

TRANSFORMACIÓN DIGITAL Y SU IMPACTO EN LA SOSTENIBILIDAD DE LA INDUSTRIA MINERA EN LATINOAMÉRICA: UNA REVISIÓN

ELIANA ALEJANDRA PÁEZ LUGO
Corporación Universitaria de Asturias (Colombia)

1. INTRODUCCIÓN

Los modelos de crecimiento económico mundial han dado un giro en los últimos años, dada la necesidad de un modelo de crecimiento sostenible, que contemple tanto la sostenibilidad ambiental y la preservación de los recursos naturales como la expansión económica (Hwang y Sánchez Díez, 2024). Así mismo, en el marco de la sostenibilidad y la transición del mundo a una economía baja en carbono, se requiere una gran cantidad de minerales como insumo para la elaboración y fabricación de tecnologías de energía limpia, lo cual puede simbolizar grandes oportunidades y desafíos a su vez, para los países de América Latina ricos en minerales, entre los desafíos se encuentra la degradación ambiental y la afectación al bienestar de las comunidades locales (Hwang *et al.*, 2024).

Pese a esto, algunos gobiernos latinoamericanos han fomentado políticas nacionales basadas en el potencial geológico de sus territorios, como lo es la ubicación de yacimientos mineros, que marca su dependencia en la explotación de recursos naturales, lo que ocasiona problemas ambientales irreversibles además de inconvenientes sociales (Uribe-Sierra *et al.*, 2023). Resaltando que, más del 50% de los depósitos mineros actuales se encuentran en países frágiles en términos políticos y vulnerables económicamente, algunos de estos ubicados en América del Sur (Corrigan y Ikonnikova, 2024).

La industria minera necesita incorporar un enfoque de sostenibilidad, desde una perspectiva ecocéntrica, dando un papel al liderazgo institucional y a la innovación tecnológica incentivada por la sostenibilidad, teniendo en consideración que esta innovación incluye formas más óptimas de aplicar las tecnologías y conocimientos hacia prácticas mineras más sostenibles en el largo plazo (Segura-Salazar y Tavares, 2021a). Hoy las empresas manifiestan su intención en participar de una minería responsable, pues reconocen que sus operaciones, aunque crean oportunidades socioeconómicas también tienen impactos negativos en el ámbito ambiental y social a largo plazo, por lo que, a su vez, ahora reconocen

algunos deberes hacia las comunidades en las que trabajan, que superan la viabilidad financiera (Ayeh y Bleicher, 2021).

Por lo anterior, el presente estudio tiene como objetivo analizar la transformación digital, la implementación de nuevas iniciativas tecnológicas y el impacto de estas en la sostenibilidad de la industria minera en Latinoamérica.

2. METODOLOGÍA

Para el cumplimiento del objetivo planteado, se adoptó el método de revisión sistematizada de la literatura. En este sentido, se seleccionaron artículos para analizar la transformación digital, la implementación de nuevas iniciativas tecnológicas y el impacto de ellas en la sostenibilidad de la industria minera en Latinoamérica. Se empleó la base de datos Science Direct, dada su amplia cobertura en revistas revisadas por pares e investigaciones científicas.

Para esta revisión se adoptó la metodología propuesta por Siddaway *et al.* (2019), en la que los autores definen como etapas clave en la realización de una revisión sistemática, el alcance, la planeación, la búsqueda, el cribado, la elegibilidad y la presentación de resultados y conclusiones.

Inicialmente, se definió el alcance del estudio, se realizó una planeación de la revisión y se hizo la búsqueda correspondiente. En ella, la literatura seleccionada como relevante para el objeto de este estudio, incluyó todos los autores, revistas, afiliaciones y años de publicación. Sin embargo, se hizo mayor énfasis en artículos asociados a Latinoamérica. La búsqueda empleó palabras claves como «sustainable mining», «green mining», «digital transformation», «industry 4.0», «corporate sustainability», «environmental performance», «Latin America», «South America», y como resultado de esto se obtuvieron 64 artículos en primera media.

En la etapa de cribado, en la cual se revisó el resumen de cada uno de estos artículos, se excluyeron 22 artículos, obteniendo como resultado 42 artículos de investigación. Posteriormente, se realizó una evaluación del artículo completo para determinar su elegibilidad y afinidad con el objeto del presente estudio. Se consideraron útiles un total de 40 artículos, los cuales fueron incluidos en esta revisión.

Finalmente, en la fase de presentación de resultados y conclusiones se analizó y se describió la información encontrada de la revisión realizada.

3. RESULTADOS

El sector minero experimenta actualmente distintos desafíos asociados con la naturaleza finita de los minerales, dado que esta implica la extracción de recursos no renovables, además de ser contribuyente al cambio climático por su dependencia de los combustibles fósiles en su operación. Sin embargo, la implementación de nuevas iniciativas tecnológicas puede permitir el descubrimiento

de nuevos yacimientos, la reducción del consumo de energía y la mejora de la sostenibilidad en sus operaciones (Gagnon *et al.*, 2024).

Una de las innovaciones encontradas se denomina *Evaluación del Ciclo de Vida (ECV)*, siendo útil para diagnosticar el perfil ambiental de las acciones mineras, explorando una mayor contribución a la sostenibilidad. En ella se crean diferentes escenarios y su propósito es instaurar una descripción de posibles comportamientos del sistema estudiado para proporcionar información relevante en la toma de decisiones asociadas a prácticas de gestión potencialmente más sostenibles en la industria. En un estudio realizado en una cantera, en Brasil, se encontró como resultado de técnicas a aplicar, la circularidad de los residuos de construcción y demolición para la etapa de cierre que contribuye positivamente a la transformación de la tierra; además, la sugerencia de la minimización de uso de explosivos, pues estos causan emisiones de gases de efecto invernadero (Segura-Salazar y Tavares, 2021).

En México también se aplicó dicha metodología ECV, adoptando tecnologías más limpias como lo son el monitoreo de la calidad del aire, la limpieza de los gases de combustión, el proceso de molienda húmeda que elimina las emisiones de partículas sólidas al aire, eliminando el uso de explosivos y empleando agua reciclada en el 100% de sus procesos. En particular, se presentó el caso del grupo minero Peñoles, que ha implementado estrategias como un proyecto forestal sostenible en La Ciénaga (Durango), el Parque Ecológico y Mina Turística Proaño en la ciudad de Fresnillo (Zacatecas), la protección del berrendo sonorense y financiando el monitoreo terrestre actualizado (Suppen *et al.*, 2006).

En Chile, por su parte, la industria minera tiene prácticas que conducen al camino de la sostenibilidad; en la minería de cobre se han adoptado energías renovables, además, se ha mejorado la eficiencia en el uso del agua y se ha realizado inversión en plantas de desalinización; en la minería de litio se emplean salmueras como método de explotación, lo cual deja una huella hídrica baja respecto a otros métodos tomando en consideración que el entorno es árido. Sin embargo, tiene oportunidades de mejora en materia de tecnología e innovación en los procesos operativos y en el desarrollo de políticas públicas (Guzmán *et al.*, 2023). En cuanto a esta innovación, en Chile se encontró un estudio en el que se propuso emplear un sistema integrado de almacenamiento de energía hidroeléctrica bombeada con una planta de osmosis inversa alimentada por energías renovables, esto con el fin de suministrar agua y energía a las operaciones mineras y así mismo mejorar su sostenibilidad y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (Marín *et al.*, 2024).

Además, se han documentado avances recientes tecnológicos aplicados al campo de la minería en América Latina, entre ellos se encuentran los sistemas de visión artificial que permiten una mejor comprensión de los materiales, nuevas formas de comunicación y soluciones a medida en lotes pequeños. Por otra parte, el desarrollo de aplicaciones satelitales y de teledetección ha facilitado el descubrimiento de depósitos y el mapeo preciso de los atributos geológicos a costos bajos. Adicionalmente, avances en biología molecular y sintética permiten procesos como biolixiviación y biorremediación de cobre y oro, los cuales hacen más efi-

ciente el proceso de extracción de los minerales, tecnología que es más amigable con el medio ambiente que los métodos tradicionales (Bansal *et al.*, 2024).

De igual manera, se encontraron distintos artículos en los que se mencionan desarrollos innovadores de tecnologías mineras, uno de ellos ofrece una visión de las innovaciones en el proceso de conminución en molinos de tabor desde el enfoque de la reducción del consumo de energía (Góralczyk *et al.*, 2020). Se proponen también metodologías para la selección de equipos mineros para minería de superficie, basada en la adopción de decisiones multicriterio y tomando en consideración el estado del medio ambiente y la calidad de los minerales (Patyk *et al.*, 2021). Se menciona además la viabilidad de reutilizar las estructuras subterráneas, a favor de preservar la infraestructura de la mina y usarla en la post-minería para ser consistente con el desarrollo sostenible (Patyk *et al.*, 2021).

Otro estudio realizado en las naciones mineras críticas de África, Asia y América Latina, en los años de 2010 a 2022, encontró que, para que la minería alcance un desarrollo sostenible, es necesario tomar en consideración las implicaciones ambientales, sociales y económicas. Como recomendación sugiere que los gobiernos exijan a las empresas mineras, que lleven a cabo evaluaciones de impacto ambiental e implementen medidas de mitigación de impactos ambientales a partir de la minería, además de sugerir implementación de tecnología en la industria minera como el uso de fuentes de energías renovadas y técnicas renovadas de gestión de residuos (Zhou *et al.*, 2024). Así mismo, otros estudios sugieren emplear los ingresos provenientes de la minería de las naciones para promover dichas tecnologías (Li *et al.*, 2024; Xu *et al.*, 2024), proponiendo también la captura y almacenamiento de carbono para mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero que se ocasionan en esta industria (Luo *et al.*, 2024).

Por otra parte, se han realizado estudios que permiten cuantificar la pérdida de la riqueza mineral que se ocasiona por la extracción de minerales, empleando el concepto de costo de reemplazo exergético (ERC), esto con el propósito de mostrar el esfuerzo realizado por la Tierra para concentrar los minerales y crear conciencia sobre el establecimiento de un esquema de comercio más justo hacia caminos sostenibles para los recursos minerales (Palacios *et al.*, 2018).

Se han creado diversas iniciativas de sostenibilidad minera que influyen en la industria minera de América del Sur, estas son lideradas por países que demandan los minerales y pretenden garantizar una minería responsable en todas las cadenas de suministro. La primera de ellas es el reglamento europeo sobre baterías, el cual pretende garantizar que la extracción de minerales como el cobalto, grafito, litio y níquel, que son usados para baterías (Jovine y Paz, 2025), no conduzcan a daños ambientales ni abusos en los derechos humanos. La segunda es la iniciativa para la garantía de la minería responsable, que es una herramienta para promover prácticas de abastecimiento sostenible, siendo el esquema de certificación líder para la minería responsable. Otra de estas iniciativas se denomina *Recomendaciones transnacionales para la minería responsable del litio* y se basa en cuatro áreas: las evaluaciones ambientales y de derechos humanos, la gestión de agua y el medio ambiente, la interacción con las partes interesadas, y la protección de los defensores de derechos (Obaya *et al.*, 2024).

Las empresas también han buscado implementar estrategias para reducir y mitigar los efectos ambientales en sus operaciones, como lo son la reducción de insumos y desechos en la mina y la gestión ambientalmente segura de estos; y el establecimiento de áreas de conservación marina cuando sea necesario, de acuerdo a la ubicación de las operaciones y la prevención en los efectos dañinos en hábitats críticos (Saenz, 2023). Otras medidas, como las políticas y los programas de responsabilidad social corporativa (Heredia *et al.*, 2023), representan diferentes maneras que las corporaciones de la industria minera han empleado para compensar los costos sociales, ambientales y políticos que ocasionan los proyectos de exploración y explotación (Suescun Pozas *et al.*, 2015), siendo una herramienta que garantiza que el sector minero opere de manera social y ambientalmente responsable, la cual esta entrelazada con los objetivos de desarrollo sostenible de la ONU (Bansal *et al.*, 2024). Sin embargo, es de resaltar que estas iniciativas que buscan una minería responsable, deben dejar de estar centradas únicamente en las empresas, la sociedad, las comunidades locales y las prioridades de los gobiernos de países ricos en minerales, deben ocupar un lugar más central (Murguía y Bastida, 2024).

De esta manera, se deben enfocar los esfuerzos de innovación y transformación digital, en minimizar la cantidad de residuos generados, asegurar que estos no sean tóxicos y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero a partir de procesos que impliquen un menor consumo energético y sistemas de producción de energía renovable (Aznar-Sánchez *et al.*, 2019), ya que de acuerdo con los estudios consultados, dicha transformación impacta de manera positiva en la sostenibilidad de la industria minera, sin mencionar la importancia que debe darse al apoyo corporativo, gubernamental y nacional con la gestión de políticas enfocadas en dicho propósito.

4. CONCLUSIONES

La industria minera enfrenta el reto de equilibrar su papel en la economía global con la necesidad de reducir su impacto ambiental. En este contexto, la Evaluación del Ciclo de Vida (ECV) ha demostrado ser una herramienta eficaz para mejorar la sostenibilidad, como se ha evidenciado en Brasil y México, donde su aplicación ha permitido optimizar la gestión de residuos y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

Si bien en países como Chile se han implementado energías renovables y tecnologías para mejorar la eficiencia hídrica, aún existen oportunidades para fortalecer la innovación y las políticas públicas. Propuestas como el uso de sistemas de almacenamiento de energía hidroeléctrica combinados con plantas de ósmosis inversa, reflejan la necesidad de avanzar hacia soluciones integrales y sostenibles.

El desarrollo tecnológico también juega un papel clave en la transformación del sector. Herramientas como la visión artificial, la teledetección y la biolixiviación han demostrado ser más eficientes y menos contaminantes que los métodos tradicionales. Sin embargo, la sostenibilidad minera no solo depende de la in-

novación, sino también de la implementación de regulaciones efectivas y de un enfoque más inclusivo en la toma de decisiones.

Iniciativas globales, como el Reglamento Europeo sobre Baterías y la certificación de minería responsable, buscan mitigar los impactos negativos de la extracción de minerales críticos. No obstante, estas deben considerar no solo los intereses de los países consumidores, sino también las realidades de las comunidades locales en las regiones mineras.

Por otro lado, la responsabilidad social corporativa ha sido una estrategia para compensar los impactos de la minería, pero es necesario que evolucione hacia enfoques más estructurales que prioricen la economía circular y la reducción de residuos. Además, los ingresos mineros podrían destinarse a la adopción de tecnologías limpias y a la mitigación de emisiones de carbono, impulsando así una transición sostenible en el sector.

A medida que la industria minera avanza en la adopción de prácticas más sostenibles, se hace evidente la necesidad de un enfoque integral que combine innovación tecnológica, regulaciones efectivas y una mayor participación de las comunidades afectadas. La implementación de metodologías como la Evaluación del Ciclo de Vida (ECV) ha demostrado ser una herramienta clave para identificar áreas de mejora en los procesos extractivos, permitiendo la reducción del impacto ambiental y la optimización del uso de recursos naturales. Sin embargo, su aplicación debe expandirse a un mayor número de operaciones mineras para garantizar un impacto positivo a escala global.

El desarrollo y aplicación de nuevas tecnologías ha permitido reducir significativamente la huella ambiental de la minería. Desde el uso de energías renovables en las operaciones hasta la incorporación de técnicas como la biolixiviación y la biorremediación, la industria ha encontrado en la innovación un camino hacia la sostenibilidad. No obstante, aún existen oportunidades de mejora en la implementación de estas tecnologías, especialmente en regiones donde el acceso a financiamiento y a infraestructura tecnológica es limitado. La colaboración entre gobiernos, sector privado y organismos internacionales puede facilitar la inversión en soluciones más limpias y eficientes.

Además de los avances tecnológicos, las iniciativas de sostenibilidad impulsadas por organismos internacionales han tomado un papel protagónico en la regulación de la minería responsable. Normativas como el Reglamento Europeo sobre Baterías y certificaciones de abastecimiento sostenible buscan garantizar que la extracción de minerales esenciales para la transición energética no genere daños irreparables al medio ambiente ni vulnere los derechos de las comunidades locales. Sin embargo, es fundamental que estas iniciativas no solo beneficien a los países consumidores de minerales, sino que también fortalezcan el desarrollo y bienestar de las regiones mineras.

En este sentido, la responsabilidad social corporativa ha emergido como una estrategia clave para mitigar los impactos negativos de la minería. Muchas empresas han comenzado a implementar programas de conservación ambiental, gestión eficiente de residuos y restauración de ecosistemas afectados por la actividad extractiva. No obstante, para que estos esfuerzos sean realmente efectivos,

deben integrarse en una visión a largo plazo que trascienda la mera compensación ambiental y se oriente hacia la transformación estructural del sector minero.

Para consolidar una minería verdaderamente sostenible, es imprescindible que los gobiernos desempeñen un rol más activo en la regulación y fiscalización de las actividades mineras. La implementación de políticas públicas que incentiven la adopción de tecnologías limpias, la gestión eficiente de los recursos naturales y la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero es crucial para garantizar la sostenibilidad del sector. Asimismo, es fundamental que las comunidades locales tengan una mayor participación en la toma de decisiones, asegurando que los beneficios derivados de la minería se traduzcan en un desarrollo equitativo y duradero.

En conclusión, la sostenibilidad en la minería no puede depender únicamente de la voluntad de las empresas o de regulaciones externas, sino que debe abordarse como un esfuerzo colectivo en el que participen gobiernos, industria y sociedad civil. La transición hacia una minería más responsable exige inversiones en tecnología, políticas ambientales más estrictas y una mayor conciencia sobre el impacto de la actividad extractiva en el medio ambiente y en las comunidades. La minería sostenible requiere la combinación de innovación tecnológica, políticas públicas eficientes y una mayor participación de las comunidades locales. Solo a través de un enfoque integral, colaborativo y multidimensional, será posible garantizar una explotación minera que equilibre el desarrollo económico con la protección del medio ambiente y, de esta manera, alcanzar un equilibrio entre el desarrollo económico y la preservación de los recursos naturales para las futuras generaciones.

REFERENCIAS

- AYEH, D. y BLEICHER, A. (2021). One concept fits it all? On the relationship between geoethics and responsible mining. *The Extractive Industries and Society*, 8 (3), 100934. <https://doi.org/10.1016/J.EXIS.2021.100934>
- AZNAR-SÁNCHEZ, J. A., VELASCO-MUÑOZ, J. F., BELMONTE-UREÑA, L. J. y MANZANO-AGUGLIARO, F. (2019). Innovation and technology for sustainable mining activity: A worldwide research assessment. *Journal of Cleaner Production*, 221, 38-54. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2019.02.243>
- BANSAL, S., SINGH, S., NANGIA, P., CHANALIYA, N. y SALA, D. (2024). Sustaining the mining industry through the lens of corporate social responsibility: A review research. *Resources Policy*, 99, 105387. <https://doi.org/10.1016/J.RESOURPOL.2024.105387>
- CORRIGAN, C. C. y IKONNIKOVA, S. A. (2024). A review of the use of AI in the mining industry: Insights and ethical considerations for multi-objective optimization. *The Extractive Industries and Society*, 17, 101440. <https://doi.org/10.1016/J.EXIS.2024.101440>
- GAGNON, J., HALILEM, N. y BOUCHARD, J. (2024). A relay race or an ironman? A systematic review of the literature on innovation in the mining sector. *Resources Policy*, 98, 105363. <https://doi.org/10.1016/J.RESOURPOL.2024.105363>
- GÓRALCZYK, M., KROT, P., ZIMROZ, R. y OGONOWSKI, S. (2020). Increasing Energy Effi-

- ciency and Productivity of the Comminution Process in Tumbling Mills by Indirect Measurements of Internal Dynamics—An Overview. *Energies*, 13(24), 6735. <https://doi.org/10.3390/EN13246735>
- GUZMÁN, J. I., KARPUNINA, A., ARAYA, C., FAÚNDEZ, P., BOCCHETTO, M., CAMACHO, R., DESORMEAUX, D., GALAZ, J., GARCÉS, I., KRACHT, W., LAGOS, G., MARSHALL, I., PÉREZ, V., SILVA, J., TORO, I., VIAL, A. y WOOD, A. (2023). Chile: On the road to global sustainable mining. *Resources Policy*, 83, 103686. <https://doi.org/10.1016/J.RESOURPOL.2023.103686>
- HEREDIA, J., MCINTYRE, J. R., RUBIÑOS, C., SANTIBAÑEZ, E. y FLORES, A. (2023). A configuration approach to explain corporate environmental responsibility behavior of the emerging economies firms at industry 4.0. *Journal of Cleaner Production*, 395, 136383. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2023.136383>
- HWANG, Y. K., DÍEZ, Á. S. y INGLESI-LOTZ, R. (2024). The effects of critical mineral endowments on green economic growth in Latin America. *Resources Policy*, 98, 105355. <https://doi.org/10.1016/J.RESOURPOL.2024.105355>
- HWANG, Y. K. y SÁNCHEZ DÍEZ, Á. (2024). Renewable energy transition and green growth nexus in Latin America. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 198, 114431. <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2024.114431>
- JOVINE, R. F. y PAZ, M. J. (2025). Models of lithium exploitation in Latin America: Is history repeating itself? *The Extractive Industries and Society*, 22, 101581. <https://doi.org/10.1016/J.EXIS.2024.101581>
- LI, X., OU, H. y NIE, P. (2024). Assessment of the relationship between mineral extraction in the southern hemisphere and sustainable development. *Resources Policy*, 98, 105340. <https://doi.org/10.1016/J.RESOURPOL.2024.105340>
- LUO, C., LIU, Y., PAN, L. y YANG, F. (2024). Navigating mineral policy development challenges in the global south using analytic hierarchy process. *Resources Policy*, 90, 104797. <https://doi.org/10.1016/J.RESOURPOL.2024.104797>
- MARÍN, O. A., KRASLAWSKI, A. y CISTERNAS, L. A. (2024). Design for sustainability: An integrated pumped hydro reverse osmosis system to supply water and energy for mining operations. *Energy Conversion and Management*, 322, 119159. <https://doi.org/10.1016/J.ENCONMAN.2024.119159>
- MURGUÍA, D. I. y BASTIDA, A. E. (2024). The elephant in the mine: Why voluntary sustainability standards are insufficient to ensure responsible mining. *The Extractive Industries and Society*, 19, 101485. <https://doi.org/10.1016/J.EXIS.2024.101485>
- OBAYA, M., MURGUÍA, D. I. y SÁNCHEZ-LÓPEZ, D. (2024). From local priorities to global responses: Assessing sustainability initiatives in South American lithium mining. *The Extractive Industries and Society*, 19, 101509. <https://doi.org/10.1016/J.EXIS.2024.101509>
- PALACIOS, J. L., CALVO, G., VALERO, A. y VALERO, A. (2018). The cost of mineral depletion in Latin America: An exergoecology view. *Resources Policy*, 59, 117–124. <https://doi.org/10.1016/J.RESOURPOL.2018.06.007>
- PATYK, M., BODZIONY, P. y KRYSZA, Z. (2021). A Multiple Criteria Decision Making Method to Weight the Sustainability Criteria of Equipment Selection for Surface Mining. *Energies*, 14 (11), 3066. <https://doi.org/10.3390/EN14113066>
- SAENZ, C. (2023). Creating shared value strategies to reach the United Nations sustainable development goals: Evidence from the mining industry. *The Extractive Industries and Society*, 14, 101255. <https://doi.org/10.1016/J.EXIS.2023.101255>
- SEGURA-SALAZAR, J. y TAVARES, L. M. (2021a). A life cycle-based, sustainability-driven innovation approach in the minerals industry: Application to a large-scale granitic qua-

- rry in Rio de Janeiro. *Minerals Engineering*, 172, 107149. <https://doi.org/10.1016/J.MINENG.2021.107149>
- SIDDAWAY, A. P., WOOD, A. M. y HEDGES, L. V. (2019). How to Do a Systematic Review: A Best Practice Guide for Conducting and Reporting Narrative Reviews, Meta-Analyses, and Meta-Syntheses. *Annual Review of Psychology*, 70, 747-770. <https://doi.org/10.1146/ANNUREV-PSYCH-010418-102803/CITE/REFWORKS>
- SUESCUN POZAS, M. DEL C., LINDSAY, N. M. y DU MONCEAU, M. I. (2015). Corporate social responsibility and extractives industries in Latin America and the Caribbean: Perspectives from the ground. *The Extractive Industries and Society*, 2 (1), 93-103. <https://doi.org/10.1016/J.EXIS.2014.08.003>
- SUPPEN, N., CARRANZA, M., HUERTA, M. y HERNÁNDEZ, M. A. (2006). Environmental management and life cycle approaches in the Mexican mining industry. *Journal of Cleaner Production*, 14 (12-13), 1101-1115. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2004.12.020>
- URIBE-SIERRA, S. E., PANEZ-PINTO, A., TOSCANA-APARICIO, A. y MANSILLA-QUINONES, P. (2023). Mining, development and unequal regionalization in subnational Latin American contexts. *The Extractive Industries and Society*, 13, 101209. <https://doi.org/10.1016/J.EXIS.2022.101209>
- XU, Y., XU, T., HUANG, X. y CHU, C. C. (2024). Natural resources a curse or blessing: The story of Latin American and Caribbean economies employing bootstrap quantile method. *Resources Policy*, 90, 104758. <https://doi.org/10.1016/J.RESOURPOL.2024.104758>
- ZHOU, Y., LIU, Y. y NIU, J. (2024). Role of mineral-based industrialization in promoting economic growth: Implications for achieving environmental sustainability and social equity. *Resources Policy*, 88, 104396. <https://doi.org/10.1016/J.RESOURPOL.2023.104396>