

ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO DE LA PRODUCCIÓN CIENTÍFICA SOBRE CEMENTOS, CAL Y SOSTENIBILIDAD: TENDENCIAS, IMPACTO Y PERSPECTIVAS

BIBLIOMETRIC ANALYSIS OF SCIENTIFIC PRODUCTION ON CEMENT, LIME, AND SUSTAINABILITY: TRENDS, IMPACT, AND PERSPECTIVES

¹ Jorge Luis del Río Cortina, ² Ernesto José Paredes Zúñiga

^{1,2}Universidad Tecnológica de Bolívar

Cómo citar: Del Río Cortina, J. L., & Paredes Zúñiga, E. J. (2026). Análisis Bibliométrico de la Producción Científica sobre Cementos, Cal y Sostenibilidad: Tendencias, Impacto y Perspectivas. *Publicaciones E Investigación*, 19(3). <https://doi.org/10.22490/25394088.10628>

Recibido 09 octubre 2025 y aprobado 10 noviembre 2025

RESUMEN

Introducción: La sostenibilidad en la industria del cemento y la cal ha adquirido creciente relevancia frente a los desafíos del cambio climático y la escasez de recursos. **Objetivo:** Analizar la producción científica sobre sostenibilidad en relación con el cemento y la cal entre 2010 y 2025 mediante herramientas bibliométricas y cienciométricas. **Metodología:** Se empleó un enfoque descriptivo a partir de 1057 documentos extraídos de la base de datos Scopus, utilizando Excel para analizar indicadores de publicación, y VOSviewer para visualizar redes de colaboración, coautoría y coocurrencia temática. **Resultados:** Se identificó una tendencia exponencial en la publicación científica ($R^2 = 0.9067$) con India, China y Estados Unidos como países líderes. Las revistas *Construction and Building Materials* y *Journal of Cleaner Production* concentraron el mayor volumen e impacto. **Conclusiones:** La producción científica refleja una comunidad académica consolidada, enfocada en reducir el impacto ambiental mediante tecnologías sostenibles y aprovechamiento de residuos.

Palabras clave: sostenibilidad; cemento; cal; análisis bibliométrico; economía circular; colaboración científica.

¹ jdelrio@utb.edu.co / <https://orcid.org/0000-0001-6127-8450>

² zunigae@utb.edu.co / <https://orcid.org/0009-0001-2285-554X>

ABSTRACT

Introduction: Sustainability in the cement and lime industry has gained increasing relevance in response to the challenges of climate change and resource scarcity. **Objective:** To analyze the scientific production related to sustainability, cement, and lime between 2010 and 2025 using bibliometric and scientometric tools. **Methodology:** A descriptive approach was applied based on 1,057 documents extracted from the Scopus database. Excel was used to analyze publication indicators, and VOSviewer was employed to visualize collaboration, coauthorship, and keyword co-occurrence networks. **Results:** An exponential trend in scientific publication was observed ($R^2 = 0.9067$), with India, China, and the United States leading in output. The journals *Construction and Building Materials* and *Journal of Cleaner Production* concentrated the highest volume and impact. **Conclusions:** The scientific output reveals a consolidated academic community focused on reducing environmental impact through sustainable technologies and waste valorization.

Keywords: sustainability; cement; lime; bibliometric analysis; circular economy; scientific collaboration.



1. INTRODUCCIÓN

Dentro de la industria de la construcción se ha impulsado el desarrollo de nuevas líneas de investigación como respuesta a la preocupación por el cambio climático, la escasez de recursos naturales y la sostenibilidad ambiental (Juenger et al., 2011). Compuestos como el cemento y la cal, empleados globalmente, han sido evaluados por su impacto ambiental en las últimas décadas y por su potencial para integrarse en una economía circular. Diversos estudios, entre ellos el de Suhaib et al. (2023), han analizado la sostenibilidad de la cadena de suministro del cemento, destacando la urgencia de adoptar prácticas más limpias en toda la cadena de valor. Desde una perspectiva similar, Vorayos y Jaitiang (2020) examinaron el desempeño energético-ambiental del sector cementero en Tailandia y propusieron mejoras en eficiencia y reducción de emisiones. Asimismo, se han evaluado condiciones y oportunidades de descarbonización para industrias intensivas en energía, como la del cemento, mediante escenarios tecnológicos y regulatorios (Desport et al., 2025).

Numerosas investigaciones han abordado enfoques sostenibles, como el cemento LC3 (*limestone calcined clay cement*), una solución que disminuye significativamente las emisiones de carbono (Kanagaraj et al., 2024). De igual forma, se han analizado las propiedades del concreto al reemplazar parte del cemento por cenizas de bagazo de caña de azúcar, demostrando beneficios tanto en desempeño técnico como en sostenibilidad (Parron-Rubio et al., 2018). La incorporación de residuos ha sido ampliamente investigada; en el caso de Asensio et al. (2020) mostraron la viabilidad de emplear residuos de construcción y demolición junto con arcilla cocida para obtener cementos con menor huella ecológica. Por otro lado, Chin et al. (2022) propusieron la reutilización sostenible de residuos agroindustriales como reemplazo parcial del cemento Portland, y se observó una tendencia en la integración de subproductos orgánicos en materiales cementantes suplementarios; mientras que Robayo-Salazar et al. (2022) examinaron el uso de polvo reciclado de residuos de construcción y demolición como sustituto

parcial de la cal hidratada. Otra línea relevante es la aplicación de nuevas tecnologías: Adaloudis y Bonnin Roca (2021) analizaron los compromisos energéticos y económicos asociados a la impresión 3D de concreto desde una perspectiva de ciclo de vida.

En este contexto, los estudios bibliométricos y cuantitativos constituyen herramientas fundamentales para examinar la evolución, el impacto y las redes del conocimiento científico en torno a estos temas. Como plantea Robayo-Salazar et al. (2022), estas aproximaciones permiten identificar no solo a los autores institucionales y los países más influyentes, sino también las revistas de mayor impacto y los temas emergentes que configuran la agenda científica en la disciplina.

El objetivo de este trabajo es realizar un análisis bibliométrico y cuantitativo de la producción científica asociada a la sostenibilidad en la industria del cemento y la cal, tomando como base artículos indexados en Scopus entre 2010 y 2025. Se aspira a identificar las dinámicas de producción y colaboración científica, mapear las redes de coautoría y reconocer los principales focos de investigación.

2. MARCO TEÓRICO

La fabricación de cemento y cal figura entre las actividades industriales con mayor huella de carbono (Andrew, 2018). Se estima que, por cada tonelada de cemento elaborada, se emite aproximadamente una tonelada de dióxido de carbono (CO₂), debido principalmente a la descarbonatación de materias primas y al empleo de combustibles fósiles (Mongeon y Paul-Hus, 2016). Esta notable contribución al cambio climático ha convertido al sector en uno de los principales objetivos de transición energética global.

De acuerdo con estudios como los de Wang et al. (2019), el uso de tecnologías limpias y prácticas de *green remediation* pueden reducir considerablemente los efectos contaminantes asociados con la producción de cal y cemento. Además, incorporar

materiales residuales en mezclas de concreto no solo optimiza el rendimiento, sino que también disminuye el impacto ambiental, lo que refuerza la necesidad de adoptar enfoques sostenibles durante todo el ciclo de vida del material (Thomas y Gupta, 2015).

La sostenibilidad en la industria cementera implica minimizar la huella ecológica mediante el reciclaje de residuos industriales, mejoras en la eficiencia térmica y la utilización de materiales alternativos (Adesina, 2020). Los avances recientes en concreto buscan mitigar las emisiones de CO₂ y destacan la importancia de una gestión apropiada de residuos en la cadena de suministro, sobre todo en países en desarrollo (Hantoko et al., 2021).

La economía circular se ha consolidado como respuesta a los desafíos de sostenibilidad en el sector (Meys et al., 2020). Así, se exploran oportunidades para cerrar el ciclo de los plásticos, una propuesta extrapolable a la producción de cementos de bajo carbono. Asimismo, la reutilización de residuos orgánicos o plásticos en matrices cementantes ha presentado ventajas tanto ambientales como técnicas (Wang et al., 2024).

El crecimiento exponencial de la producción científica vinculada a la sostenibilidad en materiales de construcción exige herramientas metodológicas que permitan estructurar y comprender este conocimiento. Los análisis bibliométricos y cuantitativos ofrecen una visión integral del desarrollo investigativo, y posibilita la detección de patrones de publicación, actores clave, colaboraciones internacionales y tendencias emergentes.

Las revisiones críticas ayudan a identificar aplicaciones emergentes y estrategias sostenibles en el uso de materiales alternativos, tales como los geopolímeros o escorias alcalinizadas (Almutairi et al., 2021). El análisis de la literatura permite proyectar trayectorias tecnológicas con menores impactos ambientales y más viable desde lo técnico (Onuagulu-chi y Banthia, 2016).

3. METODOLOGÍA

La presente investigación se estructuró bajo un enfoque cuantitativo y bibliométrico de carácter descriptivo, orientado al análisis cuantitativo y cualitativo de la producción científica asociada a la sostenibilidad en materiales cementantes a nivel global, específicamente en cemento y cal. El estudio se fundamentó en el uso de herramientas bibliográficas, estadísticas y de visualización de redes de conocimiento, siguiendo lineamientos similares a los propuestos por Donthu et al. (2021), quienes destacan la relevancia estratégica de los estudios cuantitativos para evaluar tendencias, estructuras y la evolución del conocimiento científico.

Se seleccionó la base de datos Scopus para la recolección de información, debido a su alcance interdisciplinario, la cobertura de revistas de alto impacto y la aceptación en la comunidad académica para análisis cuantitativos (Mongeon y Paul-Hus, 2016). La búsqueda se efectuó en mayo de 2025, empleando la siguiente ecuación en el campo “title-abs-key”, lo que permitió identificar artículos cuyos términos aparecen en el título, el resumen o las palabras clave: (TITLE-ABS-KEY (sustainability*) AND TITLE-ABS-KEY (cement*) AND TITLE-ABS-KEY (lime*)) AND PUBYEAR > 2009 AND PUBYEAR < 2026

Esta estrategia arrojó un total de 1057 documentos publicados entre 2010 y 2025. El asterisco (*) incluyó términos derivados como sustainable, cement y lime, entre otros. Solo se consideraron documentos en inglés, a fin de garantizar mayor coherencia en el análisis semántico y visual.

A fin de completar el análisis cuantitativo, se utilizó VOSviewer para elaborar mapas de visualización de redes de conocimiento. Esta herramienta facilitó el análisis de relaciones de coautoría entre autores, vínculos de colaboración entre países e instituciones; así como la concurrencia de palabras clave más frecuentes presentes en el corpus documental (van Eck y Waltman, 2010). El procesamiento se realizó aplicando la

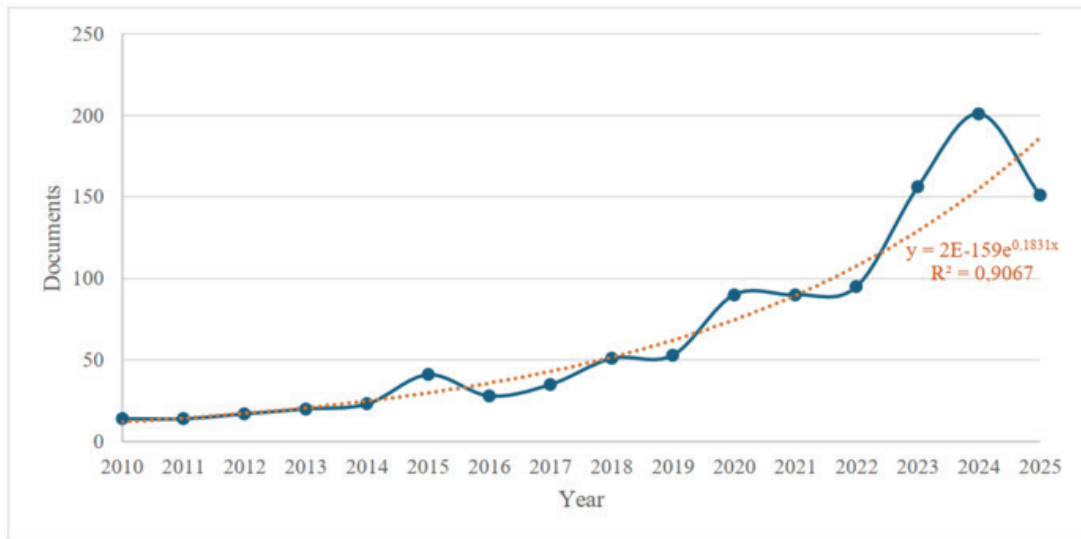
normalización por asociación de similitud y el agrupamiento por clústeres temáticos, lo que permitió detectar comunidades investigativas, temas emergentes y patrones de colaboración científica.

Para indagar sobre la dispersión de la información y determinar las revistas más relevantes en el campo de estudio, se aplicó la Ley de Bradford. Dicha ley, propuesta por Samuel C. Bradford en 1934, establece que, al ordenar las revistas según el número decreciente de artículos relevantes sobre un tema específico, se puede dividir el conjunto en tres zonas: una zona núcleo, compuesta por pocas revistas que concentran la mayoría de los artículos, y dos zonas sucesivas con un aumento progresivo de revistas que producen una cantidad similar de documentos. Su aplicación permite identificar el núcleo temático de la producción científica y facilita el reconocimiento de las fuentes más influyentes y la distribución del conocimiento en un área determinada (Bradford, 1976).

4. RESULTADOS

La evolución temporal de la producción científica respecto a sostenibilidad, cemento y cal revela un crecimiento sostenido a lo largo del periodo analizado, entre 2010 y 2025. Como se observa en la figura 1, el número de publicaciones se incrementó paulatinamente desde 2015, alcanzando un aumento destacable entre 2020 y 2023, con un pico mayor a los 200 documentos anuales en 2023. Asimismo, esta tendencia se ajusta a una función exponencial con un coeficiente de determinación $R^2 = 0.9067$, lo cual indica una alta correlación entre el avance temporal y la intensificación de investigaciones en este campo.

Figura 1. Artículos publicados entre 2010 y 2025

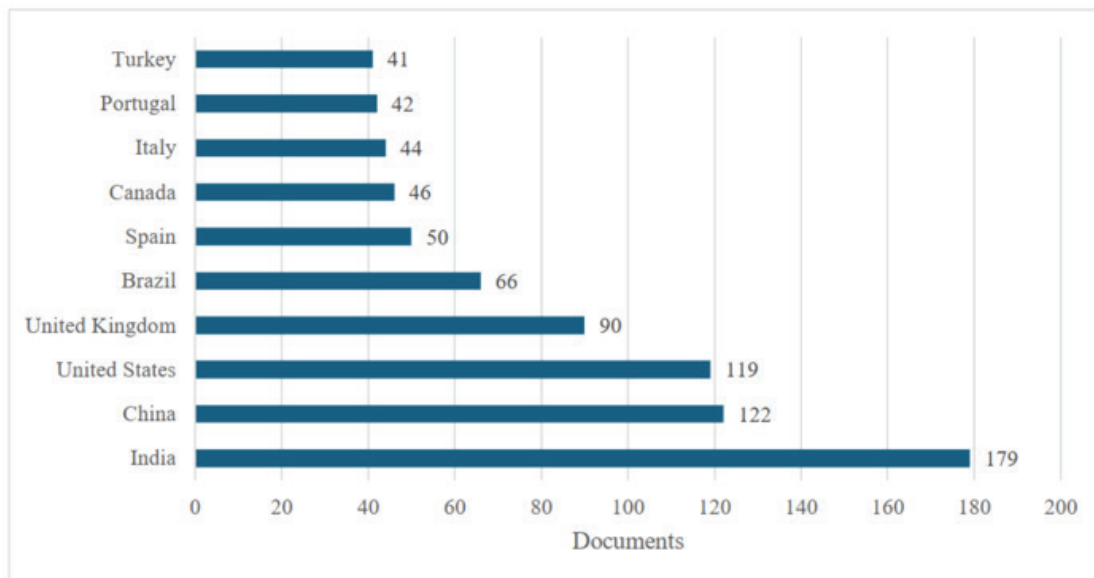


Fuente: Elaboración propia con datos de Scopus.

En cuanto a la distribución por países, la figura 2 revela que India lidera con 179 artículos, seguida de China (122), Estados Unidos (119) y Reino Unido (90). Esta distribución refleja una sólida articulación

de países con capacidades industriales desarrolladas, así como sólidos programas de investigación vinculados a la transición energética y la economía circular.

Figura 2. Artículos por país según la articulación de autores

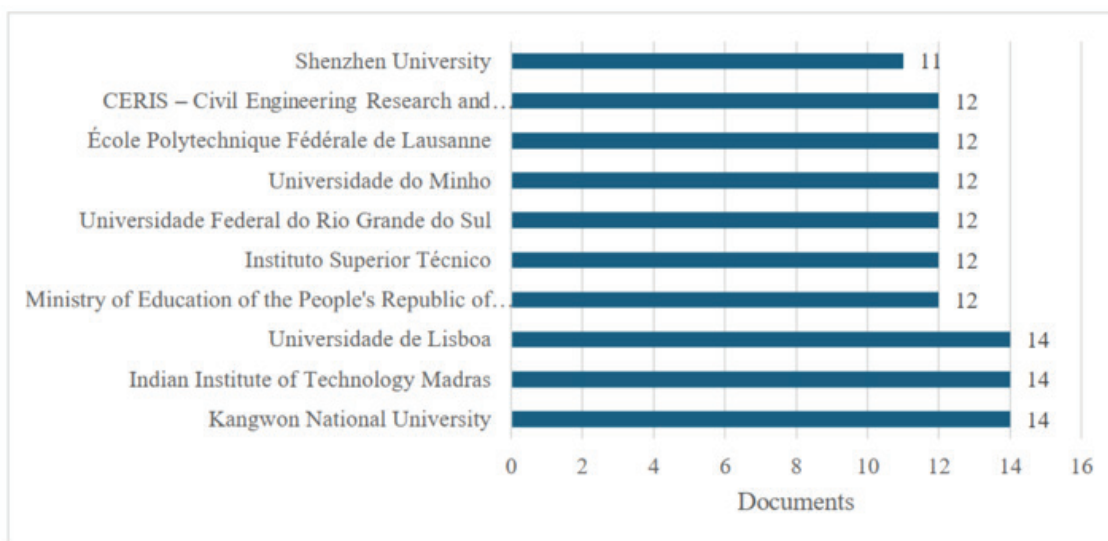


Fuente: Elaboración propia con datos de Scopus.

Respecto a las instituciones que concentran el mayor volumen de producción científica, observadas en la figura 3, se identifica una participación equilibrada entre universidades asiáticas, europeas y latinoamericanas. Las universidades Indian Institute of Technology Madras, Kangwon National University y Universidade

de Lisboa destacan con 14 artículos cada una, seguidas por instituciones como la École Polytechnique Fédérale de Lausanne, Universidade do Minho, Universidade Federal do Rio Grande do Sul y el Instituto Superior Técnico, todas con 12 artículos.

Figura 3. Artículos por instituciones según articulación de autores



Fuente: Elaboración propia con datos de Scopus.

En la figura 4 se identifican los autores más prolíficos en el campo de estudio. Wang X.Y. lidera con 13 publicaciones, seguido por Zunino F. (10) y Bentz D.P. (9). Estos investigadores han trabajado en áreas como la microestructura del cemento, la durabilidad de materiales ecoeficientes y la incorporación de residuos industriales en mezclas cementicias. La presencia de varios autores con al menos siete artículos demuestra una comunidad científica activa y consolidada, con líneas de investigación centradas en la sostenibilidad y el bajo impacto ambiental de materiales cementantes.

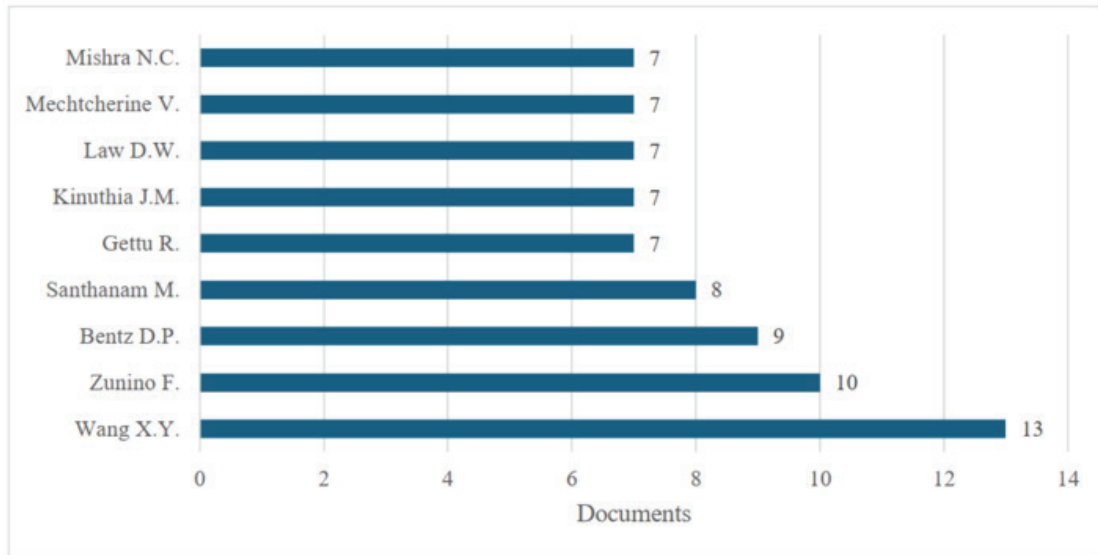
En conjunto, estos resultados demuestran la presencia de una estructura científica global activa y creciente en torno al desarrollo de soluciones sostenibles basadas en cemento y cal. La diversidad geográfica y temática observada confirma que se trata de un campo

de investigación dinámico, con alto potencial de innovación y aplicación tanto en países desarrollados como en vías de desarrollo.

Aplicando la Ley de Bradford, se clasificaron las revistas según su productividad temática en tres zonas. La zona 1, o núcleo de Bradford, está compuesta por solo cuatro revistas que concentran más de un tercio de los artículos analizados: *Construction and Building Materials*, *Journal of Cleaner Production*, *Journal of Building Engineering* y *RILEM Bookseries*. Estas revistas representan las fuentes de publicación más frecuentes y especializadas en sostenibilidad aplicada a materiales cementantes.

La zona 2, integrada por 11 revistas, acumula el segundo tercio de la producción y agrupa publicaciones

Figura 4. Participación de autores en artículos publicados



Fuente: Elaboración propia con datos de Scopus.

relevantes que abordan el tema desde perspectivas interdisciplinarias, como la ingeniería civil, los materiales de construcción y el impacto ambiental. Finalmente, la zona 3 se compone de otras 11 revistas, que, aunque menos frecuentes, complementan la diversidad editorial del campo.

Esta distribución confirma el principio de dispersión de la Ley de Bradford, en el que un número reducido de fuentes concentra una gran parte del conocimiento, lo cual resalta la existencia de un núcleo temático consolidado en la literatura sobre sostenibilidad, cemento y cal.

Tabla 1. Zonas de Bradford en el tema de sostenibilidad, cemento y cal

	Revistas		Artículos	
	Cantidad	%	Cantidad	%
Zona 1	4	15,4	243	38,1
Zona 2	11	42,3	263	41,2
Zona 3	11	42,3	132	20,7
Total	26	100	638	100

Fuente: Elaboración propia con datos de Scopus.

De acuerdo con la clasificación establecida por la Ley de Bradford, en la tabla 2 se identifican las revistas que conforman el núcleo de la producción científica más influyente en torno a la sostenibilidad, el cemento y la cal. Este núcleo está compuesto por diez fuentes

que concentran el mayor número de publicaciones y, consecuentemente, la mayor cantidad de citas, reflejando la alta relevancia e impacto en el desarrollo del campo. Todas las revistas reseñadas son ampliamente citadas y presentan una marcada orientación hacia el

desarrollo de soluciones ecoeficientes, el reciclaje de subproductos industriales y la optimización de mezclas cementantes. La concentración de estudios en estas revistas no solo demuestra su especialización temática, sino también su función como canales primarios de divulgación científica en el área.

Tabla 2. Artículos que conforman las zonas de Bradford en el tema de sostenibilidad, cemento y cal

Revista	Citas
<i>Construction and Building Materials</i>	111
<i>Journal of Cleaner Production</i>	48
<i>Journal of Building Engineering</i>	42
<i>Rilem Bookseries</i>	42
<i>Lecture Notes in Civil Engineering</i>	41
<i>Materials</i>	34
<i>Sustainability Switzerland</i>	28
<i>Case Studies in Construction Materials</i>	25
<i>Cement and Concrete Composites</i>	22
<i>Journal of Materials in Civil Engineering</i>	19

Fuente: Elaboración propia con datos de Scopus.

Los diez artículos más citados en el estudio bibliométrico sobre cemento, cal y sostenibilidad abordan principalmente el desarrollo de materiales alternativos al cemento Portland, el análisis de ciclo de vida y la incorporación de residuos industriales, como la ceniza volante. Nath y Sarker (2017) lideran con 461 citas, destacando el uso de geopolímeros, seguidos por Celik et al. (2015), quienes investigan mezclas autocompactantes sostenibles y opciones futuras para el cemento. También sobresalen los trabajos de Wang et al. (2019) sobre remediación ambiental sin cemento, y Ruan y Unluer (2016) con comparaciones entre MgO y Portland. Estos estudios reflejan una fuerte orientación hacia la reducción del impacto ambiental, sin perder de vista el rendimiento estructural de los materiales.

El mapa de coautoría entre países, mostrado en la figura 5, evidencia una red limitada de colaboración internacional en la producción científica sobre cemento, cal y sostenibilidad. Se destaca una conexión principal entre Etiopía, Arabia Saudita y Catar. Arabia Saudita actúa como nodo central al establecer vínculos tanto con Etiopía como con Catar, lo que sugiere que las investigaciones en estos países, relacionados

con esta materia, están coordinadas o promovidas por instituciones sauditas. La presencia de pocos nodos y conexiones delata una baja densidad de colaboración internacional, posiblemente debido a la concentración de estudios en contextos regionales o a las limitaciones en la cooperación científica.

Para elaborar la figura 5 se utilizó el programa VOSviewer y se seleccionaron los países a los que se asocian al menos cinco artículos y que disponen de al menos una cita. De los diez países, tres cumplían este umbral y se encontraron conectados. Método de conteo: *fractional counting* y método de normalización: *association strength*.

En la figura 6 se evidencia el gráfico de coocurrencia de palabras clave, que revela una estructura temática bimodal con alta interconexión entre aspectos técnicos y sostenibles en la investigación sobre cemento, cal y sus aplicaciones. Por un lado, un clúster centrado en “limestone”, “microstructure”, “cements” y “durability” refleja el interés por las propiedades fisicoquímicas y la durabilidad de materiales cementantes tradicionales. Por otro lado, términos como

Tabla 3. Artículos más citados en relación con sostenibilidad, cemento y cal

Autores	Año	Título	Revista	Citas
Nath, P., & Sarker, P.K.	2017	Flexural strength and elastic modulus of ambient-cured blended lowcalcium fly ash geopolymer concrete	<i>Construction and Building Materials</i>	461
Celik, K., Meral, C., Petek Gursel, A., ... Horvath, A., Monteiro, P.J.M.	2015	Mechanical properties, durability, and life-cycle assessment of self-consolidating concrete mixtures made with blended portland cements containing fly ash and limestone powder	<i>Cement and Concrete Composites</i>	410
Scrivener, K.L.	2014	Options for the future of cement	<i>Indian Concrete Journal</i>	352
Wang, L., Cho, D. W., Tsang, D. C. W., Cao, X., Hou, D., Shen, Z., Alessi, D. S., Ok, Y. S., & Poon, C. S.	2019	Green remediation of As and Pb contaminated soil using cement-free clay-based stabilization/ solidification	<i>Environment International</i>	304
Ruan, S., & Unluer, C.	2016	Comparative life cycle assessment of reactive MgO and Portland cement production	<i>Journal of Cleaner Production</i>	292
Suhendro, B.	2014	Toward green concrete for better sustainable environment	<i>Procedia Engineering</i>	288
Sánchez Berriel, S., Favier, A., Rosa Domínguez, E., Martirena Hernández, F., & Habert, G.	2016	Assessing the environmental and economic potential of Limestone Calcined Clay Cement in Cuba	<i>Journal of Cleaner Production</i>	268
Colangelo, F., Messina, F., & Cioffi, R.	2015	Recycling of MSWI fly ash by means of cementitious double step cold bonding pelletization: Technological assessment for the production of lightweight artificial aggregates	<i>Journal of Hazardous Materials</i>	229
Bentz, D.P., Ardani, A., Barrett, T., Tanesi, J., Weiss, W.J.	2015	Multi-scale investigation of the performance of limestone in concrete	<i>Construction and Building Materials</i>	229

Fuente: Elaboración propia con datos de Scopus.

Figura 5. Gráfico de coautoría entre países

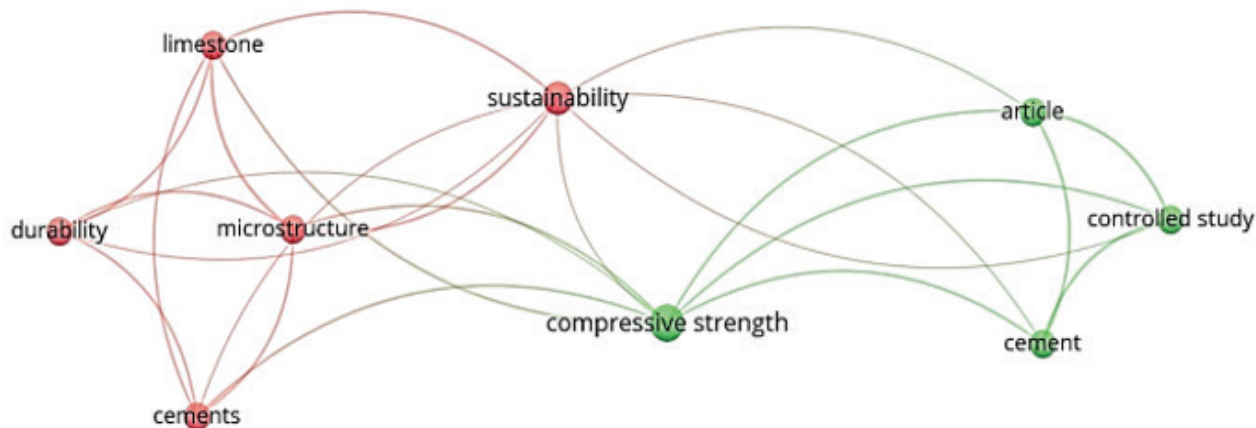


Fuente: Elaboración propia con datos de Scopus.

“compressive strength”, “cement” y “controlled study” se asocian con estudios experimentales enfocados en el rendimiento mecánico. En el centro de ambos grupos destaca “sustainability”, actuando como nodo integrador que conecta el análisis estructural con los enfoques

ambientales. Esta configuración sugiere una tendencia a desarrollar materiales sostenibles sin menoscabar su desempeño técnico, integrando conocimientos de durabilidad, estructura interna y resistencia con una visión ambientalmente responsable.

Figura 6. Coocurrencia en el uso de palabras clave de sostenibilidad, cal y cemento



Fuente: Elaboración propia con datos de Scopus.

Para construir la figura 7 se empleó el programa VOSviewer y se eligieron las palabras clave señaladas por los autores que presentaran una coocurrencia mínima de cuatro veces en los artículos seleccionados. De 216 palabras clave, seis cumplieron este umbral. Método de conteo: fractional counting y método de normalización: association strength.

5. DISCUSIÓN

El análisis bibliométrico y cienciométrico realizado pone en evidencia un crecimiento significativo y sostenido en la producción científica vinculada con la sostenibilidad en los materiales cementantes, particularmente en cemento y cal. Este comportamiento, ajustado a una función exponencial con un R^2 de 0.9067, indica una intensificación del interés académico en el desarrollo de materiales más sostenibles, en respuesta a los compromisos climáticos globales y la necesidad de innovar en la industria de la construcción.

Al comparar estos resultados con el contexto teórico, se confirma que las tecnologías orientadas a la economía circular, la valorización de residuos y la mejora de la eficiencia energética constituyen las principales líneas de investigación. La alta participación de países como India y China, así como la consolidación institucional asiática y europea, demuestran un fuerte liderazgo de regiones industrializadas, en consonancia con las políticas de transición energética mundial. La concentración temática en revistas como *Construction and Building Materials* y *Journal of Cleaner Production* valida la existencia de un núcleo consolidado en la literatura, en línea con la Ley de Bradford.

Respecto a los autores más prolíficos, sobresalen por sus contribuciones en campos como geopolímeros, durabilidad y propiedades mecánicas, alineados con la necesidad de reducir la huella ecológica sin sacrificar el desempeño técnico. No obstante, el análisis de redes de coautoría revela una baja densidad de colaboración internacional, lo cual limita la diseminación transversal

del conocimiento, de manera especial en regiones en desarrollo con menor capacidad investigativa.

La figura 6, Coocurrencia de palabras clave de sostenibilidad, cal y cemento, refleja un enfoque integrador entre propiedades mecánicas y sostenibilidad ambiental. Esto refuerza la noción de que el desarrollo de materiales ecoeficientes no solo se fundamenta en la sustitución de insumos, sino también en el rediseño del conocimiento científico, orientado a la obtención de materiales con doble rendimiento: técnico y ambiental.

6. CONCLUSIONES

La presente investigación demuestra que entre 2010 y 2025 la producción científica en sostenibilidad, cemento y cal ha mantenido una tendencia exponencial, con un punto de inflexión en 2020. Este comportamiento responde al incremento de políticas globales orientadas a la neutralidad de carbono, así como al avance de tecnologías y materiales alternativos en el sector de la construcción (Gartner y Sui, 2018).

India, China y Estados Unidos lideran en volumen de publicaciones, mientras que instituciones como el Indian Institute of Technology Madras y la Universidade de Lisboa reflejan una distribución geográfica diversa, aunque con escasa colaboración internacional sostenida. La Ley de Bradford permitió identificar un núcleo de revistas especializadas en ingeniería de materiales sostenibles, siendo Construction and Building Materials la de mayor impacto.

Entre los temas más investigados se destacan los geopolímeros, los cementos alternativos (como LC3) y la incorporación de residuos industriales en mezclas cementantes. Estas líneas temáticas están interrelacionadas a través del concepto de sostenibilidad, evidencia de un enfoque científico orientado a minimizar el impacto ambiental sin perjudicar el desempeño técnico.

Como limitación del estudio, se reconoce que la base de datos utilizada (Scopus) puede excluir literatura en otros idiomas o procedente de fuentes regionales.

Futuras investigaciones deberían explorar redes de colaboración más extensas, integrar indicadores alt-métricos o realizar comparaciones con bases distintas. Asimismo, se recomienda examinar la transferencia de estas soluciones tecnológicas a políticas públicas y normas de construcción sostenible.

7. REFERENCIAS

- Adaloudis, M., & Bonnin Roca, J. (2021). Sustainability tradeoffs in the adoption of 3D Concrete Printing in the construction industry. *Journal of Cleaner Production*, 307, 127201. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2021.127201>
- Adesina, A. (2020). Recent advances in the concrete industry to reduce its carbon dioxide emissions. *Environmental Challenges*, 1, 100004. <https://doi.org/10.1016/J.ENVC.2020.100004>
- Almutairi, A. L., Tayeh, B. A., Adesina, A., Isleem, H. F., & Zeyad, A. M. (2021). Potential applications of geopolymer concrete in construction: A review. *Case Studies in Construction Materials*, 15, e00733. <https://doi.org/10.1016/J.CSCM.2021.E00733>
- Andrew, R. M. (2018). Global CO2 emissions from cement production. *Earth System Science Data*, 10(1), 195–217. <https://doi.org/10.5194/ESSD-10-195-2018>
- Asensio, E., Medina, C., Frías, M., & Sánchez de Rojas, M. I. (2020). Fired clay-based construction and demolition waste as pozzolanic addition in cements. Design of new eco-efficient cements. *Journal of Cleaner Production*, 265, 121610. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2020.121610>
- Bradford, S. C. (1976). Classic paper in the management of library collections sources of information on specific subjects. *Collection Management*, 1(3–4), 95–103. https://doi.org/10.1300/J105V01N03_06
- Celik, K., Meral, C., Petek Gursel, A., Mehta, P. K., Horvath, A., & Monteiro, P. J. M. (2015). Mechanical properties, durability, and life-cycle assessment of selfconsolidating concrete mixtures made with blended portland cements containing fly ash and limestone powder. *Cement and Concrete Composites*, 56, 59–72. <https://doi.org/10.1016/J.CEMCONCOMP.2014.11.003>
- Chin, W. Q., Lee, Y. H., Amran, M., Fediuk, R., Vatin, N., Kueh, A. B. H., & Lee, Y. Y. (2022). A Sustainable Reuse of Agro-Industrial Wastes into Green Cement Bricks. *Materials*, 15(5), 1713. <https://doi.org/10.3390/MA15051713>
- Desport, L., Andrade, C., Corral, D., & Selosse, S. (2025). Feasibility, conditions, and opportunities for achieving net-negative emissions in the global cement industry. *International Journal of Greenhouse Gas Control*, 141, 104280. <https://doi.org/10.1016/J.IJGGC.2024.104280>
- Donthu, N., Kumar, S., Mukherjee, D., Pandey, N., & Lim, W. M. (2021). How to conduct a bibliometric analysis: An over-

- view and guidelines. *Journal of Business Research*, 133, 285–296. <https://doi.org/10.1016/J.JBUSRES.2021.04.070>
- Gartner, E., & Sui, T. (2018). Alternative cement clinkers. *Cement and Concrete Research*, 114, 27–39. <https://doi.org/10.1016/J.CEMCONRES.2017.02.002>
- Hantoko, D., Li, X., Pariatamby, A., Yoshikawa, K., Horttanainen, M., & Yan, M. (2021). Challenges and practices on waste management and disposal during COVID-19 pandemic. *Journal of Environmental Management*, 286, 112140. <https://doi.org/10.1016/J.JENVMAN.2021.112140>
- Juenger, M. C. G., Winnefeld, F., Provis, J. L., & Ideker, J. H. (2011). Advances in alternative cementitious binders. *Cement and Concrete Research*, 41(12), 1232–1243. <https://doi.org/10.1016/J.CEMCONRES.2010.11.012>
- Kanagaraj, B., Anand, N., Johnson Alengaram, U., Samuvel Raj, R., & Karthick, S. (2024). Limestone calcined clay cement (LC3): A sustainable solution for mitigating environmental impact in the construction sector. *Resources, Conservation & Recycling Advances*, 21, 200197. <https://doi.org/10.1016/J.RCRADV.2023.200197>
- Meys, R., Frick, F., Westhues, S., Sternberg, A., Klankermayer, J., & Bardow, A. (2020). Towards a circular economy for plastic packaging wastes—the environmental potential of chemical recycling. *Resources, Conservation and Recycling*, 162, 105010. <https://doi.org/10.1016/J.RESCONREC.2020.105010>
- Mongeon, P., & Paul-Hus, A. (2016). The journal coverage of Web of Science and Scopus: a comparative analysis. *Scientometrics*, 106(1), 213–228. <https://doi.org/10.1007/S11192-015-1765-5/METRICS>
- Nath, P., & Sarker, P. K. (2017). Flexural strength and elastic modulus of ambient-cured blended low-calcium fly ash geopolymer concrete. *Construction and Building Materials*, 130, 22–31. <https://doi.org/10.1016/J.CONBUILDMAT.2016.11.034>
- Onuaguluchi, O., & Banthia, N. (2016). Plant-based natural fibre reinforced cement composites: A review. *Cement and Concrete Composites*, 68, 96–108. <https://doi.org/10.1016/J.CEMCONCOMP.2016.02.014>
- Parron-Rubio, M. E., Perez-García, F., Gonzalez-Herrera, A., & Rubio-Cintas, M. D. (2018). Concrete Properties Comparison When Substituting a 25% Cement with Slag from Different Provenances. *Materials*, 11(6), 1029. <https://doi.org/10.3390/MA11061029>
- Robayo-Salazar, R., Valencia-Saavedra, W., & Mejía de Gutiérrez, R. (2022). Recycling of concrete, ceramic, and masonry waste via alkaline activation: Obtaining and characterization of hybrid cements. *Journal of Building Engineering*, 46, 103698. <https://doi.org/10.1016/J.JOBE.2021.103698>
- Ruan, S., & Unluer, C. (2016). Comparative life cycle assessment of reactive MgO and Portland cement production. *Journal of Cleaner Production*, 137, 258–273. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2016.07.071>
- Scrivener, K., Martirena, F., Bishnoi, S., & Maity, S. (2018). Calcined clay limestone cements (LC3). *Cement and Concrete Research*, 114, 49–56. <https://doi.org/10.1016/J.CEMCONRES.2017.08.017>
- Suhaib, Amir Babak Rasmi, S., & Türkay, M. (2023). Sustainability analysis of cement supply chains considering economic, environmental and social effects. *Cleaner Logistics and Supply Chain*, 8, 100112. <https://doi.org/10.1016/J.CLSCN.2023.100112>
- Thomas, B. S., & Gupta, R. C. (2015). Long term behaviour of cement concrete containing discarded tire rubber. *Journal of Cleaner Production*, 102, 78–87. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2015.04.072>
- van Eck, N. J., & Waltman, L. (2010). Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics*, 84(2), 523–538. <https://doi.org/10.1007/S11192-009-0146-3/FIGURES/7>
- Vorayos, N., & Jaitiang, T. (2020). Energy-environmental performance of Thai's cement industry. *Energy Reports*, 6, 460–466. <https://doi.org/10.1016/J.EGYR.2019.11.103>
- Wang, L., Cho, D. W., Tsang, D. C. W., Cao, X., Hou, D., Shen, Z., Alessi, D. S., Ok, Y. S., & Poon, C. S. (2019). Green remediation of As and Pb contaminated soil using cement-free clay-based stabilization/solidification. *Environment International*, 126, 336–345. <https://doi.org/10.1016/J.ENVINT.2019.02.057>
- Wang, X., Li, T., Xie, W., Zhang, L., Li, D., & Xing, F. (2024). Molecular dynamics study on the structure and mechanical properties of tobermorite. *Materials Science and Engineering: B*, 299, 116930. <https://doi.org/10.1016/J.MSEB.2023.116930>