

Análisis y perspectivas de los minerales Críticos: El Tesoro Latente de América Latina

Critical Minerals Analysis and Outlook: Latin America's Latent Treasure

Para citar este trabajo:

Maldonado, G., Valdez, J., García, J., y Carrera, R., (2024). Análisis y perspectivas de los minerales Críticos: El Tesoro Latente de América Latina. *Reincisol*, 3(6), pp. 1008-1035.
[https://doi.org/10.59282/reincisol.V3\(6\)1008-1035](https://doi.org/10.59282/reincisol.V3(6)1008-1035)

Autores:

Galo Eduardo Maldonado-Ibarra

Universidad Técnica Luis Vargas Torres de Esmeraldas.
Ciudad: Esmeraldas, País: Ecuador
Correo Institucional: galo.maldonado@utelvt.edu.ec
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5309-5053>

Jerson Joseph Valdez-Ibarra

Universidad Técnica Luis Vargas Torres de Esmeraldas.
Ciudad: Esmeraldas, País: Ecuador
Correo Institucional: jerson.valdez.ibarra@utelvt.edu.ec
Orcid: <https://orcid.org/0009-0002-0551-6463>

Janeth Andreina García-Cedeño

Investigadora.
Ciudad: Esmeraldas, País: Ecuador
Correo Institucional: janethandreia95@gmail.com
Orcid: <https://orcid.org/0009-0000-7566-7211>

Rolando Edison Carrera-Fernández

Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.
Ciudad: Guayaquil, País: Ecuador
Correo Institucional: r.carrera@hotmail.com
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-1965-4915>

RECIBIDO: 18 junio 2024 **ACEPTADO:** 26 julio 2024 **PUBLICADO** 12 agosto 2024

América Latina posee una abundancia significativa de minerales críticos, como el litio y el cobre, que son esenciales para la transición energética y las tecnologías limpias. Esta riqueza mineral sitúa a la región en una posición estratégica dentro del mercado global, presentando tanto oportunidades como desafíos. Este artículo analiza la definición y clasificación de minerales críticos, su distribución geológica en América Latina, y el posicionamiento de la región en el mercado global. A través de casos de estudio de países como Chile, Argentina y Bolivia, se exploran las dinámicas de la extracción y comercialización de estos recursos, así como las lecciones aprendidas sobre la gestión de recursos y la sostenibilidad. También se examinan las implicaciones geopolíticas de los minerales críticos, incluyendo las relaciones internacionales y las alianzas económicas que se están formando en torno a su explotación. Finalmente, el artículo aborda las perspectivas futuras de la industria de minerales críticos en América Latina, subrayando la importancia de la innovación tecnológica y la responsabilidad social en el desarrollo de un sector minero sostenible. Se concluye que, con la gestión adecuada de sus recursos y la adopción de políticas sostenibles, América Latina puede consolidarse como un actor clave en la economía global de minerales críticos, contribuyendo al desarrollo económico y tecnológico de la región.

Palabras clave: Minerales críticos, América Latina, Transición energética, Geopolítica, Sostenibilidad.

Abstract

Latin America possesses a significant abundance of critical minerals, such as lithium and copper, which are essential for the energy transition and clean technologies. This mineral wealth places the region in a strategic position within the global market, presenting both opportunities and challenges. This article analyses the definition and classification of critical minerals, their geological distribution in Latin America, and the positioning of the region in the global market. Through case studies of countries such as Chile, Argentina and Bolivia, the dynamics of the extraction and commercialization of these resources are explored, as well as the lessons learned about resource management and sustainability. The geopolitical implications of critical minerals are also examined, including the international relations and economic alliances that are being formed around their exploitation. Finally, the article addresses the future prospects of the critical minerals industry in Latin America, underlining the importance of technological innovation and social responsibility in the development of a sustainable mining sector. It is concluded that, with proper management of its resources and the adoption of sustainable policies, Latin America can consolidate itself as a key player in the global economy of critical minerals, contributing to the economic and technological development of the region.

Keywords: Critical minerals, Latin America, Energy transition, Geopolitics, Sustainability.

INTRODUCCIÓN

En un mundo cada vez más interconectado y dependiente de la tecnología, los minerales críticos han emergido como recursos esenciales para el desarrollo de diversas industrias, desde la electrónica hasta la energía renovable y la defensa. Los minerales críticos se definen como aquellos que son vitales para la economía, tienen aplicaciones estratégicas y para los cuales existe un alto riesgo de interrupción en su suministro (Araya & Cisternas). Entre estos se encuentran elementos como el litio, el cobalto, las tierras raras, el níquel, y el cobre, entre otros. Estos minerales son fundamentales para la fabricación de baterías, imanes, componentes electrónicos, y otros productos avanzados que impulsan la economía moderna (Baragaño, Berrezueta, & Menéndez, 2023).

A medida que la transición energética y la digitalización aceleran la demanda de estos recursos, su disponibilidad y suministro se han convertido en una preocupación estratégica para las naciones. El acceso seguro y sostenible a minerales críticos es crucial para mantener la competitividad tecnológica y económica en el escenario global (Baran). Países desarrollados como Estados Unidos, China, y la Unión Europea han identificado la necesidad de asegurar cadenas de suministro robustas para estos minerales, impulsando la inversión en exploración, minería, y reciclaje, así como en políticas que mitiguen la dependencia de fuentes extranjeras (Benito de la Piedra, 2017).

América Latina, una región rica en recursos naturales, se encuentra en una posición única dentro del panorama global de minerales críticos. El continente posee algunas de las mayores reservas mundiales de minerales estratégicos, como el litio en el Triángulo del Litio (Argentina, Bolivia, y Chile), cobre en Chile y Perú, y tierras raras en Brasil. Esta abundancia de recursos convierte a América Latina en un actor clave en la cadena de suministro global de minerales críticos (Bringel & Svampa, 2023).

Sin embargo, la relevancia de estos minerales para América Latina va más allá de la mera disponibilidad de recursos. La región enfrenta el desafío de convertir su riqueza mineral en una fuente sostenible de crecimiento económico y desarrollo social. Esto implica no solo la extracción eficiente de estos recursos, sino también la incorporación de prácticas de minería responsable, el desarrollo de capacidades locales para el procesamiento de minerales, y la creación de políticas que aseguren

una distribución equitativa de los beneficios económicos (Bruckmann, 2021). Además, la geopolítica de los minerales críticos ofrece a los países latinoamericanos la oportunidad de fortalecer sus relaciones internacionales y negociar desde una posición de mayor poder en los mercados globales (Campos et al., 2023).

El presente artículo tiene como objetivo realizar un análisis exhaustivo de los minerales críticos en América Latina, explorando su distribución geológica, su relevancia económica, y las perspectivas futuras para su desarrollo y explotación. Se busca identificar las oportunidades y desafíos que enfrenta la región en el contexto de la creciente demanda global de estos minerales, y cómo América Latina puede posicionarse estratégicamente en el mercado internacional.

Además, el artículo abordará las implicaciones geopolíticas y ambientales asociadas a la extracción de minerales críticos, considerando el impacto de la industria minera en la sostenibilidad regional y global. Se examinarán las políticas públicas y las estrategias que pueden adoptarse para maximizar los beneficios económicos de estos recursos, al tiempo que se mitigan los riesgos ambientales y sociales.

Este trabajo pretende ofrecer una visión integral del papel que desempeñan los minerales críticos en América Latina, destacando su potencial como "el tesoro latente" de la región y su capacidad para contribuir al desarrollo sostenible y la transformación económica en un mundo cada vez más dependiente de estos recursos estratégicos.

DESARROLLO

Minerales Críticos

Los minerales críticos son aquellos que juegan un rol esencial en la economía y el desarrollo tecnológico de un país o región, y cuyo suministro está en riesgo debido a diversos factores. Para que un mineral sea considerado crítico, debe cumplir con dos criterios fundamentales:

Importancia Económica y Tecnológica

Un mineral es considerado crítico cuando es indispensable para la fabricación de productos clave en sectores estratégicos como la tecnología, energía, defensa, y manufactura avanzada. Estos minerales son esenciales para la producción de baterías, semiconductores, aleaciones especiales, paneles solares, turbinas eólicas,

y otros componentes que sostienen la economía moderna y la transición hacia energías más limpias (Castillo, del Real, & Araya, 2023).

Riesgo de Suministro

La clasificación de un mineral como crítico también depende de la vulnerabilidad en su cadena de suministro. Este riesgo puede estar relacionado con la concentración geográfica de las reservas, donde un pequeño número de países controla la producción mundial; inestabilidades políticas en las regiones productoras; desafíos logísticos en la extracción y procesamiento; y fluctuaciones en la demanda global. Los minerales críticos suelen provenir de regiones con riesgos geopolíticos elevados, lo que puede llevar a interrupciones en su disponibilidad en los mercados internacionales (Ciudadana).

Además de estos factores, la clasificación de un mineral como crítico puede ser influenciada por su dificultad de sustitución. Si no existe un sustituto adecuado que pueda reemplazar un mineral sin afectar significativamente el rendimiento o el costo de un producto, ese mineral es más propenso a ser considerado crítico.

Principales Minerales Críticos

La lista de minerales críticos puede variar según el país o la región, dependiendo de sus necesidades industriales y la estructura de su economía (Fernández, 2022). A continuación, se identifican y clasifican algunos de los principales minerales críticos a nivel global y en América Latina:

Litio

- Fundamental para la fabricación de baterías recargables, que son esenciales para dispositivos electrónicos, vehículos eléctricos y almacenamiento de energía renovable.
- El Triángulo del Litio (Argentina, Bolivia, Chile) alberga aproximadamente el 58% de las reservas globales de litio.

Cobalto

- Utilizado en baterías recargables, aleaciones superresistentes, y productos químicos.
- Se encuentra en menor cantidad en América Latina, pero es crítico para la producción de baterías de iones de litio.

Cobre

- Esencial para la infraestructura eléctrica, la construcción, la industria electrónica, y la energía renovable.
- Chile y Perú son los mayores productores mundiales de cobre, siendo este mineral crucial para la economía regional.

Níquel

- Utilizado en aleaciones de acero inoxidable y en baterías recargables.
- Brasil tiene importantes reservas de níquel, y su producción es vital para la industria global.

Tierras Raras (REE)

- Grupo de 17 elementos utilizados en la fabricación de imanes, baterías, catalizadores, y otros componentes tecnológicos avanzados.
- Brasil posee reservas significativas de tierras raras, aunque su explotación es limitada en comparación con China, el principal productor mundial.

Grafito

- Clave para la producción de ánodos en baterías de iones de litio y en la industria del acero.
- Brasil es uno de los principales productores de grafito a nivel mundial.

Manganeso

- Utilizado en la producción de acero y baterías.
- Brasil y México tienen reservas importantes de manganeso, y su explotación es clave para la industria siderúrgica.

Plata

- Utilizada en la electrónica, energía solar, y monedas.
- México y Perú son los mayores productores mundiales de plata.

Estos minerales son esenciales para el desarrollo tecnológico y la transición energética, posicionando a América Latina como una región estratégica en la cadena de suministro global. Sin embargo, la explotación y el aprovechamiento de estos recursos requieren de políticas y estrategias que aseguren su sostenibilidad y maximicen su contribución al desarrollo económico regional.

Distribución Geológica y Reservas en América Latina

Mapeo de Recursos

América Latina es una región rica en una variedad de recursos minerales críticos, gracias a su diversa geología que abarca desde la Cordillera de los Andes hasta las

vastas cuencas sedimentarias y plataformas continentales. Esta riqueza geológica posiciona a la región como un actor clave en la producción global de varios minerales estratégicos, especialmente aquellos necesarios para la transición energética y la tecnología avanzada (García & Pérez, 2024).

Litio

- El litio se encuentra principalmente en salares (depósitos de sal) ubicados en el Triángulo del Litio, que abarca partes de Argentina, Bolivia y Chile. Estos salares son el resultado de procesos geológicos que concentran salmuera rica en litio a lo largo de millones de años.
- El Triángulo del Litio alberga aproximadamente el 58% de las reservas globales de litio, con los salares de Uyuni en Bolivia, Atacama en Chile, y Hombre Muerto en Argentina siendo los más destacados.

Cobre

- Las reservas de cobre en América Latina están principalmente concentradas a lo largo de la Cordillera de los Andes, una región que ha sido moldeada por la tectónica de placas y actividad volcánica. Este cinturón andino es una de las zonas más ricas en cobre a nivel mundial.
- Chile y Perú poseen algunas de las mayores minas de cobre del mundo, con yacimientos como Escondida y Chuquibambilla en Chile, y Las Bambas y Antamina en Perú.

Tierras Raras

- Los minerales de tierras raras se encuentran en depósitos de tipo carbonatítico y en lateritas. Brasil es el principal país de América Latina con depósitos de tierras raras, especialmente en el estado de Minas Gerais.
- Aunque Brasil tiene grandes reservas de tierras raras, su explotación es todavía incipiente en comparación con otros países como China.

Níquel

- Las reservas de níquel en América Latina se encuentran principalmente en lateritas y depósitos sulfídicos, con concentraciones significativas en Brasil y Cuba.
- Brasil y Cuba tienen importantes yacimientos de níquel, con Brasil liderando en producción en la región.

Cobalto

- El cobalto en América Latina se asocia comúnmente con depósitos de níquel y cobre, y está presente en cantidades relevantes en Cuba y Brasil.
- Cuba es uno de los principales productores de cobalto en la región, derivado principalmente de sus depósitos de níquel-cobalto.

Manganeso

- El manganeso en América Latina se encuentra en depósitos sedimentarios, con Brasil y México siendo los principales países con reservas significativas.
- Brasil cuenta con importantes reservas de manganeso, especialmente en el estado de Pará.

Grafito

- El grafito se encuentra en formaciones metamórficas, principalmente en Brasil, que alberga los mayores depósitos de este mineral en la región.
- Brasil es uno de los mayores productores mundiales de grafito.

Plata

- La plata en América Latina se encuentra asociada con depósitos polimetálicos y vetas hidrotermales. México y Perú poseen algunos de los yacimientos más ricos.

México y Perú son los principales productores mundiales de plata, con importantes yacimientos en los estados de Zacatecas y Potosí.

Principales Países Productores

Chile es el mayor productor de cobre a nivel mundial, representando alrededor del 28% de la producción global. Además, es un jugador clave en la producción de litio, con el Salar de Atacama siendo una de las fuentes más ricas en este mineral (González, 2023).

Perú es el segundo mayor productor de cobre del mundo y también uno de los principales productores de plata. Sus vastas reservas de cobre y plata en la Cordillera de los Andes lo posicionan como un país de gran relevancia en la minería global (Oliver, 2019).

Brasil es un país con una amplia variedad de recursos minerales. Es el mayor productor de hierro en América Latina y un líder mundial en la producción de níquel, manganeso y grafito. Además, cuenta con significativas reservas de tierras raras, aunque aún no plenamente explotadas (Jimeno & González, 2022).

Argentina es parte del Triángulo del Litio y uno de los mayores productores de este mineral, con el Salar del Hombre Muerto como uno de sus depósitos más importantes. Argentina está posicionada para jugar un rol cada vez más significativo en el suministro global de litio (Lara, Furtado, & Altimiras, 2018).

Bolivia posee el salar de Uyuni, el mayor depósito de litio en el mundo. Sin embargo, la explotación de estas reservas ha sido limitada debido a desafíos tecnológicos, económicos y políticos (Leura & Alfaro, 2021).

México es el mayor productor mundial de plata y también tiene importantes reservas de manganeso. La minería es un sector clave para la economía mexicana, con un enfoque particular en la extracción de minerales preciosos (López, 2022).

Cuba es un importante productor de níquel y cobalto, dos minerales críticos para la producción de baterías y aleaciones. Sus reservas de níquel-cobalto lo convierten en un jugador clave en la región (Morales, 2017).

Estos países, gracias a sus vastos recursos geológicos, juegan un papel crucial en la producción y suministro de minerales críticos a nivel global. Sin embargo, para capitalizar plenamente esta ventaja, es esencial que la región aborde desafíos como la infraestructura, la sostenibilidad, y las fluctuaciones del mercado, asegurando que los beneficios económicos sean ampliamente distribuidos y sostenibles a largo plazo.

Análisis del Mercado de Minerales Críticos

Demanda Global

La demanda global de minerales críticos ha crecido exponencialmente en las últimas décadas, impulsada por la rápida expansión de sectores clave como la tecnología, la energía renovable, y la defensa. A medida que el mundo avanza hacia una economía más verde y digitalizada, la necesidad de estos minerales se ha convertido en un tema de gran relevancia estratégica (Murguía, 2022).

Tecnología

Los minerales críticos son fundamentales para la fabricación de dispositivos electrónicos, como teléfonos inteligentes, computadoras, y otros gadgets que requieren de componentes especializados como semiconductores y circuitos integrados. Elementos como el cobalto, el níquel, el litio y las tierras raras son esenciales para estos productos. Además, los avances en la miniaturización y el

aumento de la potencia de procesamiento continúan impulsando la demanda de estos recursos (Oliver, 2023).

Energía

La transición hacia energías renovables ha incrementado la necesidad de minerales críticos como el litio, el cobalto, y el grafito, que son indispensables para la fabricación de baterías de iones de litio utilizadas en vehículos eléctricos y en sistemas de almacenamiento de energía. El cobre, debido a sus excelentes propiedades conductoras, es esencial para la infraestructura eléctrica, incluidos los cables, transformadores, y sistemas de energía eólica y solar. La demanda de estos minerales seguirá creciendo a medida que más países se comprometan a reducir las emisiones de carbono y a adoptar fuentes de energía limpia (Pérez, 2024).

Defensa

En el sector de defensa, los minerales críticos son vitales para la producción de una amplia gama de tecnologías avanzadas, desde sistemas de comunicación y radar hasta armamento y vehículos militares. Las tierras raras, por ejemplo, son esenciales para la fabricación de imanes permanentes utilizados en motores eléctricos y sistemas de guía de misiles, mientras que el titanio y el níquel son utilizados en aleaciones ligeras y resistentes al calor para aviones de combate y naves espaciales (Ramos, 2010).

Este aumento en la demanda ha generado preocupaciones sobre la seguridad del suministro, especialmente en un contexto global donde la concentración de la producción de ciertos minerales en unas pocas regiones geográficas puede causar vulnerabilidades en las cadenas de suministro. La competencia por el acceso a estos recursos ha intensificado la necesidad de diversificar las fuentes de suministro y promover la inversión en minería y tecnologías de reciclaje.

Posicionamiento de América Latina

América Latina se encuentra en una posición estratégica dentro del mercado global de minerales críticos debido a su abundancia de recursos. La región alberga algunas de las mayores reservas mundiales de minerales esenciales para la tecnología y la energía renovable, lo que la convierte en un proveedor clave en las cadenas de suministro internacionales (Riofrancos, 2022).

Proveedores Globales

América Latina, particularmente Chile y Argentina, lidera la producción de litio, un mineral fundamental para la fabricación de baterías recargables. Además, Chile y Perú son líderes mundiales en la producción de cobre, esencial para la infraestructura eléctrica. Brasil es un importante productor de níquel, manganeso, y tierras raras, mientras que México domina el mercado de la plata (Sánchez, 2021).

Diversificación del Mercado

La posición de América Latina en el mercado global está consolidada, pero enfrenta desafíos en términos de diversificación de sus exportaciones de minerales. Muchos países de la región dependen en gran medida de un número limitado de minerales para su ingreso, lo que los hace vulnerables a las fluctuaciones del mercado global y a la competencia internacional (Santiago et al., 2021a).

Relaciones Geopolíticas

América Latina tiene el potencial de fortalecer su influencia geopolítica a través de sus recursos minerales. La creciente demanda de minerales críticos por parte de potencias como China, Estados Unidos, y la Unión Europea ofrece a la región la oportunidad de establecer alianzas estratégicas y negociar acuerdos comerciales ventajosos (Santiago et al., 2021b).

Desafíos y Oportunidades

Desafíos

La falta de marcos regulatorios sólidos y coherentes en muchos países de América Latina dificulta la atracción de inversiones sostenibles en el sector minero. La regulación inconsistente, la burocracia y la corrupción pueden desincentivar a los inversionistas extranjeros (Valero, Calvo, & Valero, 2021).

A pesar de sus vastos recursos minerales, la región enfrenta importantes limitaciones en infraestructura, incluyendo transporte, energía, y tecnología, lo que puede aumentar los costos de producción y limitar la competitividad internacional (Valero, Valero, & Calvo, 2021).

La extracción de minerales críticos plantea desafíos significativos en términos de sostenibilidad ambiental y social. La minería a gran escala puede causar degradación del suelo, contaminación del agua y pérdida de biodiversidad, mientras que la falta de políticas de inclusión puede exacerbar las desigualdades sociales y los conflictos locales (Villazón, 2022).

Oportunidades

América Latina tiene la oportunidad de atraer inversiones significativas en la exploración y extracción de minerales críticos, especialmente si los gobiernos pueden ofrecer un entorno regulatorio estable y predecible. El desarrollo de proyectos de minería responsable, que incorporen criterios ambientales, sociales y de gobernanza (ESG), puede aumentar la competitividad y la aceptación social de la industria (Weber, 2023).

La región puede fortalecer su posición en los mercados globales a través de la negociación de acuerdos comerciales que promuevan el acceso a tecnologías avanzadas y el desarrollo de capacidades locales en procesamiento y manufactura. La diversificación de socios comerciales también puede reducir la dependencia de mercados volátiles (Zaar, 2024).

La creciente demanda global de tecnologías limpias ofrece a América Latina la oportunidad de liderar en la producción de minerales críticos necesarios para estas tecnologías. La inversión en investigación y desarrollo puede impulsar la eficiencia y la sostenibilidad de la extracción y procesamiento de estos minerales, posicionando a la región como un líder en minería responsable (Zappettini, 2021). América Latina está bien posicionada para desempeñar un papel crucial en el suministro global de minerales críticos, pero debe abordar los desafíos de regulación, infraestructura y sostenibilidad para maximizar su potencial y asegurar un crecimiento económico equitativo y sostenible.

Perspectivas Futuras y Sostenibilidad

Perspectivas de Crecimiento

El futuro de la industria de minerales críticos en América Latina es prometedor, impulsado por la creciente demanda global de tecnologías limpias y avanzadas. A medida que el mundo avanza hacia la transición energética y la digitalización, los minerales críticos, como el litio, el cobre, el níquel, y las tierras raras, se vuelven esenciales para el desarrollo de baterías, vehículos eléctricos, energías renovables, y dispositivos electrónicos (Benito de la Piedra, 2017).

Evolución Tecnológica y Transición Energética

Baterías y Vehículos Eléctricos

El aumento en la producción de vehículos eléctricos está generando una demanda sin precedentes de litio, cobalto, y níquel. América Latina, con sus vastas reservas

de litio en el Triángulo del Litio, está en una posición ventajosa para liderar este mercado. La expansión de la infraestructura de carga y el crecimiento del mercado de baterías de almacenamiento a gran escala también impulsarán la demanda de estos minerales (Suryasa et al., 2024).

Energías Renovables

El cobre, crucial para la transmisión de electricidad y la fabricación de turbinas eólicas y paneles solares, seguirá siendo un pilar en la transición hacia energías renovables. Con Chile y Perú como líderes mundiales en producción de cobre, la región está bien posicionada para beneficiarse de esta tendencia (Souza et al., 2024).

Crecimiento del Mercado de Tierras Raras

A medida que las tecnologías avanzadas como los imanes permanentes y los semiconductores se vuelven más esenciales, la demanda de tierras raras continuará creciendo. Brasil, con sus reservas de tierras raras, podría desempeñar un papel más importante si se invierte en la explotación y desarrollo de estos recursos (Falero, 2022).

Proyecciones de Inversión y Exportación

Se espera que la inversión en la industria minera de América Latina crezca, con un enfoque en la sostenibilidad y la modernización de las operaciones. Los acuerdos comerciales y las asociaciones estratégicas con países de alta demanda, como China y Estados Unidos, serán clave para sostener este crecimiento (Murguía, 2022).

Diversificación

América Latina tiene la oportunidad de diversificar sus exportaciones más allá de los minerales tradicionales, desarrollando capacidades en el procesamiento de tierras raras y otros minerales críticos. Esta diversificación no solo fortalecerá las economías locales, sino que también reducirá la vulnerabilidad frente a las fluctuaciones del mercado global (Jimeno & González, 2022).

Sostenibilidad y Responsabilidad Social

A medida que la industria minera de minerales críticos crece, también aumentan los desafíos relacionados con la sostenibilidad ambiental y la responsabilidad social. La extracción y procesamiento de estos minerales tienen impactos

significativos en los ecosistemas y las comunidades locales, lo que hace necesario un enfoque responsable y sostenible (Sánchez, 2021).

Desafíos Ambientales

Degradación del Suelo y Ecosistemas

La minería a cielo abierto, común en la extracción de minerales críticos, puede causar la destrucción de hábitats naturales, pérdida de biodiversidad, y degradación del suelo. Además, la contaminación de cuerpos de agua con metales pesados y productos químicos tóxicos es un riesgo constante (Bringel & Svampa, 2023).

Consumo de Agua

La extracción de minerales como el litio en salares consume grandes cantidades de agua, lo que puede afectar los acuíferos locales y generar conflictos por el recurso hídrico en regiones áridas (Valero et al., 2021).

Emisiones de Gases de Efecto Invernadero

El procesamiento de minerales críticos, especialmente el níquel y el cobalto, puede ser intensivo en energía, contribuyendo a las emisiones de gases de efecto invernadero si no se utilizan tecnologías limpias (Zappettini, 2021).

Desafíos Sociales

Conflictos Sociales y Desplazamientos

La expansión de la minería en áreas habitadas por comunidades indígenas o rurales a menudo genera conflictos debido a la falta de consulta y consentimiento, la apropiación de tierras, y el impacto ambiental sobre los medios de vida locales (Fernández, 2022).

Condiciones Laborales

La industria minera ha sido históricamente asociada con condiciones laborales precarias, incluyendo riesgos para la salud y seguridad de los trabajadores. A medida que la demanda de minerales críticos aumenta, también lo hace la presión sobre los trabajadores, lo que puede llevar a la explotación laboral si no se implementan regulaciones adecuadas (Sánchez, 2021).

Posibles Soluciones

Implementación de Prácticas Mineras Sostenibles

Adoptar tecnologías de minería de bajo impacto, como la minería subterránea en lugar de la minería a cielo abierto, y el uso de técnicas de remediación y restauración de ecosistemas después de la extracción (Oliver, 2023).

Gestión Responsable del Agua

Desarrollar tecnologías y prácticas que reduzcan el consumo de agua en la minería y promuevan el reciclaje de agua en los procesos industriales.

Empoderamiento de las Comunidades Locales

Garantizar que las comunidades locales sean participes en las decisiones sobre proyectos mineros, y que reciban beneficios económicos justos. Implementar programas de responsabilidad social corporativa que apoyen el desarrollo local y protejan los derechos de las comunidades indígenas y rurales.

Regulación y Supervisión Efectiva

Fortalecer las leyes ambientales y laborales, y asegurar su cumplimiento a través de mecanismos de supervisión robustos y transparentes. Promover la transparencia en la cadena de suministro para garantizar que los minerales sean extraídos y procesados de manera ética y sostenible.

Rol de la Innovación

La innovación será un pilar fundamental en la evolución de la industria de minerales críticos, ya que puede ofrecer soluciones para mejorar la eficiencia, reducir el impacto ambiental y optimizar el uso de recursos.

Tecnologías de Extracción y Procesamiento

El uso de tecnologías avanzadas como la inteligencia artificial, la robótica, y el mapeo geológico 3D puede mejorar la eficiencia en la extracción de minerales, reduciendo el desperdicio y minimizando el impacto ambiental.

Procesamiento Más Limpio

La innovación en tecnologías de procesamiento, como la hidrometalurgia y la pirometalurgia de bajo consumo energético, puede reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y minimizar el uso de productos químicos tóxicos en la separación de minerales.

Reciclaje y Reutilización

Economía Circular

Fomentar el reciclaje de baterías y otros productos electrónicos puede disminuir la demanda de extracción de nuevos minerales críticos. La investigación en procesos

de reciclaje más eficientes y rentables es clave para cerrar el ciclo de vida de los materiales y reducir la presión sobre los recursos naturales.

Sustitutos de Materiales

La innovación en materiales también puede conducir al desarrollo de sustitutos para ciertos minerales críticos, reduciendo la dependencia de recursos escasos o de alto impacto ambiental.

Innovaciones en Sostenibilidad

Tecnologías Limpias

El desarrollo de tecnologías más limpias para la producción y procesamiento de minerales, como el uso de energía renovable en operaciones mineras, puede reducir significativamente el impacto ambiental de la industria.

Innovación Social

Crear modelos de negocio que integren a las comunidades locales como socios y beneficiarios en lugar de solo como trabajadores o afectados, promoviendo el desarrollo económico y social sostenible.

Las perspectivas de crecimiento de la industria de minerales críticos en América Latina son positivas, pero dependen de la capacidad de la región para abordar los desafíos de sostenibilidad y responsabilidad social. La innovación, tanto tecnológica como social, será clave para asegurar que el desarrollo de estos recursos contribuya a un futuro más sostenible y equitativo.

Implicaciones Geopolíticas

Geopolítica de los Minerales Críticos

Los minerales críticos se han convertido en un factor clave en la geopolítica global, influyendo significativamente en las relaciones internacionales y la política exterior de los países productores. América Latina, rica en minerales como el litio, el cobre, y las tierras raras, se encuentra en una posición estratégica que puede moldear su influencia en la escena global.

Control y Seguridad del Suministro

Dependencia Global

Las grandes economías, como Estados Unidos, China, y la Unión Europea, dependen en gran medida de las importaciones de minerales críticos para sustentar sus industrias tecnológicas, energéticas y de defensa. Esta dependencia crea una

dinámica de poder donde los países productores, como los de América Latina, pueden negociar mejores términos comerciales y obtener mayores beneficios económicos y estratégicos.

Seguridad del Suministro

La concentración de la producción de ciertos minerales en unas pocas regiones genera preocupaciones sobre la seguridad del suministro. Las tensiones geopolíticas, conflictos locales, o inestabilidad política en América Latina podrían afectar las cadenas de suministro globales, lo que incrementa la importancia de la región en la estrategia geopolítica de las grandes potencias.

Influencias Externas y Diplomacia de Recursos

Inversiones y Asistencia

Países como China han incrementado su presencia en América Latina a través de inversiones masivas en infraestructura y minería, ofreciendo asistencia financiera a cambio de acceso a los recursos minerales. Esto ha generado una competencia geopolítica con otras potencias como Estados Unidos, que busca contrarrestar la influencia china en la región.

Diplomacia de Recursos

Los países latinoamericanos pueden utilizar sus recursos minerales como herramientas diplomáticas, forjando alianzas estratégicas y obteniendo concesiones en áreas como el comercio, la seguridad y la cooperación tecnológica. Sin embargo, esto también puede crear dependencia y vulnerabilidad si no se gestionan adecuadamente las relaciones internacionales.

Soberanía y Conflictos Internos

Autonomía vs. Influencia Externa

La riqueza en minerales críticos puede fortalecer la autonomía económica de los países latinoamericanos, permitiéndoles reducir la dependencia de ayudas externas. Sin embargo, también puede atraer la intervención de actores extranjeros que buscan asegurar su acceso a estos recursos, lo que podría amenazar la soberanía nacional.

Conflictos Internos

La explotación de minerales críticos puede exacerbar conflictos internos, especialmente en áreas donde existen tensiones sobre la propiedad de tierras y los derechos de las comunidades indígenas. Estos conflictos pueden ser explotados

por potencias extranjeras para influir en la política interna y asegurar sus intereses estratégicos.

Interacciones con Otros Bloques Económicos

La explotación y comercio de minerales críticos ha llevado a la formación de nuevas alianzas, acuerdos y rivalidades entre América Latina y otros bloques económicos, cada uno con sus propias estrategias e intereses.

Alianzas y Acuerdos Comerciales

China ha establecido una fuerte presencia en América Latina a través de inversiones en minería e infraestructura, asegurando el acceso a minerales críticos esenciales para su crecimiento industrial y tecnológico. El país ha firmado acuerdos bilaterales con naciones como Chile, Perú, y Argentina, centrándose en la extracción y exportación de litio, cobre y otros recursos.

Estados Unidos Frente a la creciente influencia china, Estados Unidos ha intensificado su enfoque en América Latina, promoviendo iniciativas como la “Estrategia de Energía y Clima de las Américas”, que busca fortalecer la cooperación en energías limpias y minería responsable. Washington también ha buscado asegurar cadenas de suministro de minerales críticos a través de acuerdos con países clave como Chile y Brasil.

La Unión Europea ha identificado a América Latina como una región clave para diversificar sus fuentes de minerales críticos. A través de su “Alianza para las Materias Primas”, la UE está negociando acuerdos para garantizar un suministro estable y sostenible de minerales, mientras promueve estándares ambientales y sociales en la minería.

Rivalidades y Competencia

La rivalidad entre China y Estados Unidos por el acceso a los recursos minerales de América Latina ha creado un escenario de competencia geopolítica en la región. Ambos países están desplegando estrategias para asegurar su influencia, desde inversiones hasta diplomacia económica, lo que coloca a los países latinoamericanos en una posición de ventaja, pero también de riesgo si no manejan estas relaciones con equilibrio.

Integración Regional

Los países de América Latina, a través de bloques como el Mercosur y la Alianza del Pacífico, han discutido la posibilidad de una mayor integración en la

explotación y comercialización de minerales críticos. Esta integración podría fortalecer su posición en las negociaciones con potencias extranjeras y aumentar el valor añadido de sus exportaciones mediante el desarrollo de capacidades locales de procesamiento y manufactura.

Tensiones con Actores Locales

A medida que los gobiernos latinoamericanos buscan maximizar los beneficios de sus recursos minerales, podrían surgir tensiones con actores locales y regionales que ven en las potencias extranjeras una amenaza a su control sobre los recursos naturales. La renegociación de contratos y la nacionalización de recursos son posibles respuestas a estas tensiones, lo que podría alterar significativamente el paisaje geopolítico.

Implicaciones para la Política Exterior de América Latina

Diversificación de Relaciones

América Latina tiene la oportunidad de diversificar sus relaciones económicas y políticas, evitando la dependencia de un solo socio comercial. Esto podría incluir el fortalecimiento de la cooperación sur-sur, la búsqueda de nuevos mercados en Asia y África, y la creación de alianzas estratégicas con potencias emergentes.

Promoción de la Sostenibilidad

En respuesta a las crecientes demandas internacionales por una minería más sostenible, los países de América Latina podrían liderar la promoción de estándares ambientales y sociales en la industria, posicionándose como líderes en minería responsable. Esto no solo mejoraría su reputación global, sino que también podría abrir nuevos mercados y atraer inversiones de fondos que priorizan criterios ESG (ambientales, sociales y de gobernanza).

Papel en la Gobernanza Global

A medida que los minerales críticos se vuelven más importantes en la economía global, América Latina podría jugar un papel más destacado en la gobernanza global de los recursos naturales, participando activamente en foros internacionales y negociaciones sobre el comercio de materias primas y la sostenibilidad de la minería.

Los minerales críticos están reconfigurando la geopolítica en América Latina, ofreciendo tanto oportunidades como desafíos. La región tiene la capacidad de aprovechar su riqueza en recursos para fortalecer su influencia global, pero debe

gestionar cuidadosamente sus relaciones internacionales y abordar los conflictos internos para maximizar los beneficios a largo plazo.

Casos de Estudio

El Triángulo del Litio: Argentina, Bolivia y Chile

El Triángulo del Litio, ubicado en la región andina que abarca partes de Argentina, Bolivia y Chile, contiene aproximadamente el 58% de las reservas mundiales de litio, un mineral crítico esencial para la producción de baterías recargables utilizadas en vehículos eléctricos, dispositivos electrónicos y almacenamiento de energía renovable.

En Argentina, la región de Salta y Jujuy se ha convertido en un centro de actividad minera para el litio, atrayendo inversiones internacionales significativas. Proyectos como el Salar del Hombre Muerto y el Proyecto de Litio Cauchari-Olaroz están en fases avanzadas de desarrollo, con un enfoque en la sostenibilidad y la responsabilidad social.

Bolivia posee la mayor parte del Salar de Uyuni, el salar más grande del mundo y una de las mayores reservas de litio. Sin embargo, el desarrollo de la industria del litio en Bolivia ha sido más lento debido a desafíos tecnológicos, falta de infraestructura y decisiones políticas. El país ha adoptado una política de control estatal sobre los recursos, buscando maximizar los beneficios nacionales, aunque esto ha generado cierta incertidumbre para los inversionistas.

Chile es el mayor productor mundial de litio, con sus operaciones concentradas en el Salar de Atacama. Empresas como SQM y Albemarle lideran la producción, utilizando tecnologías de extracción avanzadas y sostenibles. Chile ha establecido un marco regulatorio sólido que permite la explotación responsable de litio mientras protege los ecosistemas sensibles de la región.

Cobre en Chile

Chile es el principal productor mundial de cobre, un mineral crítico para la conducción eléctrica, esencial para la infraestructura de energía renovable y las tecnologías verdes. La minería del cobre en Chile representa una parte significativa de su PIB y es un pilar clave de su economía.

La mina Escondida, ubicada en el desierto de Atacama, es la mina de cobre más grande del mundo y representa un ejemplo destacado de cómo la minería a gran

escala puede ser gestionada de manera eficiente. Operada por BHP, Escondida ha adoptado prácticas avanzadas de sostenibilidad, incluyendo el uso de plantas desalinizadoras para reducir el consumo de agua dulce y programas de recuperación ambiental para mitigar el impacto ecológico.

Chile ha enfrentado desafíos relacionados con la fluctuación de precios del cobre y las tensiones sociales vinculadas a la distribución de los beneficios de la minería. En respuesta, el gobierno ha implementado políticas de redistribución más equitativas y ha promovido la innovación tecnológica para mantener la competitividad en el mercado global.

Lecciones Aprendidas

Gestión de Recursos y Soberanía

Los casos de Argentina, Bolivia, y Chile destacan la importancia de equilibrar la atracción de inversiones extranjeras con la protección de la soberanía sobre los recursos naturales. La experiencia de Bolivia, en particular, subraya que un enfoque de control estatal puede maximizar los beneficios a nivel nacional, pero también puede retrasar el desarrollo si no se acompaña de las capacidades técnicas e infraestructurales necesarias.

Sostenibilidad y Responsabilidad Social

Los proyectos en Chile y Argentina demuestran que es posible combinar la explotación de recursos con la sostenibilidad ambiental y la responsabilidad social. La implementación de tecnologías limpias y prácticas de gestión del agua, junto con el compromiso con las comunidades locales, son claves para minimizar el impacto ambiental y social de la minería.

Diversificación Económica

La dependencia de un solo recurso, como el cobre en Chile, puede generar vulnerabilidades económicas debido a la fluctuación de los precios internacionales. La lección aquí es la importancia de diversificar la economía e invertir en la innovación tecnológica para agregar valor a los recursos extraídos, como el desarrollo de industrias locales de procesamiento de minerales.

Infraestructura y Tecnología

El caso boliviano muestra que la falta de infraestructura y tecnología adecuada puede ser un obstáculo significativo para el desarrollo de la industria de minerales

críticos. La inversión en infraestructura y la adopción de tecnologías avanzadas son esenciales para aprovechar al máximo los recursos minerales de la región.

Perspectivas a Largo Plazo

Liderazgo Regional en Minerales Críticos

América Latina, con sus vastas reservas de minerales críticos, tiene la oportunidad de posicionarse como un líder global en la producción y exportación de estos recursos. El desarrollo de una industria minera sostenible y tecnológicamente avanzada podría generar un crecimiento económico sostenido, empleo y desarrollo local, especialmente en áreas rurales y menos desarrolladas.

Transición Energética y Nuevas Tecnologías

A medida que el mundo se mueve hacia la transición energética, América Latina puede desempeñar un papel central al suministrar los minerales críticos necesarios para las energías renovables y las tecnologías limpias. La región tiene la oportunidad de ser un proveedor clave en la cadena de suministro global para baterías, vehículos eléctricos y sistemas de energía renovable.

Desafíos Ambientales y Sociales

La sostenibilidad será un desafío clave a largo plazo. La región debe garantizar que la extracción y procesamiento de minerales críticos se realicen de manera que protejan el medio ambiente y beneficien a las comunidades locales. Esto incluirá la adopción de tecnologías más limpias, la gestión responsable del agua y la implementación de políticas que aseguren que los beneficios de la minería se distribuyan de manera equitativa.

Innovación y Valor Agregado

La innovación será crucial para el futuro de los minerales críticos en América Latina. Los países de la región deben invertir en investigación y desarrollo para mejorar las técnicas de extracción, procesamiento y reciclaje de minerales, así como en la creación de industrias de valor agregado que puedan transformar las materias primas en productos finales, fortaleciendo así sus economías.

Los minerales críticos representan tanto una oportunidad como un desafío para América Latina. Con la gestión adecuada, estos recursos pueden impulsar el desarrollo económico sostenible y mejorar la posición geopolítica de la región en el escenario global.

CONCLUSIONES

La región posee una riqueza significativa en minerales críticos como el litio y el cobre, lo que le otorga una posición estratégica en la economía global, especialmente en el contexto de la transición energética y la creciente demanda de tecnologías limpias. Esto representa una oportunidad única para que América Latina fortalezca su influencia global, siempre y cuando gestione adecuadamente sus recursos y relaciones internacionales.

Los casos de estudio muestran que encontrar un equilibrio entre la protección de la soberanía sobre los recursos y la atracción de inversiones extranjeras es crucial para el desarrollo sostenible de la industria minera en la región. Mientras que el control estatal puede maximizar los beneficios nacionales, es necesario contar con la infraestructura y tecnología adecuada para evitar retrasos en el desarrollo.

La explotación de minerales críticos en América Latina debe ser acompañada por un enfoque sólido en la sostenibilidad ambiental y la responsabilidad social. El desarrollo de tecnologías limpias y prácticas responsables en la gestión de recursos naturales es esencial para minimizar el impacto ambiental y asegurar que los beneficios económicos se distribuyan de manera equitativa entre las comunidades locales.

Para asegurar un crecimiento económico sostenible a largo plazo, América Latina debe apostar por la innovación en la extracción, procesamiento y uso de minerales críticos, así como por la diversificación económica. Invertir en industrias de valor agregado y en la creación de capacidades tecnológicas propias permitirá a la región no solo ser un proveedor de materias primas, sino también un líder en la cadena de suministro global de tecnologías avanzadas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Araya, N., & Cisternas, L. A. J. E. C. Valorización de relaves mineros/reprocesamiento de relaves mineros para obtener materiales críticos. 49.

Baragaño, D., Berrezueta, E., & Menéndez-Aguado, J. M. J. G. (2023). Explorando los sedimentos contaminados como una fuente potencial de recursos: un enfoque de procesamiento de minerales para la recuperación de materiales críticos. 74, 111-114.

- Baran, E. J. J. A. N. D. C. E., FÍSICAS y NATURALES. METALES CRÍTICOS PARA EL DESARROLLO DE NUEVAS TECNOLOGÍAS ENERGÉTICAS. 77.
- Benito de la Piedra, P. (2017). Análisis de la disponibilidad futura de recursos minerales críticos para la generación de energía eólica mediante dinámica de sistemas.
- Bringel, B., & Svampa, M. N. (2023). Del «Consenso de los Commodities» al «Consenso de la Descarbonización».
- Bruckmann, M. J. F. R. L. (2021). El pacto verde europeo y las perspectivas de América Latina.
- Campos, A. M., Bazán, V. T., Quispe, M. S., Muñoz, M. V., Valdez, M. N., Fernandez, J. C., . . . Rentería, L. Q. J. I. (2023). Geoquímica mineral de elementos críticos mediante microsonda electrónica del proyecto Cañón Florida-región Amazonas. 1(2), 1-18.
- Castillo, E., del Real, I., & Araya, C. (2023). Minerales críticos para la transición energética y la posición estratégica de Chile.
- Ciudadana, G. P. J. M. y. o. m. c. p. l. t. e. Esteban Valle-Riestra Padró Grupo Propuesta Ciudadana. 59.
- Falero, A. J. N. R. S. (2022). PARA UNA PERSPECTIVA CENTRO-PERIFERIA DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA. 10(18), 317-349.
- Fernández-Espinar López, L. C. J. A. J. A. (2022). “LAS ACTIVIDADES EXTRACTIVAS: SECTOR CRÍTICO ESTRATÉGICO DEL NUEVO MODELO ENERGÉTICO”. (121).
- García, P. A. M., & Pérez, J. M. M. J. I., Revista de Economía. (2024). Economía y geopolítica del sector energético: desde los combustibles fósiles a los minerales de la transición. (935).
- González-Rodríguez, J. (2023). Reciclaje y minerales críticos: un juego de tronos entre la geopolítica y la economía.
- i Oliver, F. X. M. J. C. b. (2019). Los minerales críticos y estratégicos: un riesgo para la nueva economía. (70), 31-36.
- Jimeno, C. L., & González, C. M. J. C. d. e. (2022). Las materias primas minerales y la transición energética. (209), 61-174.

- Lara-Rodríguez, J. S., Furtado, A. T., & Altimiras-Martin, A. J. A. d. C. (2018). Materias primas críticas y complejidad económica en América Latina. 37(65), 15-51.
- Leura, A. K., & Alfaro, J. M. J. Q. H. (2021). Elementos Críticos en Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos, y su Afectación a la Salud y al Medio Ambiente. Un Breve Análisis. 10(4), 12-16.
- López, L. C. F.-E. J. N. (2022). Las actividades extractivas: sector crítico estratégico del nuevo modelo energético”.
- Morales Barrera, N. (2017). Análisis de los materiales críticos en el marco de la geopolítica, caso China.
- Murguía, D. J. V. d. f. (2022). Minerales y materias primas críticas: Potencial y oportunidades para Argentina. 26(1), 81-104.
- Oliver, F. X. M. J. Q. d. c. (2023). Mafias y tráficos ilícitos: Tráfico ilícito de minerales críticos y estratégicos. 62, 28-34.
- Pérez, A. P. (2024). Diplomacia de minerales críticos, la IA desafiante y la batalla por el cambio climático: retos globales que marcarán décadas. Paper presented at the Panorama Estratégico 2024.
- Ramos, G. C. D. J. E. p. d. l. m. e. A. L. (2010). América Latina y el Caribe como reservas estratégicas de minerales. 17.
- Riofrancos, T. J. M. t. (2022). Por qué relocalizar la extracción de minerales críticos en el Norte global no es justicia climática. (211), 19.
- SánChEz, J. (2021). Minerales críticos en las Américas: Propuestas para fortalecer las cadenas de suministro. In: Foro virtual de Minería y Desarrollo Sostenible de las Américas.
- Santiago, A., Orío, R. M., García, T. S., Leyva, C. F., Vila, E. B., & del Olmo Sanz, A. J. G. (2021a). Minerales con elementos críticos en Andalucía: berilio. (18), 1109.
- Santiago, A., Orío, R. M., García, T. S., Leyva, C. F., Vila, E. B., & del Olmo Sanz, A. J. G. (2021b). Minerales con elementos críticos en Andalucía: flúor. (18), 1110.
- Souza, R. C. U.-d., González-Quiñonez, L. A., Reyna-Tenorio, L. J., Salgado-Ortiz, P. J., Chere-Quiñónez, B. F. J. I. J. o. E. E., & Policy. (2024). Renewable

- energy development and employment in Ecuador's rural sector: an economic impact analysis. 14(1), 464-479.
- Suryasa, I. W., de Souza, R. C. U., Tenorio, L. J. R., Saquicela, J. L. S., Peralta, A. J. M., & Quiñónez, B. F. C. J. N. P. (2024). Directional Optimization Model for Efficient Vehicle Control in Photovoltaic Systems. 571-579.
- Valero, A., Calvo, G., & Valero, A. (2021). Nuevos materiales, nuevas tecnologías y nuevos retos de la transición ecológica. Retrieved from
- Valero, A., Valero, A., & Calvo, G. J. R. d. M. (2021). Resumen y análisis crítico del informe especial de la Agencia Internacional de la Energía: El Rol de los minerales críticos en la transición hacia energías limpias. 57(2), e197-e197.
- Villazón Lobo, K. C. (2022). Categorización de minerales críticos para su uso en energía solar fotovoltaica. Universidad EAFIT,
- Weber, M. D. A. J. E. i. (2023). Seguridad climática y seguridad energética. El desafío estratégico de los minerales críticos en la Unión Europea. (430), 109-118.
- Zaar, M. H. J. A. c. R. E. d. R. e. I. s. G. y. C. S. (2024). La geopolítica del carbono cero y el papel de los minerales críticos en la transición energética. 28.
- Zappettini, E. O. (2021). Minerales y metales críticos y estratégicos. Análisis de situación y metodología de clasificación para la República Argentina.

Conflicto de intereses

Los autores indican que esta investigación no tiene conflicto de intereses y, por tanto, acepta las normativas de la publicación en esta revista.

Con certificación de:

