

Contaminación ambiental y actividad minera: Un estudio bibliométrico

Environmental pollution and mining activity: A bibliometric study

Felicidad Bravo Zambrana*
Universidad Técnica de Oruro
Oruro - Bolivia
b.felicidad@yahoo.es
<https://orcid.org/0009-0000-1787-4837>

*Correspondencia:
b.felicidad@yahoo.es

Cómo citar este artículo:
Bravo, F. (2025). Contaminación ambiental y actividad minera: Un estudio bibliométrico. *Esprint Investigación*, 4(4), 42-58. <https://doi.org/10.61347/ei.v4i4.182>

Recibido: 1 de septiembre de 2025
Aceptado: 4 de octubre de 2025
Publicado: 11 de noviembre de 2025

Resumen: La investigación tuvo como propósito desarrollar un análisis bibliométrico acerca de la relación entre la contaminación ambiental y la actividad minera. A partir de una muestra inicial de 66 publicaciones científicas indexadas en Scopus, se aplicó el procedimiento completo en Bibliometrix. Con el apoyo de las herramientas avanzadas de VOSviewer, se elaboró un mapa de conocimiento que permitió visualizar las principales conexiones temáticas del estudio. Asimismo, se identificaron las instituciones más relevantes y las colaboraciones internacionales, entre las cuales destaca la participación de la Universidad de Huelva. Se evidenció un notable aumento en la producción científica durante el año 2022, junto con una tendencia creciente en el uso de conceptos como "Mining" y "Environment". En conjunto, los resultados de esta investigación contribuyen al fortalecimiento de la literatura existente y revelan las nuevas tendencias vinculadas a los desafíos ambientales actuales.

Palabras clave: *Actividad minera, contaminación ambiental, metales pesados.*

Abstract: *The purpose of this research was to develop a bibliometric analysis of the relationship between environmental pollution and mining activity. Starting with an initial sample of 66 scientific publications indexed in Scopus, the complete procedure was applied in Bibliometrix. With the support of VOSviewer's advanced tools, a knowledge map was created to visualize the study's main thematic connections. The most relevant institutions and international collaborations were also identified, notably the participation of the University of Huelva. A significant increase in scientific output during 2022 was observed, along with a growing trend in the use of concepts such as "Mining" and "Environment." Overall, the results of this research contribute to strengthening the existing literature and reveal new trends linked to current environmental challenges.*

Keywords: *Environmental pollution, heavy metals, mining activity.*

Copyright: Derechos de autor 2025
Felicidad Bravo Zambrana.



Esta obra está bajo una licencia internacional
Creative Commons Atribución-
NoComercial 4.0.

1. Introducción

La actividad minera ha generado un impacto significativo y en muchos casos irreversible sobre el medioambiente, principalmente cuando se ha desarrollado sin una regulación adecuada, provocando graves desequilibrios ecológicos. Sin embargo, los recursos minerales son indispensables para sostener el desarrollo económico y mejorar la calidad de vida, lo que convierte a la minería en una actividad necesaria. Cuando se ejecuta bajo principios de responsabilidad ambiental y con una adecuada planificación, puede constituirse en un motor de crecimiento y bienestar social. En cambio la falta de control y de medidas de protección ambiental conduce inevitablemente a la contaminación y a la degradación del entorno natural (Vilela-Pincay et al., 2020).

Los riesgos asociados a la minería provienen principalmente del proceso productivo, cuyo aumento intensifica las condiciones de peligro inherentes a esta actividad. Desde una perspectiva económica, la minería no es perjudicial en esencia; no obstante, cuando el Estado prioriza únicamente la productividad y descuida la protección de los derechos de la naturaleza, se generan amenazas directas al equilibrio ecológico (Alvarado, 2017).

Según Sánchez-Vázquez et al. (2016), las actividades mineras generan diversas afectaciones ambientales que, aunque por sí solas no constituyen un conflicto directo, pueden convertirse en detonantes de múltiples tensiones sociales. La gestión inadecuada e irresponsable de los residuos mineros representa un problema social de gran magnitud, que demanda soluciones urgentes y un mayor compromiso con la responsabilidad ambiental por parte de los actores involucrados.

Históricamente, la explotación minera se consolidó como una de las principales fuentes de ingreso económico. Sin embargo, esta práctica genera una considerable contaminación ambiental. Español (2012) señala que la minería alcanzó un notable auge, convirtiéndose en uno de los principales proveedores de materias primas, especialmente minerales metálicos, para la industria continental (Cueto, 2016). Además, el incremento en la demanda ha intensificado la extracción, incrementando con ello los impactos ambientales asociados.

La Tabla 1 presenta una visión comparativa del comportamiento de la actividad minera en diferentes países productores.

Tabla 1

Comportamiento de la actividad minera por países

Años	País	Minerales	Cantidad
Entre 1503 a 1660	India	Metales preciosos: oro	185 mil kilos
		Plata	16 millones de kilos
	México	Plata	155 mil toneladas
Entre 1521 y 1921	Congo, Cuba	Cobalto	
	Bolivia, Chile, México	Litio	
	Sudáfrica	Oro	3 mil millones de dólares. (Lo que representa en términos monetarios)
	Guinea, Vietnam, Australia	Bauxita	
	Polonia, China, EEUU	Plata	
	Chile, Perú	Cobre	
China	Tierras raras		

Se evidencia con claridad la dinámica de la actividad minera a nivel mundial. En el caso de América Latina, el volumen de exportaciones de minerales aumentó en un 245 % entre 1980 y 1995. Asimismo, entre 1985 y 1996 se extrajeron y exportaron aproximadamente 2.706 millones de toneladas de recursos no renovables, de los cuales el 88 % correspondía a minerales (Schatan, 1999). Esta tendencia se ha mantenido hasta la actualidad.

En este contexto, se observa que la actividad minera ha operado a través de diversos mecanismos y tecnologías para la extracción de minerales. No obstante, dicho proceso ha generado una notable degradación de los ecosistemas, principalmente por la presencia de metales pesados como arsénico, cloratos y cianuro, entre otros (Martínez et al., 2010; Rees & Murray, 2020).

En consecuencia, puede afirmarse que la actividad minera arrastra una pesada mochila socioecológica, entendida como el conjunto de materiales y energía utilizados a lo largo de todo el ciclo de vida de un recurso o producto. Este concepto abarca desde la extracción de la materia prima y su transformación, hasta su disposición final o, en algunos casos, su reciclaje (Amin et al., 2010).

En este marco de complejidad socioecológica, resulta pertinente analizar la producción científica relacionada con la actividad minera y sus impactos. Por ello se empleó en primer lugar el análisis bibliométrico como herramienta principal pues permite no solo valorar la calidad y productividad del conocimiento generado, sino también identificar su impacto e influencia en la comunidad investigadora.

Los efectos de la actividad minera trascienden el entorno terrestre, los metales contaminantes se dispersan hacia las áreas marinas, afectando a organismos marinos como las conchas del género *Ensis*, las cuales reflejan variaciones regionales en la composición química del medio marino. En estos ecosistemas se han detectado concentraciones elevadas de zinc (Zn) y plomo (Pb), directamente asociadas a la actividad minera en la bahía (Pearce & Mann, 2006). En la Figura 1 se muestra el proceso de contaminación ambiental derivado de la actividad minera.

Figura 1

Proceso de contaminación ambiental por actividad minera



Nota. Elaboración a base del trabajo de Amin et al. (2010).

En el caso específico del agua, se evidencia una amplia huella hídrica, indicador que contempla tanto el uso directo como el indirecto de este recurso, estrechamente asociado a la actividad minera. En Australia, por ejemplo, la minería presenta el índice de uso de agua más intensivo de toda la industria extractiva del país, siendo responsable del 80 % de los desechos vertidos en cuerpos de agua. Durante el periodo 2006–2007, las explotaciones de hierro, cobre, carbón, plata, plomo y zinc contribuyeron con aproximadamente el 13 % de las emisiones de sustancias a nivel nacional, mientras que la manufactura de metales no ferrosos básicos aportó el 10,5 % y la de metales ferrosos básicos el 8 %. Asimismo, la contaminación del suelo con plomo se atribuyó al sector minero en un 4 % durante ese mismo periodo (Amin et al., 2010).

El agua constituye un recurso natural esencial para la vida y un requisito indispensable para el desarrollo sostenible. En este sentido, garantizar que los arroyos, ríos, lagos, lagunas y, en general, todas las fuentes hídricas permanezcan libres de contaminación debe ser una responsabilidad compartida entre el Estado, el sector empresarial y la sociedad civil (Herrera & Millones, 2012).

Lamentablemente, en la actualidad persisten numerosas deficiencias e imperfecciones en el diseño institucional destinado a garantizar el acceso al agua limpia. Estas limitaciones responden, en gran medida, a fallas de mercado reflejadas en problemas de información asimétrica, ausencia de derechos de propiedad y carencia de un sistema adecuado de precios, entre otros factores. Dichas debilidades se evidencian en la conducta de ciertos empresarios que, al buscar maximizar su rentabilidad, consideran únicamente sus costos privados de producción, omitiendo los costos sociales y ambientales. En consecuencia, gran parte de la contaminación del agua proviene de las actividades minera y metalúrgica, históricamente responsables del mayor daño y degradación de los recursos hídricos del país (Herrera & Millones, 2012).

En este panorama, el sistema hidrológico se ve afectado por las partículas transportadas por el aire que se depositan en los cuerpos de agua, así como por los lixiviados que se vierten en los ríos. Estos desechos contienen sustancias tóxicas, ácidas y alcalinas que fluyen hacia los ecosistemas fluviales desde las zonas altas, donde generalmente se localizan las áreas mineras (Valdés et al., 2022; Dong et al., 2019). Este proceso puede modificar de manera significativa el flujo natural del agua y deteriorar su calidad debido a la absorción y acumulación de agentes contaminantes.

En la actualidad, los relaves mineros y su impacto ambiental constituyen una consecuencia inevitable de los proyectos extractivos, especialmente en lo que respecta a la degradación de los suelos, las aguas superficiales y subterráneas, así como del aire. Los relaves presentan un ciclo natural de contaminación cuya mitigación resulta prolongada en el tiempo. Este tipo de contaminación genera la presencia de elementos, minerales y metaloides que alteran los modos de vida de las poblaciones humanas y afectan negativamente las actividades económicas y productivas, en particular aquellas vinculadas al consumo y la producción agrícola, ocasionando además diversas enfermedades (Menéndez & Muñoz, 2021). Tanto la minería como las actividades agrícolas han contribuido a la pérdida de biodiversidad y al deterioro de los ecosistemas; sin embargo, los daños ocasionados por la minería suelen verse opacados por los beneficios económicos que esta genera (Paredes-Vilca et al., 2024).

El abandono de la actividad minera ha pasado en gran medida desapercibido tanto en el debate nacional, desde mediados del siglo XX, como en el marco normativo. Los jales, es decir, los apilamientos de rocas molidas que permanecen tras la extracción de los minerales de interés, generan importantes impactos socioambientales. No obstante, aún no se han establecido con claridad las responsabilidades de las empresas, del Estado ni de la sociedad civil frente a los efectos contaminantes derivados de estos residuos (Von Thaden et al., 2020).

2. Metodología

El método aplicado se fundamenta en un análisis bibliométrico orientado a examinar la producción científica relacionada con la contaminación ambiental generada por la actividad minera. Esta metodología permite evaluar la producción académica mediante la identificación de los resultados más relevantes y las tendencias investigativas del campo de estudio. La bibliometría se entiende como un conjunto de técnicas cuantitativas destinadas al estudio y evaluación de la literatura científica y de las comunicaciones académicas (Nordin et al., 2020).

El análisis bibliométrico procesa información estandarizada y normalizada, que incluye palabras clave, datos de autoría, títulos, resúmenes y años de publicación. El análisis de contenido desarrollado es de carácter extensivo, pues se apoya en un corpus documental representativo y aplica un tratamiento estadístico tanto longitudinal como transversal, lo que permite observar la evolución temporal y las relaciones entre los distintos componentes de la investigación científica.

La búsqueda de información se realizó en la base de datos Scopus, seleccionada por su amplia cobertura, la calidad de sus publicaciones y la visibilidad internacional que otorga a los estudios (Ayaviri-Nina et al., 2024). La elección de Scopus frente a Web of Science (WOS) se justifica en que ambas plataformas ofrecen contenidos complementarios y de alta similitud, por lo que el uso de Scopus garantiza la representatividad de los resultados obtenidos (Cruz et al., 2022).

En la Tabla 2 se detallan los criterios de búsqueda y los parámetros utilizados durante el proceso de análisis.

Tabla 2

Criterios de búsqueda y parámetros de análisis

Base de datos	Scopus
Idioma	Inglés, español
Periodo de análisis	1992-2025
Fecha de consulta	25 de septiembre de 2025
Tipos de documentos	Artículos científicos, libros (Article title, abstract and keywords).
Tipo de revista	Varias instituciones que publican.
Campo y términos de búsqueda	TITLE: environmental AND pollution. TITLE: mining AND activity.
Resultado total	66
	Indicadores de volumen:
	Cantidad de publicaciones científicas anuales.
	Distribución de la producción científica por nación.
Parámetro de análisis/indicadores bibliométricos	Desempeño productivo según la naturaleza institucional.
	Indicadores de impacto:
	Contribuciones con mayor número de citas.
	Indicadores de calidad:
	Análisis de palabras clave y su vinculación con otras áreas temáticas.
	Principales líneas, enfoques o tendencias investigativas identificadas mediante el mapa temático.

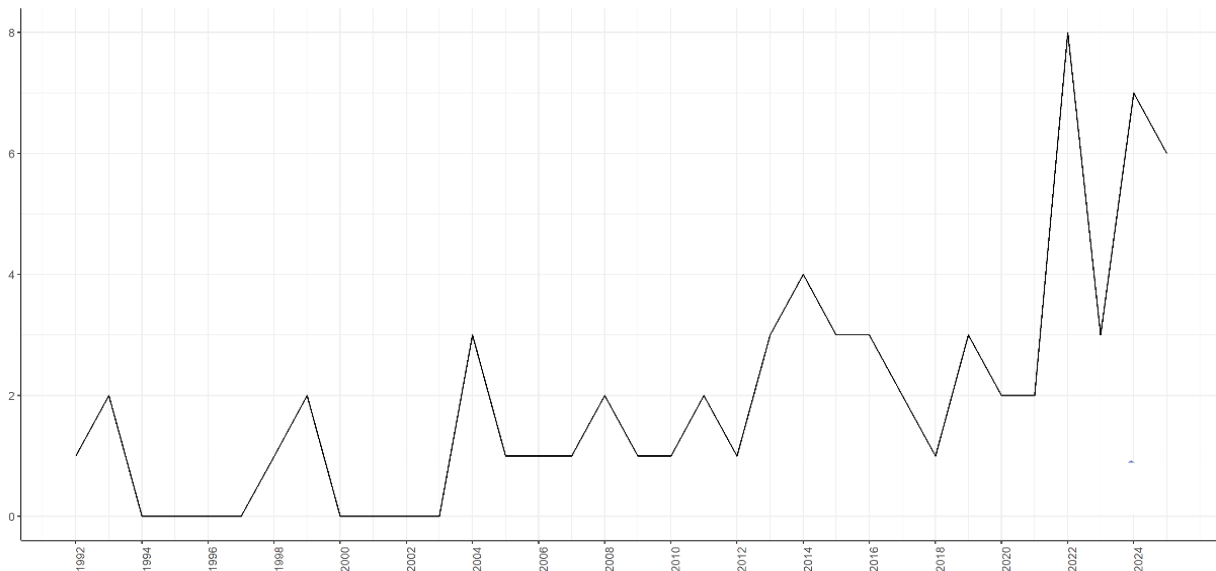
Entre las variables analizadas se incluyeron: el número total de artículos, la cantidad de citas recibidas, el promedio de citas por publicación, el promedio de artículos por autor, así como los trabajos más consultados, entre otros indicadores.

3. Resultados

En la Figura 2 se presenta la evolución anual de la producción científica relacionada con las dos variables analizadas: contaminación ambiental y actividad minera. En ella se puede apreciar el comportamiento temporal de ambas temáticas desde 1992 hasta 2025, reflejando los distintos ciclos de investigación y la frecuencia con la que estos temas han sido abordados a lo largo del tiempo del periodo analizado.

Figura 2

Producción científica por año

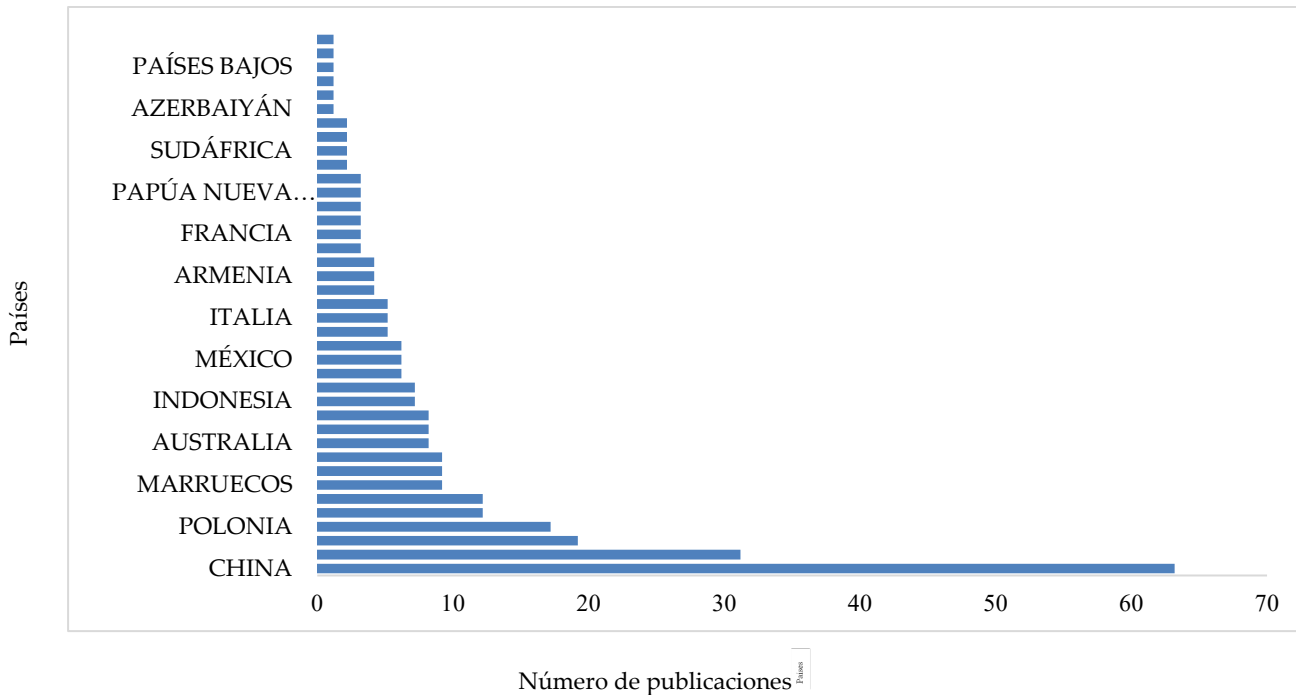


Se observa que la producción científica inició en niveles relativamente bajos en 1992, mostrando tanto descensos como incrementos significativos entre 1994 y 2014. Posteriormente, se registraron nuevas fluctuaciones hasta 2021, año a partir del cual se observa una recuperación progresiva y un crecimiento constante en la cantidad de publicaciones, alcanzando su pico máximo en 2022. No obstante, hacia 2024 se aprecia una disminución, seguida de variaciones en 2025, lo que podría estar relacionado con factores globales o con una limitación en los recursos financieros destinados a la investigación.

Por otra parte, la Figura 3 presenta la distribución de publicaciones por país, destacando a China como líder en estudios sobre contaminación ambiental y actividad minera, con un total de 63 publicaciones.

Figura 3

Número de publicaciones

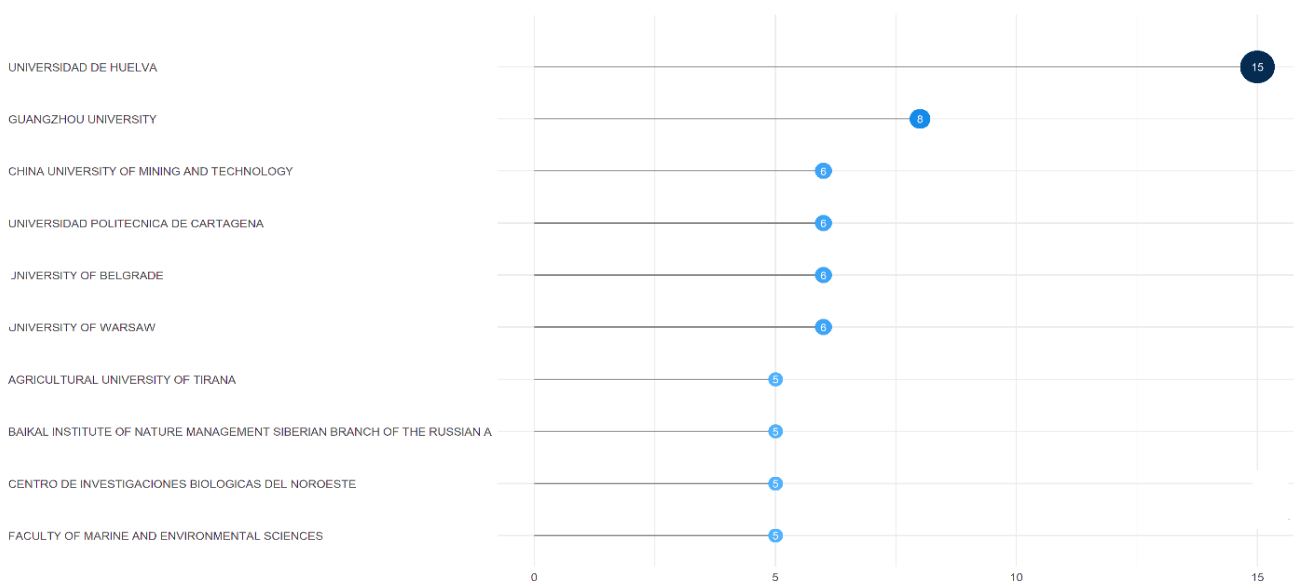


Le siguen España, con 31 documentos; la India, con 19; y Rumania y Serbia, con 12 cada una. Por su parte, Marruecos, Pakistán y Portugal registran 9 publicaciones respectivamente, mientras que Australia, Turquía y el Reino Unido cuentan con 8 cada uno. Estos datos reflejan una importante contribución investigativa, un campo particularmente sensible por la complejidad y los impactos sociales y ecológicos que implica su estudio.

La Figura 4 muestra las instituciones con mayor producción científica sobre contaminación ambiental y actividad minera

Figura 4

Productividad por tipo de afiliación



La Universidad de Huelva se destaca como líder con 15 publicaciones. Le siguen la Guangzhou University con 8, y un grupo de universidades con 6 aportes cada una, entre ellas la China University of Mining and Technology, la Universidad Politécnica de Cartagena, la University of Belgrade y la University of Warsaw. Otras instituciones, como la Agricultural University of Tirana, el Baikal Institute of Nature Management, el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste y la Faculty of Marine and Environmental Sciences, registran entre 4 y 5 publicaciones.

A su vez, la producción científica por autor revela que el año 2022 marcó un punto de mayor actividad investigativa, destacándose el estudio titulado “Evaluación exhaustiva de los riesgos ambientales y para la salud por la contaminación de metaloides derivados de las actividades mineras y de fundición de metales no ferrosos”, publicado en la Revista de Producción más Limpia, con un total de 27 artículos. Según la Ley de Lotka, que establece que el número de autores que publican n artículos es aproximadamente inversamente proporcional al cuadrado, se determinó que cerca del 90 % de los investigadores publicó un solo artículo (612 autores), mientras que el 0,05 % publicó dos trabajos (34 autores) y únicamente el 0,01 % alcanzó tres publicaciones (7 autores).

La tendencia creciente en la publicación de artículos científicos refleja un aumento significativo en la actividad investigativa y resalta la relevancia del campo de estudio sobre minería y medio ambiente. Esta importancia ha ido fortaleciéndose con el tiempo, con aportes destacados como el de (Kadivar et al., 2023). Asimismo, resulta fundamental identificar tanto a los autores más influyentes como a los artículos con mayor número de citas.

La Tabla 3 presenta las publicaciones con mayor número de citas, en las que se identifican los 15 investigadores más referenciados dentro del campo de estudio.

Tabla 3

Publicaciones más citadas

Orden	Autor	Título del artículo	Año	Nº de Citaciones
1	Lemly, A. (2004).	Aquatic selenium pollution is a global environmental safety issue	2004	464
2	Nocete, F., Álex, E., Nieto, J.M., Sáez, R., Bayona, M. (2005).	An archaeological approach to regional environmental pollution in the south-western Iberian Peninsula related to Third millennium BC mining and metallurgy	2005	128
3	Berger, B., & Dallinger, R. (1993).	Terrestrial snails as quantitative indicators of environmental metal pollution	1993	126
4	Fugiel, A., Burchart-Korol, D., Czaplicka-Kolarz, K., & Smoliński, A. (2017).	Environmental impact and damage categories caused by air pollution emissions from mining and quarrying sectors of European countries	2017	122
5	Yavuz, M., Sabah, E. (2008).	Geological and technical characterisation of Iscehisar (Afyon-Turkey) marble deposits and the impact of marble waste on environmental pollution	2008	106
6	Wang, Z., Zhou, W., Jiskani, I., Luo, H., Ao, Z., & Mvula, E. (2022).	Annual dust pollution characteristics and its prevention and control for environmental protection in surface mines	2022	78

7	Palma, P., Ledo, L., Alvarenga, P. (2015).	Assessment of trace element pollution and its environmental risk to freshwater sediments influenced by anthropogenic contributions: The case study of Alqueva reservoir (Guadiana Basin)	2015	78
8	Covarrubias, S., & Peña, J. (2017).	Environmental pollution by heavy metals in Mexico: Problems and phytoremediation strategies Contaminación ambiental por metales pesados en México: Problemática y estrategias de fitorremediación	2017	63
9	Modoi, O., Zoltán C., Török, Z., & Ozunu, A. (2014).	Environmental risks due to heavy metal pollution of 50iliq resulted from mining wastes in NW Romania	2014	63
10	Saedpanah, S., & Amanollahi, J. (2019).	Environmental pollution and geo-ecological risk assessment of the Qhorveh mining area in western Iran	2019	61
11	Ferrier, G. (1999).	Application of imaging spectrometer data in identifying environmental pollution caused by mining at Rodaquilar, Spain	1999	61
12	Khalil, A., Hanich, L., Hakkou, R., & Lepage, M. (2014).	GIS-based environmental database for assessing the mine pollution: A case study of an abandoned mine site in Morocco	2014	57
13	Company, R., Serafin, A., Lopes, B., Cravo, A., Shepherd, T., Pearson, G., & Bebianno, M. (2008).	Using biochemical and isotope geochemistry to understand the environmental and public health implications of lead pollution in the lower Guadiana River, Iberia: A freshwater bivalve study	2008	45
14	Pearce, N., & Mann, V. (2006).	Trace metal variations in the shells of <i>Ensis siliqua</i> record pollution and environmental conditions in the sea to the west of mainland Britain	2006	40
15	Azizi, M., Faz, A., Zornoza, R., Martínez-Martínez, S., Shahrokh, V., & Acosta, J. (2022).	Environmental pollution and depth distribution of metal(loid)s and rare earth elements in mine tailing	2022	34

Siendo el trabajo más referenciado el de Lemly (2004), con 464 citas. Su estudio, titulado “*Aquatic selenium pollution is a global environmental safety issue*”, analiza la contaminación por selenio como un problema ambiental de alcance mundial, vinculado a diversas actividades humanas, que abarcan desde la agricultura tradicional hasta los procesos industriales avanzados. En esta misma línea, Pearce y Mann (2006) señala que la presencia de selenio en los ecosistemas acuáticos puede manifestarse en contextos urbanos, suburbanos y rurales, lo que representa un aporte significativo para la comprensión de esta problemática global.

El segundo artículo más citado corresponde a Nocete et al. (2005), con un total de 128 citas. Su estudio, titulado “*An archaeological approach to regional environmental pollution in the south-western Iberian Peninsula related to Third Millennium BC mining and metallurgy*”, se centra en la caracterización de la división territorial del trabajo, destacando cómo la intensificación de las actividades mineras generó el primer impacto ambiental significativo a nivel local y regional. Para evaluar dicho impacto, los autores

analizaron el principal distrito minero del suroeste de Europa: la Faja Pirítica Ibérica. Los resultados evidencian que la metalurgia del cobre desarrollada en esta región durante el tercer milenio a. C. provocó una marcada deforestación, un incremento en la tasa de erosión y la contaminación, a escala regional, de las aguas del Golfo de Cádiz.

Los autores Berger y Dallinger (1993), en su estudio titulado *“Terrestrial snails as quantitative indicators of environmental metal pollution”*, acumulan un total de 126 citas. Su investigación se centró en medir las concentraciones de cadmio, plomo, cobre y zinc en ejemplares de *Arianta arbustorum* recolectados en distintos sitios urbanos de muestreo. Además, consideraron la influencia del entorno urbano, evidenciando que los niveles de metales en los caracoles variaban significativamente, incluso entre poblaciones ubicadas en áreas adyacentes.

Asimismo, se destaca la contribución significativa de los autores que ocupan el cuarto lugar en número de citas, entre ellos Fugiel et al. (2017), con el estudio titulado *“Environmental impact and damage categories caused by air pollution emissions from mining and quarrying sectors of European countries”*, el cual registra 122 citas. Esta investigación tuvo como propósito evaluar los impactos ambientales generados por las emisiones de contaminantes atmosféricos provenientes de los sectores de minería y canteras en distintos países europeos, utilizando la metodología de análisis del ciclo de vida. El estudio abarcó la evaluación de estos sectores en un total de doce países de Europa.

Por otra parte, en quinto lugar, se encuentra el estudio de Yavuz et al. (2008), titulado *“Geological and technical characterisation of Iscehisar (Afyon-Turkey) marble deposits and the impact of marble waste on environmental pollution”*, con un total de 106 citas. Los autores señalan que Turquía cuenta con 409 plantas de procesamiento de mármol en Afyon, las cuales representan el 19 % de la producción total de losas del país. Como resultado de esta actividad, se han acumulado aproximadamente 340.000 toneladas de residuos de mármol en la zona. No obstante, el impacto ecológico de dichos residuos que anteriormente se vertían de manera indiscriminada, generando contaminación visual, se ha reducido al mínimo gracias a las medidas implementadas.

En la Tabla 4 se presentan las siete principales revistas, destacadas por mantener el mayor promedio de artículos publicados.

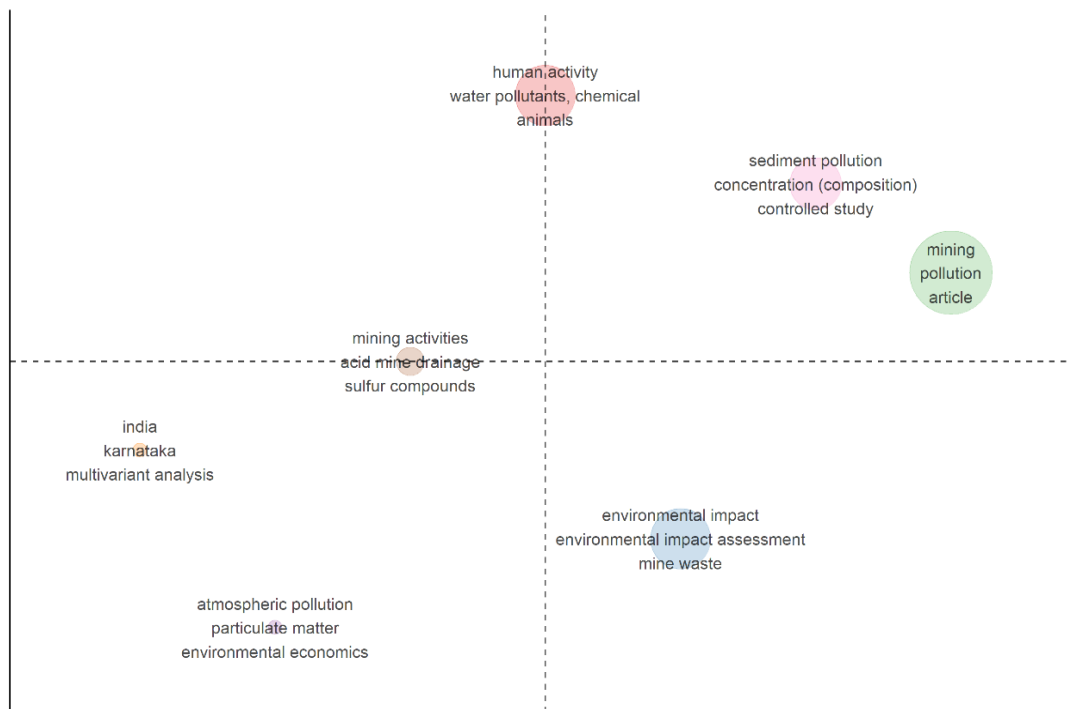
Tabla 4

Revistas con mayor impacto

Nº	Revista	Promedio de artículos
1	Environmental Science	5
2	Environmental Monitoring and Evaluation	4
3	Earth Environmental Sciences	2
4	International Journal of Environmental Research and Public Health	2
5	Cleaner Production Magazine	2
6	Journal of Geochemical Exploration	2
7	Marine Pollution Bulletin	2

Figura 6

Principales líneas de investigación.



En el cuadrante A se agrupan temas que, aunque aparecen de forma aislada, guardan relación con las variables de estudio: contaminación ambiental y actividad minera. El cuadrante B también reúne temas independientes, pero de relevancia directa para dichas variables.

Por su parte, el cuadrante C, aunque incluye pocos elementos, concentra dos temas estrechamente vinculados con la contaminación ambiental y la actividad minera, lo cual resulta significativo, ya que demuestra que las corrientes de investigación mantienen una tendencia coherente con las variables analizadas. Finalmente, el cuadrante D recoge temas relacionados con las variables de estudio, destacando además un país en el que se están abordando estas problemáticas.

4. Discusión

Los estudios bibliométricos relacionados con la contaminación ambiental y la actividad minera presentan resultados en gran medida coincidentes respecto a sus efectos, aunque abordados desde distintas perspectivas. Por ejemplo, Lee y Kim (2021) señalan que la contaminación ambiental causa graves perjuicios a las comunidades locales, estos impactos son percibidos de manera diferenciada por las víctimas; es decir, el daño se manifiesta de forma discriminatoria. No obstante, investigaciones previas no habían profundizado en este aspecto. Su estudio examina las percepciones de diversas víctimas del derrame de petróleo del Hebei Spirit en Corea y subraya la importancia de considerar la naturaleza discriminatoria del daño al planificar estrategias de gobernanza para la recuperación. El análisis de los daños derivados del derrame se llevó a cabo mediante técnicas de minería de texto aplicadas a cada grupo de sujetos, con base en análisis factoriales.

Por su parte, Modoi et al. (2014) analizan las instalaciones de desechos mineros en la región de Baia Mare, Rumania, resultado de la extracción de minerales polimetálicos (incluidos Au y Ag). Los autores advierten que los minerales de sulfuros metálicos presentes en estos desechos tienen el potencial de

generar drenaje ácido de roca (DAR) y, en consecuencia, riesgos significativos para el medio ambiente, en especial para los recursos hídricos.

En cuanto a las bases de datos utilizadas, el estudio se apoyó principalmente en publicaciones indexadas en Scopus. Para interpretar los resultados obtenidos, fue necesario examinar las características de dicha base. En el caso analizado, los hallazgos evidencian una amplia dispersión en el número de publicaciones por revista, lo que refleja la amplia diversidad de medios que abordan la temática. El campo de estudio contaminación ambiental y actividad minera es sumamente extenso, y una parte considerable de las revistas incluidas pertenece a Scopus, base que concentra la mayor cantidad de publicaciones científicas sobre el tema. Este hecho podría explicar, en parte, los resultados obtenidos.

Respecto a la productividad por países, los resultados se ven influenciados por factores relacionados tanto con la actividad minera como con la contaminación ambiental, en función de las particularidades de cada nación. En este sentido, los países con mayor número de publicaciones coinciden con aquellos que son grandes productores y consumidores de metales, destacando China como el principal referente. Se esperaría que en dicho país existan múltiples investigaciones sobre afectaciones a la salud de los trabajadores debido a su fuerte actividad industrial. Sin embargo, además de la capacidad productiva, otro factor determinante para comprender estos resultados es el nivel de inversión en investigación que realiza cada país.

En cuanto a la producción científica anual, esta constituye un indicador cuantitativo que no mide la calidad ni la relevancia del contenido de los documentos. Tampoco permite caracterizar de manera precisa los trabajos más significativos, ya que incluye todas las publicaciones relacionadas, incluso aquellas con vínculos superficiales con las variables de estudio. Como señalan Cotrina-Teatino et al. (2024), la línea temporal de visualización de datos no solo muestra el momento de aparición de los tópicos, sino también la frecuencia con la que las palabras clave se mencionan en la literatura. Herramientas como Bibliometrix son fundamentales para identificar las tendencias de investigación, diferenciando los temas consolidados de los emergentes.

En cuanto a la producción científica por países, los resultados ofrecen una representación visual de las naciones con mayor volumen de publicaciones sobre contaminación ambiental y actividad minera. El análisis destaca nuevamente a China como el país con mayor producción, evidenciado por la longitud de la barra más pronunciada (Li et al., 2022), mientras que India ocupa el segundo lugar, orientando sus investigaciones hacia la misma temática.

En relación con la productividad por tipo de institución, los gráficos identifican aquellas con mayor dedicación a los estudios sobre contaminación ambiental y minería. Asimismo, el factor de impacto de las revistas con mayor número de publicaciones en esta esfera, como *Science of the Total Environment*, *Environmental Science and Pollution Research* y *International Journal of Phytoremediation*, demuestra su papel central en la difusión de estudios vinculados a la biorremediación y otras temáticas ambientales (Wang et al., 2022; Cotrina-Teatino et al., 2024).

El análisis de las principales corrientes o tendencias de investigación visualizado en el mapa temático a lo largo de cuatro períodos mediante la técnica de cuadrantes revela una evolución sostenida de los estudios sobre contaminación ambiental y actividad minera hacia enfoques combinados que integran el análisis de metales pesados, los cuales adquieren creciente relevancia en la literatura científica. En este contexto, se recomienda que futuras investigaciones desarrollen análisis bibliométricos más detallados, incorporando aspectos como el estado de los suelos afectados por la contaminación minera, la interacción entre el entorno natural y las actividades extractivas, así como

otros elementos emergentes. Avanzar en esta línea no solo enriquecerá el conocimiento existente sobre biorremediación, sino que también permitirá identificar áreas críticas que requieren intervención y desarrollo metodológico adicional (Cotrina-Teatino et al., 2024).

5. Conclusiones

Esta investigación aporta información relevante sobre la producción científica vinculada principalmente a los temas de contaminación ambiental y actividad minera. Se evidencia un desarrollo continuo de publicaciones desde 1992, con un aumento notable a partir de 2022 y una tendencia ascendente en los años posteriores. También, sobresale la participación de países con alta producción científica y una marcada colaboración entre investigadores, siendo China el país con mayor liderazgo en este ámbito, seguido por India.

En relación con el aporte institucional, se identificaron 134 universidades y centros de investigación involucrados en la generación de conocimiento sobre contaminación ambiental y minería. Entre ellas, la Universidad de Huelva destaca con 15 artículos publicados. Asimismo, se registraron 53 fuentes académicas relevantes, siendo la revista *Science of the Total Environment* la más productiva, con 5 publicaciones. Los estudios recientes evidencian un creciente interés desde 2022, con la sostenibilidad ambiental como eje central.

Finalmente, el estudio analizó 66 documentos indexados en Scopus, enfocados en temáticas relacionadas con minería y contaminación ambiental. A través del uso de herramientas especializadas como VOSviewer y Bibliometrix, se elaboró un mapa de conocimiento que permitió identificar las interconexiones entre autores, revistas e instituciones dedicadas a este ámbito. Fortalecen la comprensión teórico-aplicada del fenómeno y constituyen una base sólida para futuras investigaciones sobre el impacto ambiental de la actividad minera.

Referencias

- Alvarado, J. (2017). Impactos económicos y sociales de las políticas nacionales mineras en Ecuador (2000-2006). *Revista de Ciencias Sociales*, 23(4), 53-64. <https://produccioncientificaluz.org/index.php/racs/article/view/25137>
- Amin, S., Aseneiro, G., Chandra, N., Founou, B., Hussain, A., Maidanik, K., Mandani, M., Nikolic, M., Fernández, J., & Vilas, C. (2010). *Ecología política de la minería en América Latina*. Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades, Universidad Nacional Autónoma de México. <https://n9.cl/002ot>
- Ayaviri-Nina, V., Matos, S., Quispe, G., Rodriguez, E., Flores, D., & Zurita, G. (2024). Bibliometric analysis of innovation in the social economy. Its theoretical implications. *Geo Journal of Tourism and Geosites*, 56(4), 1576-1588. <https://doi.org/10.30892/gtg.56414-1328>
- Azizi, M., Faz, A., Zornoza, R., Martínez-Martínez, S., Shahrokh, V., & Acosta, J. (2022). Environmental pollution and depth distribution of metal(loid)s and rare earth elements in mine tailing. *Journal of Environmental Chemical Engineering*. 10(3) 107526. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2022.107526>
- Berger, B., & Dallinger, R. (1993). Terrestrial snails as quantitative indicators of environmental metal pollution. *Environmental monitoring and assessment*, 25(1), 65-84. <https://n9.cl/nxtpw>
- Company, R., Serafín, A., Lopes, B., Cravo, A., Shepherd, T., Pearson, G., & Bebianno, M. (2008). Using biochemical and isotope geochemistry to understand the environmental and public health

implications of lead pollution in the lower Guadiana River, Iberia: A freshwater bivalve study. *Science of the total environment*, 405(1-3), 109-119. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2008.07.016>

- Cotrina-Teatino, M., Rondo-Layza, L., Marquina-Araujo, J., & Díaz, R. (2024). Biorremediación ambiental de suelos contaminados por la minería: Análisis bibliométrico. *SCIENDO INGENIUM*, 20(2), 77-85. <https://n9.cl/txhm5v>
- Covarrubias, S., & Peña, J. (2017). Contaminación ambiental por metales pesados en México: Problemática y estrategias de fitorremediación. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 33, 7-21. <https://doi.org/10.20937/RICA.2017.33.esp01.01>
- Cueto, G. (2016). Nuevos usos turísticos para el patrimonio minero en España, *Revista de Turismo y Patrimonio Cultural PASOS* 14(4), 1013-1026. <https://doi.org/10.25145/j.pasos.2016.14.065>
- Cruz, M., Martínez, M., Díaz, Y., & Rojas, O. (2022). El método de experto en tesis doctorales cubanas del ámbito educacional: un estudio bibliométrico y de contenido. *Revista Cubana de Información en Ciencias de la Salud*, 33. <https://n9.cl/cmky5>
- Dong, L., Tong, X., Li, X., Zhou, J., Wang, S., & Liu, B. (2019). Some developments and new insights of environmental problems and deep mining strategy for cleaner production in mines. *Journal of Cleaner Production*, 210, 1562-1578. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.291>
- Español, S. (2012). Contaminación con mercurio por la actividad minera. *Biomédica*, 32 (3). <https://doi.org/10.7705/biomedica.v32i3.1437>
- Fugiel, A., Burchart-Korol, D., Czaplicka-Kolarz, K., & Smoliński, A. (2017). Environmental impact and damage categories caused by air pollution emissions from mining and quarrying sectors of European countries. *Journal of cleaner production*, 143, 159-168. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.136>
- Ferrier, G. (1999). Application of imaging spectrometer data in identifying environmental pollution caused by mining at Rodaquilar, Spain. *Remote Sensing of Environment*, 68(2), 125-137. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(98\)00105-9](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(98)00105-9)
- Herrera, P., & Millones, O. (2011). ¿Cuál es el costo de la contaminación ambiental minera sobre los recursos hídricos en el Perú? *Documento de trabajo*, 321. <https://n9.cl/2qciy>
- Lee, J & Kim, D. (2021). Analysis of the Discriminatory Perceptions of Victims on Damage from Environmental Pollution: A Case Study of the Hebei Spirit Oil Spill in South Korea. *Land*, 10 (10), 1089. <https://doi.org/10.3390/land10101089>
- Khalil, A., Hanich, L., Hakkou, R., & Lepage, M. (2014). GIS-based environmental database for assessing the mine pollution: A case study of an abandoned mine site in Morocco. *Journal of Geochemical Exploration*, 144, 468-477 <https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2014.03.023>
- Lemly, A. D. (2004). Aquatic selenium pollution is a global environmental safety issue. *Ecotoxicology and environmental safety*, 59(1), 44-56. [https://doi.org/10.1016/S0147-6513\(03\)00095-2](https://doi.org/10.1016/S0147-6513(03)00095-2)
- Li, Y., Lin, H., Gao, P., Yang, N., Xu, R., Sun, X., Li, B., Xu, F., Wang, X., Benru, C & Sun, W. (2022). Synergistic impacts of arsenic and antimony co-contamination on diazotrophic communities. *Microbial ecology*, 84(1), 44-58. <https://doi.org/10.1007/s00248-021-01824-6>
- Martínez, C., Prieto, A., García, L., Quero, A., González, S., & Casan, P. (2010). Silicosis, una enfermedad con presente activo. *Archivos de Bronconeumología*, 46(2), 97-100. <https://doi.org/10.1016/j.arbres.2009.07.008>

- Menéndez, J., & Muñoz, S. (2021). Contaminación del agua y suelo por los relaves mineros. *Paideia XXI*, 11(1), 141-154. <https://doi.org/10.31381/paideia.v11i1.3622>
- Modoi, O., Zoltán C., Török, Z., & Ozunu, A. (2014). Environmental risks due to heavy metal pollution of water resulted from mining wastes in NW Romania. *Environmental Engineering & Management Journal (EEMJ)*, 13(9), 2325-2336. <https://n9.cl/amt3p>
- Nordin, N., Abdul, S., Ibrahim, N., Samsudin, M. (2020). Bibliometric analysis of publication trends in family firms' social capital in emerging economies. *Journal of Entrepreneurship, Business and Economics*, 8(1), 144-79. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3832746
- Nocete, F., Álex, E., Nieto, J., Sáez, R., Bayona, M. (2005). An archaeological approach to regional environmental pollution in the south-western Iberian Peninsula related to Third millennium BC mining and metallurgy. *Journal of Archaeological Science*, 32(10), 1566-1576. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2005.04.012>
- Palma, P., Ledo, L., Alvarenga, P. (2015). Assessment of trace element pollution and its environmental risk to freshwater sediments influenced by anthropogenic contributions: The case study of Alqueva reservoir (Guadiana Basin). *Catena*, 128(2), 174-184. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2015.02.002>
- Paredes-Vilca, O. J., Diaz, L. J., García, J. D., & Cruz, J. A. (2024). Contaminación y pérdida de biodiversidad por actividades mineras y agropecuarias: estado del arte. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 26(1), 56-66. <https://doi.org/10.18271/ria.2024.594>
- Pearce, N., & Mann, V. (2006). Trace metal variations in the shells of *Ensis siliqua* record pollution and environmental conditions in the sea to the west of mainland Britain. *Marine Pollution Bulletin*. 52(7), 739-755. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2005.11.003>
- Rees, D., & Murray, J. (2020). Sílice, silicosis and tuberculosis. *Salud Ocupacional del Sur de África*, 26 (5), 266-276. <https://n9.cl/yoh3x>
- Kadivar, S., Akbari, H., & Vahidi, E. (2023). Assessing the environmental impact of gold production from double refractory ore in a large-scale facility. *Science of the Total Environment*, 905, 167841. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.167841>
- Saedpanah, S., & Amanollahi, J. (2019). Environmental pollution and geo-ecological risk assessment of the Qhorveh mining area in western Iran. *Environmental Pollution*, 253, 811-820. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.07.049>
- Schatan, J. (1999). El saqueo de América Latina: deuda externa, neoliberalismo, globalización. *Fundación CENDA, Centro de Estudios Nacionales de desarrollo alternativo, Santiago, Chile*. <https://n9.cl/etli6i>
- Sánchez-Vázquez, L., Espinosa, M., & Eguiguren, M. (2016). Perception of socio-environmental conflicts in mining areas: the case of the mirador project in Ecuador. *Ambiente & Sociedade*, 19, 23-44. <https://doi.org/10.1590/1809-4422ASOC129708V1922016>
- Valdés Durán, A., Aliaga, G., Deckart, K., Karas, C., Cáceres, D. y Nario, A. (2022). The environmental geochemical baseline, background and sources of metal and metalloids present in urban, peri-urban and rural soils in the O'Higgins region, Chile. *Geoquímica Ambiental y Salud*, 44 (10), 3173-3189. <https://doi.org/10.1007/s10653-021-01098-4>
- Vilela-Pincay, W., Espinosa-Encarnación, M., & Bravo-González, A. (2020). La contaminación ambiental ocasionada por la minería en la provincia de El Oro. *Estudios de la Gestión: revista internacional de administración*, (8), 210-228. <https://doi.org/10.32719/25506641.2020.8.8>

- Von Thaden, H., & Robles, C. (2020). La actividad minera del siglo XX en el Valle de Oaxaca: riesgos de salud pública de hoy. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 36(1), 165-175. <https://doi.org/10.20937/rica.2020.36.53209>
- Wang, Z., Zhou, W., Jiskani, I., Luo, H., Ao, Z., & Mvula, E. (2022). Annual dust pollution characteristics and its prevention and control for environmental protection in surface mines. *Science of the Total Environment*, 825, 153949. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.153949>
- Yavuz, M., Sabah, E. (2008). Geological and technical characterisation of Iscehisar (Afyon-Turkey) marble deposits and the impact of marble waste on environmental pollution. *Journal of Environmental Management*, 87(1), 106-116. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2007.01.004>

Transparencia

Conflicto de interés

La autora declara que no existen conflictos de interés de naturaleza alguna como parte de la presente investigación.

Fuente de financiamiento

La autora financia completamente la investigación.

Contribución de autoría

Felicidad Bravo Zambrana: Conceptualización, metodología, software, validación, análisis formal, investigación, gestión de datos, visualización, redacción - preparación del borrador original, redacción - revisión y edición, financiamiento, administración del proyecto, recursos, supervisión.

La autora contribuye activamente en el análisis de los resultados, revisión y aprobación del manuscrito final.