



DOI: <https://doi.org/10.23857/dc.v11i3.4491>

Ciencias de la Educación
Artículo de Investigación

Minería en Ecuador: aprovechamiento, sostenibilidad y desafíos para el desarrollo

Mining in Ecuador: exploitation, sustainability, and development challenges

A mineração no Equador: exploração, sustentabilidade e desafios de desenvolvimento

Ximena Cumandá Andrade Manzano ^I
xymeandrade@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0000-9347-3015>

Andrea Michelle Dávila Velasteguí ^{II}
andrea.davila@unach.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-7944-6053>

Héctor Javier Quiroz Miranda ^{III}
javier-q05@hotmail.com
<https://orcid.org/0009-0007-4350-9607>

Carlos Patricio Satian Cuenca ^{IV}
satiancarlos@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0001-3251-8192>

Correspondencia: xymeandrade@gmail.com

***Recibido:** 23 de junio de 2025 ***Aceptado:** 14 de julio de 2025 * **Publicado:** 10 de agosto de 2025

- I. Investigador Independiente; Ecuador.
- II. Universidad Nacional de Chimborazo; Ecuador.
- III. Investigador Independiente; Ecuador.
- IV. Investigador Independiente; Ecuador.

Resumen

La minería se ha convertido en una de las principales actividades económicas del Ecuador, con un crecimiento notable en los últimos años. Sin embargo, este auge minero también ha generado controversias sociales, ambientales y jurídicas. El presente artículo tuvo como objetivo analizar la situación actual del sector minero en el Ecuador, aprovechamiento, sostenibilidad y desafíos para el desarrollo de este sector, considerando el marco normativo vigente, el contexto geográfico, los impactos en las comunidades locales y los avances hacia un modelo de desarrollo sostenible. La información recopilada fue a través de una revisión bibliográfica, basado en el análisis cualitativo de fuentes académicas, informes institucionales y normativa. Se discutió la situación actual del sector minero en el país, los desafíos asociados a la minería, los conflictos socioambientales y la institucionalidad para el control ambiental. A su vez, se revisaron propuestas orientadas a la gobernanza participativa, el uso de tecnologías limpias y la implementación de mecanismos de compensación ambiental. Se concluyó que, si bien la minería representa una oportunidad económica para el país, su sostenibilidad dependerá del fortalecimiento institucional, la transparencia en los procesos de concesión y fiscalización, y de una planificación territorial que priorice la protección de los ecosistemas y los derechos de las comunidades. En este sentido, esta revisión buscó aportar a la reflexión crítica sobre el papel de la minería en el desarrollo del Ecuador.

Palabras Claves: Minería; aprovechamiento; sostenibilidad; impactos; gobernanza.

Abstract

Mining has become one of Ecuador's main economic activities, experiencing significant growth in recent years. However, this mining boom has also generated social, environmental, and legal controversies. This article aimed to analyze the current situation of the mining sector in Ecuador, including its utilization, sustainability, and challenges for its development, considering the current regulatory framework, the geographic context, the impacts on local communities, and progress toward a sustainable development model. Information was gathered through a bibliographic review, based on a qualitative analysis of academic sources, institutional reports, and regulations. The current situation of the mining sector in the country, the challenges associated with mining, socio-environmental conflicts, and the institutional framework for environmental control were discussed. Proposals aimed at participatory governance, the use of clean technologies, and the implementation

Inteligencia Artificial en la Educación Superior: Personalización del Aprendizaje

of environmental compensation mechanisms were also reviewed. It was concluded that, while mining represents an economic opportunity for the country, its sustainability will depend on institutional strengthening, transparency in the concession and oversight processes, and territorial planning that prioritizes the protection of ecosystems and community rights. In this sense, this review sought to contribute to critical reflection on the role of mining in Ecuador's development.

Keywords: Mining; exploitation; sustainability; impacts; governance.

Resumo

A mineração tornou-se uma das principais atividades económicas do Equador, tendo registado um crescimento significativo nos últimos anos. No entanto, este boom mineiro também gerou controvérsias sociais, ambientais e jurídicas. Este artigo teve como objetivo analisar a situação atual do setor mineiro no Equador, incluindo a sua utilização, sustentabilidade e desafios para o seu desenvolvimento, considerando o atual quadro regulamentar, o contexto geográfico, os impactos nas comunidades locais e o progresso em direção a um modelo de desenvolvimento sustentável. A informação foi recolhida através de uma revisão bibliográfica, baseada numa análise qualitativa de fontes académicas, relatórios institucionais e regulamentos. Discutiu-se a situação atual do setor mineiro no país, os desafios associados à mineração, os conflitos socioambientais e o quadro institucional para o controlo ambiental. Foram também revistas propostas orientadas para a governação participativa, o uso de tecnologias limpas e a implementação de mecanismos de compensação ambiental. Concluiu-se que, embora a exploração mineira represente uma oportunidade económica para o país, a sua sustentabilidade dependerá do fortalecimento institucional, da transparência nos processos de concessão e fiscalização e de um planeamento territorial que priorize a proteção dos ecossistemas e dos direitos das comunidades. Neste sentido, esta revisão procurou contribuir para a reflexão crítica sobre o papel da mineração no desenvolvimento do Equador.

Palavras-chave: Mineração; exploração; sustentabilidade; impactos; governança.

Introducción

Desde las primeras civilizaciones, la minería ha desempeñado un papel importante en el progreso de la humanidad (Schauer et al., 2021), llegando a consolidarse como una de las actividades que incidieron en el desarrollo de las civilizaciones (Soni, 2020). Es así como, en las sociedades antiguas

Inteligencia Artificial en la Educación Superior: Personalización del Aprendizaje

desarrollaron tecnologías rudimentarias para extraer minerales (Gil, 2012), lo que impulsó el comercio y la expansión territorial (Hennadii et al., 2019). Entre estos minerales están el oro, la plata y el cobre, los cuales dieron paso al auge económico (Torres, 2023), el poderío militar y la producción de objetos culturales y religiosos (Montero & Orejas, 2018). En este sentido, a lo largo del tiempo, la minería se ha transformado en una industria clave para el crecimiento económico de las naciones (Mohsin et al., 2021).

La extracción de minerales ha contribuido al desarrollo de infraestructuras (Narrea, 2023), la generación de empleo (Ennin & Wiafe, 2023) y el avance tecnológico (Sánchez & Hartlieb, 2020), convirtiéndose en un pilar estratégico para muchas economías (Kurakova & Ponomarenko, 2021), especialmente en países en vías de desarrollo (Hamid & Lubis, 2024). Sin embargo, su evolución también ha traído desafíos ambientales y sociales, generando debates sobre su sostenibilidad y responsabilidad ética (Pons et al., 2021; Anaafu et al., 2023). El impacto negativo que esta actividad puede generar sobre los ecosistemas, las fuentes hídricas, la calidad del aire y la salud de las comunidades cercanas, ha puesto en consideración los beneficios obtenidos (Hosseinpour et al., 2022; Senova et al., 2024). Es así como, la minería moderna se enfrenta al reto de incorporar prácticas más limpias, tecnologías menos invasivas y una gestión más transparente (Ospina-Correa et al., 2021), que permita reducir los conflictos socioambientales y mejorar la gobernanza de los recursos naturales (Ortega & Rivera, 2025). En este contexto, los principios de sostenibilidad deben integrarse de manera transversal en toda la cadena de valor minera, desde la exploración hasta el cierre de minas.

En Ecuador, la minería ha tenido una evolución compleja y dinámica (Estupiñan et al., 2021), marcada por períodos de alta actividad, conflictos socioambientales, reformas normativas e intereses contrapuestos entre el aprovechamiento económico de los recursos minerales y la conservación ambiental (Mestanza-Ramón et al., 2021; Lugo & Lara, 2022). En las últimas décadas, el país ha experimentado un crecimiento de la actividad minera (Carrillo-Maldonado et al., 2024), impulsado por políticas públicas orientadas a convertir al sector en uno de los pilares de la economía nacional (Cisneros, 2021). Esta transformación ha sido acompañada por la llegada de grandes inversiones extranjeras (Robalino-Altamirano & Cárdenas-Paredes, 2025), la ejecución de proyectos a gran escala (Cabrera-Jara et al., 2025) y un aumento considerable de las exportaciones minerales, especialmente

Inteligencia Artificial en la Educación Superior: Personalización del Aprendizaje

de oro y cobre (Espinosa, 2021; Estupiñan et al., 2021). Además, la participación de las comunidades, el cumplimiento de la normativa ambiental y la rendición de cuentas se han vuelto elementos importantes para legitimar esta actividad (Mestanza-Ramón et al., 2022; Peck et al., 2024). Es así como, el equilibrio entre desarrollo económico y protección del entorno representa uno de los mayores desafíos del sector minero en el siglo XXI (Campoverde-Muñoz et al., 2022), obligando a replantear sus modelos de operación bajo un enfoque más ético, inclusivo y resiliente.

A pesar del potencial económico que representa la minería, su expansión ha traído consigo una serie de problemáticas que han despertado la atención de diversos sectores de la sociedad (Yandún et al., 2023). Entre ellas se destacan los conflictos territoriales con comunidades indígenas (Aguirre-Armijos & Armijos-Buitrón, 2025), la contaminación de fuentes hídricas, la deforestación (Zaldumbide, 2023), la proliferación de minería ilegal, y la falta de transparencia en los procesos de concesión y fiscalización (Rivera-Rhon & Bravo-Grijalva, 2023). Por otra parte, la falta de planificación territorial y de evaluación integral de impactos acumulativos ha limitado la capacidad del Estado para regular adecuadamente el crecimiento del sector (Estupiñan et al., 2021; Soria-Maldonado & Cáceres-Romero, 2022). Estas tensiones han generado un debate público sobre la legitimidad del modelo extractivista, sus impactos a largo plazo, y la necesidad de establecer mecanismos de gobernanza que garanticen la sostenibilidad de la actividad.

Varios estudios indican que la sostenibilidad del sector minero en Ecuador depende de la implementación de un enfoque de gobernanza participativa (Espinoza-Galvez, 2024; Iñiguez-Gallardo & López-Rodríguez, 2024), donde se fortalezcan los mecanismos de consulta previa, se garantice el acceso a la información, y se promueva la corresponsabilidad entre Estado, empresas y sociedad civil. Además, se ha planteado la necesidad de adoptar tecnologías limpias (Rea, 2017), establecer mecanismos de compensación y remediación ambiental (Herrera, 2023) y desarrollar políticas de transición hacia modelos productivos menos dependientes del extractivismo (Falconí & Funtowicz, 2025). Asimismo, se reconoce la importancia de fortalecer las capacidades institucionales para la fiscalización y el control ambiental (Robalino-Altamirano & Cárdenas-Paredes, 2025), lo cual implica una mayor inversión en recursos técnicos y humanos, así como la independencia de los organismos encargados de la regulación.

Con base a lo descrito, es importante mencionar que, la articulación entre políticas nacionales y locales se ha convertido en un factor importante para evitar conflictos de competencias (Fernández-Labbé, 2020) y garantizar que las decisiones sobre el uso del territorio respondan a criterios técnicos, sociales y ecológicos (Alvarado & Rebañ, 2018; Sánchez-Vázquez et al., 2016). En este sentido, la educación ambiental, la participación de las comunidades en la toma de decisiones y el fomento de una cultura de responsabilidad empresarial son elementos clave para construir un modelo minero más equitativo y resiliente (Mansilla-Obando et al., 2022; Álvarez & Montes, 2023).

En este contexto, el presente estudio tuvo como objetivo realizar una revisión bibliográfica desde una perspectiva integral sobre el aprovechamiento de los recursos minerales en el Ecuador, evaluando sus implicaciones económicas, ambientales, sociales y normativas. Para ello, se recopiló información de fuentes académicas, informes técnicos, normativa legal y literatura especializada, con el fin de brindar un panorama amplio y actualizado sobre el estado de la minería en el país. Se buscó, además, identificar las principales oportunidades y desafíos que enfrenta el sector para avanzar hacia un modelo de desarrollo que concilie el uso racional de los recursos naturales con la protección de los derechos humanos y de la naturaleza.

1. MATERIALES Y MÉTODOS

1.1. Área de estudio

El área de estudio se enfoca en el sector minero del Ecuador (Figura 1), en donde se han registrado 1.506 concesiones hasta mayo de 2025.

Inteligencia Artificial en la Educación Superior: Personalización del Aprendizaje

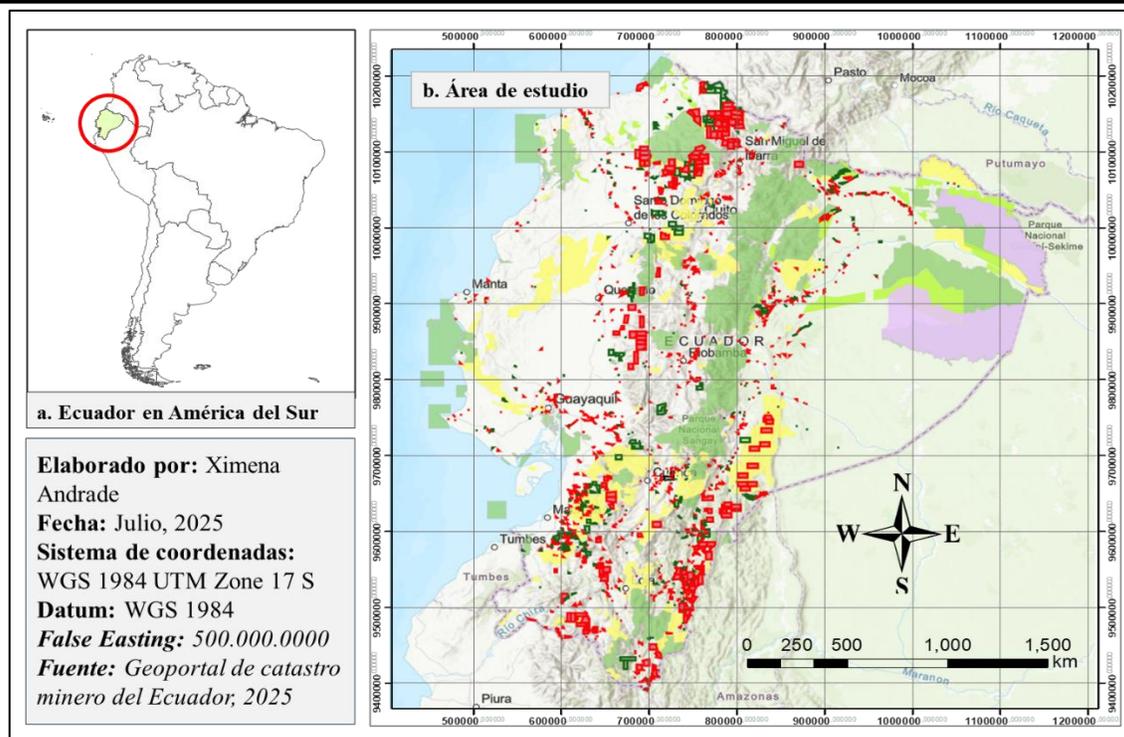


Figura 1. Mapa del área de estudio

2.2. Metodología

El presente estudio se estructuró bajo un enfoque descriptivo y no experimental, basado en una metodología de revisión bibliográfica cualitativa, orientada a analizar el aprovechamiento de los recursos minerales en Ecuador y su relación con el desarrollo sostenible. Para ello, se recopilaron y analizaron fuentes secundarias provenientes de artículos científicos, libros académicos, tesis, informes técnicos de instituciones gubernamentales como el Ministerio de Energía y Minas, el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE), la Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables (ARCERNNR), entre otras.

La búsqueda de información se realizó utilizando bases de datos académicas como Scopus, Redalyc, Scielo y Google Scholar, empleando palabras clave como “minería en Ecuador”, “sostenibilidad minera”, “impacto ambiental”, “minería artesanal”, “extractivismo” y “gobernanza de recursos”. Se consideraron documentos publicados entre los años 2010 y 2025 para asegurar una visión actualizada del fenómeno, aunque también se incorporaron estudios históricos relevantes para contextualizar el análisis. Posteriormente, se aplicó un criterio de selección basado en la pertinencia temática, la

rigurosidad académica, la actualidad de la información y su contribución al objetivo del estudio. Finalmente, los hallazgos se organizaron en función de las categorías emergentes del análisis documental, priorizando una visión crítica y reflexiva sobre los desafíos del sector minero ecuatoriano en el contexto del desarrollo sostenible.

2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

2.1. Antecedentes y situación actual del sector minero ecuatoriano

La actividad minera en el actual territorio ecuatoriano se remonta aproximadamente al año 3.500 a.C. con la cultura Valdivia, reconocida como la primera civilización alfarera de América (Toledo-Rivadeneira et al., 2023). Esta cultura realizaba la extracción de arcilla para la elaboración de cerámicas (Estupiñan et al., 2021). Posteriormente, otras culturas como la Machalilla y Chorrera también desempeñaron un papel relevante en el desarrollo de la cerámica en la región (Ugalde et al., 2023). Además, la cultura Tolita destacó por sus avanzadas técnicas metalúrgicas, en las que utilizaban diversos metales como oro, cobre, plata y platino, empleando procesos de aleación y métodos de extracción rudimentarios como el bateo de oro en ríos y la explotación superficial mediante socavones (Estévez-Salazar & Romero-Estévez, 2023). De igual manera, durante el periodo del Tahuantinsuyo, se intensificó el aprovechamiento de minerales como oro, plata, cobre, piedras preciosas y obsidiana, que eran valorados tanto por su uso ceremonial como económico (Vetter, 2017).

Con la llegada de los colonizadores españoles, surgieron asentamientos mineros de gran importancia como Sevilla de Oro, Logroño, Valladolid y Loyola, impulsados por la riqueza aurífera (Estupiñan et al., 2021). Posteriormente, en el siglo XVI, se consolidó el auge de la minería y la metalurgia precolombina, siendo Zaruma y Portovelo las zonas de mayor explotación, cuyo apogeo se extendió hasta el siglo XVII (Carrión, 2017). Luego, la minería se convirtió en una actividad marginal hasta su reactivación a inicios del siglo XX. Es así como, un nuevo ciclo de expansión minera comenzó en la década de 1980, impulsado por el alza del precio del oro, descubriendo yacimientos auríferos en zonas como Nambija, Guayzimi, Chinapintza y Ponce Enríquez (Toledo-Rivadeneira et al., 2023), lo que originó una fuerte migración hacia las zonas mineras, lo que provocó un crecimiento desordenado de los asentamientos y una actividad extractiva informal, sin controles técnicos ni ambientales.

Inteligencia Artificial en la Educación Superior: Personalización del Aprendizaje

En este contexto, el Estado ecuatoriano inició esfuerzos por formalizar y regular el sector minero (Figueroa, 2018). Sin embargo, muchas de estas políticas priorizaron la extracción a gran escala sin resolver los conflictos socioambientales latentes ni establecer mecanismos efectivos de redistribución de beneficios. Es así como, la aprobación de la Constitución de 2008 marcó un hito en la gestión de los recursos naturales en Ecuador (Herrera, 2023). En este documento, se reconocieron los derechos de la naturaleza y se estableció que el Estado es el responsable de regular, controlar y gestionar las actividades extractivas bajo principios de sostenibilidad, equidad y precaución (Matute & Medina, 2025). Posteriormente, en el 2009 se promulgó la Ley de Minería (Asamblea del Ecuador, 2009), donde se buscaba modernizar el sector y atraer inversión mediante licitaciones públicas, concesiones controladas y requisitos más estrictos en cuanto a licencias ambientales y compensación social.

A partir de 2016, Ecuador apostó por el desarrollo de la minería a gran escala como uno de los pilares de su política económica (Requelme & Vera, 2024), debido a que generaba importantes ingresos por regalías, impuestos y generación de empleo. Sin embargo, esto ha intensificado los conflictos territoriales, especialmente con pueblos indígenas y comunidades campesinas (Aguirre-Armijos & Armijos-Buitrón, 2025). En contraste, la minería ilegal y no regulada ha crecido de manera preocupante, particularmente en zonas como la Amazonía, generando problemas de seguridad, trata de personas, contaminación por mercurio, y destrucción de ecosistemas (Zaldumbide, 2023). Esta situación ha puesto en evidencia la debilidad institucional en el control y fiscalización del territorio, así como la necesidad urgente de políticas públicas integrales y participativas.

En este sentido, en la actualidad, el Ecuador busca potenciar el sector minero como fuente de ingresos, pero enfrentando una fuerte presión social y ambiental. El Plan Nacional de Desarrollo Minero 2020-2030 propone un modelo de minería responsable (Herrera, 2023), que prioriza la transparencia, la consulta previa, la inclusión social y la sostenibilidad ambiental, pero su implementación ha sido desigual y aún enfrenta resistencias. Además, este plan incluye estrategias para mejorar la gobernanza, fomentar la formalización de pequeños mineros, y establecer mecanismos de compensación social y ambiental en los territorios afectados. Es así como, el sector minero ecuatoriano se encuentra en una etapa de transición. Por un lado, se consolida como un eje estratégico para el desarrollo económico del país; por otro, enfrenta tensiones sociales y ambientales que exigen

Inteligencia Artificial en la Educación Superior: Personalización del Aprendizaje

una planificación integral, un diálogo intercultural efectivo y una gestión basada en principios de sostenibilidad, equidad y respeto a los derechos humanos y de la naturaleza.

Finalmente, es importante mencionar que, la reapertura del catastro minero en 2025, luego de varios años de suspensión, ha reactivado el interés de inversionistas, pero también ha despertado preocupación en organizaciones sociales y ambientales por la posible expansión descontrolada de la actividad en zonas sensibles como páramos, áreas protegidas y territorios indígenas.

2.2. Impactos y beneficios de la minería

La minería ha generado varios impactos en el país. Es así como, uno de los principales impactos identificados es el deterioro ambiental ocasionado por la minería legal e ilegal. En el caso de la minería a gran escala, los estudios revisados evidencian contaminación de fuentes hídricas por metales pesados (Matute & Medina, 2025), afectación a la biodiversidad y alteraciones del paisaje (Hosseinpour et al., 2022; Senova et al., 2024). En cuanto a la minería artesanal, se destaca el uso descontrolado de mercurio y cianuro en el procesamiento de oro, lo cual ha producido contaminación persistente en cuencas de los ríos (Lugo & Lara, 2022). Además, las áreas protegidas y zonas de amortiguamiento han sido especialmente vulnerables ante la falta de control estatal (Alvarado & Rebai, 2018). Adicionalmente, los procesos de remediación y restauración ecológica son escasos o inexistentes, y no se han implementado planes eficaces de compensación ambiental.

Por otra parte, también se han identificado impactos sociales de la minería en el país. En algunos casos, los proyectos mineros han generado empleo e infraestructura local (Narrea, 2018; Mohsin et al., 2021), pero en muchos otros, han derivado en conflictos entre empresas y comunidades (Mansilla-Obando et al., 2022). Las causas más frecuentes de los conflictos son la falta de consulta previa, la percepción de despojo territorial y los impactos en los modos de vida tradicionales. Es así como, se han producido protestas y enfrentamientos por la presencia de empresas mineras, muchas veces acompañadas de respuestas represivas del Estado (Carrillo-Maldonado et al., 2024). Además, se han identificado impactos negativos en la salud de las poblaciones cercanas a zonas mineras, especialmente por exposición a contaminantes químicos (Mestanza-Ramón et al., 2022).

Inteligencia Artificial en la Educación Superior: Personalización del Aprendizaje

El análisis económico muestra que la minería ha generado ingresos importantes al Estado ecuatoriano, principalmente a través de regalías, impuestos y exportaciones (Mohsin et al., 2021). En 2022, las exportaciones mineras superaron los 3000 millones de dólares, posicionando al sector como el cuarto rubro de exportación después del petróleo, banano y camarón (Torres, 2023). No obstante, existe una concentración de los beneficios en pocas provincias y empresas. Las regalías no siempre se traducen en mejoras sustantivas para las comunidades locales. En muchos casos, la distribución de recursos ha sido ineficiente o limitada por la burocracia estatal (Hennadii et al., 2019). Los gobiernos autónomos descentralizados, aunque beneficiarios de una parte de las regalías, enfrentan dificultades para gestionar adecuadamente los recursos y ejecutar proyectos sostenibles.

A lo descrito, se suma la falta de encadenamientos productivos locales que potencien la economía regional. Es así como, la minería ha operado como un enclave extractivo sin mayor integración con otros sectores productivos, lo cual debilita su potencial transformador a nivel territorial.

2.3. Gobernanza y sostenibilidad del sector minero

Uno de los temas recurrentes en la literatura es la debilidad institucional del Estado para planificar, regular y controlar la actividad minera. La superposición de competencias entre entidades, la rotación de autoridades y la escasez de personal técnico capacitado limitan la capacidad de fiscalización (Fernández-Labbé, 2020; Cabrera-Jara et al., 2025). A ello se suma la falta de transparencia en los procesos de concesión y licenciamiento ambiental. Existen avances normativos importantes, como la inclusión de la consulta previa en la Constitución y la creación de sistemas de evaluación ambiental (Carrillo-Maldonado et al., 2024), pero su aplicación ha sido parcial y con numerosos cuestionamientos. Las comunidades consultadas reportan procesos informativos incompletos, manipulaciones en los estudios de impacto ambiental, y falta de acceso a mecanismos de reparación.

Además, se ha determinado una tendencia creciente hacia la adopción de narrativas de minería responsable promovidas por empresas y el Estado. Sin embargo, estas propuestas carecen de mecanismos de verificación independientes y no están articuladas con políticas públicas integrales (Espinoza-Galvez, 2024). El reto sigue siendo construir una gobernanza democrática del sector, con participación de los territorios y una verdadera planificación ambiental y social del desarrollo.

Un componente central en el análisis de la minería en Ecuador es la percepción social sobre sus efectos y beneficios. Las encuestas de opinión realizadas por organismos no gubernamentales y estudios académicos revelan una creciente desconfianza de la población hacia las instituciones encargadas de regular la actividad minera (Requelme & Vera, 2024). Esta desconfianza está motivada por experiencias pasadas de impactos negativos, escasa información transparente y nula participación efectiva en la toma de decisiones.

Por otra parte, la falta de mecanismos de participación vinculante ha sido una de las críticas más recurrentes en los casos de conflictos mineros (Rivera-Rhon & Bravo-Grijalva, 2023). Las audiencias públicas suelen realizarse en condiciones formales sin mayor incidencia en las decisiones finales (Peck et al., 2024). El proceso de consulta previa, libre e informada, aunque reconocido legalmente, no se aplica conforme a estándares internacionales, generando tensiones entre las comunidades indígenas y el Estado.

A pesar de ello, existen experiencias positivas de articulación social en defensa de los territorios y en propuestas de alternativas productivas. Algunas comunidades han logrado detener concesiones o modificar proyectos a través de la acción colectiva, el litigio estratégico y la presión mediática. Estos procesos demuestran la importancia de fortalecer las capacidades de las comunidades para incidir de manera efectiva en la planificación del desarrollo territorial. Con estos dos ejes adicionales, tecnología e innovación y percepción ciudadana (Hamid & Lubis, 2024) se completa un panorama más integral de la minería, donde puede ser abordada como un fenómeno multidimensional que requiere ser abordado desde la técnica, lo social, lo ambiental y lo político, con énfasis en la equidad intergeneracional y la sostenibilidad a largo plazo.

3. CONCLUSIONES

- El aprovechamiento minero en Ecuador ha evolucionado desde prácticas ancestrales hasta convertirse en una actividad estratégica para la economía nacional, destacándose por su potencial en la generación de empleo, ingresos fiscales e inversión extranjera. No obstante, esta evolución

Inteligencia Artificial en la Educación Superior: Personalización del Aprendizaje

también ha evidenciado la necesidad de una planificación técnica y normativa más rigurosa que garantice su desarrollo sostenible.

- El actual modelo de desarrollo minero requiere transitar hacia prácticas más responsables y sostenibles, incorporando criterios de evaluación ambiental estratégica, mecanismos de consulta previa e instrumentos de control técnico que minimicen los impactos negativos sobre los ecosistemas y las comunidades. La inclusión del cierre técnico de minas, la fiscalización de pasivos ambientales, la transparencia en los procesos de concesión y el cumplimiento de estándares internacionales son condiciones fundamentales para que la minería contribuya verdaderamente al desarrollo sostenible. Además, la inversión en tecnologías limpias y la capacitación de actores locales fortalecerán la capacidad de respuesta ante los desafíos socioambientales.

Entre los principales desafíos para el desarrollo minero sostenible en Ecuador se encuentran la formalización de la minería artesanal, el fortalecimiento institucional, la transparencia en las concesiones y la implementación de mecanismos eficaces de control y participación ciudadana, que permitan conciliar el aprovechamiento de los recursos minerales con el bienestar de las poblaciones y la conservación del patrimonio natural.

Referencias

1. Aguirre-Armijos, M., & Armijos-Buitrón, V. (2025). Tierra, minería y éxodo: rostros del desplazamiento oculto en Ecuador. *593 Digital Publisher CEIT*, 10(4), 242-252.
2. Alvarado, J., & Rebañ, N. (2018). Minería y vulnerabilidad de los territorios rurales en los Andes ecuatorianos: evidencias desde la provincia del Azuay. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, 27(2), 389-406.
3. Álvarez, S., & Montes, J. (2023). La consulta popular minera en Ecuador como un mecanismo de democracia directa y lucha social. *Universidad Y Sociedad*, 15(S2), 20-26.
4. Anafo, D., Nutsugbodo, R. Y., & Adusu, D. (2023). Mining and sustainable development in the Asutifi North District, Ghana. *Resources Policy*, 80, 103171.
5. Asamblea del Ecuador (2009). Ley de Minería del Ecuador. Disponible en: <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/06/Ley-de-Mineria.pdf>
6. Cabrera-Jara, N., Saetama, E. S., & Peña, D. E. (2025). Minería a Gran Escala y Reconfiguración Territorial en Ecuador Análisis del Proyecto Mirador en Tundayme-Zamora Chinchipe. *Diseño, arte y arquitectura*, (18), 57-77.
7. Campoverde-Muñoz, P., Aguilar-Salas, L., Romero-Crespo, P., Valverde-Armas, P. E., Villamar-Marazita, K., Jiménez-Oyola, S., & Garcés-León, D. (2022). Risk Assessment of Groundwater Contamination in the Gala, Tenguel, and Siete River Basins, Ponce Enriquez Mining Area—Ecuador. *Sustainability*, 15(1), 403.
8. Carrillo-Maldonado, P., Arias, K., Zanoni, W., & Cruz, Z. (2024). Local socioeconomic impacts of large-scale mining projects in Ecuador: The case of Fruta del Norte. *Resources Policy*, 89, 104625.
9. Carrión, A. (2017). Las leyes de minería en Ecuador a fines del siglo XIX: la reconfiguración de la propiedad minera. *Procesos: revista ecuatoriana de historia*, (45), 95-122.
10. Cisneros, P. (2021). Policy designs for interorganizational coordination: Lessons from failures in governing the mining sector in Colombia and Ecuador. *Latin American Policy*, 12(1), 6-34.
11. Ennin, A., & Wiafe, E. A. (2023). The impact of mining foreign direct investment on economic growth in Ghana. *Cogent Economics & Finance*, 11(2), 2251800.

Inteligencia Artificial en la Educación Superior: Personalización del Aprendizaje

12. Espinosa, C. (2021). Conocimiento como causa y medio de resistencia a la minería de gran escala: casos heurísticos del Ecuador. *Íconos. Revista de Ciencias Sociales*, (69), 53-75.
13. Espinoza-Galvez, E. (2024). Gobernanza ambiental como estrategia para la formulación de políticas públicas vinculadas al sector minero: Comunidad de Yutzupino, cantón Tena. *Revista Científica Multidisciplinaria Arbitrada Yachasun-ISSN: 2697-3456*, 8(15), 880-896.
14. Estévez-Salazar, P., & Romero-Estévez, D. (2023). Recubrimientos dorados, plateados y platinados en la metalurgia precolombina del Ecuador. *Anuario de Arqueología*, 15(15), 29-43.
15. Estupiñán, R., Romero, P., García, M., Garcés, D., & Valverde, P. (2021). Mining in Ecuador. Past, present and future. *Boletín Geológico y Minero*, 132(4), 533-549.
16. Falconí, F., & Funtowicz, S. (2025). El extractivismo en América Latina desde la perspectiva de la ciencia posnormal. *Mundos Plurales-Revista Latinoamericana de Políticas y Acción Pública*, 12(1), 34-56.
17. Fernández-Labbé, J. (2020). El territorio como espacio contradictorio: promesas y conflictos en torno a la actividad extractiva en Ecuador, Colombia, Perú y Chile. *Eure (Santiago)*, 46(137), 225-246.
18. Figueroa, I. (2018). Desplazamientos en virtud del desarrollo: un estudio de caso del proyecto minero Mirador en Zamora Chinchipe, Ecuador. *Opinión Jurídica*, 17(33), 173-198.
19. Gil Montero, R. (2012). Tecnología minera en los siglos XVI-XIX: una perspectiva comparada. *Cultura, sociedad y democracia en América Latina: aportes para un debate interdisciplinario*, 305-326.
20. Guerrero, D., Limache, C., & Torres, J. (2024). Impacto de la gobernanza en la minería peruana enfocado hacia el futuro. *Revista del Instituto de investigación de la Facultad de minas, metalurgia y ciencias geográficas*, 27(54).
21. Hamid, R., & Lubis, M. (2024). Inclusive Policies and Distribution of Green Economic Transformation of Mining Areas: A Regional Development Perspective. *Journal of Distribution Science*, 22(3), 71-81.
22. Hennadii, H., Pavlo, S., & Vasyi, L. (2019). The Philosophy of mining: Historical aspect and future prospect. *Философия и космология*, 22, 76-90.

Inteligencia Artificial en la Educación Superior: Personalización del Aprendizaje

23. Herrera, H. (2023). Minería Ilegal y Reparación Integral, un Desafío en el Desarrollo Ambiental del Ecuador. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(4), 1171-1188.
24. Hosseinpour, M., Osanloo, M., & Azimi, Y. (2022). Evaluation of positive and negative impacts of mining on sustainable development by a semi-quantitative method. *Journal of Cleaner Production*, 366, 132955.
25. Iñiguez-Gallardo, V., & López-Rodríguez, F. (2024). Gobernanza participativa para manglares en Ecuador. *Madera y bosques*, 30(SPE).
26. Kurakova, K. N., & Ponomarenko, T. V. (2021). Impact of mining industry growth on sustainable development indicators. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 266, p. 06007). EDP Sciences.
27. Lugo Gil, C. Y., & Lara Enríquez, B. E. (2022). Conflictos socioambientales y minería en Sonora, México. *Estudios demográficos y urbanos*, 37(2), 637-676.
28. Matute, E., & Medina, R. (2025). La actividad minera y sus consecuencias en el Ecuador. *METANOIA: Revista de Ciencia, Tecnología E Innovación*, 11(1), 139-154.
29. Mansilla-Obando, K., Guinez-Cabrera, N., & Jeldes-Delgado, F. (2022). Cuando la comunidad es invisible: responsabilidad social empresarial en la industria minera. *Letras Verdes, Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales*, (31), 77-94.
30. Mestanza-Ramón, C., D’Orio, G., & Straface, S. (2021). Gold mining in Ecuador: Innovative recommendations for the management and remediation of mercury-contaminated waters. *Green World J*, 4(11).
31. Mestanza-Ramón, C., Cuenca-Cumbicus, J., D’orio, G., Flores-Toala, J., Segovia-Cáceres, S., Bonilla-Bonilla, A., & Straface, S. (2022). Gold mining in the Amazon region of Ecuador: history and a review of its socio-environmental impacts. *Land*, 11(2), 221.
32. Mohsin, M., Zhu, Q., Naseem, S., Sarfraz, M., & Ivascu, L. (2021). Mining industry impact on environmental sustainability, economic growth, social interaction, and public health: an application of semi-quantitative mathematical approach. *Processes*, 9(6), 972.
33. Montero, I., & Orejas, A. (2018). Minas, metales reciclados y monedas. Abastecimiento de cobre entre el Imperio romano y la Antigüedad Tardía. *Mélanges de la Casa de Velázquez. Nouvelle série*, (48-1), 111-135.

Inteligencia Artificial en la Educación Superior: Personalización del Aprendizaje

34. Narrea, O. (2018). La minería como motor de desarrollo económico para el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible 8, 9, 12 y 17. *Consortio de Investigación Económica y Social-CIES*, 68.
35. Ortega, A., & Rivera, M. (2025). Estrategias de producción más limpia para el manejo de relaves mineros auríferos. *Producción+ Limpia*, 20(1), 18-38.
36. Ospina-Correa, J. D., Osorio-Cachaya, J. G., Henao-Arroyave, Á. M., Palacio-Acevedo, D. A., & Giraldo-Builes, J. (2021). Retos y oportunidades para la industria minera como potencial impulsor del desarrollo en Colombia. *Tecnológicas*, 24(50), 239-256.
37. Peck, M. R., Desselas, M., Bonilla - Bedoya, S., Redín, G., & Durango - Cordero, J. (2024). The conflict between Rights of Nature and mining in Ecuador: Implications of the Los Cedros Cloud Forest case for biodiversity conservation. *People and Nature*, 6(3), 1096-1115.
38. Pons, A., Vintrò, C., Rius, J., & Vilaplana, J. (2021). Impact of Corporate Social Responsibility in mining industries. *Resources Policy*, 72, 102117.
39. Rea Toapanta, A. (2017). Política minera y sostenibilidad ambiental en Ecuador. *FIGEMPA: Investigación y Desarrollo*, 4(2), 41-52.
40. Requelme, F., & Vera, N. (2024). La minería a gran escala y su incidencia en la recaudación tributaria: El caso de la Provincia de Zamora Chinchipe-Ecuador. *Revista Económica*, 12(1), 55-66.
41. Rivera-Rhon, R., & Bravo-Grijalva, C. (2023). Gobernanzas criminales y enclaves productivos de la minería ilegal en Ecuador. *Revista Logos Ciencia & Tecnología*, 15(2), 49-69.
42. Robalino-Altamirano, B. A., & Cárdenas-Paredes, K. D. (2025). La minería ilegal en Ecuador: Análisis jurídico de la participación extranjera y desafíos estructurales para el fortalecimiento del marco legal nacional. *Portal de la Ciencia*, 6(S1), 37-55.
43. Sánchez-Vázquez, L., Espinosa, M., & Eguiguren, M. (2016). Percepción de conflictos socio-ambientales en zonas mineras: el caso del Proyecto Mirador en Ecuador. *Ambiente & Sociedade*, 19, 23-44.
44. Sánchez, F., & Hartlieb, P. (2020). Innovation in the mining industry: Technological trends and a case study of the challenges of disruptive innovation. *Mining, Metallurgy & Exploration*, 37(5), 1385-1399.

Inteligencia Artificial en la Educación Superior: Personalización del Aprendizaje

45. Schauer, P., Shennan, S., Bevan, A., Colledge, S., Edinborough, K., Kerig, T., & Pearson, M. P. (2021). Cycles in stone mining and copper circulation in Europe 5500–2000 BC: a view from space. *European Journal of Archaeology*, 24(2), 204-225.
46. Senova, A., Kuffa, F., Grososova, L., & Alkhalaf, I. (2024). Assessment of the environmental and economic impacts of mining and elimination of negative impacts of mining activities. *Acta Montanistica Slovaca*, 29(4).
47. Soni, A. K. (2020). History of mining in India. *Indian Journal of History of Science*, 55(3), 218-234.
48. Soria-Maldonado, F., & Cáceres-Romero, H. (2022). La minería ilegal y sus efectos en la vulneración de los derechos de la naturaleza. *Polo del conocimiento*, 7(4), 1650-1664.
49. Toledo-Rivadeneira, J., Lozano-Ruiz, E., & Moncayo, P. (2023). Aproximación al estado del arte de la sostenibilidad de la minería metálica en el Ecuador, entre los años 2002 y 2023. *Universidad-Verdad*, (83), 88-103.
50. Torres, J. (2023). Capitalismo y minería global: perspectivas latinoamericanas, 1500-1914. *Historia Crítica*, 1(89), 43-77.
51. Ugalde, M., Dyrdaahl, E., Montalvo, C., & Prümers, H. (2023). Novedades desde Machalilla aportes al conocimiento de la economía en el Formativo Tardío en la Costa ecuatoriana. *STRATA, Revista Ecuatoriana de Arqueología y Paleontología*, 1(2), e8-e8.
52. Vetter Parodi, L. (2017). La conquista del Tahuantinsuyo y sus consecuencias: permanencias e innovaciones en el trabajo de los metales durante el periodo de transición (siglo XVI). *Bulletin de l'Institut français d'études andines*, (46 (1)), 133-149.
53. Yandún, C., Poaquiza, Á., León, E., & Montero, J. (2023). El conflicto legal y social producto de la Minería Ilegal en el Cantón Zaruma. *Prometeo Conocimiento Científico*, 3(2), e55-e55.
54. Zaldumbide, M. (2023). El impacto en el ambiente producido por la minería ilegal en el Ecuador. *RECIMUNDO*, 7(4), 351-358.