fuentes.

En la Tabla 4 se presentan tres zonas que clasifican las fuentes de WoS y Scopus, organizadas según una proporción similar basada en la cantidad de artículos. Conforme a lo estipulado por la Ley de Bradford, se evidencia que una pequeña cantidad de fuentes en la Zona 1 agrupa proporcionalmente un número equivalente de artículos que una cantidad mucho mayor de publicaciones en las Zonas 2 y 3. Esto subraya la concentración de la producción científica en un reducido número de revistas, en contraste con la dispersión de artículos en un mayor número de fuentes en las zonas siguientes.

**Tabla 4***División de fuentes según la ley de Bradford: WoS y Scopus*

A	WoS					Scopus				
	B	C	D	E	F	B	C	D	E	F
1	17	12.32%	69	33.82%	4.05	25	7.94%	192	33.63%	7.68
2	54	39.13%	68	33.33%	1.25	102	32.38%	191	33.45%	1.87
3	67	48.55%	67	32.84%	1.00	188	59.68%	188	32.92%	1.00
-	138	100%	204	100%	-	315	100%	571	100%	-

(A) Zona (B) Fuentes (C) Porcentaje de fuentes (D) Artículos (E) Porcentaje de artículos (F) Promedio de artículos por fuente

**Productividad de autores según la Ley de Lotka**

La ley de Lotka es un modelo estadístico utilizado para describir la distribución de la productividad entre los autores en diversos campos científicos. Este modelo postula que un pequeño grupo de autores es responsable de la mayoría de las publicaciones científicas, mientras que la mayoría de los autores publican relativamente pocos artículos. De acuerdo con esta ley, la cantidad de autores que publica 'n' artículos es inversamente proporcional al cuadrado de 'n'.

En este estudio, se evaluó la productividad de los autores en las bases de datos WoS y Scopus, utilizando la ley de Lotka como referencia. Los resultados obtenidos permiten comparar la distribución observada con la distribución teórica esperada, ver Tabla 5 y Figura 3.

**Tabla 5**

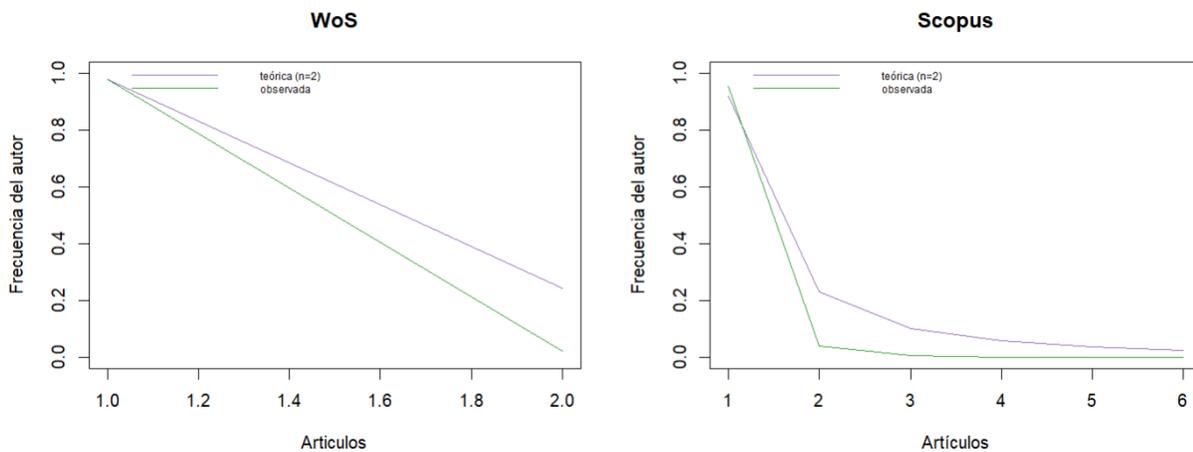
*Distribución observada y teórica de la productividad científica: ley de Lotka*

Base de datos	A	B	C	D	E
WoS	1	919	0.978700745473908	919	1.0
	2	20	0.021299254526091	40	0.25
Scopus	1	2773	0.953576341127923	2773	1.0
	2	114	0.039202200825309	228	0.25
	3	16	0.005502063273727	48	0.11
	4	3	0.001031636863823	12	0.0625
	5	1	0.000343878954607	5	0.04
	6	1	0.000343878954607	6	0.0277

(A) Número de artículos (B) Número de autores (C) Frecuencia (Distribución observada) (D) Apariciones de los autores (E) Distribución teórica

**Figura 3**

*Distribución observada y teórica*



En el caso de la base de datos WoS, el coeficiente beta estimado es 5.521993, lo que indica una mayor dispersión en la productividad de los autores en comparación con el valor teórico de 2. Este resultado sugiere que, en WoS, hay más autores de lo previsto publicando múltiples artículos. La constante  $C$  calculada es 0.9787007, y la bondad de ajuste, representada por  $R^2$ , es igual a 1, lo que refleja un ajuste perfecto entre la distribución observada y la teórica. La prueba de Kolmogorov-Smirnov, con un valor  $p$  de 0.9639452, no indica una diferencia significativa entre las dos distribuciones.

En la base de datos Scopus, el coeficiente beta estimado es 4.682129, también superior a 2, lo que refleja una mayor dispersión en la productividad de los autores. La constante  $C$  es

0.9183075 y la bondad de ajuste, con un  $R^2$  de 0.9902129, sugiere un excelente ajuste entre la distribución observada y la teórica, aunque no tan perfecto como en el caso de WoS. La prueba de Kolmogorov-Smirnov arrojó un valor p de 0.1389203, lo que nuevamente no muestra una diferencia significativa entre las distribuciones observada y teórica.

Los coeficientes beta obtenidos para ambas bases de datos indican una dispersión de la productividad de los autores mayor a la predicha por la ley de Lotka, con un número considerable de autores publicando múltiples artículos. Sin embargo, la alta bondad de ajuste en ambos casos confirma que la ley de Lotka sigue siendo un modelo adecuado para describir la distribución de la productividad científica, aunque los valores elevados de beta sugieren que podría ser necesario realizar ajustes para reflejar mejor las particularidades de estos contextos específicos. La ausencia de diferencias significativas, según la prueba de Kolmogorov-Smirnov, respalda la aplicabilidad de este modelo teórico en las bases de datos analizadas.

### Frecuencia de palabras clave

La Tabla 6 presenta una visión clara de los términos clave más utilizados en la producción científica relacionada con tecnologías ambientales y ecoinnovación, centrada en América Latina y el Caribe. Los términos "Eco-innovación" y "Sostenibilidad" destacan como los más frecuentes tanto en las palabras clave proporcionadas por los autores como en las adicionales generadas por las bases de datos, lo que refleja un fuerte enfoque en la investigación que busca integrar prácticas sostenibles con innovación tecnológica. Esta alta incidencia sugiere que la comunidad científica está intensamente comprometida en explorar cómo las innovaciones pueden contribuir a la sostenibilidad ambiental, especialmente en un contexto regional que enfrenta desafíos únicos debido a su biodiversidad y vulnerabilidad al cambio climático.

Además, la presencia frecuente de términos como "Economía Circular" y "Cambio Climático" en Scopus indica un interés creciente en estudios que no solo abordan las tecnologías ambientales, sino que también se enfocan en el impacto económico y social de dichas tecnologías. En WoS, el énfasis en "Tecnología Verde" y "Desarrollo Sostenible" refuerza la idea de que la investigación en la región no solo está avanzando en términos de innovación, sino que también está profundamente conectada con objetivos más amplios de desarrollo sostenible.

**Tabla 6**

*Principales Términos Clave en WoS y Scopus*

Palabras claves en WoS				Palabras claves en Scopus			
Del Autor		Adicionales		Del Autor		Adicionales	
A	B	A	B	A	B	A	B
ECO-INNOVATION	32	PERFORMANCE	23	SUSTAINABILITY	42	ENVIRONMENTAL TECHNOLOGY	172
SUSTAINABILITY	21	IMPACT	14	ECO-INNOVATION	37	SUSTAINABLE DEVELOPMENT	79
GREEN TECHNOLOGY	18	OPTIMIZATION	13	GREEN TECHNOLOGY	23	ENVIRONMENTAL IMPACT	47

Palabras claves en WoS				Palabras claves en Scopus			
Del Autor		Adicionales		Del Autor		Adicionales	
A	B	A	B	A	B	A	B
TECHNOLOGY	10	DRIVERS	11	RENEWABLE ENERGY	22	ARTICLE	45
ENVIRONMENTAL INNOVATION	9	ENVIRONMENTAL INNOVATION	11	CIRCULAR ECONOMY	19	CARBON DIOXIDE	36
CIRCULAR ECONOMY	8	WATER	11	SUSTAINABLE DEVELOPMENT	17	CLIMATE CHANGE	35
SUSTAINABLE DEVELOPMENT	7	DETERMINANTS	10	GREEN TECHNOLOGIES	14	WASTEWATER TREATMENT	32
ENVIRONMENTAL INNOVATION	6	MANAGEMENT	10	CLIMATE CHANGE ENVIRONMENTAL INNOVATION	12	BRAZIL	31
INNOVATION	6	GROWTH	9	ENVIRONMENTAL INNOVATION	11	LIFE CYCLE	31
SUSTAINABLE TECHNOLOGY	6	INNOVATION	9	INNOVATION	11	NONHUMAN	31

(A) Palabra clave (B) Cantidad de artículos

### Identificación de tópicos en resúmenes mediante LDA

Este análisis aplicó técnicas de minería de texto, específicamente el modelo Latent Dirichlet Allocation (LDA), para identificar y clasificar temas en resúmenes de producción científica. El objetivo fue extraer y organizar los temas principales, facilitando la comprensión y categorización de las áreas clave de investigación en los documentos analizados.

Se utilizaron varias librerías clave de R, incluyendo “tm” para el preprocesamiento del texto, permitiendo transformar los resúmenes en un corpus limpio y estructurado. La librería “topicmodels” se empleó para aplicar el modelo Latent Dirichlet Allocation (LDA), que permitió identificar los temas subyacentes en los documentos. Las librerías “dplyr” y “readr” fueron esenciales para la manipulación de datos y la carga de archivos CSV, facilitando la preparación de los datos antes del análisis.

El preprocesamiento del texto comenzó con la creación de un corpus textual a partir de los resúmenes disponibles, en el cual se realizó una limpieza exhaustiva eliminando puntuación, números y palabras comunes, además de aplicar técnicas de stemming para reducir las palabras a su raíz. Posteriormente, se construyó una matriz de términos por documento (DTM), que cuantificó la frecuencia de los términos y sirvió como base estructural para el análisis de texto.

El modelo LDA se empleó para identificar temas subyacentes en los resúmenes, permitiendo descubrir temas ocultos mediante el análisis de términos representativos. En este caso, se determinaron cinco temas ( $\text{num\_topics} = 5$ ), con el objetivo de facilitar la comprensión del contenido temático de los documentos.

Finalmente, cada documento se asoció con el tema más relevante identificado por el modelo LDA, lo que permitió clasificar y agrupar los resúmenes según sus temas predominantes. La distribución de estos temas entre los documentos fue analizada para entender la relevancia de cada tema en el corpus.

Se analizó los 775 documentos de WoS y Scopus, aplicando un modelo LDA a sus resúmenes para identificar cinco tópicos clave en tecnologías ambientales y ecoinnovación. Con base en los términos más representativos obtenidos de cada tópico, se pueden identificar y describir los temas planteados en la Tabla 7. Además, se visualiza la distribución de documentos por tópico. Esta distribución indica que el Tópico 3, relacionado con la "ecoinnovación", es el tema más abordado en el corpus, mientras que el Tópico 4 es el menos frecuente.

**Tabla 7***Identificación de temas principales*

A	B	C	D	E
1	"use", "sustain", "studi", "technolog", "water", "environment", "innov", "model", "industri".	Este tema se centra en la aplicación de tecnologías sostenibles en diferentes industrias, con un enfoque en el uso del agua y la innovación tecnológica. Los estudios parecen analizar cómo las tecnologías pueden mejorar la sostenibilidad ambiental en sectores industriales.	145	(Javaid et al., 2022), (Durán-Romero et al., 2020), (Sarubbo et al., 2022), (Valdez-Juárez & Castillo-Vergara, 2021). (Torres-Carrillo et al., 2020), (Hena et al., 2020), (Caixeta et al., 2020), (Ardiles et al., 2020), (Garrido-Baserba et al., 2022), (Cardona Alzate et al., 2020)
2	"technolog", "result", "extract", "process", "environment", "use", "energi", "evalu", "develop", "perform".	Este tópico aborda la evaluación y el desarrollo de tecnologías, especialmente en relación con la energía y procesos ambientales. Se enfoca en los resultados de la implementación tecnológica y su rendimiento ambiental.	163	(Fonseca et al., 2019), (Ram et al., 2022), (Jaeschke et al., 2019), (Cea Pavez et al., 2019), (Font et al., 2020), (Kamani et al., 2019), (Yazdani et al., 2020), (Osorio De La Rosa et al., 2019), (Reyes-Santiago et al., 2019), (De Almeida et al., 2020)
3	"use", "model", "product", "energi", "develop", "sustain", "environment", "increas", "ecoinnov", "show".	Aquí, el tema gira en torno a modelos de uso de energía y desarrollo sostenible. Se menciona el concepto de "ecoinnovación", sugiriendo que los artículos exploran innovaciones ecológicas aplicadas a productos y sistemas energéticos.	194	(Sinha et al., 2020), (Zuin et al., 2021), (Neale et al., 2021), (Vence & Pereira, 2018), (Bokowa et al., 2021), (Correa et al., 2019), (Esquivias et al., 2022), (Abad-Segura et al., 2020), (Arranz et al., 2021), (Koengkan et al., 2020)
4	"environment", "studi",	Este tópico considera centrarse en estudios de sistemas	131	(Mahela et al., 2019), (Zamora et al., 2019), (Haas

A	B	C	D	E
	"energi", "process", "perform", "develop", "system", "extract", "show", "sustain".	energéticos y procesos que afectan al medio ambiente. Se discute el rendimiento de estos sistemas y su desarrollo en el contexto de la sostenibilidad.		et al., 2020), (De Avelar & Efraim, 2020), (Cruz et al., 2022), (Faria et al., 2021), (Colelli et al., 2022), (Lopes et al., 2020), (Reyes et al., 2019), (Garcia et al., 2020)
5	"use", "studi", "product", "result", "green", "system", "differ", "treatment", "energi", "technolog".	El último tópico se enfoca en productos y sistemas "verdes", así como en el tratamiento de recursos energéticos. Los estudios comparan diferentes tecnologías y sistemas, buscando resultados que favorezcan la sostenibilidad.	142	(Esgario et al., 2020), (Espitia et al., 2019), (Zakari et al., 2023), (Deveci et al., 2022), (Da Silva et al., 2020), (Sena Vaz Leães et al., 2020), (Velloso et al., 2020), (Zhang et al., 2021), (Betlem et al., 2019), (Fernández-Robin et al., 2019)

(A) Tópico (B) Términos clave (C) Descripción (D) Documentos (E) Referencias de artículos más citados

La Tabla 8 presenta algunos ejemplos de los resúmenes clasificados bajo los 5 diferentes tópicos, para ilustrar cómo los documentos fueron agrupados en torno a los tópicos identificados. Dichos tópicos fueron rotulados bajo las siguientes denominaciones: “Tecnologías sostenibles”, “Procesos tecnológicos y ambientales”, “Modelos y desarrollo de ecoinnovación”, “Energía y medio ambiente”, y “Sistemas y tratamiento ambiental”.

**Tabla 8**

*Ejemplos de resúmenes por tópico*

Tópico	Título	Referencia
1: Tecnologías sostenibles	Effect of the Process Parameters on the Adhesive Strength of Dissimilar Polymers Obtained by Multicomponent Injection Molding	(Pisanu et al., 2021)
	Emisión y defectos de nanoestructuras de películas delgadas de ZnO y ZnO-Cu obtenidas a baja temperatura	(Torres et al., 2021)
	Economía agroalimentaria circular: tendencias gerenciales para la sostenibilidad de los sistemas de producción	(Melendez, 2023)
	Socio-technical imaginaries of a circular economy in governmental discourse and among science, technology, and innovation actors: A Norwegian case study	(Hermann et al., 2022)
	Exploring the capture and desorption of CO <sub>2</sub> on graphene oxide foams supported by computational calculations	(Arango Hoyos et al., 2023)

Tópico	Título	Referencia
2: Procesos tecnológicos y ambientales	Supercritical Extraction of Red Propolis: Operational Conditions and Chemical Characterization	(Reis et al., 2020)
	Modelling large-scale hydrogen uptake in the Mexican refinery and power sectors	(Contreras Fregoso et al., 2023)
	Technological Alternatives for Electric Propulsion Systems in the Waterway Sector	(Candelo-Beccera et al., 2023)
	Tuning Hydrophilicity of Aluminum MOFs by a Mixed-Linker Strategy for Enhanced Performance in Water Adsorption-Driven Heat Allocation Application	(Truong et al., 2023)
	Supercritical Carbon Dioxide Extraction of Coumarins from the Aerial Parts of <i>Pterocaulon polystachyum</i>	(Scopel et al., 2024)
	Potential of Briquette Produced with Torrefied Agroforestry Biomass to Generate Energy	(Reis Portilho et al., 2020)
3: Modelos y desarrollo de ecoinnovación	Sun Tracking Technique Applied to a Solar Unmanned Aerial Vehicle	(Hernandez-Toral et al., 2019)
	Phosphorus removal in a pilot scale free water surface constructed wetland: hydraulic retention time, seasonality and standing stock evaluation	(Baldovi et al., 2021)
	A Diffuse Analysis Based on Analytical Processes to Prioritize Barriers in the Development of Renewable Energy Technologies in Alignment with the United Nations Sustainable Development Goals: Evidence from Guajira/Colombia	(Moreno Rocha et al., 2023)
	A high-resolution vehicular emissions inventory for Ecuador using the IVE modelling system	(Viteri et al., 2023)
	Isolation and Molecular Identification of Native Arsenic-Resistant Microorganisms from Contaminated Water	(Rodriguez-Castrejón et al., 2022)
4: Energía y medio ambiente	Environmental Assessment of the Impacts and Benefits of a Salinity Gradient Energy Pilot Plant	(Marin-Coria et al., 2021)
	Identification of soybean Bradyrhizobium strains used in commercial inoculants in Brazil by MALDI-TOF mass spectrometry	(Rolim et al., 2019)
	Usefulness of the Ordinal Logistic Biplot: Analysis of the Path Taken towards a Circular Primary Sector in Spain	(Enciso-Alfaro et al., 2024)
	<i>Laguncularia racemosa</i> leaves indicate the presence of potentially toxic elements in mangroves	(Pimentel Victório et al., 2023)
5: Sistemas y tratamiento ambiental	Deep learning for classification and severity estimation of coffee leaf biotic stress	(Esgario et al., 2020)
	Thermal design of energy piles for a hotel building in subtropical climate: a case study in São Paulo, Brazil	(Sá et al., 2022)
	Environmental and cost feasibility analysis when implementing LEED certification: a case study applied to an affordable housing project in Bogota D.C.	(Martínez et al., 2019)

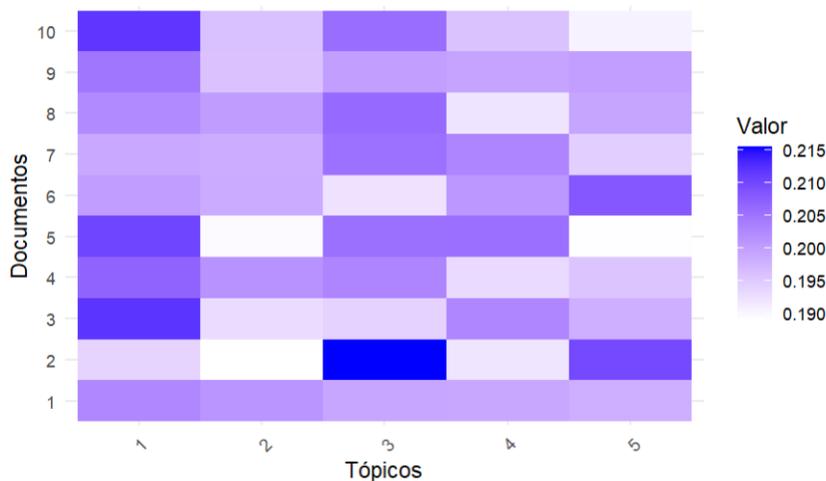
Tópico	Título	Referencia
	Eco-innovation and the Edible Insect Value Chain: A Systematic Review	(Gomes et al., 2024)
	The Perception of Undergraduate Students From Different Educational Systems on Sustainability	(Taboada-González & Aguilar-Virgen, 2024)

Por otro lado, a partir de los documentos analizados, se seleccionaron 50 resúmenes para un análisis más detallado de la distribución de estos 5 tópicos. En esta muestra, se observó una distribución variada de los cinco tópicos. Los resúmenes mostraron que no se enfocan exclusivamente en un solo tema, sino que abordan varios tópicos interrelacionados, lo que refleja la naturaleza interdisciplinaria de la investigación en este campo. El Tópico 3, relacionado con “Modelos y desarrollo de ecoinnovación”, tuvo una presencia destacada, lo que indica un fuerte enfoque en la innovación ecológica. También se observó una significativa representación de los tópicos sobre “Procesos tecnológicos y ambientales” (Tópico 2) y “Energía y medio ambiente” (Tópico 4), lo que sugiere que la investigación actual se está enfocando en mejorar procesos y desarrollar tecnologías que reduzcan el impacto ambiental.

Por otro lado, al generar una matriz de calor (ver Figura 4) a partir de una muestra de 10 documentos y la distribución de los tópicos se puede constatar que los tópicos de “Tecnologías sostenibles” (Tópico 1) y “Sistemas y tratamiento ambiental” (Tópico 5), aparecen regularmente, y su distribución es más variada, lo que podría indicar que estas áreas están siendo abordadas desde perspectivas más especializadas o en etapas más avanzadas de investigación. Esta variabilidad en la distribución de los tópicos subraya la diversidad de enfoques dentro de la investigación en tecnologías ambientales y ecoinnovación, destacando las diferentes prioridades y estrategias que están siendo exploradas. en una muestra.

#### Figura 4

*Distribución de tópicos (muestra con 10 documentos)*



## **Análisis de coautoría**

El análisis de coautoría actúa como un indicador específico de colaboración, manifestándose cuando autores o instituciones participan conjuntamente en la publicación de un documento científico. Este tipo de análisis facilita la identificación de colaboraciones formales, así como de las conexiones que surgen a través de la coautoría de artículos específicos, permitiendo agrupar a los autores, organizaciones y países involucrados.

El análisis de las relaciones de coautoría permite evaluar la intensidad de las conexiones entre los autores o sus instituciones. Este enfoque también facilita la identificación de colaboraciones académicas y la estructura social del campo, al examinar las alianzas establecidas entre autores, organizaciones o los países a los que están afiliados (Machado et al., 2023).

### **Análisis de coautoría: a nivel de autores**

En este estudio, se empleó el software VOSviewer para analizar la información sobre autores mediante el mapa de coautoría. Se utilizó el tesauro integrado a VOSviewer y, como criterio de selección, se consideró que cada autor estuviera vinculado a al menos dos documentos y una cita para las publicaciones extraídas de WoS, y tres documentos y una cita para las provenientes de Scopus.

Estos criterios facilitaron la identificación de los documentos científicos más influyentes relacionados con el tema Tecnología Ambiental y Ecoinnovación, con un total de 204 en WoS y 571 en Scopus. En los mapas de redes generados, se identificaron 1,006 autores en WoS, de los cuales 29 cumplen con el criterio de haber publicado un mínimo de 2 documentos y contar con al menos una cita por autor. De este grupo, se analizaron 7 autores debido a su fuerte interrelación, los cuales conforman un clúster de siete elementos, representando el 0.7% del total.

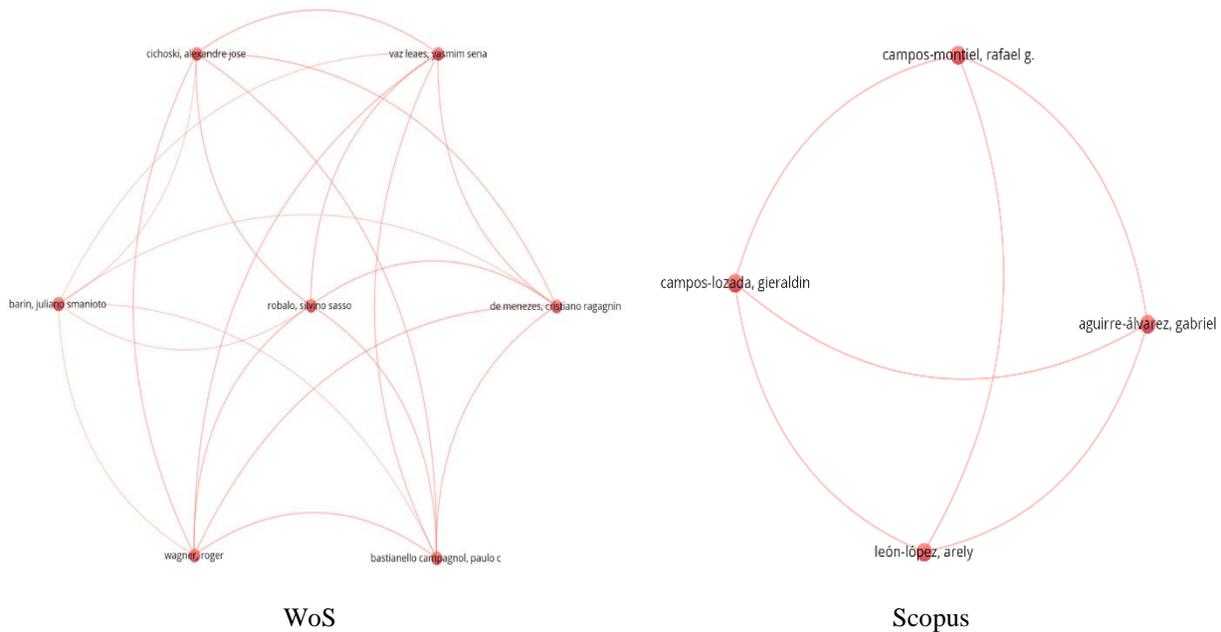
Cabe destacar que, en WoS, solo se visualizan en la red de coautoría a los 7 autores que comparten el mismo valor de citación. Entre ellos, se destacan aquellos con mayor fuerza total en las conexiones: "Barín, Juliano Smanioto", "Bastianello Campagnol, Paulo Cezar", "Cichoski, Alexandre Jose", "De Menezes, Cristiano Ragagnin", "Robalo, Silvino Sasso", "Vaz Leães, Yasmim Sena" y "Wagner, Roger".

En Scopus, se identificaron 2,890 autores, de los cuales 17 cumplen con el criterio de haber publicado al menos 3 documentos y tener una cita mínima por autor. El estudio consideró 4 autores con una fuerte interrelación, quienes forman un clúster de cuatro elementos, ver Figura 5.

En Scopus, los autores "Campos-Montiel Rafael", "Campos-Lozada, Gieraldin", "Aguirre-Álvarez, Gabriel" y "León-López, Arely" se destacan como los colaboradores más prominentes, con un valor alto de 3 en la fuerza total de las conexiones.

## Figura 5

Visualización de la red de coautoría por autor



### Análisis de coautoría: a nivel de países

El análisis de coautoría a nivel de países evidencia la influencia que un país ejerce en la comunidad científica, medida por el número de citas recibidas. Este fenómeno es observable tanto en WoS como en Scopus. El estudio pone de manifiesto la colaboración entre naciones, reflejada en la coautoría de los autores más productivos de cada país (Archilla-Segade, 2024).

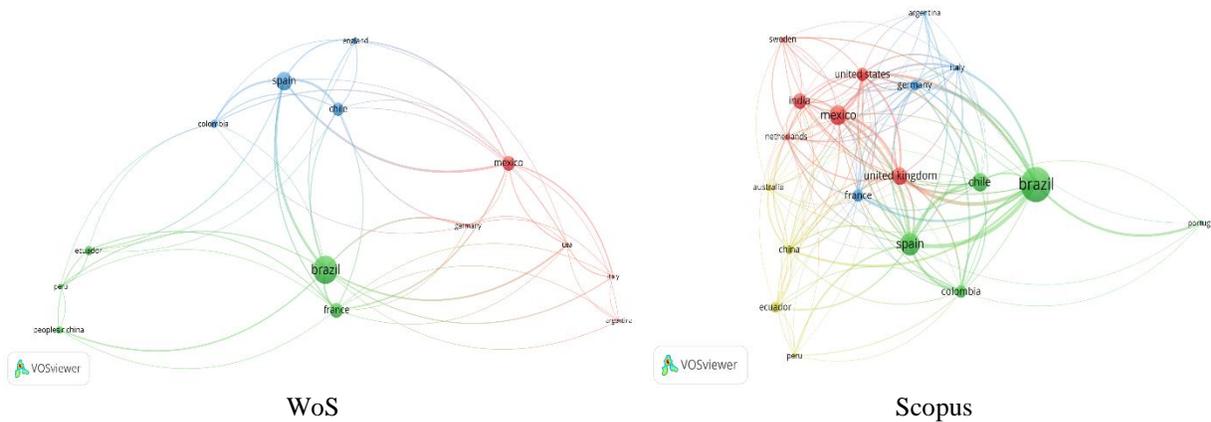
Al aplicar la medida de coautoría mediante VOSviewer en WoS, se encontró que, de los 49 países analizados, solo 14 cumplen con el criterio establecido, conformando una red de países fuertemente relacionados, lo que representa el 28,57% del total. Estos países se agrupan en tres clústeres: Clúster 1 (5 ítems - Rojo): Argentina, Alemania, Italia, México, Estados Unidos; Clúster 2 (5 ítems - Verde): Brasil, Ecuador, Francia, República Popular China, Perú; y Clúster 3 (4 ítems - Azul): Chile, Colombia, Inglaterra, España.

En el caso de Scopus, de los 76 países analizados, solo 19 cumplen con el criterio de un mínimo de 10 documentos y al menos una cita por país, representando el 25% del total. Estos países se agrupan en cuatro clústeres: Clúster 1 (6 ítems - Rojo): India, México, Países Bajos, Suecia, Reino Unido, Estados Unidos; Clúster 2 (5 ítems - Verde): Brasil, Chile, Colombia, Portugal, España; Clúster 3 (4 ítems - Azul): Argentina, Francia, Alemania, Italia; y Clúster 4 (4 ítems - Oliva): Australia, China, Ecuador, Perú.

Como se muestra en la Figura 6, Brasil es el país con el mayor número de citas tanto en WoS como en Scopus, lo que evidencia su significativa influencia e impacto en el campo de estudio. Este destacado desempeño subraya la importancia de las investigaciones brasileñas y su capacidad para fomentar la colaboración internacional.

**Figura 6**

*Visualización de la red de coautoría por países en VOSviewer*



### **Análisis de coautoría: a nivel de organizaciones**

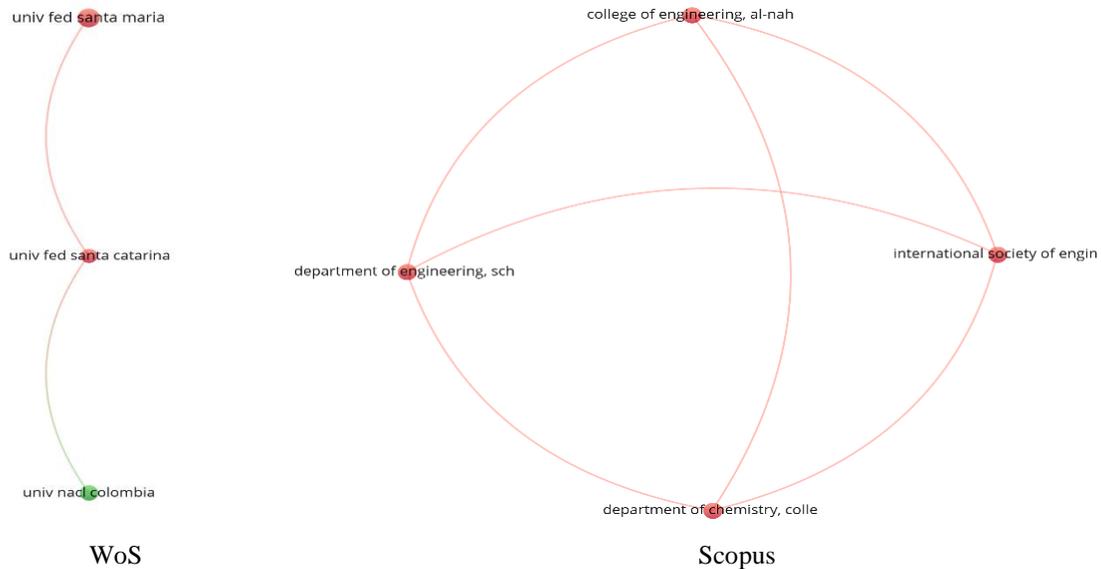
El análisis de coautoría en Vosviewer enfocado en las organizaciones es reconocido como un método para evaluar la colaboración científica, considerando como referencia el vínculo institucional de los autores (Sarmiento-Ramírez et al., 2023).

En el análisis realizado con WoS, se identificaron 431 organizaciones, de las cuales únicamente 6 cumplen con el criterio de tener al menos 5 documentos por organización y una cita mínima. De estas, solo 3 muestran una fuerte interrelación. Esto dio lugar a la formación de dos clústeres: el Clúster 1, compuesto por 2 elementos la Universidad Federal de Santa Catarina y la Universidad Federal de Santa María, y el Clúster 2, que incluye 1 elemento, la Universidad Nacional de Colombia.

En el análisis realizado con Scopus, de un total de 1,866 organizaciones, solo 24 cumplen con el requisito de tener al menos 2 documentos y una cita por organización. De estas, 4 presentan una fuerte interrelación, lo que llevó a la formación de un único clúster (ver Figura 7).

## Figura 7

Visualización de la red coautoría por organizaciones en VOSviewer



## Análisis de cocitación

El análisis de cocitación estudia las relaciones y frecuencias de pares de documentos que son citados por un tercero por medio de citas directas. En función de las unidades de análisis puede estar relacionado con artículos (referencias citadas), autores (autores referenciados) y revistas (fuentes referenciadas) (Sarmiento-Ramírez et al., 2023).

El análisis de cocitación de referencias, fuentes y autores revela las relaciones y agrupamientos entre publicaciones, fuentes y autores en un área de estudio, a través del estudio de la frecuencia con la que son citados juntos (López-Fraile et al., 2023). Aquí, se utilizó VOSviewer con el fin de identificar las relaciones entre los autores citados y las fuentes mencionadas.

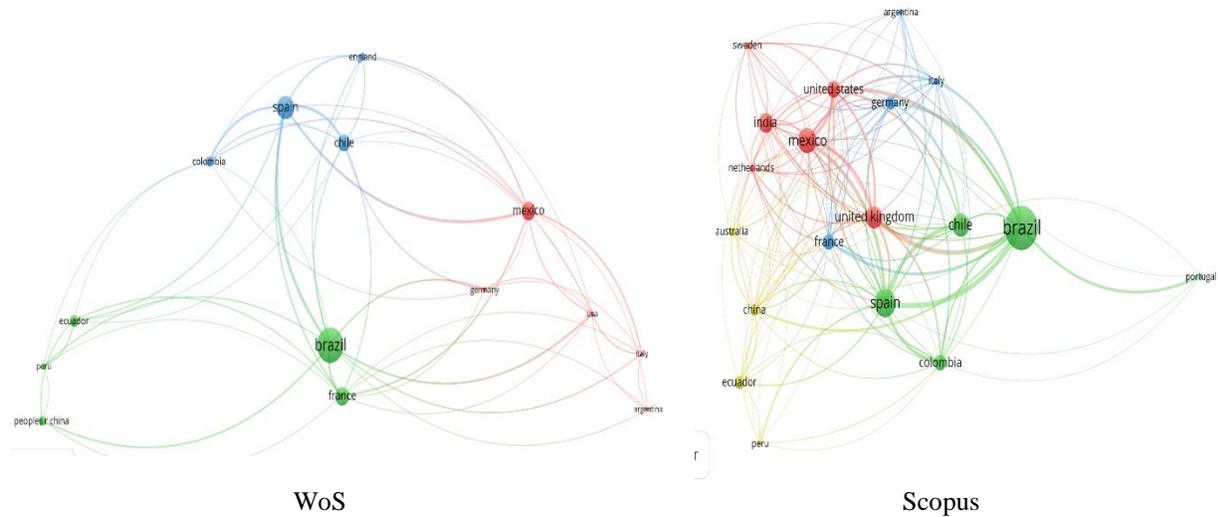
### Análisis de cocitación: a nivel referencias citadas

La Figura 8 ilustra el mapa de la red de co-citación de las referencias citadas, tomando como base el peso de las citas para WoS y Scopus. De un total de 15,597 referencias citadas en WoS, se determinó un umbral de 10 citas, resultando en 4 documentos con fuertes interrelaciones. Estos se organizan en dos clústeres: el Clúster 1, que incluye la tesis de Bossle Mb (2016), y el Clúster 2, que agrupa los estudios de Hojnik J (2016) y Rennings K (2000).

Para el caso de Scopus, se consideró un número mínimo de 5 citas referenciadas, lo que resultó en un total de 33,618 citas referenciadas. De estas, 5 están relacionadas y 4 presentan una fuerte interrelación, formando dos clústeres distintos.

## Figura 8

Visualización de red de cocitación por referencias citadas en VOSviewer



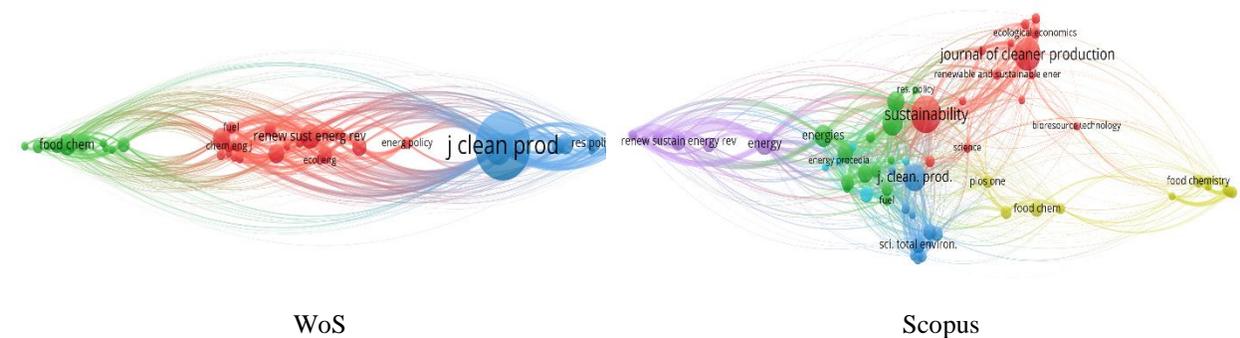
### Análisis de cocitación: a nivel fuentes referenciadas

La Figura 9 muestra el mapa de la red de co-citación de las fuentes referenciadas, basado en el peso de las citas. En WoS, de las 5,100 fuentes citadas, se estableció un umbral de 30 citas, resultando en 46 fuentes interrelacionadas. Estas fuentes se organizan en tres clústeres diferenciados.

Para Scopus, se evaluaron 5,994 fuentes, de las cuales 28 cumplen con el criterio de un mínimo de 40 citas por fuente. Estas 28 fuentes se agrupan en tres clústeres distintos.

## Figura 9

Visualización de red de cocitación por fuentes referenciadas en VOSviewer



### Análisis de cocitación: a nivel autores referenciadas

Respecto a los autores referenciados, se realizó un cálculo para determinar cuántas veces se menciona una cita en todos los documentos analizados. Para ello, se incluyeron documentos de WoS, considerando a los autores con al menos 15 citaciones, y de Scopus, donde se seleccionaron aquellos con un mínimo de 50 citas. El análisis de WoS subraya la notable influencia de ciertos autores clave dentro de una red compuesta por 9,803 miembros, de los cuales solo 6 están fuertemente interconectados. Estos autores forman un clúster destacado, que incluye a Hair, J.F., Hojnik, J., Horbach, J., Kemp, R., Porter, M.E., y Rennings, K. Para Scopus, de 78,123 que conforman la red, solo 43 están fuertemente conectados. Se forma tres clústeres conformados por 43 autores, presentados en la Tabla 9.

**Tabla 9**

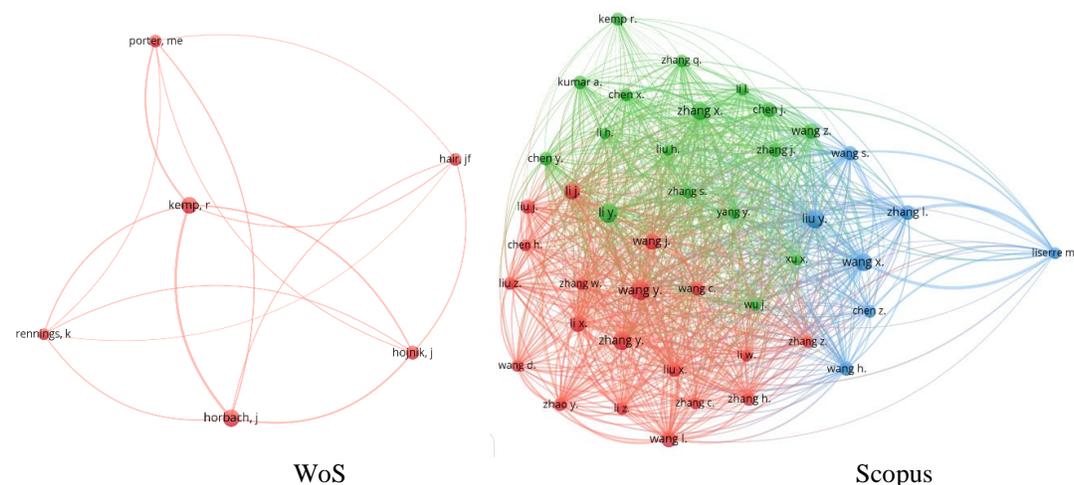
*Clústeres de autores referenciados en Scopus*

Cluster	Autores [Número de citaciones]
<b>1 (Rojo)</b>	Wang Y. [146], Li Y. [139], Zhang Y. [133], Liu Y. [132], Wang X. [116], Zhang X. [113], Li X. [105], Li J. [103], Wang J. [98], Wang L. [97], Wang Z. [86], Zhang L. [83], Chen J. [82], Liu J. [79], Wang H. [79], Zhang J. [79], Liu X. [76], Wang S. [75], Zhang H. [72]
<b>2 (Verde)</b>	Chen Y. [69], Kumar A. [69], Wang C. [68], Chen X. [67], Zhao Y. [67], Kemp R. [63], Liu Z. [63], Li Z. [60], Yang Y. [59], Zhang Q. [59], Chen Z. [58], Zhang S. [57], Wang D. [55], Li L. [54], Zhang Z. [54]
<b>3 (Azul)</b>	Chen H. [53], Li W. [52], Liserre M. [52], Zhang C. [52], Zhang W. [52], Liu H. [51], Li H. [50], Wu J. [50], Xu X. [50]

Los autores más citados están representados por los nodos de mayor tamaño en el gráfico, y las relaciones de cocitación más sólidas se distinguen por líneas más gruesas (López-Fraile et al., 2023). Un caso destacado es "Horbach, J", quien acumuló 27 citaciones en WoS y el autor Wang con 146 citas en Scopus. Tal como se muestra en la Figura 10.

**Figura 10**

*Visualización de red de co-citación de autores citados en VOSviewer*



## Análisis de co-ocurrencia

El análisis de la co-ocurrencia de palabras clave es un recurso crucial para detectar temas relevantes al examinar con qué frecuencia estas palabras aparecen juntas. Esta técnica proporciona un fundamento sólido para la creación de un nuevo campo de investigación o, de manera alternativa, para ahondar en un área de estudio ya establecida (López-Fraile et al., 2023). En este estudio, se llevó a cabo el análisis de co-ocurrencias utilizando todas las palabras clave y aplicando el método de conteo completo. Para ello, se empleó el tesoro de términos de VOSviewer, con un umbral mínimo establecido en 10 ocurrencias para WoS y 20 para Scopus.

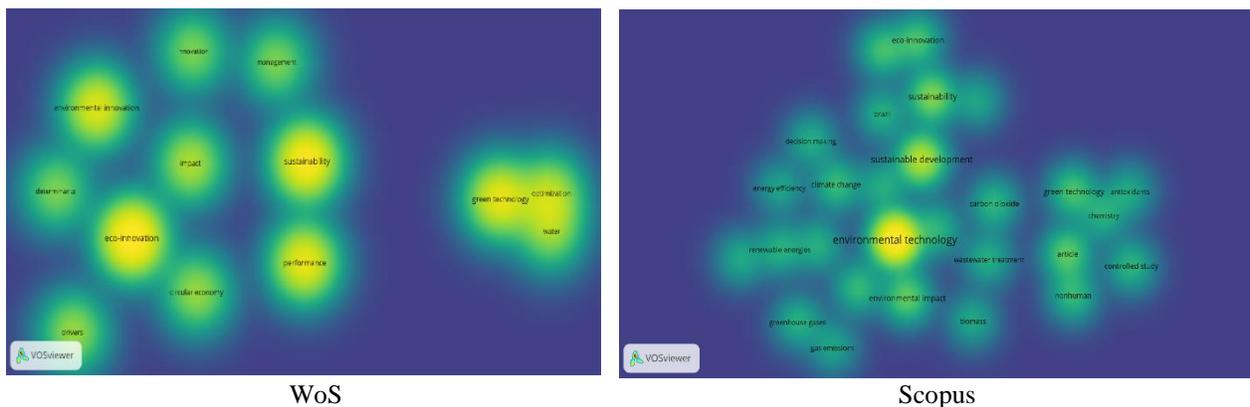
En el caso de WoS, de un total de 1560 palabras clave, 13 de ellas están interrelacionadas y forman una red, lo que representa el 0.83% del total. Esta red se organiza en tres clústeres: el Clúster 1 (5 ítems - rojo) incluye las palabras *Determinants*, *Drivers*, *Eco-innovation*, *Environmental innovation*, e *Impact*; el Clúster 2 (4 ítems - verde) abarca *Circular economy*, *Innovation*, *Management*, y *Sustainability*; y el Clúster 3 (4 ítems - azul) está compuesto por *Green technology*, *Optimization*, *Performance*, y *Water*.

En Scopus, de un total de 5994 palabras clave, 28 de ellas conforman la red, lo que equivale al 2.47% del total. Esta red se divide en tres clústeres: el Clúster 1 (12 ítems - rojo) incluye *Climate change*, *Decision making*, *Energy efficiency*, *Environmental impact*, *Environmental management*, *Environmental technology*, *Gas emissions*, *Greenhouse gases*, *Life cycle*, *Renewable energies*, *Renewable energy*, y *Renewable energy resource*. El Clúster 2 (10 ítems - verde) abarca *Antioxidants*, *Article*, *Biomass*, *Carbon dioxide*, *Chemistry*, *Controlled study*, *Green technology*, *Nonhuman*, *Sustainable technology*, y *Wastewater treatment*. Finalmente, el Clúster 3 (6 ítems - azul) está compuesto por *Brazil*, *Circular economy*, *Eco-innovation*, *Innovation*, *Sustainability*, y *Sustainable development*.

Las visualizaciones de VOSviewer de las palabras clave para los datos extraídos de WoS y Scopus, generadas se muestran en la Figura 11. Se destaca el término "eco-innovation" con 31 ocurrencias en WoS y "environmental technology" con 174 ocurrencias en Scopus.

### Figura 11

Visualización de red de co-ocurrencias en VOSviewer



Este análisis en particular permitió identificar los términos “eco-innovation” y “environmental technology” dentro del conjunto de documentos estudiados, destacándolos como tendencias emergentes. Estos términos han demostrado ser fundamentales en el desarrollo de múltiples investigaciones, actuando como ejes centrales en el estudio y aplicación de temas emergentes medioambientales.

## Conclusiones

Este estudio desarrolló una metodología rigurosa para la selección de datos bibliográficos en el campo de la tecnología ambiental y la ecoinnovación, empleando bases de datos reconocidas como WoS y Scopus. El uso de tesauros especializados asegura una cobertura amplia y precisa de la literatura relevante, lo que establece un marco sólido para investigaciones futuras.

Se observó un crecimiento significativo en la producción científica entre 2019 y 2024, con Brasil como el principal contribuyente en América Latina y el Caribe. Este incremento refleja un interés creciente en tecnologías ambientales en la región, alineado con los desafíos y oportunidades específicos de este contexto. El análisis comparativo entre países reveló diferencias en la colaboración internacional y el impacto de las publicaciones. Mientras Brasil lidera en volumen de producción, Chile destaca por su alta colaboración internacional y España por su elevado promedio de citas por artículo, lo que subraya la diversidad en la contribución científica global.

Las principales instituciones en la región, como la Universidad de São Paulo, emergen como líderes en la producción científica, reflejando su influencia en el campo de las tecnologías ambientales. También se destacó la contribución significativa de instituciones fuera de la región, lo que subraya la dimensión global de la investigación en este campo. El estudio también identificó una diversidad notable en las fuentes científicas, con revistas como Sustainability y Energies emergiendo como líderes en la difusión de investigaciones sobre tecnología ambiental. Este hallazgo destaca la concentración de la producción científica en un número reducido de publicaciones clave.

La evaluación de la productividad de los autores según la Ley de Lotka mostró una mayor dispersión de la esperada teóricamente. A pesar de esta variabilidad, el modelo sigue siendo adecuado para describir la productividad científica en este campo, subrayando la diversidad en la contribución de los investigadores. El análisis de palabras clave reveló un fuerte enfoque en "Eco-innovación" y "Sostenibilidad", destacando la integración de la sostenibilidad con la innovación tecnológica. Este enfoque refleja las prioridades emergentes en la investigación en tecnologías ambientales, alineadas con los objetivos globales de desarrollo sostenible.

La aplicación del modelo LDA permitió identificar tópicos clave en la investigación, destacando el fuerte enfoque en la innovación ecológica. Esta categorización temática subraya la interdisciplinariedad y la complejidad de la investigación en este campo, fundamentales para abordar los desafíos ambientales.

El análisis de coautoría mostró la estructura social del campo, revelando redes de colaboración concentradas pero influyentes. Este hallazgo resalta la importancia de fortalecer estas redes para mejorar la innovación y el impacto de la investigación en tecnologías ambientales.

Finalmente, el análisis de cocitación identificó un núcleo central de fuentes y autores influyentes en la literatura sobre tecnologías ambientales, destacando su relevancia en la consolidación del conocimiento en este campo y sugiriendo la necesidad de incluir investigaciones emergentes en futuros análisis.

El trabajo desarrollado se limitó al uso de las bases de datos WoS y Scopus, lo que podría haber restringido la exhaustividad del análisis al excluir otras fuentes relevantes. Además, la temporalidad de los datos y el enfoque geográfico en América Latina y el Caribe pueden haber influido en la interpretación de las tendencias observadas, lo que sugiere la necesidad de ampliar estos hallazgos en estudios futuros. Otra limitación es la variabilidad observada en el impacto de las publicaciones, reflejada en las disparidades en las citas entre países. Además, el enfoque en un número reducido de instituciones y revistas podría no capturar completamente la diversidad de la producción científica en la región, sugiriendo la necesidad de una evaluación más amplia.

La investigación llevada a cabo ofrece una contribución significativa al entendimiento de la producción científica en tecnologías ambientales, particularmente en América Latina y el Caribe. El análisis detallado de la colaboración internacional, el impacto de la investigación y la identificación de líderes en el campo proporciona una base sólida para futuras investigaciones y desarrollos académicos en esta área.

Próximas investigaciones deberían enfocarse en fortalecer las redes de colaboración internacional, especialmente en países con alta producción científica pero menor cooperación global. También es recomendable ampliar la cobertura de datos y realizar análisis comparativos más detallados que incluyan estudios longitudinales y de otras regiones, para captar mejor las tendencias emergentes en la investigación sobre tecnologías ambientales.

### Referencias bibliográficas

- Abad-Segura, E., Morales, M. E., Cortés-García, F. J., & Belmonte-Ureña, L. J. (2020). Industrial Processes Management for a Sustainable Society: Global Research Analysis. *Processes*, 8(5), 631. <https://doi.org/10.3390/pr8050631>
- Arango Hoyos, B. E., Osorio, H. F., Valencia Gómez, E. K., Guerrero Sánchez, J., Del Canto Palominos, A. P., Larrain, F. A., & Prías Barragán, J. J. (2023). Exploring the capture and desorption of CO<sub>2</sub> on graphene oxide foams supported by computational calculations. *Scientific Reports*, 13(1), 14476. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-41683-4>
- Archilla-Segade, H. (2024). La producción científica en Aprendizaje basado en proyectos artísticos. Un análisis bibliométrico. *Revista Complutense de Educación*, 35(3), 461-473. <https://doi.org/10.5209/rced.85811>
- Ardiles, P., Cerezal-Mezquita, P., Salinas-Fuentes, F., Órdenes, D., Renato, G., & Ruiz-Domínguez, M. C. (2020). Biochemical Composition and Phycoerythrin Extraction from Red Microalgae: A Comparative Study Using Green Extraction Technologies. *Processes*, 8(12), 1628. <https://doi.org/10.3390/pr8121628>

- Arranz, N., Arguello, N. L., & Fernández De Arroyabe, J. C. (2021). How do internal, market and institutional factors affect the development of eco-innovation in firms? *Journal of Cleaner Production*, 297, 126692. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126692>
- Baldovi, A. A., De Barros Aguiar, A. R., Benassi, R. F., Vymazal, J., & De Jesus, T. A. (2021). Phosphorus removal in a pilot scale free water surface constructed wetland: Hydraulic retention time, seasonality and standing stock evaluation. *Chemosphere*, 266, 128939. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.128939>
- Betlem, K., Mahmood, I., Seixas, R. D., Sadiki, I., Raimbault, R. L. D., Foster, C. W., Crapnell, R. D., Tedesco, S., Banks, C. E., Gruber, J., & Peeters, M. (2019). Evaluating the temperature dependence of heat-transfer based detection: A case study with caffeine and Molecularly Imprinted Polymers as synthetic receptors. *Chemical Engineering Journal*, 359, 505-517. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2018.11.114>
- Bokowa, A., Diaz, C., Koziel, J. A., McGinley, M., Barclay, J., Schauburger, G., Guillot, J.-M., Sneath, R., Capelli, L., Zorich, V., Izquierdo, C., Bilsen, I., Romain, A.-C., Del Carmen Cabeza, M., Liu, D., Both, R., Van Belois, H., Higuchi, T., & Wahe, L. (2021). Summary and Overview of the Odour Regulations Worldwide. *Atmosphere*, 12(2), 206. <https://doi.org/10.3390/atmos12020206>
- Caixeta, D. C., Aguiar, E. M. G., Cardoso-Sousa, L., Coelho, L. M. D., Oliveira, S. W., Espindola, F. S., Raniero, L., Crosara, K. T. B., Baker, M. J., Siqueira, W. L., & Sabino-Silva, R. (2020). Salivary molecular spectroscopy: A sustainable, rapid, and non-invasive monitoring tool for diabetes mellitus during insulin treatment. *PLOS ONE*, 15(3), e0223461. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0223461>
- Candelo-Beccera, J. E., Maldonado, L. B., Sanabria, E. P., Pestana, H. V., & García, J. J. (2023). Technological Alternatives for Electric Propulsion Systems in the Waterway Sector. *Energies*, 16(23), 7700. <https://doi.org/10.3390/en16237700>
- Cardona Alzate, C. A., Serna-Loaiza, S., & Ortiz-Sanchez, M. (2020). Sustainable Biorefineries: What was Learned from the Design, Analysis, and Implementation. *Journal of Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems*, 8(1), 88-117. <https://doi.org/10.13044/j.sdewes.d7.0268>
- Cea Pavez, I., Lozano-Sánchez, J., Borrás-Linares, I., Nuñez, H., Robert, P., & Segura-Carretero, A. (2019). Obtaining an Extract Rich in Phenolic Compounds from Olive Pomace by Pressurized Liquid Extraction. *Molecules*, 24(17), 3108. <https://doi.org/10.3390/molecules24173108>
- Colelli, G., Chacartegui, R., Ortiz, C., Carro, A., Arena, A. P., & Verda, V. (2022). Life cycle and environmental assessment of calcium looping (CaL) in solar thermochemical energy storage. *Energy Conversion and Management*, 257, 115428. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2022.115428>
- Contreras Fregoso, J. A., Tremari Romero, F., Carbonell Peláez, M., Giarola, S., & García Kerdan, I. (2023). Modelling large-scale hydrogen uptake in the Mexican refinery and power sectors. *Energy Reports*, 9, 48-53. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2023.09.145>
- Correa, G., Muñoz, P. M., & Rodriguez, C. R. (2019). A comparative energy and environmental analysis of a diesel, hybrid, hydrogen, and electric urban bus. *Energy*, 187, 115906. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.115906>
- Cruz, M., Mafra, S., Teixeira, E., & Figueiredo, F. (2022). Smart Strawberry Farming Using Edge Computing and IoT. *Sensors*, 22(15), 5866. <https://doi.org/10.3390/s22155866>

- Da Silva, F. T., De Oliveira, J. P., Fonseca, L. M., Bruni, G. P., Da Rosa Zavareze, E., & Dias, A. R. G. (2020). Physically cross-linked aerogels based on germinated and non-germinated wheat starch and PEO for application as water absorbers for food packaging. *International Journal of Biological Macromolecules*, *155*, 6-13. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.03.123>
- De Almeida, D. S., Martins, L. D., Muniz, E. C., Rudke, A. P., Squizzato, R., Beal, A., De Souza, P. R., Bonfim, D. P. F., Aguiar, M. L., & Gimenes, M. L. (2020). Biodegradable CA/CPB electrospun nanofibers for efficient retention of airborne nanoparticles. *Process Safety and Environmental Protection*, *144*, 177-185. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2020.07.024>
- De Avelar, M. H. M., & Efraim, P. (2020). Alginate/pectin cold-set gelation as a potential sustainable method for jelly candy production. *LWT*, *123*, 109119. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109119>
- Deveci, M., Gokasar, I., Castillo, O., & Daim, T. (2022). Evaluation of Metaverse integration of freight fluidity measurement alternatives using fuzzy Dombi EDAS model. *Computers & Industrial Engineering*, *174*, 108773. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2022.108773>
- Durán-Romero, G., López, A. M., Beliaeva, T., Ferasso, M., Garonne, C., & Jones, P. (2020). Bridging the gap between circular economy and climate change mitigation policies through eco-innovations and Quintuple Helix Model. *Technological Forecasting and Social Change*, *160*, 120246. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120246>
- Enciso-Alfaro, S.-Y., Amor-Esteban, V., Cunha-Araújo, D.-J., & García-Sánchez, I.-M. (2024). Usefulness of the Ordinal Logistic Biplot: Analysis of the Path Taken towards a Circular Primary Sector in Spain. *Mathematics*, *12*(2), 322. <https://doi.org/10.3390/math12020322>
- Esgario, J. G. M., Krohling, R. A., & Ventura, J. A. (2020). Deep learning for classification and severity estimation of coffee leaf biotic stress. *Computers and Electronics in Agriculture*, *169*, 105162. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.105162>
- Espitia, P. J. P., Fuenmayor, C. A., & Otoni, C. G. (2019). Nanoemulsions: Synthesis, Characterization, and Application in Bio-Based Active Food Packaging. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, *18*(1), 264-285. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12405>
- Esquivias, M. A., Sugiharti, L., Rohmawati, H., Rojas, O., & Sethi, N. (2022). Nexus between Technological Innovation, Renewable Energy, and Human Capital on the Environmental Sustainability in Emerging Asian Economies: A Panel Quantile Regression Approach. *Energies*, *15*(7), 2451. <https://doi.org/10.3390/en15072451>
- Faria, P. S. A., Marques, V. D. O., Selari, P. J. R. G., Martins, P. F., Silva, F. G., & Sales, J. D. F. (2021). Multifunctional potential of endophytic bacteria from *Anacardium othonianum* Rizzini in promoting in vitro and ex vitro plant growth. *Microbiological Research*, *242*, 126600. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2020.126600>
- Fernández-Robin, C., Celemín-Pedroche, M. S., Santander-Astorga, P., & Alonso-Almeida, M. D. M. (2019). Green Practices in Hospitality: A Contingency Approach. *Sustainability*, *11*(13), 3737. <https://doi.org/10.3390/su11133737>
- Fonseca, J. D., Camargo, M., Commenge, J.-M., Falk, L., & Gil, I. D. (2019). Trends in design of distributed energy systems using hydrogen as energy vector: A systematic literature review. *International Journal of Hydrogen Energy*, *44*(19), 9486-9504. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2018.09.177>

- Font, A., Soriano, L., De Moraes Pinheiro, S. M., Tashima, M. M., Monzó, J., Borrachero, M. V., & Payá, J. (2020). Design and properties of 100% waste-based ternary alkali-activated mortars: Blast furnace slag, olive-stone biomass ash and rice husk ash. *Journal of Cleaner Production*, 243, 118568. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118568>
- Garcia, G. R., Chaves Ribeiro, J. M., Maruyama, S. R., Gardinassi, L. G., Nelson, K., Ferreira, B. R., Andrade, T. G., & De Miranda Santos, I. K. F. (2020). A transcriptome and proteome of the tick *Rhipicephalus microplus* shaped by the genetic composition of its hosts and developmental stage. *Scientific Reports*, 10(1), 12857. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-69793-3>
- Garrido-Baserba, M., Barnosell, I., Molinos-Senante, M., Sedlak, D. L., Rabaey, K., Schraa, O., Verdaguer, M., Rosso, D., & Poch, M. (2022). The third route: A techno-economic evaluation of extreme water and wastewater decentralization. *Water Research*, 218, 118408. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2022.118408>
- Gomes, J. G. C., Okano, M. T., Antunes, S. N., Lobo Dos Santos, H. D. C., Ursini, E. L., & Vendrametto, O. (2024). Eco-innovation and the Edible Insect Value Chain: A Systematic Review. *Contemporary Economics*, 18(1), 17-39. <https://doi.org/10.5709/ce.1897-9254.524>
- Gyau, E. B., Sakuwuda, K., & Asimeng, E. (2023). A Comprehensive Bibliometric Analysis and Visualization of Publications on Environmental Innovation. *Journal of Scientometric Research*, 12(3), 544-557. <https://doi.org/10.5530/jscires.12.3.052>
- Haas, J., Moreno-Leiva, S., Junne, T., Chen, P.-J., Pamparana, G., Nowak, W., Kracht, W., & Ortiz, J. M. (2020). Copper mining: 100% solar electricity by 2030? *Applied Energy*, 262, 114506. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.114506>
- Hena, S., Gutierrez, L., & Croué, J.-P. (2020). Removal of metronidazole from aqueous media by *C. vulgaris*. *Journal of Hazardous Materials*, 384, 121400. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2019.121400>
- Hermann, R. R., Pansera, M., Nogueira, L. A., & Monteiro, M. (2022). Socio-technical imaginaries of a circular economy in governmental discourse and among science, technology, and innovation actors: A Norwegian case study. *Technological Forecasting and Social Change*, 183, 121903. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.121903>
- Hernandez-Toral, J. L., González-Hernández, I., & Lozano, R. (2019). Sun Tracking Technique Applied to a Solar Unmanned Aerial Vehicle. *Drones*, 3(2), 51. <https://doi.org/10.3390/drones3020051>
- Jaeschke, D. P., Mercali, G. D., Marczak, L. D. F., Müller, G., Frey, W., & Gusbeth, C. (2019). Extraction of valuable compounds from *Arthrospira platensis* using pulsed electric field treatment. *Bioresource Technology*, 283, 207-212. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.03.035>
- Javaid, M., Haleem, A., Singh, R. P., Suman, R., & Gonzalez, E. S. (2022). Understanding the adoption of Industry 4.0 technologies in improving environmental sustainability. *Sustainable Operations and Computers*, 3, 203-217. <https://doi.org/10.1016/j.susoc.2022.01.008>
- Kamani, M. H., Eş, I., Lorenzo, J. M., Remize, F., Roselló-Soto, E., Barba, F. J., Clark, J., & Mousavi Khaneghah, A. (2019). Advances in plant materials, food by-products, and algae conversion into biofuels: Use of environmentally friendly technologies. *Green Chemistry*, 21(12), 3213-3231. <https://doi.org/10.1039/C8GC03860K>

- Koengkan, M., Poveda, Y. E., & Fuinhas, J. A. (2020). Globalisation as a motor of renewable energy development in Latin America countries. *GeoJournal*, 85(6), 1591-1602. <https://doi.org/10.1007/s10708-019-10042-0>
- Lopes, I. G., Lalander, C., Vidotti, R. M., & Vinnerås, B. (2020). Reduction of Bacteria in Relation to Feeding Regimes When Treating Aquaculture Waste in Fly Larvae Composting. *Frontiers in Microbiology*, 11, 1616. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.01616>
- López-Fraile, L. A., Jiménez-García, E., & Alonso Guisande, M. Á. (2023). Análisis de citación, co-citación y co-palabras de los medios de comunicación pública y ecosistema digital. *Revista Latina de Comunicación Social*, 82, 22-45. <https://doi.org/10.4185/rlds-2024-1979>
- Machado, F. V., Rech, C. M., Pinto, R. S., Romão, W. D. M., Matias, M. M. M., Freitas, G. C. D., Leles, F. A. G., & Kujawa, H. (2023). Participación en salud em las Américas: Mapeo bibliométrico de producción, impacto, isibilidad y colaboración. *Ciência & Saúde Coletiva*, 28(2), 487-500. <https://doi.org/10.1590/1413-81232023282.11412022esp>
- Mahela, O. P., Gupta, N., Khosravy, M., & Patel, N. (2019). Comprehensive Overview of Low Voltage Ride Through Methods of Grid Integrated Wind Generator. *IEEE Access*, 7, 99299-99326. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2930413>
- Marin-Coria, E., Silva, R., Enriquez, C., Martínez, M. L., & Mendoza, E. (2021). Environmental Assessment of the Impacts and Benefits of a Salinity Gradient Energy Pilot Plant. *Energies*, 14(11), 3252. <https://doi.org/10.3390/en14113252>
- Martínez, M., Villalba, D., Misle, R., Rey, E., & Páez, H. (2019). *Análisis de viabilidad ambiental y de costos al implementar la certificación LEED: estudio de caso aplicado a un proyecto de Viviendas de Interés Social en Bogotá D.C. Environmental and cost feasibility analysis when implementing LEED certification: A case study applied to an affordable housing project in Bogota D.C.* 34.
- Melendez, J. R. (2023). Economía agroalimentaria circular: Tendencias gerenciales para la sostenibilidad de los sistemas de producción. *Revista Venezolana de Gerencia*, 28(Especial 9), 664-684. <https://doi.org/10.52080/rvgluz.28.e9.41>
- Moreno Rocha, C. M., Pertuz Ortiz, J. D., & Rodriguez Ibanez, N. A. (2023). A Diffuse Analysis Based on Analytical Processes to Prioritize Barriers in the Development of Renewable Energy Technologies in Alignment with the United Nations Sustainable Development Goals: Evidence from Guajira/Colombia. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 13(4), 481-195. <https://doi.org/10.32479/ijeeep.14380>
- Nagaiah, M., Thanuskodi, S., & Alagu, A. (2021). Application Of Lotka's Law To The Research Productivity In The Field Of Open Educational Resources During 2011-2020. *Library Philosophy and Practice (e-Journal)*.
- Neale, R. E., Barnes, P. W., Robson, T. M., Neale, P. J., Williamson, C. E., Zepp, R. G., Wilson, S. R., Madronich, S., Andrady, A. L., Heikkilä, A. M., Bernhard, G. H., Bais, A. F., Aucamp, P. J., Banaszak, A. T., Bornman, J. F., Bruckman, L. S., Byrne, S. N., Foereid, B., Häder, D.-P., ... Zhu, M. (2021). Environmental effects of stratospheric ozone depletion, UV radiation, and interactions with climate change: UNEP Environmental Effects Assessment Panel, Update 2020. *Photochemical & Photobiological Sciences*, 20(1), 1-67. <https://doi.org/10.1007/s43630-020-00001-x>
- Osorio De La Rosa, E., Vázquez Castillo, J., Carmona Campos, M., Barbosa Pool, G. R., Becerra Nuñez, G., Castillo Atoche, A., & Ortegón Aguilar, J. (2019). Plant Microbial Fuel Cells–

- Based Energy Harvester System for Self-powered IoT Applications. *Sensors*, 19(6), 1378. <https://doi.org/10.3390/s19061378>
- Pimentel Victório, C., Silva Dos Santos, M., Cordeiro Dias, A., Silvério Pena Bento, J. P., Dos Santos Ferreira, B. H., Da Costa Souza, M., Kato Simas, N., & Do Carmo De Oliveira Arruda, R. (2023). Laguncularia racemosa leaves indicate the presence of potentially toxic elements in mangroves. *Scientific Reports*, 13(1), 4845. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-31986-x>
- Pisanu, L., Santiago, L. C., Barbosa, J. D. V., Beal, V. E., & Nascimento, M. L. F. (2021). Effect of the Process Parameters on the Adhesive Strength of Dissimilar Polymers Obtained by Multicomponent Injection Molding. *Polymers*, 13(7), 1039. <https://doi.org/10.3390/polym13071039>
- Ram, M., Osorio-Aravena, J. C., Aghahosseini, A., Bogdanov, D., & Breyer, C. (2022). Job creation during a climate compliant global energy transition across the power, heat, transport, and desalination sectors by 2050. *Energy*, 238, 121690. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.121690>
- Reis, J. H. D. O., Machado, B. A. S., Barreto, G. D. A., Anjos, J. P. D., Fonseca, L. M. D. S., Santos, A. A. B., Pessoa, F. L. P., & Druzian, J. I. (2020). Supercritical Extraction of Red Propolis: Operational Conditions and Chemical Characterization. *Molecules*, 25(20), 4816. <https://doi.org/10.3390/molecules25204816>
- Reis Portilho, G., Resende De Castro, V., De Cássia Oliveira Carneiro, A., Cola Zanuncio, J., José Vinha Zanuncio, A., Gabriella Surdi, P., Gominho, J., & De Oliveira Araújo, S. (2020). Potential of Briquette Produced with Torrefied Agroforestry Biomass to Generate Energy. *Forests*, 11(12), 1272. <https://doi.org/10.3390/f11121272>
- Reyes, G., Aguayo, M. G., Fernández Pérez, A., Pääkkönen, T., Gacitúa, W., & Rojas, O. J. (2019). Dissolution and Hydrolysis of Bleached Kraft Pulp Using Ionic Liquids. *Polymers*, 11(4), 673. <https://doi.org/10.3390/polym11040673>
- Reyes-Santiago, M. D. R., Sánchez-Medina, P. S., & Díaz-Pichardo, R. (2019). The influence of environmental dynamic capabilities on organizational and environmental performance of hotels: Evidence from Mexico. *Journal of Cleaner Production*, 227, 414-423. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.245>
- Rodriguez-Castrejón, U., Serafin-Muñoz, A., Alvarez-Vargas, A., Cruz-Jimenez, G., & Noriega-Luna, B. (2022). Isolation and Molecular identification of native As-resistant bacteria: As(III) and As(V) removal capacity and possible mechanism of detoxification. *Arch Microbiol*, 204(3). <https://doi.org/10.1007/s00203-022-02794-0>
- Rolim, L., Santiago, T. R., Dos Reis Junior, F. B., De Carvalho Mendes, I., Do Vale, H. M. M., Hungria, M., & Silva, L. P. (2019). Identification of soybean Bradyrhizobium strains used in commercial inoculants in Brazil by MALDI-TOF mass spectrometry. *Brazilian Journal of Microbiology*, 50(4), 905-914. <https://doi.org/10.1007/s42770-019-00104-3>
- Sá, L. M. S., Hernandez Neto, A., Tsuha, C. D. H. C., Pessin, J., Freitas, M. C. D., & Morais, T. D. S. O. (2022). Thermal design of energy piles for a hotel building in subtropical climate: A case study in São Paulo, Brazil. *Soils and Rocks*, 45(1), 1-14. <https://doi.org/10.28927/SR.2022.077421>
- Sarmiento-Ramírez, Y., Muñoz-Arroyave, E. A., Hechavarría-Pérez, J. R., López-Martínez, A., & Pérez-Cutiño, Y. (2023). Competitividad de ciudades en el contexto latinoamericano: Un

- análisis bibliométrico y de redes sociales. *Revista Española de Documentación Científica*, 46(2), e356. <https://doi.org/10.3989/redc.2023.2.1974>
- Sarubbo, L. A., Silva, M. D. G. C., Durval, I. J. B., Bezerra, K. G. O., Ribeiro, B. G., Silva, I. A., Twigg, M. S., & Banat, I. M. (2022). Biosurfactants: Production, properties, applications, trends, and general perspectives. *Biochemical Engineering Journal*, 181, 108377. <https://doi.org/10.1016/j.bej.2022.108377>
- Scopel, J. M., Medeiros-Neves, B., Teixeira, H. F., Brazil, N. T., Bordignon, S. A. L., Diz, F. M., Morrone, F. B., Almeida, R. N., Cassel, E., Von Poser, G. L., & Vargas, R. M. F. (2024). Supercritical Carbon Dioxide Extraction of Coumarins from the Aerial Parts of *Pterocaulon polystachyum*. *Molecules*, 29(12), 2741. <https://doi.org/10.3390/molecules29122741>
- Sena Vaz Leães, Y., Basso Pinton, M., Terezinha De Aguiar Rosa, C., Sasso Robalo, S., Wagner, R., Ragagnin De Menezes, C., Smanioto Barin, J., Cezar Bastianello Campagnol, P., & José Cichoski, A. (2020). Ultrasound and basic electrolyzed water: A green approach to reduce the technological defects caused by NaCl reduction in meat emulsions. *Ultrasonics Sonochemistry*, 61, 104830. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2019.104830>
- Sinha, A., Sengupta, T., & Alvarado, R. (2020). Interplay between technological innovation and environmental quality: Formulating the SDG policies for next 11 economies. *Journal of Cleaner Production*, 242, 118549. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118549>
- Taboada-González, P., & Aguilar-Virgen, Q. (2024). The Perception of Undergraduate Students From Different Educational Systems on Sustainability. *Sage Open*, 14(2), 21582440241243153. <https://doi.org/10.1177/21582440241243153>
- Torres, F. D. C. G., López, J. L. C., Rodríguez, A. S. L., Hernández, G. P., & Flores, L. L. D. (2021). Emisión y defectos de nanoestructuras de películas delgadas de ZnO y ZnO-Cu obtenidas a baja temperatura. *Matéria (Rio de Janeiro)*, 26(4), e13107. <https://doi.org/10.1590/s1517-707620210004.1307>
- Torres-Carrillo, S., Siller, H. R., Vila, C., López, C., & Rodríguez, C. A. (2020). Environmental analysis of selective laser melting in the manufacturing of aeronautical turbine blades. *Journal of Cleaner Production*, 246, 119068. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119068>
- Truong, B. N., Borges, D. D., Park, J., Lee, J. S., Jo, D., Chang, J., Cho, S. J., Maurin, G., Cho, K. H., & Lee, U. (2023). Tuning Hydrophilicity of Aluminum MOFs by a Mixed-Linker Strategy for Enhanced Performance in Water Adsorption-Driven Heat Allocation Application. *Advanced Science*, 10(21), 2301311. <https://doi.org/10.1002/advs.202301311>
- Valdez-Juárez, L. E., & Castillo-Vergara, M. (2021). Technological Capabilities, Open Innovation, and Eco-Innovation: Dynamic Capabilities to Increase Corporate Performance of SMEs. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 7(1), 8. <https://doi.org/10.3390/joitmc7010008>
- Vargas, C., Gomez-Valencia, M., Gonzalez-Perez, M. A., Cordova, M., Calixto Casnici, C. V., Monje-Cueto, F., Nava-Aguirre, K. M., Minto-Coy, I., & Coronado, F. (2022). Climate-resilient and regenerative futures for Latin America and the Caribbean. *Futures*, 142, 103014. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2022.103014>
- Velloso, A., Pozo, D., & Street, A. (2020). Distributionally Robust Transmission Expansion Planning: A Multi-Scale Uncertainty Approach. *IEEE Transactions on Power Systems*, 35(5), 3353-3365. <https://doi.org/10.1109/TPWRS.2020.2979118>

- Vence, X., & Pereira, Á. (2018). Eco-innovation and Circular Business Models as drivers for a circular economy. *Contaduría y Administración*, 64(1), 64. <https://doi.org/10.22201/fca.24488410e.2019.1806>
- Viteri, R., Borge, R., Paredes, M., & Pérez, M. A. (2023). A high resolution vehicular emissions inventory for Ecuador using the IVE modelling system. *Chemosphere*, 315, 137634. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.137634>
- Wang, S., Balsa-Barreiro, J., Li, Y., & Tu, J. (Eds.). (2023). *The nexus between innovation and environmental sustainability*. Frontiers Media SA. <https://doi.org/10.3389/978-2-8325-2132-8>
- World Economic Forum. (2024, enero). *Innovation and Adaptation in the Climate Crisis: Technology for the New Normal*. [https://www3.weforum.org/docs/WEF\\_Innovation\\_and\\_Adaptation\\_in\\_the\\_Climate\\_Crisis\\_2024.pdf](https://www3.weforum.org/docs/WEF_Innovation_and_Adaptation_in_the_Climate_Crisis_2024.pdf)
- Yao, X., Wang, X., Xu, Z., & Skare, M. (2022). Bibliometric Analysis of the Energy Efficiency Research. *Acta Montanistica Slovaca*, 27, 505-521. <https://doi.org/10.46544/AMS.v27i2.17>
- Yazdani, M., Torkayesh, A. E., Santibanez-Gonzalez, E. D., & Otaghsara, S. K. (2020). Evaluation of renewable energy resources using integrated Shannon Entropy—EDAS model. *Sustainable Operations and Computers*, 1, 35-42. <https://doi.org/10.1016/j.susoc.2020.12.002>
- Yin, B., & Yuan, C.-H. (2022). Detecting latent topics and trends in blended learning using LDA topic modeling. *Education and Information Technologies*, 27(9), 12689-12712. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11118-0>
- Zaidi, A. (2024). A bibliometric analysis of machine learning techniques in photovoltaic cells and solar energy (2014–2022). *Energy Reports*, 11, 2768-2779. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2024.02.036>
- Zakari, A., Khan, I., & Alvarado, R. (2023). The impact of environmental technology innovation and energy credit rebate on carbon emissions: A comparative analysis. *Journal of International Development*, 35(8), 2609-2625. <https://doi.org/10.1002/jid.3788>
- Zamora, S., Marín-Muñiz, J. L., Nakase-Rodríguez, C., Fernández-Lambert, G., & Sandoval, L. (2019). Wastewater Treatment by Constructed Wetland Eco-Technology: Influence of Mineral and Plastic Materials as Filter Media and Tropical Ornamental Plants. *Water*, 11(11), 2344. <https://doi.org/10.3390/w11112344>
- Zapata-Cantu, L., & González, F. (2021). Challenges for Innovation and Sustainable Development in Latin America: The Significance of Institutions and Human Capital. *Sustainability*, 13(7), 4077. <https://doi.org/10.3390/su13074077>
- Zhang, S., Bilal, M., Adeel, M., Barceló, D., & Iqbal, H. M. N. (2021). MXene-based designer nanomaterials and their exploitation to mitigate hazardous pollutants from environmental matrices. *Chemosphere*, 283, 131293. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.131293>
- Zuin, V. G., Eilks, I., Elshami, M., & Kümmerer, K. (2021). Education in green chemistry and in sustainable chemistry: Perspectives towards sustainability. *Green Chemistry*, 23(4), 1594-1608. <https://doi.org/10.1039/D0GC03313H>