

Gestión Ambiental en la minería: Responsable y Sostenible

Environmental management in responsible and sustainable mining

Juan Jesús Perez-Castro

Universidad Nacional de Huancavelica, Perú

E-mail: 2022131040@unh.edu.pe ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-5903-5634>

Alexander Michael Lanazca-Zacarias

Universidad Nacional de Huancavelica, Perú

E-mail: 2022131008@unh.edu.pe ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-9398-6208>

Ronal Saul Janampa-Lima

Universidad Nacional de Huancavelica, Perú

E-mail: 2022131035@unh.edu.pe ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-8269-6636>

Usiel Sandro Sapallanay-Herrera

Universidad Nacional de Huancavelica, Perú

E-mail: 2022131047@unh.edu.pe ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-7696-9634>

Hipolito Vargas-Sacha

Universidad Nacional de Huancavelica, Perú

E-mail: hipolito.vargas@unh.edu.pe ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9729-8242>

Resumen

El presente artículo tiene como objetivo analizar cómo la sostenibilidad ha sido abordada en el sector minero a través de una revisión sistemática de la literatura académica reciente. Para ello, se trabajó bajo un enfoque cualitativo y descriptivo, revisando estudios publicados entre 2021 y 2025 en las bases de datos Scopus, Scielo, Redalyc y Google Scholar. Las investigaciones revisadas evidencian un creciente interés por incorporar prácticas responsables que mitiguen impactos negativos en el entorno y promuevan el desarrollo local. Asimismo, se identifican desafíos comunes como la debilidad en la implementación de normativas ambientales, la necesidad de fortalecer la participación de las comunidades y el rol clave de la innovación tecnológica. Se concluye que, aunque existen avances significativos, aún persisten vacíos en la articulación efectiva entre políticas públicas, estrategias empresariales y expectativas sociales. Esta revisión permite aportar una visión crítica sobre las tendencias y limitaciones actuales en torno a la sostenibilidad en el ámbito minero, ofreciendo líneas de reflexión para futuras investigaciones y políticas más inclusivas y sostenibles.

Palabras Clave



Scientific Research Journal

Centro de Investigación y Desarrollo Intelectual CIDI

E-ISSN: 2789-2727 / Vol. 6, Núm. 10, 3-21, Julio 2025 / www.srjournalcidi.org

<https://doi.org/10.53942/srjcdi.v6i10.257>

Gestión ambiental, sector minero, minería sostenible.

Abstract

This article aims to analyze how sustainability has been addressed in the mining sector through a systematic review of recent academic literature. To do so, we used a qualitative and descriptive approach, reviewing studies published between 2021 and 2025 in the Scopus, Scielo, and Google Scholar databases. The reviewed research demonstrates a growing interest in incorporating responsible practices that mitigate negative impacts on the environment and promote local development. Common challenges are also identified, such as the weak implementation of environmental regulations, the need to strengthen community participation, and the key role of technological innovation. It concludes that, although significant progress has been made, gaps persist in the effective coordination of public policies, business strategies, and social expectations. This review provides a critical perspective on current trends and limitations surrounding sustainability in the mining sector, offering avenues for reflection for future research and more inclusive and sustainable policies.

Keywords

Environmental management, mining sector, sustainable mining.

Zusammenfassung

Ziel dieses Artikels ist es, durch eine systematische Überprüfung der aktuellen wissenschaftlichen Literatur zu analysieren, wie Nachhaltigkeit im Bergbausektor angegangen wird. Zu diesem Zweck haben wir einen qualitativen und deskriptiven Ansatz verwendet und Studien überprüft, die zwischen 2021 und 2025 in den Datenbanken Scopus, Scielo und Google Scholar veröffentlicht wurden. Die untersuchten Forschungsergebnisse zeigen ein wachsendes Interesse an der Einführung verantwortungsvoller Praktiken, die negative Auswirkungen auf die Umwelt mildern und die lokale Entwicklung fördern. Darüber hinaus werden auch gemeinsame Herausforderungen identifiziert, wie etwa die mangelhafte Umsetzung von Umweltvorschriften, die Notwendigkeit einer stärkeren Einbindung der Gemeinschaft und die Schlüsselrolle technologischer Innovationen. Man kommt zu dem Schluss, dass trotz der erzielten erheblichen Fortschritte weiterhin Lücken bei der wirksamen Koordinierung staatlicher Maßnahmen, Geschäftsstrategien und gesellschaftlicher Erwartungen bestehen. Dieser Bericht bietet eine kritische Perspektive auf aktuelle Trends und Einschränkungen im Hinblick auf die Nachhaltigkeit im Bergbausektor und bietet Denkanstöße für künftige Forschung und umfassendere und nachhaltigere Strategien.

Parole chiave

Umweltmanagement, Bergbausektor, nachhaltiger Bergbau.



1. Introducción

La sostenibilidad y el progreso en la actividad minera son aspectos de gran relevancia en el ámbito del sector minero actual. La minería cumple un rol importante en el desarrollo económico de numerosos países, entre ellos Perú, dado que crea, puestos de trabajo, ingresos y aporta de manera considerable al sector Bruto Producto Interno (PBI). No obstante, este sector también ha sido sujeto de investigación por sus efectos perjudiciales en el ambiente natural y las poblaciones comunitarias (Torriani et al., 2024).

Sin embargo, la industria minera se topa con retos vinculados a varios asuntos, entre ellos, que resalta la sostenibilidad. Determinar las tendencias en la investigación orientadas hacia la transición de una minería ecológica responsable, necesariamente implica analizar esta situación mediante acciones desde el campo sostenible, que además incorporen elementos tecnológicos, sociales, financiero y técnico (Lizeth Ortega, 2024).

La meta de esta investigación es dar una idea completa, desde lo teórico hasta lo práctico, para entender qué tanto se ha avanzado y qué obstáculos enfrenta la minería sostenible. A través del análisis de lo que se ha escrito sobre el tema, se busca dar consejos útiles y estrategias para las empresas, los que ponen las reglas y las comunidades, con el objetivo final de equilibrar el desarrollo económico realizando la conservación ambiental y desarrollo social.

La finalidad de esta investigación es ofrecer una visión integral que, desde el planteamiento conceptual hasta el análisis empírico, permita comprender los avances y las barreras de la minería sostenible. Con ello, a través de la revisión literaria, se busca aportar recomendaciones prácticas y estratégicas para las empresas del sector, los reguladores y las comunidades, con el fin último de ajustar la expansión económica mediante la protección del capital natural y social.

2. Estado del arte o Marco Teórico

2.1 Gestión ambiental en el sector minero

La organización Ambiental es un proceso constante que se incluye en la política ambiental de cada empresa, compuesta por el conjunto de estrategias y normativas



orientadas a llevar a cabo una operación minera utilizando las técnicas más eficientes existentes y sus correspondientes controles ambientales (Aduvire, 2023). Si bien la minería es crucial para el progreso económico de muchos países, su puesta en marcha trae consigo la creación de desechos, emisiones dañinas y la modificación de los entornos naturales, esto implica grandes desafíos para la sostenibilidad del medio ambiente (Asif & Chen, 2016)

Hasta no hace mucho tiempo, las actividades mineras no integraban en sus operaciones elementos sociales y medioambientales. Actualmente contar con un sistema de sostenibilidad ambiental como componente de la administración es considerado una estrategia clave para las empresas en el mercado, ya que ayuda a preservar el entorno ambiental y fomenta el desarrollo sostenible (Br rocio, 2005).

Las compañías mineras más establecidas consideran la protección ambiental no como un aspecto particular, sino como parte fundamental de la gestión minera sostenible. En este sentido, la planificación de mejora en el ámbito ambiental están vinculadas y coordinadas con plan de optimización en los ámbitos sociales y económicos, por lo tanto, es importante considerar las opciones que ofrecen los recursos de gestión Ambiental a lo largo de la fase de la actividad minera (Carmona-García et al., 2017).

Para abordar estos desafíos, las empresas suelen implementar un-SISTEMA DE GESTION AMBIENTAL (SGA), dirigido con la norma ISO 14001, que constituye políticas, procedimientos y controles para prevenir, mitigar y compensar los efectos adversos sobre el medio (Arocena et al., 2023). Esta metodología estructurada asegura que las metas ecológicas se incorporen en cada escalón de la empresa, abarcando desde la proyección preliminar hasta la finalización de las actividades.

Un SGA sólido incorpora categorías de indicadores como emisiones atmosféricas, descargas de efluentes, uso de recursos y actividades de restauración post-cierre. Cada indicador debe contar con umbrales de referencia que permitan comparar el desempeño real con metas definidas, de modo que se orienten oportunamente las acciones correctivas para mejorar continuamente la sostenibilidad de las instalaciones mineras (Gorman & Dzombak, 2018).



Además, los marcos de Alta Fiabilidad (HRO) aplicados a reportes de sostenibilidad revelan la necesidad de fortalecer la verificación externa de datos y la transparencia informativa, superando la brecha entre métricas reportadas y desempeño real (Newbold, 2006).

En conclusión, la gestión ambiental en la minería no solo responde al cumplimiento normativo, sino que se erige como un pilar estratégico: a través de SGAs robustos, indicadores comparables y mecanismos de confiabilidad, las empresas pueden reducir impactos, optimizar recursos y asegurar su licencia social para operar, garantizando así la viabilidad de sus proyectos y la protección del entorno para las generaciones futuras.

2.2 Minería sostenible

La idea de una minería que sea sostenible se enfoca esencialmente en lo que Planteo el Informe; el siguiente informe nos menciona que es necesario satisfacer las necesidades actuales, pero siempre cuidando de no comprometer la capacidad de las futuras generaciones para poder hacer lo mismo. Así la minería sostenible aplica estos fundamentos al ámbito de la extracción de minerales, promoviendo a quienes participan en esta actividad económica hacer verdaderos modelos “buenas prácticas”. Esto abarca lo administrativo, lo social, el medio ambiente y de qué manera se gestiona todo el proceso (Brundtland, 1987).

Proyectar una minería que sea responsable y sostenible, en línea con prioridades y necesidades comunitarios, económicas y medioambientales, requiere ir más allá de simplemente extraer y procesar minerales. De tal manera que resulta crucial garantizar el suministro de los minerales de manera responsable, lo que implica identificar, reducir y mitigar los impactos sociales y ambientales que puedan llegar a formarse (Dufey et al., 2023)

Fundamentalmente, se basa en triple enfoque -económico, social y ambiental- y en la formación de valor conjunto, donde las actividades deben generar ganancias financieras, mientras mejoran el bienestar de las comunidades receptoras y cuidan la salud de los entornos naturales cercanos (Gilberthorpe et al., 2016).



Para hacer practica esta perspectiva se han establecido modelos de evaluación como el Índice de Sostenibilidad del Area Minera (MASI), que une indicadores de salud en la comunidad, potencial productivo y desempeño ambiental, dando a las empresas la capacidad de seguir de cerca su aceptación en la sociedad y guiar proyectos de desarrollo en las comunidades (Yu et al., 2024).

En materia medioambiental, la economía circular se ha convertido en un pilar: la valorización y reproceso de relaves y estériles permite extraer minerales secundarios y reducir la demanda de extracción primaria (Damoah & Herat, 2022; Jalalian et al., 2023).

Por su parte, desde la gobernanza, las empresas más avanzadas han integrado la sostenibilidad en su alta dirección, emitiendo reportes auditados y estableciendo mecanismos de diálogo continuo con grupos de interés, con el fin de asegurar transparencia y rendición de cuentas (Vidal, 2024).

Al fomentar activamente la percepción de “minería sostenible”, las compañías se posicionan como contribuyentes al desarrollo territorial, mitigan tensiones con gobiernos y comunidades mediante proyectos de educación, salud y formación, y promueven el uso eficiente de recursos y la prevención de la degradación de tierras (Gilberthorpe et al., 2016).

Se cuestiona de que manera la minería sostenible puede ser un motor de progreso al integrarse con la administración del medio ambiente, la equidad colectiva y la eficacia económica. Se resalta la relevancia de preservar el medio ambiente y los recursos sociales para las proximas generaciones, como un elemento esencial de una perspectiva sostenible (Perdomo-Millán, 2022).

3. Materiales y métodos

La revisión de literatura se realizó durante mayo del 2025, llevando a cabo una recopilacion de documentos en un sistema de gestión de registros como ProQuest, Scopus y Web of Science. Se inició la búsqueda con la siguiente ecuación: ((“ENVIRONMENTAL MANAGEMENT”) AND (“MINING SECTOR”) AND (“SUSTAINABLE MINING”)). Como resultado inicial, se obtuvieron 134 documentos, los mismos que presentan diferentes tipos de artículos. Tras ello, a los documentos se les aplicó una serie de criterios de exclusión para



tener solo aquellos de los últimos cinco años y aquellos que abordaran la problemática con las variables especificadas. Luego se procedió a revisar los Abstract y las Conclusiones de cada uno de los artículos seleccionados, manteniendo la totalidad de los artículos al estar todos alineados con el foco de la investigación. Así, finalmente, se tuvo la cantidad de 10 artículos elegidos los cuales se describen en el siguiente apartado

4. Resultados

En el presente bloque se muestran los resultados obtenidos al realizar la revisión literaria, los cuales se expresan en la siguiente tabla.

Tabla 1.
Resultados

Autor y año	Resumen	Conclusiones
(Uniyal et al., 2025)	Las actividades mineras generan grandes volúmenes de desechos con impactos ambientales y sociales. Este estudio se fundamentó en el análisis detallado de publicaciones académicas, reportes industriales y métricas globales, combinando información clave sobre progresos notables en la producción, el reciclaje, la recuperación y la organización de desechos. Los hallazgos revelan una inclinación hacia enfoques integrales que armonizan la actividad minera con las metas mundiales de desarrollo perdurable.	Ante los impactos negativos, se destaca la adopción de técnicas como el almacenamiento en seco, la biorremediación y la economía circular para añadir valor. También se identifican barreras como los altos costos de implementación y las limitaciones tecnológicas en países en desarrollo, proponiéndose enfoques para replicar la sostenibilidad a nivel global.
(Jalalian et al., 2023)	En el ámbito de las ciencias terrestres el estudio de recursos naturales se enfoca en conseguir una gestión sostenible de componentes valiosos, como, por ejemplo, las piedras ornamentales. Para optimizar	En esta investigación se elaboró un método optimizado para la obtención de rocas decorativas, tomando en cuenta factores tanto económicos como



este proceso, se desarrolló un método que mejora la planificación del corte en las canteras, considerando no solo la cantidad de bloques obtenidos, sino también factores como el consumo energético. Este método evalúa las imperfecciones y propone cortes óptimos, permitiendo la reducción de gastos, uso de energía, agua y herramientas, mientras que minimiza los residuos, aumentando de esta forma los beneficios y disminuyendo el impacto en el entorno.

(Watts et al., 2023) Este artículo propuso un plan de gestión de riesgos a largo plazo para reducir y mitigar los daños causados por accidentes mineros. Se presentó una revisión de incidentes pasados relacionados con instalaciones de manejo de relaves (TMF) y las acciones adoptadas por la Unión Europea para gestionar estos riesgos y prevenir nuevos eventos. Estas medidas preventivas buscan minimizar tanto el impacto de las operaciones mineras habituales como los efectos de posibles accidentes graves.

(Adomako & Tran, 2022) El documento investigó de que manera la competencia de las empresas mineras cumplen una función primordial dentro de las estrategias ambientales sostenibles de las industrias mineras. Además, también se

medioambientales. Al aplicarlo a dos modelos con datos reales, se logró disminuir este valor en un 72 % y 67 %, respectivamente, en comparación con patrones tradicionales. La propuesta demostró ser eficaz para optimizar la eficacia operativa y minimizar el impacto ambiental, siendo además viable con un simple estudio geológico del área de extracción.

Este estudio promovió el uso de prácticas sostenibles a lo largo de las etapas de explotación de la minería. Analizó críticamente los problemas que genera la minería desde diferentes ámbitos: ambiental, social y económico. Los autores propusieron soluciones interconectadas que buscaban apoyar los servicios ecosistémicos necesarios para el procesamiento sostenible de minerales.

Se concluyó que (1) el enfoque estratégico ambiental se aplica a la productividad positiva de las empresas, (2) el efecto de las prácticas ambientales sostenibles



examinó el papel moderador de la en la competitividad de las orientación al mercado entre política empresas es moderado, y (3) la ambiental responsable y la ventaja eficiencia de las empresas mediante competitiva de las organizaciones. la relación entre la organización Utilizando datos con desfase temporal de ambiental responsable y el 194 empresas que participan en desempeño económico. actividades mineras, se encontró apoyo para las hipótesis planteadas.

(Ruokonen, Este estudio amplió el conocimiento sobre Este estudio invita a reflexionar 2022) cómo los altos directivos de empresas sobre los aspectos clave de la mineras en Finlandia gestionan los gestión ambiental estratégica que aspectos ambientales. Su objetivo fue implementan las empresas comprender la gestión ambiental mineras, relacionados con los estratégica en la minería sostenible. Los impulsores, el liderazgo y la resultados mostraron que las industrias estrategia, las prácticas de están comprometidas con mejorar su implementación y los informes de rendimiento ambiental y social, motivadas responsabilidad corporativa. En principalmente por la legislación ambiental particular, el camino a seguir para y las expectativas sociales, buscando las empresas mineras es priorizar obtener una “licencia social para operar”. estratégicamente los temas ambientales y, con una actitud pionera, establecer objetivos ambiciosos para disminuir los impactos negativos.

(Damoah & El artículo analiza la gestión del control de Se encontró que, si bien los residuos Herat, 2022) residuos mineros y qué constituye una mineros tienen diversas gestión sostenible. Se realizó una revisión caracterizaciones, las principales bibliográfica exhaustiva y una síntesis de corrientes generadas son relaves, las prácticas existentes de supervisión de agua de mina, roca estéril y residuos mineros, y los resultados se sobrecarga, y escoria de fundición.



debatieron y analizaron en relación con la sostenibilidad ecológica, y falta de investigación científica socioeconómica. La revisión reveló que las prácticas sostenibles del manejo de residuos mineros son aquellas que aplican técnicas para reducir y prevenir los residuos mineros antes de su generación; reprocesar para extraer materiales valiosos o recuperar minerales que podrían haberse pasado por alto; reutilizar el material a granel remanente para un propósito menor; y tratar y eliminar responsablemente después de considerar todos los posibles usos de los materiales. Esta revisión también mostró la falta de investigación científica sobre las cantidades de residuos mineros generados y la necesidad de investigación primaria que busque cuantificar los diversos flujos de residuos mineros. Este trabajo también examinó las prácticas de gestión existentes y, sobre esta base, concluyó que una gestión sostenible de residuos mineros es aquella que ofrece estrategias efectivas para evitar, reducir, reprocesar y reducir el ciclo de los residuos mineros antes de su eliminación responsable.

(Blinova et al., 2022) El artículo analizó los fundamentos conceptuales de la sostenibilidad corporativa; las particularidades y la clasificación de los enfoques para definirla; y la relación entre la sostenibilidad corporativa, el desarrollo responsable a nivel micro y la economía circular. Mediante el análisis del ejemplo de Rusia, se mostró la influencia del sector minero en el progreso ambiental, económico y social, tanto de un país con una economía basada en recursos como de las regiones mineras individuales, desde la perspectiva de la sostenibilidad. Se estudiaron las estrategias empresariales, Se demostró que la gestión corporativa eficaz de los factores ESG genera una influencia ambiental y social acorde con los requisitos del desarrollo sostenible y sirve de base para la sostenibilidad corporativa. Se discute la incorporación de componentes de la economía circular en la noción de sostenibilidad corporativa y se sostiene que la incorporación de modelos operativos en las estrategias empresariales,



- características distintivas de las empresas mineras. favorecerán su crecimiento sostenible e incentivara su aporte en el desarrollo sostenible.
- (Kalisz et al., 2022) Este trabajo tiene como objetivo revisar la supervisión de residuos en el sector minero de minerales metálicos, carbón, petróleo y gas natural. El artículo presenta los métodos actuales de gestión de residuos derivados de la extracción y el tratamiento de materias primas, así como las amenazas derivadas de su aplicación. Además, se analizan los posibles métodos de gestión de residuos mineros mediante una caracterización exhaustiva de las propiedades y la composición de diversos tipos de rocas. Este artículo analizó en profundidad las cantidades, composiciones químicas y formas de ocurrencia de minerales metálicos como cobre, zinc y plomo, así como de carbón, petróleo crudo y gas natural. También se revisaron los métodos de gestión de residuos y sus posibles aplicaciones. A partir de los hallazgos, se propusieron opciones de gestión que incluyen el reciclaje de residuos almacenados y los generados en la producción actual. Se destacó que la disposición en depósitos es una de las prácticas menos efectivas y más perjudiciales para el medio ambiente.
- (Li et al., 2021) Este artículo abogó por un cambio en el marco de políticas ambientales en el sector minero de Ghana, pasando de la regulación estatal a la gobernanza ambiental, proponiendo "acuerdos voluntarios" como herramienta clave. También analizó las causas de la carencia de empleo de las políticas actuales y las implicaciones futuras si el gobierno continúa con este enfoque.



(Pactwa et al., 2021) El objetivo principal del artículo fue señalar el rol del desarrollo sostenible en el contexto del diseño de proyectos mineros, indicando las herramientas (software) y directrices disponibles (incluyendo GRI específicos del sector). Además, se seleccionaron varios índices de Desarrollo Sostenible (DS). Las consideraciones se enfocaron en el ámbito socioambiental, tomando como ejemplo el desarrollo de dos unidades de gobierno local polaco, donde funcionan plantas mineras a cielo abierto, junto con el potencial de desarrollo de la zona seleccionada con depósitos prospectivos. Se demostró que los municipios con actividades mineras, al aportar sus presupuestos, pueden llevar a cabo actividades de acuerdo con el DS. Esto resultó en una mejora de los parámetros de vida de las comunidades locales, brindando así una oportunidad para el desarrollo futuro de áreas que puedan destinarse a la explotación.

El artículo destacó la importancia de seguir tendencias social y ambientalmente responsables al diseñar nuevas minas que generen empleo. Se resaltó la necesidad de cumplir con las directrices ambientales y sociales globales y de integrar diversas disciplinas para evaluar los impactos sociales y ambientales. Se mostró que el uso de software minero no era suficiente en la fase de diseño y que era crucial cumplir con los estándares globales. Al referirse a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (1, 2, 4, 8 y 12), se evidenció que las comunidades locales, como Kleszczów y Bogatynia, se beneficiaron de las minas y apoyaron las iniciativas de energía renovable. El municipio de Gubin, con depósitos potenciales, mostró un gran potencial de desarrollo económico y mejora de la calidad de vida.

5. Discusión

Al revisar los diez estudios compilados en la Tabla 1, emergen tres grandes focos temáticos que consolidan el estado del arte en minería sostenible: la gestión de residuos y eficiencia de recursos; la gobernanza y estrategia organizacional; y la gestión de riesgos



junto con la vinculación comunitaria. Estos ejes permiten no solo identificar convergencias y divergencias entre las investigaciones, sino también vislumbrar sinergias para futuras líneas de trabajo.

En primer lugar, varios autores coinciden en que la economía circular y el aprovechamiento de residuos constituyen pilares ineludibles de la minería sostenible. Uniyal et al. (2025) y Damoah y Herat (2022), a través de revisiones bibliográficas exhaustivas, destacan la importancia de técnicas como el almacenamiento en seco y la biorremediación para reducir la carga contaminante de relaves y estériles. Kalisz et al. (2022) amplían esta visión al demostrar, mediante análisis de composición de residuos minerales, que los procesos de reprocesamiento pueden extraer materiales valiosos antes de la eliminación final. En contraste, Jalalian et al. (2023) aporta un enfoque más cuantitativo: su algoritmo de optimización de corte en canteras no solo disminuye drásticamente el desperdicio de bloques, sino que también cuantifica los beneficios energéticos y económicos de estas prácticas. La principal barrera señalada por todos ellos es el costo y la complejidad tecnológica, lo que sugiere la necesidad de marcos de apoyo financiero y de transferencia de tecnología para impulsar la adopción masiva.

En segundo lugar, la gobernanza y la estrategia organizacional emergen como factores determinantes para la efectividad de las iniciativas ambientales. Adomako y Tran (2022), a partir de un análisis estadístico en casi doscientas empresas, demuestran que una sólida estrategia ambiental vinculada a una alta orientación de mercado mejora la competitividad, evidenciando la relevancia de alinear los objetivos financieros y sostenibles. De manera complementaria, Ruokonen (2022) profundiza en la percepción de los altos directivos finlandeses mediante entrevistas cualitativas, revelando que el compromiso real con la sostenibilidad solo se fortalece cuando la alta dirección integra estos temas en la toma de decisiones estratégicas. Li et al. (2021) y Blinova et al. (2022) exploran, respectivamente, el tránsito de la regulación estatal a acuerdos voluntarios en Ghana y el marco conceptual de sostenibilidad corporativa en Rusia, poniendo de relieve cómo los contextos institucionales moldean la implementación de buenas prácticas. En conjunto,



estos estudios subrayan que la sostenibilidad deja de ser un asunto de cumplimiento normativo para convertirse en un motor de innovación y diferenciación competitiva.

Finalmente, la gestión de riesgos y la vinculación con las comunidades afines al proyecto minero aparecen como elementos esenciales para garantizar la viabilidad social y operativa. Watts et al. (2023), mediante una revisión de incidentes pasados en instalaciones de relaves y un análisis de las regulaciones europeas, propone un plan de gestión de riesgos a largo plazo que integra objetivos SMART (específicos, medibles, alcanzables, relevantes y temporales). Pactwa et al. (2021), por su parte, utiliza estudios de caso en municipios polacos para demostrar cómo los indicadores de desarrollo sostenible—salud, educación y perspectivas laborales—se traducen en mayor aceptación social y resiliencia local. Aunque sus metodologías difieren (Watts et al. se apoya en datos históricos y recomendaciones de políticas; Pactwa et al. combina estadísticas secundarias con observación de campo), ambos concluyen que la prevención de eventos adversos y el fortalecimiento de capacidades comunitarias son fundamentales para sostener la “licencia social para operar”.

Al contrastar objetivos, metodologías y resultados de estos bloques temáticos, se observa que las investigaciones cualitativas aportan profundidad en el entendimiento de factores humanos y organizacionales, mientras que los trabajos cuantitativos permiten medir impactos y optimizar procesos. Para enriquecer la discusión, puede ser especialmente fructífero explorar cómo los avances tecnológicos en valorización de residuos se integran en los marcos de gobernanza y, a su vez, cómo estos marcos facilitan la adopción de prácticas preventivas y participativas a nivel comunitario.

En síntesis, la literatura actual evidencia que una minería verdaderamente sostenible requiere articular innovaciones técnicas, modelos de gobernanza estratégica y vínculos sólidos con las comunidades locales. Solo a través de este enfoque holístico será posible alcanzar la triple meta económica, social y ambiental, garantizando la protección del capital natural y social para las generaciones futuras.

6. Conclusiones



A partir de la revisión literaria y la discusión de los artículos identificados, se puede concluir:

Respecto a la economía circular como ventaja competitiva, el reproceso de relaves, el almacenamiento seco y la biorremediación no solo minimizan la generación de residuos, sino que también crean oportunidades de valor económico; sin embargo, su adopción requiere mecanismos de financiamiento e incentivos adecuados.

Asimismo, se enfatiza en una gobernanza integrada. Incluir la sostenibilidad en la agenda de la alta dirección y vincular los objetivos ambientales con la estrategia de mercado potencia la competitividad de la empresa y consolida su “licencia social para operar”.

También se concluye la importancia de una gestión proactiva de riesgos. En ese sentido, establecer planes de riesgo con objetivos SMART y fomentar la participación de la comunidad en indicadores de salud, educación y empleo fortalece la resiliencia local y reduce la oposición a proyectos mineros.

Cabe precisar que el éxito de la minería sostenible depende de combinar innovaciones tecnológicas (optimización de procesos y monitoreo), un marco de gobernanza transparente y un diálogo permanente con los grupos de interés.

En cuanto a oportunidades futuras, es necesario evaluar la escalabilidad y el retorno de las tecnologías circulares, desarrollar sistemas de indicadores ambientales y sociales en tiempo real, y diseñar metodologías participativas que integren el conocimiento local en la restauración y la gestión de riesgos.

7. Declaración de contribución de autoría: CREDiT

Ronal Saul Janampa-Lima: Conceptualización, Metodología. Alexander Michael Lanazca-Zacarias: Redacción, borrador original. Juan Jesús Perez-Castro: Resultados, Discusión. Usiel Sandro Sapallanay-Herrera: Redacción, Conclusiones Hipólito Vargas-Sacha: Revisión de estilo.



8. Agradecimientos

Los autores manifiestan su más sincero reconocimiento a los revisores por sus exhaustivas evaluaciones y constructivas recomendaciones, los cuales fueron fundamental para mejorar la calidad científica del presente trabajo.

9. Declaración de conflicto de intereses

Los autores declaran que no tienen intereses financieros en competencia conocidos ni relaciones personales que pudieran haber parecido influir en el trabajo reportado en este artículo.

10. Disponibilidad de los datos

Los datos estarán disponibles previa solicitud.



Referencias

1. Adomako, S., & Tran, M. (2022). Sustainable Environmental Strategy, Firm Competitiveness, and Financial Performance: Evidence from the Mining Industry. *Resources Policy*, 75(2). <https://n9.cl/q605y>
2. Aduvire, O., & De Minas, I. (2023). Gestión ambiental en minería: certificaciones para iniciar y finalizar la actividad minera.
3. Arocena, P., Orcos, R., & Zouaghi, F. (2023). The scope of implementation of ISO 14001 by multinational enterprises: The role of liabilities of origin. *Journal of Environmental Management*, 327(September 2022), 116844. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.116844>
4. Asif, Z., & Chen, Z. (2016). Environmental management in North American mining sector. *Environmental Science and Pollution Research*, 23(1), 167–179. <https://doi.org/10.1007/s11356-015-5651-8>
5. Blinova, E., Ponomarenko, T., & Knysh, V. (2022). Analyzing the Concept of Corporate Sustainability in the Context of Sustainable Business Development in the Mining Sector with Elements of Circular Economy. *Sustainability (Switzerland)*, 14(13). <https://doi.org/10.3390/su14138163>.
6. Brocio. (2005). Universidad Privada del Norte "impacto del control interno en la gestión ambiental de una empresa minera"
7. Brundtland, G. H. (1987). *Nuestro Futuro Común*. Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo.
8. Carmona-García, U., Cardona-Trujillo, H., & Restrepo-Tarquino, I. (2017). Gestión ambiental, sostenibilidad y competitividad minera. Contextualización de la situación y retos de un enfoque a través del análisis del ciclo de vida. *DYNA (Colombia)*, 84(201), 50–58. <https://doi.org/10.15446/dyna.v84n201.60326>
9. Damoah, E., & Herat, S. (2022). A review of sustainable management of mining waste. *International Journal of Environment and Waste Management*, 342–359. <https://n9.cl/tw8pb>
10. Dufey, A., Jara, J. J., Sanhueza, C., Trincado, B., Urzúa, O., & Zamorano, P. (2023). Bases para impulsar una minería sostenible y responsable: Una ventana para dar un salto de prosperidad en el s. XXI El caso de Colombia. <http://www.iadb.org>
11. Gilberthorpe, E., Agol, D., & Gegg, T. (2016). 'Sustainable Mining'? Corporate Social Responsibility, Migration and Livelihood Choices in Zambia. *Journal of Development Studies*, 52(11), 1517–1532. <https://doi.org/10.1080/00220388.2016.1189534>.
12. Gorman, M. R., & Dzombak, D. A. (2018). A review of sustainable mining and resource management: Transitioning from the life cycle of the mine to the life cycle



- of the mineral. *Resources, Conservation and Recycling*, 137(June), 281–291.
<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.06.001>
13. Jalalian, M. H., Bagherpour, R., & Khoshouei, M. (2023). Environmentally sustainable mining in quarries to reduce waste production and loss of resources using the developed optimization algorithm. *Scientific Reports*, 13(1), 1–20.
<https://doi.org/10.1038/s41598-023-49633-w>
 14. Kalisz, S., Kibort, K., Mioduska, J., Lieder, M., & Małachowska, A. (2022). Waste management in the mining industry of metals ores, coal, oil and natural gas - A review. *Journal of Environmental Management*, 304.
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.114239>
 15. Li, G., Koomson, D. A., Huang, J., Amponsah, E. I., Darkwah, W. K., Miwornunyuie, N., Li, K., & Dong, X. (2021). A review from environmental management to environmental governance: paradigm shift for sustainable mining practice in Ghana. *Environment, Development and Sustainability*, 23(7), 9710–9724.
<https://doi.org/10.1007/s10668-020-01050-z>
 16. Lizeth Ortega. (2024). MINERÍA Y SOSTENIBILIDAD: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA DE LITERATURA EN EL. <https://orcid.org/0000-0002-6873-3062>
 17. Newbold, J. (2006). Chile's environmental momentum: ISO 14001 and the large-scale mining industry - Case studies from the state and private sector. *Journal of Cleaner Production*, 14(3–4), 248–261.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2004.05.010>
 18. Pactwa, K., Woźniak, J., & Strempek, A. (2021). Sustainable mining – Challenge of Polish mines. *Resources Policy*, 74(July).
<https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2018.09.009>
 19. Perdomo-Millán, A. (2022). El desarrollo sostenible desde una gestión socioambiental y económica en la rehabilitación minera Sustainable development from socio-environmental and economic perspective in mining rehabilitation.
<https://orcid.org/0000-0002-2217-2642>
 20. Ruokonen, E. (2022). Advancing Sustainability in Mining [Doctoral Theses, Aalto University]. <https://n9.cl/8itmr>
 21. Torriani, G. D. P., De La, L. E., Sáenz, F., & Astucuri, J. V. V. (2024). Situación actual y perspectiva futura de la minería en el Perú. www.ceplan.gob.pe
 22. Uniyal, S., Ajay, G., & Khanduri, K. (2025). Sustainable mining: reducing waste and enhancing resource efficiency. *Discover Civil Engineering*, December 2024.
<https://doi.org/10.1007/s44290-025-00233-9>
 23. Vidal, F. (2024). Correction: The quest for a sustainable industry: mining, path dependency and post-carbon regime in the European Arctic (Mineral Economics,



- (2024), 10.1007/s13563-024-00451-0). Mineral Economics.
<https://doi.org/10.1007/s13563-024-00463-w>
24. Watts, B. A., Palmeira Zago, V. C., Gopakumar, L., Ghazaryan, K., & Movsesyan, H. (2023). Uncharted risk measures for the management of sustainable mining. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 19(4), 949–960.
<https://doi.org/10.1002/ieam.4769>.
25. Yu, H., Zahidi, I., Fai, C. M., Liang, D., & Madsen, D. Ø. (2024). Elevating community well-being in mining areas: the proposal of the mining area sustainability index (MASI). *Environmental Sciences Europe*, 36(1). <https://doi.org/10.1186/s12302-024-00895-9>

