



B1

ISSN: 2595-1661

ARTIGO

Listas de conteúdos disponíveis em [Portal de Periódicos CAPES](#)

Revista JRG de Estudos Acadêmicos

Página da revista:

<https://revistajrg.com/index.php/jrg>



Degradación Sistémica por Minería Aurífera Ilegal en la Amazonía de Ecuador: Un Análisis Integral de sus Consecuencias y Estrategias de Mitigación

Systemic Degradation by Illegal Gold Mining in the Ecuadorian Amazon: A Comprehensive Analysis of its Consequences and Mitigation Strategies

DOI: 10.55892/jrg.v8i18.2362

ARK: 57118/JRG.v8i18.2362

Recebido: 06/08/2025 | Aceito: 10/07/2025 | Publicado *on-line*: 12/08/2025

Jhoel Hernán Uvidia Armijo¹

<https://orcid.org/0000-0003-3519-6472>

<https://lattes.cnpq.br/2686024563450582>

Universidad Estatal Amazónica, Puyo, Ecuador

E-mail: jh.uvidiaa@uea.edu.ec

Luis David Jiménez Jumbo²

<https://orcid.org/0009-0000-0862-2048>

<https://lattes.cnpq.br/5405841142990554>

Universidad Estatal Amazónica, Puyo, Ecuador

E-mail: ld.jimenezj@uea.edu.ec

Anabel Chariguamán Coello³

<https://orcid.org/0000-0001-6553-1150>

<http://lattes.cnpq.br/1313739121235524>

Universidad Estatal Amazónica, Puyo, Ecuador

E-mail: la.chariguamanc@uea.edu.ec

Luis Alberto Uvidia Armijo⁴

<https://orcid.org/0000-0002-1967-2494>

<https://lattes.cnpq.br/2051896093239841>

Universidad Estatal Amazónica, Puyo, Ecuador

E-mail: la.uvidiaa@uea.edu.ec

Resumen

La extracción ilegal de aurífera en la Amazonía ecuatoriana ha precipitado una crisis socio-ecológica de carácter sistémico, intensificando la degradación ambiental, la fragmentación de los ecosistemas y la vulnerabilidad social. Este estudio examina meticulosamente las implicaciones multidimensionales (ambientales, sanitarias y socioterritoriales) de la contaminación fluvial, junto con las estrategias de mitigación y regulación existentes. Mediante una revisión bibliográfica, se evidenció una alarmante expansión geográfica de la minería ilegal en regiones delicadas como Zamora Chinchipe y Napo, con un incremento del 300% entre los años 2015 y 2021. La problemática de la contaminación hídrica es preocupante: se liberan anualmente 29,6 toneladas de mercurio, se emplea cianuro y se incrementa la carga sedimentaria, factores que modifican la hidromorfología fluvial. Las consecuencias biológicas son alarmantes, comprendiendo desde la bioacumulación de mercurio en organismos

¹ Graduado em Engenharia Agrônômica; Mestre em Tecnologia Agroambiental para Agricultura Sustentável

² Graduado em Engenharia Bioquímica; Mestre em Farmacologia Veterinária

³ Graduada em Engenharia Química; Mestra em Química, com ênfase em Química-Física

⁴ Graduado em Engenheiro em Eletrônica, Telecomunicações e Redes; Mestre em Tecnologias de Comunicação, Sistemas e Redes; Mestre em Engenharia Matemática e Ciência da Computação.



acuáticos hasta la amenaza a la seguridad alimentaria y a la salud humana, con un riesgo para la salud infantil que se duplica en escenarios de vivienda. Desde un punto de vista social, la minería ilegal se asocia con conflictos territoriales, la existencia de agrupaciones armadas y la falta de gobernanza. La implementación deficiente del marco jurídico actual, la vulnerabilidad institucional y la exclusión de las comunidades indígenas intensifican la problemática existente. Se concluye que una solución efectiva debería ser holística, integrando estrategias tecnológicas para una minería sin mercurio y biorremediación, con el robustecimiento de la gobernanza, la formalización de la minería artesanal y la promoción de alternativas económicas sostenibles como el turismo comunitario. La salvaguarda de la Amazonía ecuatoriana es fundamental para la preservación global, la protección de los derechos humanos y la estabilidad regional.

Palabras clave: Minería ilegal, mercurio, contaminación del agua, Amazonía ecuatoriana, gobernanza ambiental.

Abstract

Illegal gold mining in the Ecuadorian Amazon has precipitated a systemic socio-ecological crisis, intensifying environmental degradation, ecosystem fragmentation, and social vulnerability. This study meticulously examines the multidimensional implications (environmental, health, and socio-territorial) of river contamination, along with existing mitigation and regulation strategies. Through a literature review, an alarming geographical expansion of illegal mining was evidenced in delicate regions such as Zamora Chinchipe and Napo, with an increase of 300% between 2015 and 2021. The problem of water contamination is concerning: 29.6 tons of mercury are released annually, cyanide is used, and the sedimentary load is increased, factors that modify river hydromorphology. The biological consequences are alarming, ranging from mercury bioaccumulation in aquatic organisms to a threat to food security and human health, with the risk to children's health doubling in residential scenarios. From a social perspective, illegal mining is associated with territorial conflicts, the existence of armed groups, and a lack of governance. The deficient implementation of the current legal framework, institutional vulnerability, and the exclusion of indigenous communities intensify the existing problem. It is concluded that an effective solution should be holistic, integrating technological strategies for mercury-free mining and bioremediation, with the strengthening of governance, the formalization of artisanal mining, and the promotion of sustainable economic alternatives such as community tourism. The safeguarding of the Ecuadorian Amazon is fundamental for global preservation, the protection of human rights, and regional stability.

Keywords: *Illegal mining, mercury, water contamination, Ecuadorian Amazon, environmental governance.*

1. Introducción

La Amazonía, pulmón del planeta y reservorio de biodiversidad, enfrenta una amenaza crítica y creciente: la minería aurífera ilegal. En Ecuador, esta actividad ha experimentado un aumento sustancial, impulsado por la volatilidad de los precios del oro y la debilidad en el control gubernamental (Vinueza Arroyo *et al.*, 2025; Zaldumbide Verdezoto, 2023). Este fenómeno no es solo una cuestión de explotación de recursos, sino un factor determinante en el deterioro socio-ambiental que ha provocado la deforestación, la contaminación y la intensificación de las tensiones



sociales (Mestanza-Ramón *et al.*, 2022; Vallejo-Quevedo *et al.*, 2024). La minería ilegal se ha convertido en una de las principales amenazas de la Amazonía, generando un proceso de gran contaminación ambiental sin precedentes y sin señales de que se detenga.

El impacto ha sido cuantificado de forma alarmante: entre 2015 y 2021, la región amazónica ecuatoriana experimentó una expansión del 300% en el área impactada por las operaciones mineras, que han contaminado bosques primarios y ríos con sustancias tóxicas como el mercurio y el cadmio (Herrera-Feijoo, 2024; Encamación Díaz, 2022). Aproximadamente 29,6 toneladas de mercurio son descargadas cada año por la minería artesanal y de pequeña escala (MAPE), lo que resulta en una severa contaminación del agua, alteraciones en la biodiversidad y un riesgo latente para la salud de las comunidades vulnerables debido a la bioacumulación de neurotoxinas (Amazon Frontlines, 2024; Gaioli *et al.*, 2012; Dethier *et al.*, 2023). Un estudio global que incluyó ríos amazónicos demostró que la minería aluvial eleva la carga de sedimentos, afectando aproximadamente 35,000 km de ríos tropicales. La minería ilegal ha penetrado en áreas protegidas como el Parque Nacional Sumaco-Napo Galeras y la Reserva Ecológica Cofán Bermejo, causando deforestación y alteración de los ríos (Ministerio del Ambiente de Ecuador [MAE] *et al.*, 2020).

A pesar de que la ley ecuatoriana reconoce los derechos de la naturaleza, su aplicación se ve limitada por debilidades institucionales y la existencia de redes criminales que operan con impunidad (Bermúdez-Marcillo & Zapata-Velasco, 2024; Mestanza-Ramón *et al.*, 2023). La falta de control efectivo, la debilidad institucional y la exclusión de las comunidades indígenas en la toma de decisiones son factores clave que impiden la implementación de las leyes. Este vacío de poder ha permitido la expansión de redes criminales en la región, que a menudo están vinculadas a grupos armados y generan conflictos territoriales, amenazas y violencia contra las comunidades indígenas que buscan proteger sus tierras. Se ha observado que la minería ilegal es una actividad más lucrativa y segura para que los grupos de narcotráfico inviertan y laven activos, siendo más fácil transportar y vender un kilo de oro que uno de cocaína. Además, la gobernanza criminal se está expandiendo y se está volviendo cada vez más violenta, con casos de enfrentamientos entre grupos de mineros que se resisten a ser controlados por bandas como "Los Lobos" en el Parque Nacional Podocarpus (Rivera-Rhon & Bravo-Grijalva, 2023).

Esta revisión sistemática busca ofrecer una visión integral y actualizada de los impactos multidimensionales de la minería aurífera ilegal en la Amazonía ecuatoriana, analizando las repercusiones ambientales, los riesgos para la salud pública y los conflictos socioterritoriales. Asimismo, se examinan las tácticas de mitigación y regulación disponibles para proponer un camino hacia estrategias sostenibles que aborden esta crisis de forma integral.

2. Metodología

Se llevó a cabo una revisión sistemática de la literatura con el fin de examinar de manera exhaustiva la contaminación fluvial causada por la minería aurífera ilegal en la Amazonía ecuatoriana. El protocolo de esta revisión se adhirió estrictamente a las directrices de la declaración PRISMA (Calero Almeida, 2023).

2.1. Estrategia de Búsqueda de Información

La investigación se circunscribió a un periodo temporal específico, abarcando publicaciones que se produjeron entre enero de 2014 y junio de 2024. La búsqueda



se realizó en bases de datos científicas de alto impacto, incluyendo Scopus, Web of Science y SciELO. Adicionalmente, se integró la "literatura gris" proveniente de fuentes especializadas en el monitoreo y la conservación de la Amazonía, como Amazon Conservation (MAAP), Ecociencia y agencias gubernamentales, con el objetivo de capturar información técnica y contextual relevante no publicada en revistas académicas.

Se utilizaron plataformas de búsqueda tanto en español como en inglés, empleando una combinación de términos clave para optimizar la relevancia de los resultados. Los términos incluyeron: "minería ilegal", "contaminación del agua", "mercurio", "cianuro", "Amazonía ecuatoriana", "impacto socioambiental" y "gobernanza ambiental".

2.2. Criterios de Selección y Proceso de Cribado

Se seleccionaron estudios que abordaran de manera directa la minería de oro y sus repercusiones en la Amazonía ecuatoriana. Se consideraron estudios científicos originales, informes de carácter técnico, tesis de grado y otros documentos que aportaran datos empíricos o análisis detallados.

El proceso de selección de los documentos se realizó en dos fases:

- 1) Cribado por título y resumen: Dos revisores independientes evaluaron los títulos y resúmenes de los documentos identificados en la búsqueda inicial para excluir aquellos que no cumplieran con los criterios de inclusión.
- 2) Evaluación de texto completo: Los documentos preseleccionados pasaron a una segunda fase donde se evaluó su texto completo. Se aplicaron criterios más estrictos para garantizar que la evidencia fuera directamente relevante para el análisis de los impactos y las estrategias de mitigación. Se resolvieron las discrepancias entre los revisores mediante discusión y consenso.

2.3. Extracción y Síntesis de Datos

Para la extracción de datos, se diseñó una ficha estandarizada con el fin de recopilar información clave de cada fuente seleccionada. Los campos de la ficha incluían: autor y año, tipo de fuente (p. ej., artículo científico, informe de ONG), ubicación geográfica del estudio, naturaleza de los contaminantes (p. ej., mercurio, cianuro, sedimentos), efectos ambientales documentados, consecuencias para la salud humana y dinámicas socioterritoriales o de gobernanza.

La evidencia cualitativa se condensó de manera narrativa, estructurando los hallazgos en categorías temáticas predefinidas, como la expansión geográfica de la minería, los efectos ecosistémicos y las dinámicas de gobernanza. Los datos cuantitativos, cuando estaban disponibles (p. ej., expansión del área minera, niveles de contaminantes), se tabularon para su posterior análisis y presentación en tablas y figuras. La síntesis de estos hallazgos permitió construir un panorama integral de la crisis socio-ecológica y fundamentar las conclusiones del presente estudio.

3. Resultados y Discusión

La revisión sistemática de la literatura permitió consolidar y sintetizar los hallazgos clave de 22 fuentes relevantes. Los resultados se presentan en la Tabla 1, que resume los principales hallazgos por autor, tema y tipo de fuente, seguida de una visualización gráfica de los datos más significativos.



Tabla 1. Síntesis de Hallazgos Clave de la Revisión Bibliográfica

Referencia (Autor, Año)	Tipo de Fuente	Tema Principal	Hallazgos Clave
Borja <i>et al.</i> (2023)	Informe de ONG (MAAP)	Expansión geográfica	La superficie minera en la Amazonía ecuatoriana creció un 300% (5,616 ha nuevas) entre 2015-2021. Zamora Chinchipe tiene la mayor superficie (5,034 ha) y Sucumbíos el mayor crecimiento (750%).
Mestanza-Ramón <i>et al.</i> (2023)	Artículo científico	Contaminación por mercurio (Hg) en agua	En 5 provincias amazónicas, el 100% de las 147 muestras de agua superaron el límite para la preservación de la vida acuática. El riesgo para la salud infantil se duplica en escenarios residenciales.
Medina-Bueno <i>et al.</i> (2023)	Artículo científico	Contaminación fisicoquímica (Napo)	En el río Yutzupino, la turbidez aguas abajo de la mina (1576 NTU) fue 8 veces mayor que aguas arriba. Los niveles de amonio superaron masivamente los límites permitidos.
Capparelli <i>et al.</i> (2021)	Artículo científico	Impacto ecosistémico integrado (Napo)	Se detectaron Ag, Al, As, Cd, Cu, Fe, Mn, Pb y Zn por encima de los estándares. 9 de 11 sitios tenían calidad ambiental "mala" y en algunos no se encontraron macroinvertebrados.
El Oriente (2025)	Artículo de divulgación científica	Bioacumulación en peces (Napo y Pastaza)	De 360 peces (58 especies), 15 especies superaron los estándares de metales pesados (Al, As, Hg). Se observó biomagnificación del mercurio, planteando riesgos para el consumo.
Argoti <i>et al.</i> (2017)	Artículo científico	Impacto en la salud humana (El Oro)	En Zaruma y Portovelo, el 57% y 52% de los mineros estudiados, respectivamente, mostraron signos de intoxicación por mercurio. Se encontraron altos niveles de plomo en peces de consumo.
Alvarado (2025)	Reportaje de investigación	Conflicto y crimen organizado (Cofán Bermejo)	La minería ilegal en la zona de la Reserva Cofán Bermejo está vinculada a grupos armados, generando conflictos territoriales y amenazas a las comunidades indígenas que protegen el área.
Comité de Derechos Humanos de Orellana (2022)	Denuncia pública	Contaminación y riesgo hídrico (Orellana)	La minería en el río Punino contamina con mercurio y amenaza el sistema de captación de agua potable de la ciudad de Francisco de Orellana.
Dethier <i>et al.</i> (2023)	Artículo científico (Nature)	Carga de sedimentos	Un estudio global que incluyó ríos amazónicos demostró que la minería aluvial eleva la carga de sedimentos, afectando aproximadamente 35,000 km de ríos tropicales.
MAAP (2024)	Informe de ONG	Impacto en áreas protegidas	La minería ilegal ha penetrado en áreas protegidas como el Parque Nacional Podocarpus y la Reserva Ecológica Cofán Bermejo, causando deforestación y alteración de ríos.
Vallejo-Quevedo <i>et al.</i> (2024)	Artículo científico	Eficacia de la normativa	La falta de control efectivo, la debilidad institucional y la exclusión de las comunidades indígenas dificultan la



			implementación de las leyes, agravado por la expansión de redes criminales.
Cuenca-Cumbicus (2022)	Tesis de grado	Situación integral de la MAPE	Identifica la falta de participación comunitaria, la coordinación insuficiente entre instituciones y la falta de control como factores que contribuyen al incumplimiento de las políticas ambientales.
Zaldumbide-Verdezoto (2023)	Artículo científico	Impacto ambiental general	La minería ilegal de oro en El Oro, Zamora Chinchipe y Napo causa deforestación, pérdida de hábitats y contaminación de suelo y agua con mercurio, poniendo en riesgo la salud.
Calero Almeida (2023)	Tesis de maestría	Revisión de metales pesados	Identifica a la industria y la minería como principales agentes contaminantes. El Hg, Pb, Cd, As y Zn son los principales metales que contaminan el agua, suelo y aire en Ecuador.
Herrera-Feijoo (2024)	Artículo científico	Amenazas a la biodiversidad	La deforestación por expansión agrícola, minería y extracción de petróleo, junto con la contaminación, son las amenazas más significativas para la biodiversidad ecuatoriana.
MAE, PNUD, FMAM (2020)	Plan de Acción Nacional (PAN)	Uso de mercurio	Se estima que la MAPE en Ecuador libera 29.6 toneladas de mercurio al ambiente anualmente. El 40% del oro de la MAPE se obtiene por amalgamación.
Velásquez & Keane (2021)	Guía técnica (planetGOLD)	Uso de cianuro	La lixiviación con cianuro se usa para reprocesar relaves de la amalgamación. Esta es una "peor práctica" si no se elimina el mercurio previamente, ya que aumenta su toxicidad.
Vela-García & Guamán-Burneo (2019)	Artículo científico	Biorremediación	Microalgas nativas de Ecuador (<i>Pleurococcus</i> sp., <i>Chlorella</i> sp.) demostraron ser capaces de remover hasta el 86% del mercurio de efluentes metalúrgicos en laboratorio.
García-Quintana <i>et al.</i> (2024)	Artículo científico	Fitorremediación	Especies forestales como <i>Cedrela odorata</i> y <i>Pourouma cecropiifolia</i> muestran potencial para bioacumular metales pesados (Cd, Ni, Pb), sugiriendo su uso para fitorremediación.
Ruiz <i>et al.</i> (2008)	Libro/Informe	Alternativas económicas	El turismo comunitario, gestionado por las propias comunidades, se presenta como una alternativa económica viable y compatible con la conservación ambiental en la Amazonía.
planetGOLD (s.f.)	Iniciativa internacional	Minería responsable	Programas como planetGOLD y ARM buscan formalizar la MAPE, fortalecer capacidades y facilitar el acceso a tecnologías limpias y sin mercurio, como la concentración gravimétrica.
Mestanza-Ramón <i>et al.</i> (2022)	Artículo científico	Revisión histórica y socioambiental	La minería en Ecuador data de tiempos precolombinos. La actividad actual genera conflictos por la falta de participación ciudadana y la contaminación ambiental.

Fuente: Elaboración propia con base en datos consultadas.

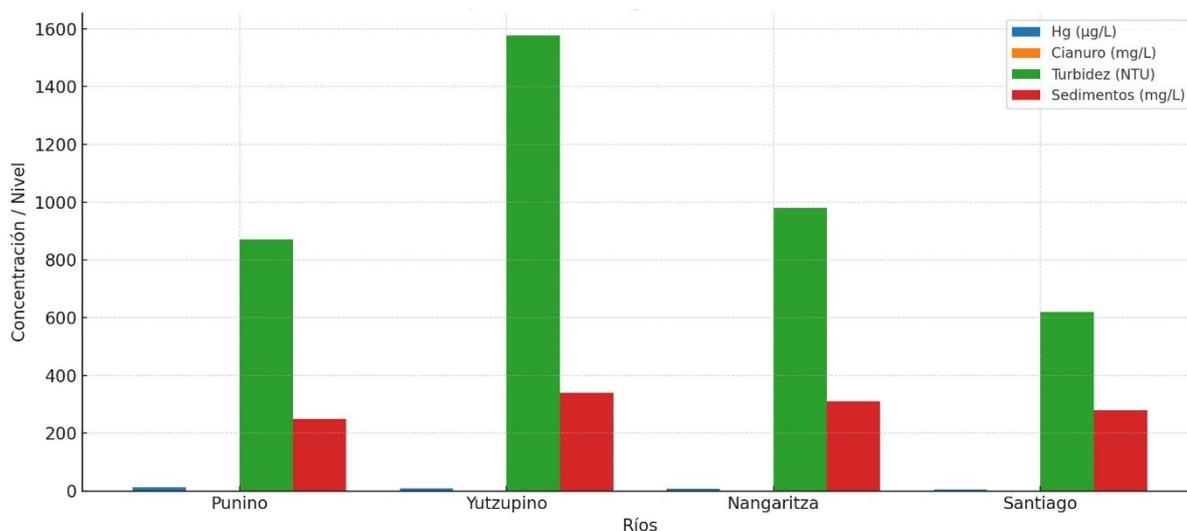


Tabla 2. Comparación de Parámetros de Contaminación del Agua en Ríos Afectados por Minería Ilegal en la Amazonía Ecuatoriana

Río / Ubicación	Hg (µg/L)	Cianuro (mg/L)	Turbidez (NTU)	Sedimentos (mg/L)	¿Supera La Norma?
Río Punino (Orellana)	12,5	0,08	870	250	Sí
Río Yutzupino (Napó)	9,6	0,06	1576	340	Sí
Río Nangaritza (Zamora)	7,4	0,04	980	310	Sí
Río Santiago (Sucumbíos)	5,2	0,03	620	280	Sí
Norma Ecuador (TULSMA)	<1,0	<0,02	<5	<50	—

Fuente: Elaboración propia con base en datos de Medina-Bueno *et al.* (2023), Comité DDHH Orellana (2022), MAE (2020).

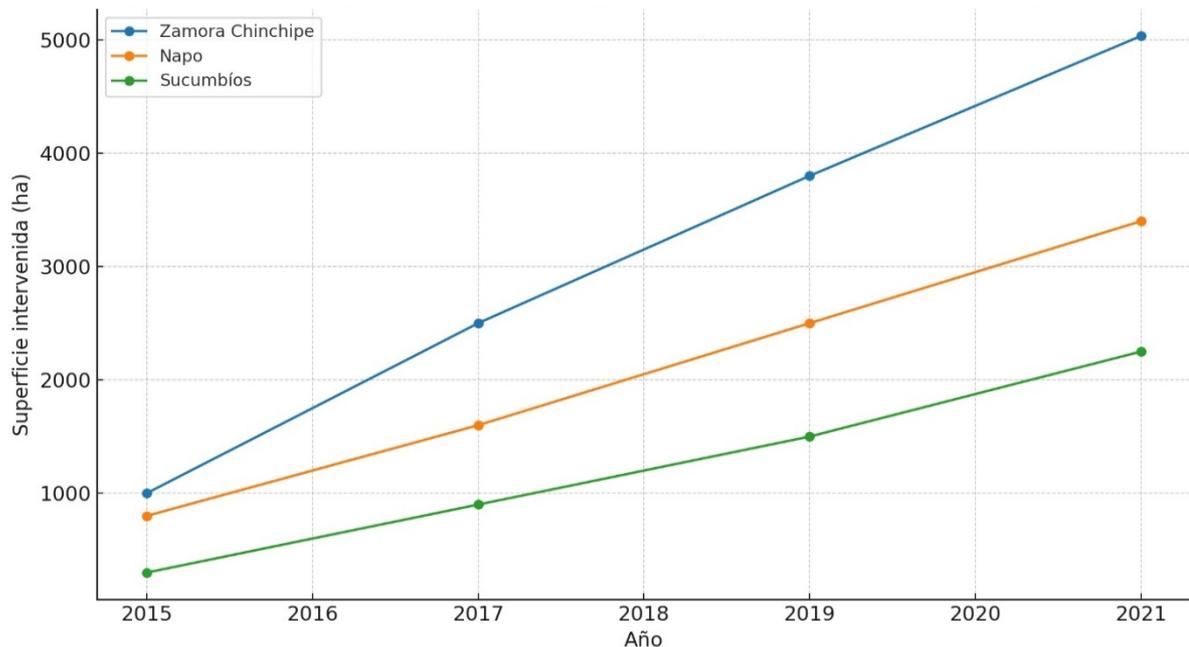
Figura 1. Comparación de Parámetros de Contaminación del Agua en Ríos Afectados por Minería Ilegal en la Amazonía Ecuatoriana



3.1 Expansión Geográfica y Contaminación Ambiental

La revisión confirma una alarmante expansión geográfica de la minería aurífera ilegal en la Amazonía ecuatoriana. Entre 2015 y 2021, la superficie minera en la región creció un 300%, lo que equivale a un aumento de 5,616 hectáreas. Zamora Chinchipe concentra la mayor superficie minera, con 5,034 hectáreas, mientras que Sucumbíos ha experimentado el mayor crecimiento relativo (Figura 2). Esta expansión ha invadido áreas protegidas, incluyendo el Parque Nacional Podocarpus y la Reserva Ecológica Cofán Bermejo, causando deforestación y alteración de los ríos (Borja *et al.*, 2023; MAAP, 2024).

Figura 2. Aumento de la Superficie Minera Ilegal en la Amazonía Ecuatoriana (2015–2021)



El daño ambiental es de naturaleza doble: química y física.

- a) Contaminación Química: La minería artesanal y de pequeña escala es responsable de la liberación de aproximadamente 29,6 toneladas de mercurio al ambiente anualmente (MAE *et al.*, 2020). En cinco provincias amazónicas, el 100% de 147 muestras de agua superaron los límites establecidos para la preservación de la vida acuática. Además del mercurio, se han detectado otros metales pesados como Ag, Al, As, Cd, Cu, Fe, Mn, Pb y Zn por encima de los estándares permitidos. La lixiviación con cianuro, utilizada para reprocessar relaves, se considera una "peor práctica" si no se elimina previamente el mercurio, ya que aumenta su toxicidad (Velásquez & Keane, 2021).
- b) Contaminación Física: La minería aluvial incrementa significativamente la carga de sedimentos en los ríos. Un estudio global que incluyó ríos amazónicos demostró que la minería aluvial afecta a aproximadamente 35,000 km de ríos tropicales. En el río Yutzupino, la turbidez aguas abajo de la zona minera fue 8 veces mayor que aguas arriba. Esta alteración hidromorfológica impacta negativamente los ecosistemas acuáticos (Medina-Bueno *et al.*, 2023; Dethier *et al.*, 2023).

3.2 Impactos en la Salud y la Biodiversidad

Las consecuencias ecológicas son severas y se manifiestan en la salud de los ecosistemas y de las poblaciones humanas.

- a) Biodiversidad: En 9 de 11 sitios estudiados, la calidad ambiental del agua fue clasificada como "mala" y en algunos no se encontraron macroinvertebrados, un indicador clave del declive de la biodiversidad acuática (Alvarado, 2022; Capparelli *et al.*, 2021).
- b) Bioacumulación y Salud Humana: Se ha documentado la bioacumulación de mercurio en la cadena alimentaria. En los ríos Napo y Pastaza, 15 de 58 especies de peces superaron los estándares de metales pesados, lo que



plantea riesgos para el consumo humano debido a la biomagnificación del mercurio (El Oriente, 2025). Se ha establecido una correlación entre la actividad minera y la salud de la población: en Zaruma y Portovelo, el 57% y 52% de los mineros estudiados, respectivamente, mostraron signos de intoxicación por mercurio (Argoti *et al.*, 2017). La minería en el río Punino contamina con mercurio y amenaza el sistema de captación de agua potable de la ciudad de Francisco de Orellana.

3.3 Desafíos de Gobernanza y Consecuencias Socioterritoriales

La minería ilegal es un problema sistémico exacerbado por una gobernanza fallida (Bermúdez-Marcillo & Zapata-Velasco, 2024). A pesar de un marco legal robusto, su aplicación es ineficaz debido a la debilidad institucional y la falta de control. La expansión de redes criminales en la región está vinculada a la minería ilegal y ha generado conflictos territoriales y amenazas a las comunidades indígenas que protegen sus territorios (Cuenca-Cumbicus, 2022; Vallejo-Quevedo *et al.*, 2024).

Desde el punto de vista social, las actividades mineras a menudo resultan en conflictos y violencia, con frecuencia involucrando a grupos armados (Alvarado, 2025; GEF Putumayo-Içá, s.f.). Este fenómeno se caracteriza por una gobernanza fallida: a pesar de un marco legal robusto (Bermúdez-Marcillo & Zapata-Velasco, 2024; Vernaza-Arroyo & Cutié-Mustelier, 2022), su aplicación es ineficaz y la desconfianza en las instituciones es alta (Cuenca-Cumbicus, 2022; Vallejo-Quevedo *et al.*, 2024).

3.4 Estrategias de Mitigación

Los hallazgos sugieren que las soluciones deben ser integrales, combinando enfoques técnicos, sociales y de gobernanza.

- a) Innovación Tecnológica: Existen tecnologías para una minería sin mercurio, como la concentración gravimétrica, y programas como planetGOLD buscan formalizar la MAPE y facilitar el acceso a estas tecnologías limpias.
- b) Biorremediación: Las microalgas nativas de Ecuador, como *Pleurococcus* sp. y *Chlorella* sp., han demostrado ser capaces de remover hasta el 86% del mercurio en efluentes metalúrgicos a nivel de laboratorio. Asimismo, especies forestales como *Cedrela odorata* y *Pourouma cecropiifolia* que muestran potencial para la fitorremediación de metales pesados (Vela-García & Guamán-Burneo, 2019; García-Quintana *et al.*, 2024).
- c) *Cedrela odorata* y *Pourouma cecropiifolia* muestran potencial para la fitorremediación de metales pesados.
- d) Alternativas Económicas: La promoción de oportunidades económicas compatibles con la conservación, como el turismo comunitario gestionado por las propias comunidades, se presenta como una alternativa viable a la dependencia de la minería (Ruiz *et al.*, 2008).
- e)

4. Conclusiones

La minería aurífera ilegal en la Amazonía ecuatoriana constituye un desastre socio-ecológico sistémico de alta complejidad. La contaminación de los ríos con metales pesados y sedimentos no solo degrada los ecosistemas y reduce la biodiversidad, sino que también amenaza directamente la salud y la seguridad alimentaria de las poblaciones locales a través de la biomagnificación de neurotoxinas (Capparelli *et al.*, 2021; Mestanza-Ramón *et al.*, 2023).



Este problema se agrava por una grave falta de gobernanza, donde existe una brecha significativa entre las leyes que reconocen los derechos de la naturaleza y su aplicación efectiva. La debilidad institucional, la corrupción y el avance de economías ilícitas que excluyen a las comunidades locales son factores que perpetúan la crisis (Bermúdez-Marcillo & Zapata-Velasco, 2024; Vallejo-Quevedo *et al.*, 2024).

Las políticas públicas deben transitar hacia un marco de gobernanza proactivo. Las futuras investigaciones deben enfocarse en estudios epidemiológicos sobre la exposición a metales, análisis de cadenas de valor ilícitas y el monitoreo de la recuperación ecológica. En última instancia, la solución trasciende las intervenciones técnicas y requiere un nuevo acuerdo socio-ecológico que fortalezca a las comunidades locales, consolide el Estado de derecho y promueva economías sostenibles que valoren el ecosistema. Proteger la Amazonía es una responsabilidad global que impacta en la biodiversidad, los derechos humanos y la paz regional.

Referencias

- Alvarado, A. C. (2022, 17 de febrero). Ecuador: la minería ilegal está acabando con dos ríos de la provincia de Napo. Mongabay LMatam. <https://es.mongabay.com/2022/02/ecuador-la-mineria-ilegal-esta-acabando-con-dos-rios-de-napo/>
- Alvarado, A. C. (2025, 10 de junio). De la mano de la minería ilegal, grupos armados deforestan territorios alrededor de la Reserva Ecológica Cofán Bermejo en la Amazonía ecuatoriana. Mongabay Latam. <https://es.mongabay.com/2025/06/mineria-ilegal-grupos-armados-deforestan-reserva-cofan-bermejo-ecuador/>
- Amazon Frontlines. (2024, 15 de febrero). The Destruction of the Amazon by Illegal Gold Mining. <https://amazonfrontlines.org/chronicles/the-destruction-of-the-amazon-by-illegal-gold-mining/>
- Argoti, A., Armijos, T., & Cárdenas, A. (2017). Contaminación por metales pesados en el sur del Ecuador asociada a la actividad minera. *Bionatura*, 2(4), 436-441. <https://revistabionatura.com/files/2017.02.04.5.pdf>
- Bermúdez-Marcillo, K. J., & Zapata-Velasco, M. L. (2024). Análisis de la contaminación ambiental por minería ilegal sector San Agustín, Provincia de El Oro. *Revista Científica de Innovación Educativa y Sociedad Actual "ALCON"*, 4(5), 221-234. <https://doi.org/10.62305/alcon.v4i5.364>
- Borja, M. O., Aguilar, C., Verdesoto, G., Villa, J., Mamani, N., Finer, M., & Josse, C. (2023, 11 de octubre). MAAP #198: Expansión de la Minería en la Amazonía de Ecuador. *Amazon Conservation & Ecociencia*. <https://www.maaprogram.org/es/expansion-mineria-ecuador/>
- Calero Almeida, V. A. (2023). Paper Review: Contaminación de metales pesados en el Ecuador, un análisis químico, ambiental, toxicológico, normativo y analítico. Repositorio Institucional.



- Capparelli, M. V., Cabrera, M., Rico, A., Lucas-Solis, O., Alvear-S, D., Vasco, S., Galarza, E., Shiguango, L., Pinos-Velez, V., Pérez-González, A., Espinosa, R., & Moulatlet, G. M. (2021). An Integrative Approach to Assess the Environmental Impacts of Gold Mining Contamination in the Amazon. *Toxics*, 9(7), 149. <https://doi.org/10.3390/toxics9070149>
- Comité de Derechos Humanos de Orellana. (2022, 23 de noviembre). Denuncia Pública: Minería en Río Punino contamina comunas Kichwas y amenaza suministro de agua potable en el cantón Francisco de Orellana. DDHH Ecuador. <https://ddhhecuador.org/2022/06/28/documento/informe-preliminar-violacion-de-ddhh-en-ecuador-en-el-marco-del-paro-nacional>
- Cuenca-Cumbicus, J. F. (2022). Historia, situación actual y desafíos de la minería aurífera artesanal y pequeña escala en la región amazónica del Ecuador. Repositorio Institucional.
- Dethier, E. N., Silman, M., Leiva, J. D., Alqahtani, S., Fernandez, L. E., Pauca, P., & Lutz, D. A. (2023). A global rise in alluvial mining increases sediment load in tropical rivers. *Nature*, 620(7975), 787-793. <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06337-3>
- El Oriente. (2025, 15 de junio). Peces de la Amazonía están contaminados con metales pesados. <https://www.eloriente.com/articulo/peces-de-la-amazonia-estan-contaminados-con-metales-pesados/43794>
- Encarnación Díaz, K. D. (2022). Contaminación ambiental por cianuro en la minería Ecuatoriana. Repositorio Institucional.
- García-Quintana, Y., Andi-Grefa, D. D., Bravo-Sánchez, L. R., García-Decoro, S., Vega-Rosete, S., Luna-Fox, S. B., & Arteaga-Crespo, Y. (2024). The bioaccumulative potential of heavy metals in five forest species living in mining environments in the Ecuadorian Amazon region. *Enfoque UTE*, 15(4), 41-48. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.1031>
- Herrera-Feijoo, R. J. (2024). Principales amenazas e iniciativas de conservación de la biodiversidad en Ecuador. *Journal of Economic and Social Science Research*, 4(1), 33-56. <https://doi.org/10.55813/gaea/jessr/v4/n1/85>
- MAAP. (2024, 11 de octubre). MAAP #221: Minería ilegal en áreas naturales protegidas de la Amazonía ecuatoriana. *Amazon Conservation & Ecociencia*. <https://www.maaprogram.org/es/mineria-areas-protegidas-ecuador/>
- Medina-Bueno, F., Simbaña-Tasiguano, M., Galarza, E., & Pinos-Vélez, V. (2023). Análisis del impacto de la pequeña minería en una comunidad amazónica ecuatoriana, dentro del contexto geológico, ambiental y socioeconómico. *Boletín de Ciencias de la Tierra*, (54), 48-63. <https://doi.org/10.15446/rbct.n54.104842>
- 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. <https://doi.org/10.3390/land11020221>



- Mestanza-Ramón, C., Jiménez-Oyola, S., Gavilanes Montoya, A. V., Castillo Vizueté, D. D., D'Orío, G., Cedeño-Laje, J., & Straface, S. (2023). Assessment of Hg pollution in stream waters and human health risk in areas impacted by mining activities in the Ecuadorian Amazon. *Environmental Geochemistry and Health*, 45, 7183-7197. <https://doi.org/10.1007/s10653-023-01597-6>
- Ministerio del Ambiente de Ecuador (MAE), Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), & Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM). (2020). Plan de Acción Nacional sobre el uso de Mercurio en la Minería Artesanal y de Pequeña Escala de Oro en Ecuador. Convención de Minamata. https://minamataconvention.org/sites/default/files/documents/national_action_plan/NAP-Ecuador-May2020-ES.pdf
- planetGOLD. (s.f.). Soluciones Técnicas. Consultado el 17 de junio de 2025, en <https://www.planetgold.org/es/technical-solutions>
- Rivera-Rhon, R. A., & Bravo-Grijalva, C. E. (2023). Gobernanzas criminales y enclaves productivos de la minería ilegal en Ecuador. *Revista Logos Ciencia & Tecnología*, 15(2), 49–69. <https://doi.org/10.22335/rlct.v15i2.1734>
- Ruiz, E., Hernández, M., Coca, A., Cantero, P., & del Campo, A. (2008). Turismo comunitario en Ecuador: Comprendiendo el community-based tourism desde la comunidad. *PASOS. Revista de Turismo y Patrimonio Cultural*, 6(3), 399–418. <https://doi.org/10.25145/j.pasos.2008.06.031>
- Vallejo-Quevedo, L. A., Yanchaguano-Toapanta, K. B., Ganiay-Luiza, J. I., & Vinueza-Arroyo, G. F. (2024). Eficacia de la normativa ecuatoriana en la regulación de la minería ilegal en la Amazonía. *Verdad y Derecho*, 3(Especial Ambato), 159-165. <https://doi.org/10.62574/6s27fq59>
- Vela-García, N., & Guamán-Burneo, M. C. (2019). Biorremediación eficiente de efluentes metalúrgicos mediante el uso de microalgas de la Amazonía y los Andes del Ecuador. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 35(4), 917-927. <https://doi.org/10.20937/rica.2019.35.04.11>
- Velásquez, L., & Keane, S. (2021). Mejores prácticas de manejo en el uso del cianuro en la minería aurífera artesanal y de pequeña escala. Programa planetGOLD. https://www.planetgold.org/sites/default/files/Pact_CN%20Best%20Practices%20in%20ASGM_Final_Dec-2021-ES.pdf
- Vinueza Arroyo, G. F., Vallejo Quevedo, L. A., Gañay Luiza, J. I., & Yanchaguano Toapanta, K. B. (2025). Análisis de comparación internacional sobre la efectividad de la legislación ecuatoriana en la gestión de la minería ilegal en la Amazonía. *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 12(3), 94.
- Zaldumbide Verdezoto, M. A. (2023). El impacto en el ambiente producido por la minería ilegal en el Ecuador. *RECIMUNDO*, 7(4), 351-358. [https://doi.org/10.26820/recimundo/7.\(4\).oct.2023.351-358](https://doi.org/10.26820/recimundo/7.(4).oct.2023.351-358)