

Extraer sin Destruir: Hacia una Minería con Propósito

Extract without Destroying: Towards Purposeful Mining

Alyth Ximena Rodeles Coronado ; María Eugenia De la Rosa Leal

Alyth Ximena Rodeles Coronado. Licenciada en Contaduría Pública. Directora de Operaciones Global Competent A. C. Correo: ximena@globalcompetent.org. ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-5721-6379>.

María Eugenia De la Rosa Leal. Contadora pública certificada. Maestra en Administración. Doctora en Ciencias Administrativas. Profesora investigadora de la Academia de Contabilidad Superior. Departamento de Contabilidad, Universidad de Sonora, México. Correo: eugenia.delarosa@unison.mx. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2039-7263>.

Recibido: 8 de enero de 2025.

Aceptado: 17 de marzo de 2025.

DOI: <https://doi.org/10.69504/nau.v4i7.79>

JEL: Q01. Desarrollo sostenible.

Q52. Costes del control de la contaminación.

L. Organización industrial.

Resumen

La minería es una actividad asociada históricamente con impactos negativos al medio ambiente y el bienestar social, sin embargo, diversas empresas mineras han comenzado a adoptar prácticas para mitigar dichos efectos, y al mismo tiempo, optimizar recursos para mejorar su eficiencia y rentabilidad.

Este trabajo presenta un estudio de carácter documental de las principales acciones sostenibles implementadas por empresas e instituciones mineras, con la finalidad de describir prácticas y evidencias de que la sostenibilidad y la rentabilidad no son excluyentes.

A través de una metodología cualitativa basada en la revisión de literatura científica, informes institucionales y casos relevantes de América Latina y el mundo, se

identificaron prácticas comunes como: la recirculación de agua, uso eficiente de energía, remediación de pasivos ambientales y gestión de residuos.

Los hallazgos del estudio permiten observar que estas acciones, aunque con distintas formas de implantación, comparten la orientación hacia la eficiencia operativa y la reducción de impactos ambientales negativos, por lo cual, en su conjunto, este estudio describe la posibilidad de avanzar hacia una minería más responsable y rentable, con la integración de una visión estratégica de sostenibilidad como parte fundamental del modelo de negocio.

Palabras clave: prácticas sostenibles, minería, empresas.



Abstract

Mining is an activity historically associated with negative impacts on the environment and social well-being. However, several mining companies have begun to adopt practices to mitigate these effects and, at the same time, optimize resources to improve their efficiency and profitability.

This paper presents a documentary study of the main sustainable actions implemented by mining companies and institutions, with the aim of describing practices and evidence that sustainability and profitability are not mutually exclusive.

Through a qualitative methodology based on a review of scientific literature, institutional reports, and relevant cases from Latin America and around the world, common practices were identified, such as water recirculation, efficient energy use, remediation of environmental liabilities, and waste management.

The study's findings show that these actions, although implemented differently, share a common focus on operational efficiency and the reduction of negative environmental impacts. Therefore, as a whole, this study describes the possibility of moving toward more responsible and profitable mining, with the integration of a strategic vision of sustainability as a fundamental part of the business model.

Keywords: sustainable practices, mining, companies.

Introducción

La minería es una de las actividades económicas relevantes a nivel mundial, por su papel fundamental en el suministro de materias primas esenciales para la infraestructura, tecnología e industria manufacturera.

Desde la extracción de metales preciosos en la antigüedad hasta la explotación de minerales

estratégicos, la minería ha impulsado el crecimiento económico y tecnológico de las regiones (Hartman y Mutmansky, 2002), sin embargo, su impacto ambiental ha generado preocupaciones acerca de la sostenibilidad de sus prácticas operativas en un contexto global, en el cual la preservación del medio ambiente y el uso responsable de los recursos naturales son prioridades ineludibles (Programme, 2020).

La sostenibilidad en la minería no es una idea nueva, pero retoma importancia por el reconocimiento del calentamiento global y la adopción de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) establecidos en la Agenda 2030 de las Naciones Unidas con la participación de organismos internacionales como el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), el Banco Mundial y la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) quienes promueven la adopción de prácticas ambientales, sociales y de gobernanza con el enfoque ESG (*Environmental, Social, and Governance*) como conjunto de criterios para evaluar su desempeño e impacto de sus prácticas (PNUMA, 2012; *Responsible Mining Foundation*, 2020; Vela-Almeida et al., 2021). Lo cual ha estimulado que las empresas mineras reformen sus modelos operativos, no solo por presión normativa, sino también por la exigencia de sus consumidores e inversionistas (Gifford et al., 2009).

En América Latina, al igual que en el resto del mundo, la minería es una actividad clave para la economía ya que proporciona ingresos, genera empleo y estabilidad financiera (Ríos, 2018). En países como Chile, México, Perú y Brasil se poseen reservas mineras que los colocan como los principales exportadores de minerales a nivel mundial, no obstante, esta riqueza contrasta con altos niveles de pobreza, desigualdad y degradación ambiental que afectan las zonas de explotación (Svampa, 2012). En varios casos, los beneficios económicos de la extracción no se traducen en mejoras tangibles para las



comunidades locales, lo cual genera tensiones sociales (Delgado, 2010) por ello, la implementación de prácticas sostenibles se presenta como una solución en donde los beneficios económicos contribuyen al bienestar social y preservación de los ecosistemas.

En ese sentido, este estudio tiene como finalidad identificar y describir algunas de las principales prácticas sostenibles que han sido implementadas por empresas mineras y promovidas por instituciones tanto en América Latina como en otras regiones del mundo. A partir de una revisión documental, que analiza estas acciones desde un enfoque exploratorio, con el objetivo de argumentar que la sostenibilidad no representa necesariamente una carga o pérdida económica para las empresas mineras, siendo en esencia una oportunidad estratégica que puede traducirse en beneficios reales para ellas. En un escenario en el cual la minería enfrenta el desafío de conciliar la extracción de recursos naturales con la protección ambiental y el respeto a los derechos humanos, a través de prácticas que se configuran como una vía posible hacia un desarrollo ambiental más equilibrado y responsable.

Pregunta de investigación

La pregunta de investigación de este estudio es ¿De qué manera la implementación de prácticas sostenibles en la minería puede beneficiar a las empresas sin comprometer al medio ambiente, ni al bienestar social?

Objetivo

Siendo el objetivo: detectar las principales prácticas sostenibles que actualmente se dan en la industria minera en sus zonas de explotación y su cadena de valor, a partir de:

1. Identificar las prácticas sostenibles de empresas e instituciones mineras en distintas regiones de América Latina y el mundo.
2. Describir los beneficios observados como

resultado de la implementación de dichas prácticas sostenibles en las regiones y las empresas que las implementan.

Método

El enfoque del estudio es exploratorio, a partir de revisión de literatura de estudios de caso documentados en fuentes académicas especializadas. La estrategia metodológica fue la recopilación, selección y análisis de investigaciones que de forma directa o indirecta abordan las prácticas sostenibles en la minera y sus relaciones, con los siguientes criterios de inclusión:

- Investigaciones que describan el desarrollo e implementación de estrategias sostenibles en el sector minero y su impacto económico.
- Investigaciones relativas a la gestión de residuos, uso de energías limpias, reciclaje de materiales y optimización de recursos como el agua y energía.

La búsqueda de fuentes se realizó en bases de datos académicas reconocidas, como Dialnet y Scielo, revistas especializadas en minería y desarrollo sostenible, y tesis de posgrados de universidades latinoamericanas, con la finalidad de obtener mayor diversidad de enfoques y casos en el tema de estudio.

La estrategia de búsqueda utilizó palabras claves alineadas con el objetivo de la investigación, con los términos: “*prácticas sostenibles*”, “*reducción de costos*”, “*energías limpias*”, “*minería sostenible*”, “*sustainable mining practices*”, “*cost reduction in mining*” y “*environmental management in mining*”, de acuerdo con los filtros de cada plataforma consultada.

Posteriormente, se realizó una lectura crítica de los estudios seleccionados considerando su contexto geográfico, el tipo de prácticas sostenibles analizadas, los resultados obtenidos, así como las metodologías empleadas por los autores, permitiendo obtener patrones, experiencias exitosas, y oportunidades.

Antecedentes

La minería constituye una de las actividades económicas más antiguas de la humanidad y ha desempeñado un papel crucial en el desarrollo económico mundial, esta industria realiza la extracción de materiales sólidos (como minerales metálicos y no metálicos), líquidos (como el petróleo) y gaseosos (como el gas natural) que se encuentran en las cortezas terrestres del subsuelo, que posteriormente son transformados y utilizados por sectores fundamentales como la manufactura, tecnología e infraestructura (Cárdenas, 2013).

Diversas culturas desarrollaron métodos para extraer minerales con fines económicos, religiosos y bélicos, algunas se destacan por su dominio en el uso del oro, plata o cobre, elementos que llegaron a simbolizar poder y prestigio. A la vez que se reconocía el valor comercial de los minerales, su explotación se fue consolidando como una fuente clave de riqueza y crecimiento, no obstante, este desarrollo no ha estado exento de impactos negativos, particularmente en lo que se refiere al medio ambiente y las comunidades asentadas en las zonas de explotación (Robles y Foladori, 2019).

A través del tiempo, la minería ha evolucionado considerablemente en términos técnicos y organizativos, las primeras formas de minería eran artesanales y se

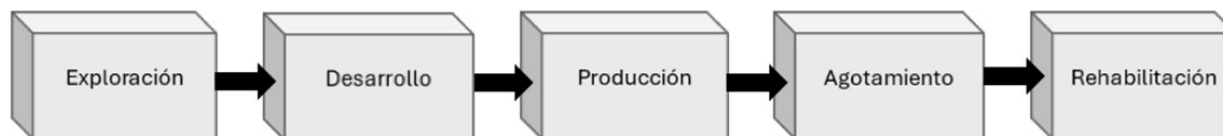
realizaban mediante herramientas rudimentarias, generalmente en contextos comunitarios (González y Camprubi, 2010), actualmente, el sector minero ha integrado tecnologías, mecanización y automatización en prácticamente todos los procesos de sus etapas operativas, lo que ha permitido aumentar la productividad y obtener más beneficios económicos, sin embargo, esto ha traído efectos significativos como la sobreexplotación de recursos, pérdida de biodiversidad, contaminación del suelo, agua, y conflictos sociales en las poblaciones afectadas (La Rotta y Torres, 2017).

El reconocimiento de los efectos ha impulsado la necesidad de avanzar hacia prácticas mineras más sostenibles y responsables, que integren el respeto ambiental, la eficiencia en el uso de recursos y la justicia social como pilares de la actividad (Jiménez y Molina, 2006).

Para comprender de manera integral cómo y en qué momento implementar las prácticas sostenibles en la industria minera, es esencial conocer las distintas etapas que conforman el proceso minero, ya que cada una de estas etapas presentan oportunidades específicas para aplicar estrategias que reduzcan el impacto ambiental, optimicen el uso de recursos y favorezcan una relación con las comunidades locales, por ello, se describen las etapas del proceso minero en la figura 1.

Figura 1

Etapas del proceso minero



Cada etapa tiene una función específica desde la exploración hasta la rehabilitación de las zonas.

La primera etapa es la exploración que tiene como objetivo localizar y evaluar los yacimientos minerales, para esto, se utilizan métodos como estudios geofísicos, muestreo y barrenación, con la finalidad de determinar las características del mineral y si la extracción es viable. Continúa el desarrollo del proyecto que incluye todas las actividades necesarias para preparar el sitio para la explotación, tales como la construcción de caminos, plantas de procesamiento, entre otros (Salomón et al., 2018).

Una vez que se cuenta con las condiciones necesarias para la operación, sigue la etapa de producción en la cual se extraen y procesan los materiales de forma continua, para esto se requiere maquinaria especializada, transporte de materiales y estrictos protocolos de seguridad, esta etapa es en donde se concentran los mayores riesgos operativos con mayor duración. Algunas de las actividades de esta etapa son: la trituración, lavado, corrosión y separación química de los minerales, estas actividades generan lixiviados¹ y gases que contaminan los recursos naturales (Arvizu y Velázquez, 2019).

Cuando el yacimiento pierde su rentabilidad por la disminución de reservas mineras comienza la etapa de agotamiento, en esta etapa se analizan alternativas como ampliar la explotación a zonas más profundas o el cierre de la mina (Arvizu y Velázquez, 2019).

Finalmente, la etapa de rehabilitación consiste en restaurar el sitio una vez concluida la explotación minera, en este momento se busca mitigar los impactos negativos mediante acciones como la reconfiguración del terreno, reforestación, tratamiento de aguas residuales y estabilización de los suelos, contemplando aspectos

sociales como la reubicación de comunidades y la compensación por los daños causados (Jiménez y Molina, 2006).

A pesar de que la minería es una actividad esencial para la economía global también se clasifica como la actividad industrial con mayor impacto en el medio ambiente, afectando directamente el agua, suelo y aire. En atención a estos problemas, algunos países han revisado sus legislaciones en materia de protección ambiental, impulsado programas de reforestación, con el fin de restaurar el atractivo natural del terreno una vez concluida la actividad minera (Cárdenas, 2013), devolviendo a menudo a un estado estéticamente cercano al original, debido a esto, los nuevos proyectos mineros deben de incluir en su estudio de viabilidad los costos relacionados con la rehabilitación del terreno una vez que el depósito mineral se haya agotado, y las instalaciones de explotación hayan sido desmanteladas (Secretaría de Economía, 2023).

La Sostenibilidad en la Minería

El desarrollo sostenible adquirió relevancia internacional desde la publicación del Informe Brundtland en 1987, por la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo de las Naciones Unidas. Este informe fue pionero en establecer que el crecimiento económico debía ir acompañado de la protección ambiental y el bienestar social (Naciones Unidas, 1987). La definición clásica de sustentabilidad “satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades” sigue siendo una referente fundamental en el diseño de políticas públicas e iniciativas empresariales (Rodríguez, 2020).

En la actualidad, el concepto ha evolucionado a sostenibilidad, integrando de forma más sistemática las

¹ Líquido residual, generalmente tóxico, que se filtra a un vertedero por percolación (RAE, 2024).

dimensiones económicas, sociales y ambientales, tal como lo promueven los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030 de las Naciones Unidas, estos objetivos alinean a todas las industrias, incluyendo a la minera, con la finalidad de que implementen prácticas que reduzcan su huella ecológica, fortaleciendo así la inclusión social, manteniendo una rentabilidad económica sostenible (CEPAL, 2018).

La sostenibilidad en la industria minera es un enfoque estratégico que busca reducir los impactos negativos mediante el uso de tecnologías limpias, el aprovechamiento eficiente de los recursos naturales y sobre todo una mayor integración con las comunidades locales, de acuerdo con el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP) una minería sostenible no solo es posible, sino que, es indispensable para lograr economías menos dependientes del carbono y más resilientes al cambio climático (UNEP, 2021).

Para implementar las prácticas sostenibles, se requiere una transformación profunda en la planificación, operación y cierre de minas, algunas acciones juegan un papel clave en este proceso como el manejo eficiente del agua y energía, la gestión responsable de los residuos y una adecuada restauración de las áreas afectadas (Carmona et al., 2017). Sin embargo, estas medidas requieren una inversión inicial significativa, que a mediano y largo plazo generan beneficio financiero, reducen costos operativos, evitan sanciones regulatorias, mejoran la reputación y atraen inversión responsable (Gifford et al., 2009).

Desde el punto de vista teórico, estas prácticas se sustentan en dos enfoques teóricos: el primero en la teoría del desarrollo sostenible el cual postula que el crecimiento económico, no debe comprometer el bienestar social ni los ecosistemas (Márquez, 2021); el segundo en la teoría de la firma desarrollada por Ronald Coase (1937) que argumenta que las decisiones

empresariales orientadas a la sostenibilidad pueden minimizar los costos de transacción y mejorar la eficiencia organizacional (De la Rosa, 2021).

En América Latina, la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) ha enfatizado desde 2006 la necesidad de que la minería realice cambios profundos, buscando un desarrollo sostenible en la región, desde entonces, las empresas mineras han tratado de minimizar su impacto en el ambiente (Ríos, 2018).

En México, la minería es la cuarta industria que más ingresos genera para el país, contribuyendo a la economía mexicana con 295 mil millones de pesos, lo que equivale casi al 3% del PIB, al mismo tiempo es de las actividades económicas que más contaminan el medio ambiente. Lo ideal que es la industria contribuya al desarrollo sustentable con crecimiento económico, de equidad social y un cuidado ambiental responsable (Secretaría de Economía, s.f.).

La sostenibilidad en la minería no solo responde a criterios éticos y regulatorios, representa también una estrategia empresarial inteligente, en definitiva las empresas que adoptan prácticas sostenibles cumplen con la normatividad vigente, mejoran su imagen ante la sociedad y optimizan su eficiencia.

Optimización de recursos a través de la sostenibilidad

La industria minera ha enfrentado una transformación fundamental, motivada por el imperativo global de la sostenibilidad, si bien, esta industria históricamente ha sido percibida como una de las más intensivas en el uso de los recursos naturales y ha generado impactos socioambientales negativos, hoy se reconoce que muchas empresas del sector están incorporando acciones que mitigan estos impactos y sobre todo optimicen el uso de recursos, que a su vez aumente su eficiencia operativa.

Este cambio, lejos de solo limitarse a cumplir con sus regulaciones o mejorar la percepción pública, responde a una estrategia empresarial que posiciona la sostenibilidad cómo un factor clave para la competitividad y resiliencia a largo plazo de la minería.

Una herramienta clave que algunas empresas utilizan para guiar sus esfuerzos de gestión ambiental y optimización es el Análisis del Ciclo de Vida (ACV) este análisis permite identificar los escenarios de producción más “ecoeficientes” que inherentemente implican una menor utilización de recursos y generan menores impactos a lo largo de todo el proceso productivo (ICMM, 2005). Por ejemplo, en la gestión hídrica el ACV permite calcular la huella hídrica total de una operación, esto permite a algunas empresas como Anglo American en Chile, a implementar sistemas de recirculación del agua, que ayuda a reducir su consumo en más de un 50% en ciertas faenas (Quijada, 2023).

En el día a día de las operaciones mineras, la adopción de prácticas sostenibles se traduce en una gestión más inteligente de los insumos, así las empresas mineras implementan medidas específicas como el “ahorro de agua y energía”, la gestión responsable de materiales peligrosos y reciclaje de productos y residuos (Roffé y González, 2023). Estas acciones reducen el impacto ambiental, al igual que impactan positivamente en la eficiencia de la operatividad, debido a que, disminuyen la necesidad de adquirir nuevos insumos, disminuyendo por ende los costos de disposición de desechos.

Particularmente en Colombia, estudios de productividad en minería han detectado que practicas sencillas pero efectivas, como mejorar el ciclo de operación, ya sea eliminando procesos que producen un sobre costo o fusionado con otro proceso incrementan la eficiencia de la maquinaria y disminuyen el consumo de los insumos, contribuyendo a la reducción de costos de extracción por tonelada (Salomón, et al., 2018).

La gestión ambiental no solo se aplica en la operación activa de las minas, siendo también la remediación de impactos pasados un área de enfoque. Como ejemplo en Perú su política nacional para el tratamiento de Pasivos Ambientales Mineros (PAM) busca remediar sitios impactados y, en algunos casos, aprovechar su potencial económico a través de minería secundaria que implica aprovechar el mineral residual de los depósitos antiguos, impulsando el uso de tecnologías e insumos limpios, reutilización y reaprovechamiento de residuos (Narrea, 2018; Pereira et al., 2022).

En materia de residuos, muchas empresas mineras han incorporado sistemas de gestión integral que permiten clasificar, reciclar y reutilizar materiales en el lugar, un ejemplo es la empresa mexicana Grupo Peñoles que desarrolló un programa interno para reciclar agua en su proceso de flotación y reutilización de residuos metálicos, lo cual produjo una disminución significativa de su huella de carbono y un menor costo por tratamiento de desechos (Peñoles, 2023).

Otro campo de acción importante es la colaboración como vía para optimizar recursos, la tendencia hacia el uso de infraestructura compartida como ductos, vías férreas, sistemas de procesamiento, entre otros, es una forma efectiva de optimizar la inversión y los recursos físicos (Narrea, 2018). Nuevamente en Perú, un porcentaje considerable de grandes mineras colaboran en iniciativas de infraestructura compartidas, que se alinean con la meta de promover alianzas eficientes entre actores (Tineo y Valiente, 2022). En el contexto internacional, la participación de México en el Foro de Cooperación Económica Asia Pacifico (APEC) representa una oportunidad para fortalecer la cooperación económica con países de vocación económica como Canadá, Australia y Chile, y dialogar estratégicamente sobre sus mejores prácticas (Álvarez, 2023).

Sin duda, la modernización tecnológica, es uno de los pilares de la minería sostenible: la automatización de los procesos, digitalización de cadena de suministro, uso de inteligencia artificial para el modelado geológico y la incorporación de tecnologías de monitoreo ambiental en tiempo real redefine la forma en que las empresas mineras interactúan con su entorno (Flores et al., 2024). De acuerdo con el informe de World Economic Forum (2021) estas innovaciones no solo mejoran la productividad y reducen los tiempos muertos, reducen también los errores humanos y permiten una respuesta más rápida ante contingencias ambientales.

La innovación no se limita a la tecnología, se involucra en la gestión del conocimiento y cultura organizacional, factores importantes para la transformación del sector extractivo. La gestión del conocimiento permite a las organizaciones identificar, compartir y aplicar mejores prácticas dentro y fuera de la empresa, que se traduce en procesos más eficientes, reducción de costos y una mayor capacidad para enfrentar desafíos ambientales y operativos (Narrea, 20218). Por otro lado, la cultura organizacional promueve valores que logran una mayor aceptación e iniciativas de sostenibilidad; países como Chile, han desarrollado mesas de diálogo entre el sector académico, empresarial y gobierno para coordinar la formación de capital humano, enfocado la innovación en desarrollo de talento humano (Ordoñez, 2001).

El contexto minero en México es particularmente relevante, ya que el país se ubica entre los diez primeros a nivel mundial de actividad minería, esta actividad está presente en 24 de los 32 estados, con cinco de ellos aportando el 82% de la producción total minero-metalúrgica. Sin embargo, apenas un 14% de la producción minera se abastece de energías limpias, lo que señala una oportunidad para optimizar el uso de recursos energéticos mediante la transición a fuentes renovables; además, el 75% de las minas activas y áreas de exploración se encuentran en áreas de alto valor de

conservación y áreas de alto estrés hídrico, lo cual refleja la urgencia de implementar y mejorar las prácticas de gestión del agua en todos los proyectos mineros, más allá del reciclaje de agua (Servicio Geológico Mexicano, 2023).

A pesar de los desafíos que enfrenta la minería en México en términos de sostenibilidad, el sector ha comenzado a tomar medidas para mejorar sus prácticas ambientales y sociales, en este contexto, la Cámara Minera Mexicana (CAMIMEX) publicó su Informe de Sostenibilidad 2023, el cual destaca iniciativas relacionadas con el desarrollo social, la educación, proyectos sociales y sobre todo el medio ambiente, uno de los aspectos más relevantes del informe es la inversión realizada en acciones ambientales en 2022 ascendió a \$5,881 millones de pesos mexicanos, contribuyendo a la reforestación de 2,535 hectáreas en diversas regiones del país (CAMIMEX, 2023).

Proyectos internacionales exitosos en prácticas sostenibles

A nivel internacional, diversas empresas y programas mineros han adoptado estrategias innovadoras para integrar la sostenibilidad en sus operaciones, demostrando que es posible equilibrar la extracción de recursos y desarrollo social, sin dejar de lado su desempeño financiero, estos proyectos han implementado diferentes acciones que contribuyan a una minería sostenible.

En Australia, la minería es la principal industria, afectando el medio ambiente local, para esto la empresa minera Alcoa comenzó a implementar proyectos de reforestación para reestablecer una zona boscosa, ya que la minería elimina la capa superior del suelo necesaria para el crecimiento de las plantas, la cual se vuelve inhóspita para la nueva vegetación (Alcoa, 2023).

Por otro lado, el ministro de Recursos del Norte de Australia mediante el Centro de Responsabilidad Social

en Minería (*The Centre for Social Responsibility in Mining*) ha lanzado un Programa Avanzado de Gestión de la Sostenibilidad, cuyo objetivo es educar a los gerentes sobre la importancia de las consecuencias sociales y ambientales de las mineras, formando gerentes informados, capacitados y efectivos para disminuir el impacto ambiental (Mine Australia, 2018).

Australia cuenta con numerosos proyectos enfocados en la implementación de prácticas sostenibles (Mine Australia, 2018), tales como:

- Limpiezas de agua estancada en las minas con Cortina Virtual (*Virtual Curtain*).
- Proyecto de energía solar en la mina De Grussa.
- Planta solar fotovoltaica de Rio Tinto.
- *Helmont* planta árboles para compensar las emisiones de carbono.
- MinEx CRC desarrolla perforación segura y sustentable.
- Litio Australia Sileach produce litio de origen sostenible.
- Lepidico produce litio apto para baterías a partir de residuos mineros.

Por su parte, la Asociación Minera de Canadá (MAC) se comprometió en el acuerdo de Hacia una Minería Sostenible (TSM), a asegurar que todas las minas cumplan con prácticas ambientales adecuadas, estén dedicadas a la seguridad y salud de sus empleados y las comunidades locales. Dicho programa, se ha adoptado por otros cinco países: Finlandia, Argentina, Botswana, Filipinas y España.

En Suecia, LKAB (la mayor empresa minera de hierro en Europa) ha producido con éxito los primeros pellets de mineral de hierro que se encuentran libre de carbono del mundo. Por su parte *Newmont Corporation* se comprometió a invertir \$500 millones de dólares en

iniciativas de cambio climático en los próximos 5 años, con la visión de lograr una reducción de por lo menos 30% en las emisiones de GEI para 2030 y convertirse en carbono neto cero para 2050 (Newmont, 2022; Sinha, 2023).

Discusión

La revisión de los casos y estrategias implementadas por empresas mineras, organismos y gobiernos confirma que la sostenibilidad, lejos de ser una limitación, puede actuar como un catalizador para la eficiencia y rentabilidad.

A través de la implementación de tecnologías limpias, estrategias de gestión de recursos y alianzas con diversos actores, muchas empresas están logrando mitigar el impacto ambiental y además generar beneficios económicos tangibles.

Este cambio representa una evolución respecto al paradigma tradicional que concebía a la minería únicamente como una actividad extractiva con altos costos ecológicos, para dar paso a una concepción más compleja, en la que es posible explotar recursos naturales de forma más racional y respetuosa con límites ecológicos y sociales.

El análisis de las prácticas comentadas demuestra que la sostenibilidad no debe interpretarse únicamente como un requisito normativo o una estrategia corporativa. Desde un contexto global, los recursos son cada vez más escasos, las regulaciones más exigentes y la vigilancia social más intensa, incorporar criterios de sostenibilidad es fundamental para una resiliencia empresarial.

En el caso de la minería, esta evolución de sus modelos operativos, dada la naturaleza de alto impacto de la industria, es hacia hacerlos más compatibles con los principios de desarrollo sostenible (Bustos y Moreno, 2020).

De acuerdo con la información presentada de las prácticas y acciones implementadas se detectan tipologías comunes de prácticas sostenibles que pueden clasificarse en cuatro categorías principales: 1) Eficiencia de recursos y energías; 2) Gestión de residuos y sustancias peligrosas; 3) Gobernanza ambiental y transparencia; e 4) Innovación tecnológica y gestión del conocimiento. Esta convergencia en las acciones no es accidental, ya que responde a lógicas organizacionales que priorizan la reducción de riesgos, legitimación social y maximización de rendimiento en el largo plazo.

Uno de los patrones más evidencias sobre prácticas sostenibles a implementar es la optimización del uso de recursos naturales mediante sistemas de recirculación, eficiencia hídrica y energética, y la automatización de procesos; estas medidas han demostrado no solo reducir costos, responden a una lógica “ecoeiciente” en donde la disminución del impacto ambiental influye directamente en la mejora del desempeño económico.

Casos como el de Anglo American en Chile, ha logrado reducir significativamente el consumo de agua con tecnologías de recirculación, demostrando cómo estas prácticas ya no deben ser únicamente obligaciones regulatorias, sino decisiones estratégicas orientadas a la sostenibilidad operativa.

Por otra parte, el uso del Análisis del Ciclo de Vida (ACV) herramienta que permite identificar los puntos críticos dentro del proceso productivo para tomar decisiones estratégicas basadas en datos, las empresas de la industria minera lo han utilizado para transitar de modelos extractivos a enfoques más circulares.

Otra práctica recurrente es la gestión de residuos y sustancias peligrosas, en lo relativo a la implementación de planes de acciones responden tanto a la necesidad de cumplir regulaciones ambientales internacionales como a la innovación en procesos y mejora de la huella ambiental. Cabe señalar, que estas iniciativas se

encuentran más desarrolladas en grandes empresas, debido a las barreras económicas y tecnológicas.

Por otra parte, la gobernanza y transparencia han tomado protagonismo en la industria minera, con la publicación de informes de sostenibilidad, en donde la participación de entidades como el Servicio Nacional de Certificación Ambiental para las Inversiones Sostenibles (SENACE) en Perú o la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) en México juegan un rol importante en la evaluación, autorización y fiscalización de proyectos mineros, sin embargo, persisten desafíos en la implementación efectiva, especialmente en países en donde las regulaciones son débiles y la supervisión del estado es insuficiente.

Por último, se destaca el papel crucial de la innovación tecnológica y la gestión de los conocimientos. Las inversiones en automatización, inteligencias artificial, monitoreo satelital y energías renovables mejoran el rendimiento operativo, generando capacidades técnicas que permiten avanzar hacia un modelo más adaptativo y resiliente, invertir en desarrollo humano, a través de programas educativos, formación técnica y colaboración con instituciones académicas, como factores clave para garantizar que las prácticas sostenibles sean comprendidas, aplicadas y promovidas por los equipos de trabajo (Carmona et al., 2018).

La construcción de una cultura organizacional centrada en la sostenibilidad permite que la transformación sea profunda y estructural, no solo una estrategia aislada o dependiente de regulaciones externas, empresas que adoptan valores de responsabilidad ambiental y social en su identidad corporativa logran que las prácticas sostenibles sean parte del día a día, impulsadas desde todos los niveles de organización (Benavides y Pedraza, 2018).

En suma, el análisis de las prácticas sostenibles en la minería muestra que la sostenibilidad puede ser tanto una

oportunidad estratégica como un imperativo ético, las acciones empresariales descritas permiten avanzar hacia una minería más eficiente, justa y compatible con los objetivos del desarrollo sostenible, sin embargo, alcanzar ese ideal requiere superar múltiples tensiones, entre lo técnico y lo político, global, local, económico y ambiental. Para ello, el futuro de la minería sostenible dependerá de la capacidad colectiva de empresas, gobiernos, comunidades y academia para construir modelos productivos que no solo extraigan valor del subsuelo, sino que también generen valor para las generaciones presentes y futuras.

Conclusiones

Durante décadas, la minería ha sido percibida como una de las principales amenazas para el desarrollo sostenible, su imagen se ha asociado a la degradación ambiental, la explotación indiscriminada de recursos y la afectación de comunidades, dejando una huella profunda en los territorios donde opera. Si bien estos impactos han sido reales y documentados, el análisis realizado en este estudio muestra que la minería no tiene por qué ser sinónimo de daño irreversible.

La pregunta clave es ¿la minería puede formar parte de la solución? en lugar de ser visto únicamente como un problema, la respuesta no es sencilla ni absoluta, pero lo que sí parece cada vez más claro es que una minería sostenible no solo es posible, sino necesaria. La demanda de minerales como cobre, oro, litio, entre otros, sigue en aumento debido a la transición energética y digitalización global, lo que hace que la minería continúe siendo una actividad esencial, por ello, es necesario que la minería adopte un enfoque más ético y estratégico, en el que la sostenibilidad no sea solo requisito normativo, sino un pilar central del modelo de negocios.

Como se ha argumentado a lo largo del trabajo, las empresas actualmente tienen la oportunidad de demostrar que pueden hacer las cosas de otro modo. Las prácticas que algunas compañías han comenzado a

implementar no son solos gestos simbólicos, sino estrategias que, cuando se aplican con rigor y coherencia, permiten reducir impactos, mejorar relaciones comunitarias, optimizar recursos y mantener márgenes de rentabilidad es decir, cuando se habla de sostenibilidad y rentabilidad no son polos opuestos, sino fuerzas que pueden y deben coexistir.

El gran reto, sin embargo, no es técnico, ya que, actualmente existen herramientas como Análisis del Ciclo de Vida, inteligencia artificial para el monitoreo ambiental, plantas de tratamiento de agua y energía solar, sistemas de trazabilidad, mecanismos de consulta previa, los informes de sostenibilidad, el verdadero reto es el cambio de mentalidad.

Se requiere una transformación en la forma en que las empresas mineras se entienden a sí mismas, no como extractoras de riqueza a corto plazo, sino como gestoras de territorios complejos, de futuros compartidos.

Este cambio implica asumir que la legitimidad de la minería ya no se compra solo con inversiones o regalías, sino que se construye con confianza, transparencia y responsabilidad, para eso se requiere que las empresas dejen de operar como islas y comienzan a integrarse activamente en sus ecosistemas sociales y ambientales, esto significa ir más allá de la lógica del cumplimiento normativo para abrazar una ética del cuidado, del respeto y de la regeneración; es decir, la sostenibilidad no puede seguir siendo un “departamento” dentro de la organización, debe convertirse en el lente a través del cual se toman todas las decisiones empresariales.

Ahora bien, esta reflexión no pretende idealizar, es claro que el camino hacia una minería verdaderamente sostenible está plagado de contradicciones, intereses contrapuestos y desigualdades estructurales, además no todas las empresas tienen los mismos recursos para innovar, ni todos los estados cuentan con la capacidad institucional para fiscalizar adecuadamente, por ello, el horizonte de una minería diferente no puede depender

solo de la buena voluntad empresarial, se necesita todo un ecosistema regulatorio fuerte, transparente y participativo.

En este sentido, los ejemplos revisados en este estudio son valiosos no solo por los resultados concretos, representan evidencia empírica de que la minería sostenible puede ser real y rentables, lejos de ser una utopía, las prácticas mencionadas demuestran que es posibles implementar cambios operativos, ambientales y sociales que optimicen los recursos, generen ahorros, fortalezcan la reputación empresarial, y a su vez, disminuir impactos negativos. Estos casos no son excepcionales, son el reflejo de una tendencia en la que, con el impulso adecuado, puede generalizarse y consolidarse como una nueva forma de operación minera.

Así, la sostenibilidad deja de ser un “gasto” o una “carga” para convertirse en una estrategia de competitividad empresarial y eficiencia operativa, más que una obligación normativa o un gasto innecesario, su implementación permite a las empresas optimizar recursos, reducir desperdicios y mejorar la productividad convirtiéndose en un factor clave para la rentabilidad a largo plazo.

Este hallazgo es crucial y muestra que el tránsito hacia un modelo más equilibrado no es solo deseable desde un punto de vista ambiental y social, sino que también responde a toda una lógica económica, que abre la puerta esperanzadora para el futuro de la industria minera, al igual que, para las comunidades y ecosistemas que lo rodean.

Como conclusión, una minera que sea buena y rentable al mismo tiempo es aquella que pone al centro no solo el mineral, sino la vida, en la que comprende que su rentabilidad no puede sostenerse a costa del bienestar del otro, ni del colapso del planeta, en donde asume que el valor de un recurso no está solo en el precio del

mercado, sino en su capacidad de aportar a un proyecto justo más de humanidad y más equilibrio. Esa es la minería que vale la pena defender, impulsar y estudiar, lo que está en juego es el futuro, entonces debemos ser audaces en nuestras preguntas y exigentes con las prácticas sostenibles mineras.

Referencias

- Alcoa. (2023). Sustainability Report 2023. En *Alcoa*. Recuperado de: <https://www.alcoa.com/sustainability/pdf/2023-Sustainability-Report.pdf>
- Álvarez, J. C. (2023). México en la historia global de la segunda guerra mundial: la minería nacional y los recursos estratégicos bajo la mirada geopolítica de la seguridad estadounidense. *América Latina En la Historia Económica*, 31(1), 1-33. <https://doi.org/10.18232/20073496.1417>
- Arvizu-Armenta, E., y Velázquez-Contreras, L. (2019). Responsabilidad social empresarial: distintivos, prácticas y procesos del sector minero en Sonora, México. *Estudios Sociales Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional*, 29(54). <https://doi.org/10.24836/es.v29i54.786>
- Benavides Reina, M. R., y Pedraza-Nájar, X. L. (2018). La gestión del conocimiento y su aporte a la competitividad en las organizaciones: revisión sistemática de literatura. *Signos*, 10(2), 175-191. <https://doi.org/10.15332/s2145-1389.2018.0002.10>
- Bustos, P., y Moreno, K. (2020). Responsabilidad Social Empresarial y sus Efectos en la Imagen de Marca: Un Estudio de Revisión Sistemática. *Revista Electrónica de Ciencia y Tecnología del Instituto Universitario de Tecnología de Maracaibo*, 7(1).



- CAMIMEX. (2023). Minería y sostenibilidad: un compromiso con México: Informe de Sostenibilidad 2023. En CAMIMEX. <https://www.camimex.org.mx/packages/camimex/images/Informe-Sostenibilidad-2023-Camimex.pdf>
- Cárdenas, J. (2013). La Minería en México: Despojo a la Nación. *Cuestiones Constitucionales. Revista Mexicana de Derecho Constitucional*, (28), 35-74. <https://www.scielo.org.mx/pdf/cconst/n28/n28a2.pdf>
- Carmona-García, U. F., Cardona-Trujillo, H., y 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*, 84(201), 50. <https://doi.org/10.15446/dyna.v84n201.60326>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL]. (2018). La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible Una oportunidad para América Latina y el Caribe. *Comisión Económica Para América Latina y el Caribe*. <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/cb30a4de-7d87-4e79-8e7a-ad5279038718/content>
- De la Rosa Leal, M. E. (2021). El enfoque de sostenibilidad en las teorías organizacionales. *Trascender, Contabilidad y Gestión*, 6(17 mayo-agosto), 87-102. <https://doi.org/10.36791/tcg.v0i17.102>
- Delgado Ramos, G. C. (2010). *América Latina y el Caribe como reservas estratégicas de minerales*. Centro de Investigación Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades. Universidad Nacional Autónoma de México. https://biblioteca.clacso.edu.ar/Mexico/ceiich-unam/20170502045538/pdf_1467.pdf
- Flores-Castañeda, R. O., Olaya-Cotera, S., López-Porras, M., Tarmeño-Juscamaita, E., y Iparraguirre-Villanueva, O. (2024). Technological advances and trends in the mining industry: a systematic review. *Mineral Economics*. <https://doi.org/10.1007/s13563-024-00455-w>
- Gifford, B., Kestler, A., y Anand, S. (2009). Building local legitimacy into corporate social responsibility: Gold mining firms in developing nations. *Journal Of World Business*, 45(3), 304-311. <https://doi.org/10.1016/j.jwb.2009.09.007>
- González-Sánchez, F., y Camprubi, A. (2010). La pequeña minería en México. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 62(1), 101-108. <https://www.scielo.org.mx/pdf/bsgm/v62n1/v62n1a6.pdf>
- Hartman, H. L., y Mutmanský, J. M. (2002). *Introductory Mining Engineering* (Segunda Edición). John Wiley & Sonc Inc.
- International Council on Mining & Metals [ICMM]. (2005). Suplemento GRI del Sector de Minería y Metales. En *Global Reporting Initiative*. <http://www.observatorio-rse.org.es/Publicaciones/SuplementoGRI.pdf>



- Jiménez, I. M., y Molina, J. M. (2006). Propuesta de medición de la productividad en minería de oro vetiforme y reconocimiento de estándares productivos sostenibles. *Boletín de Ciencias de la Tierra*, (19), 73-85.
<http://www.scielo.org.co/pdf/bcdt/n19/n19a05.pdf>
- La Rotta Latorre, Á. M., y Tovar, M. H. T. (2017). Explotación minera y sus impactos ambientales y en salud. El caso de Potosí en Bogotá. *Saúde Em Debate*, 41(112), 77-91.
<https://doi.org/10.1590/0103-1104201711207>
- Márquez Delgado, D. L., Hernández Santoyo, A., Márquez Delgado, L. H., y Casas Vilardell, M. (2021). La educación ambiental: evolución conceptual y metodológica hacia los objetivos del desarrollo sostenible. *Revista Universidad y Sociedad*, 13(2), 301-310.
<http://scielo.sld.cu/pdf/rus/v13n2/2218-3620-rus-13-02-301.pdf>
- Mine Australia. (2018). *Top 10 projects leading the way in sustainable mining - Mine Australia Magazine | Issue 1 | August 2018*. Recuperado 26 de mayo de 2025, de https://mine.nridigital.com/mine_australia_aug18/top_10_projects_leading_the_way_in_sustainable_mining
- Naciones Unidas. (1987). Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. Nota del Secretario General. En *Naciones Unidas*.
https://www.ecominga.uqam.ca/PDF/BIBLIOGRAPHIE/GUIDE_Lecture_1/CMMAD-Informe-Comision-Brundtland-sobre-Medio-Ambiente-Desarrollo.pdf
- Narrea, O. (2018). *La minería como motor de desarrollo económico para el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible 8, 9, 12 y 17* (Primera edición). CIES Consorcio de Investigación Económica y Social.
- Newmont. (2022). Negocio Sostenible. Valor Permanente: Resumen de los Informes de Cambio Climático y Sostenible 2022. En *Newmont*. Recuperado 27 de mayo de 2025, de https://s24.q4cdn.com/382246808/files/doc_downloads/sustainability/2023/Newmont-ASR-Summary-2022-Spanish.pdf
- Ordóñez de Pablos, P. (2001). La gestión del conocimiento como base para el logro de una ventaja competitiva sostenible: la organización occidental versus japonesa. *Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa*, 7(3), 91-108.
- Peñoles. (2023). Profundizando en nuestro proceso de transformación para fortalecer el desempeño. Informe Anual 2023.
https://www.penoles.com.mx/assets/files/reportes/Anuales/PEN_IA23-ESP.pdf
- Pereira, M., Ballón, E., Castro, M., Constantin, A., De Miguel, C., García, R., Glave, M., y Lanegra, I. (2022). “*Minería y desarrollo sostenible: seguimiento de la evaluación del desempeño ambiental del Perú* (Documento de Proyectos (LC/TS.2022/109)). Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).



- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente [PNUMA]. (2012). *GEO-5 Perspectivas del Medio Ambiente Mundial: Medio ambiente para el futuro que queremos*. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.
<https://www.unep.org/resources/global-environment-outlook-5?v=2>
- Programme, U. N. E. (2020). *Mineral Resource Governance in the 21st Century: Gearing Extractive Industries Towards Sustainable Development*.
<https://www.resourcepanel.org/reports/mineral-resource-governance-21st-century>
- Quijada Ruiz, C. J. (2023). *Diseño de un sistema de control de gestión para mina el soldado correspondiente a Anglo American* [Tesis para optar al grado de magíster en control de gestión, Universidad de Chile].
<https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/201403/Tesis%20-%20Crist%c3%b3bal%20Javier%20Quijada%20Ruiz.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Responsible Mining Foundation. (2020, 19 enero). *La Minería y los ODS: Actualización de la situación en 2020 - Responsible Mining Foundation - RMF*. Responsible Mining Foundation - RMF.
<https://www.responsibleminingfoundation.org/es/mining-and-the-sdgs/>
- Ríos, R. V. (2018). Minería en América Latina y el Caribe, un enfoque socioambiental. *Revista U D C A Actualidad & Divulgación Científica*, 21(2).
<https://doi.org/10.31910/rudca.v21.n2.2018.1066>
- Robles, R., y Foladori, G. (2019). Una revisión histórica de la automatización de la minería en México. *Problemas del Desarrollo Revista Latinoamericana de Economía*, 50(197).
<https://doi.org/10.22201/iiiec.20078951e.2019.197.64750>
- Rodríguez, D. T. G. (2020). Sostenibilidad. *Inclusión & Desarrollo*, 8(1), 131-143.
<https://doi.org/10.26620/uniminuto.inclusion.8.1.2021.131-143>
- Roffé, M. A., y González, F. A. I. (2023). El impacto de las prácticas sostenibles en el desempeño financiero de las empresas: una revisión de la literatura. *Visión de Futuro*, 28(1), (Enero – Junio), 201-227.
<https://doi.org/10.36995/j.visiondefuturo.2023.28.01.006.es>
- Salomón López, L., Ortiz Useche, A., y Cordero Ferrer, V. (2018). Productividad del proceso minero, más allá de la producción. *Universidad, Ciencia y Tecnología*, 22(89), 04-16.
<https://uctunexpo.autanabooks.com/index.php/uct/article/view/25/28>
- Secretaría de Economía. (s. f.). *Minería*. gob.mx. Recuperado 26 de mayo de 2025, de <https://www.gob.mx/se/acciones-y-programas/mineria#:~:text=Con%20un%20reputante%20importante%20de,con%20respecto%20al%20a%C3%B1o%20previo>



- Secretaría de Economía. (2023, 8 de mayo). *Decreto por el que se reforman, adicionan y derogan diversas disposiciones de la Ley Minera, de la Ley de Aguas Nacionales, de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos*. Diario Oficial de la Federación. Recuperado de https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/inclave/65/CD-LXV-II-2P-285/03_dof_285_08may23.pdf
- Servicio Geológico Mexicano. (2023). Anuario Estadístico de la Minería Mexicana, 2023. En *Servicio Geológico Mexicano*. https://www.sgm.gob.mx/productos/pdf/Anuario_2023_Edicion_2024.pdf
- Sinha, S. (2024, 13 mayo). *Sustainability Trends in the Mining Industry - is 'Green' Mining Possible?* MTS. <https://minetechservices.com/sustainability-trends-in-the-mining-industry-is-green-mining-possible/>
- Svampa, M. (2012). Consenso de los commodities, giro ecoterritorial y pensamiento crítico en América Latina. *OSAL Observatorio Social de América Latina*, (32), 15-38. <https://biblioteca.clacso.edu.ar/clacso/osal/20120927103642/OSAL32.pdf>
- Tineo Machado, J., y Valiente Saldaña, Y. M. (2022). Manejo de residuos sólidos para reducir la contaminación del medio ambiente: Revisión sistemática. *Ciencia Latina Revista Multidisciplinar*, 1(1), 578-601. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i4.2605
- Vela-Almeida, D., León, M., y Lewinsohn, J. L. (2021). Indicadores de sostenibilidad en la minería metálica: Documentos de proyectos (LC/TS.2021/47). *Comisión Económica Para América Latina y el Caribe (CEPAL)*. <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/fdf1b9d2-3d51-46d4-b0ca-f68af0a05ef7/content>
- World Economic Forum. (2021). *Annual Report 2020-2021*. Recuperado de: https://www3.weforum.org/docs/WEF_Annual_Report_2020_21.pdf

