UEA Ambiental
PrePrint UEA

Sección Ambiental
Vol. AMB2324. ep28–177

| Recibido: 15/03/2024 |
| Aceptado: 15/04/2024 |
| Publicado: 22/10/2026 |

Propuesta para la prevención y mitigación del impacto de la actividad minera en Yutzupino

Proposal for the prevention and mitigation of the environmental impacts of mining activities in Yutzupino

Marcelino Dixon Grefa Rivadeneyra[1], Santiago Nicolás Aguiar Novillo[1]

https://doi.org/10.59410/PREPRINT-UEA-vAMB2324ep28-177 Crossref

Resumen

Este trabajo se desarrolló para la actividad minera en Yutzupino, provincia Napo, Ecuador. El objetivo fue plantear una propuesta de mitigación de impactos ambientales de la actividad minera en Yutzupino. Este tipo de investigación se basó en enfoque mixto de cuantitativo y cualitativo. En la metodología se utilizó el libro Estándar Methosds las cuales se consideraron Bouyoucos, electrométrico pH-metro, laboratorio (2510 B), calcinación método de Kjeldahl y del agua son los siguientes: Nefelométrico(2130B), Electrométrico(4500-H+B) y método BOD. La zona de estudio presenta los análisis del suelo y agua mediante métodos utilizados en laboratorio los valores obtenidos indican que los suelos tienen el 12,5% y el 25% de contenido de materia seca moderado, por lo tanto, los suelos del sector son suelos francos arenosos, que son ligeros y permeables más pobres en nutrientes y más propensos a la sequía y los suelos francos arcillosos tienen más arcilla que los francos, por ende, son pesados y compactos, pero también más rico en nutrientes. Mientras que el agua indica los valores del pH tienen de 7,63 a 7,72 es decir que está cerca del rango neutro (7), indicando que el agua no es demasiado ácida ni alcalina y la temperatura alrededor de 22,2°C a 22,4°C, es favorable para la mayoría de los procesos biológicos del agua, los datos de DBO son de 7,7 a 8,8 mg/L lo que muestra una mejor contaminación orgánica. La minería ilegal en corto período de tiempo invadió los caudales de los ríos de Yutzupino y Jatunyacu por la explotación de minerales (Oro). El propósito de la propuesta pretende implementar con la tecnología de remediación ambiental que es la fitorremediación es una alternativa biotecnológica para ayudar a recuperar los contaminantes presentes en el suelo.

Palabras clave

impactos ambientales, métodos, minería, materia seca, fitorremediación.

Abstract

This work was developed for the mining activity in Yutzupino, Napo province, Ecuador. The objective was to propose a proposal to mitigate the environmental impacts of mining activity in Yutzupino. This type of research was based on a mixed quantitative and qualitative approach. In the methodology, the book of Standard Methods was used, which were considered Bouyoucos, pH-electrometric meter, laboratory (2510 B), Kjeldahl calcination method and water are the following: Nephelometric (2130B), Electrometric (4500-H+ B) and BOD method. The study area features soil and water analysis using methods used in the laboratory. The values obtained indicate that the soils have 12.5% and 25% moderate dry matter content, therefore, the soils in the sector are soils. sandy loam soils, which are light and permeable, poorer in nutrients and more prone to drought, and clay loam soils have more clay than loams, therefore, they are heavy and compact, but also richer in nutrients. While the water indicates that the pH values are 7.63 to 7.72, that is, it is close to the neutral range (7), indicating that the water is not too acidic or alkaline and the temperature is around 22.2°C. at 22.4°C, it is favorable for most biological processes in water, the BOD data is 7.7 to 8.8 mg/L, which shows better organic contamination. Illegal mining in a short time invaded the flows of the Yutzupino and Jatunyacu rivers due to the exploitation of minerals (Gold). The objective of the proposal is to implement environmental remediation technology, which is phytoremediation, a biotechnological alternative to help recover contaminants present in the soil.

Keywords

environmental impacts, methods, mining, dry material, phytoremediation.

Direcciones [1]Universidad Estatal Amazónica. Pastaza, Ecuador. Email: md.grefar@uea.edu.ec, saguiar@uea.edu.ec,

Autor para la correspondencia Marcelino Dixon Grefa Rivadeneyra. Universidad Estatal Amazónica. Pastaza, Ecuador. Email: md.grefar@uea.edu.ec

Cómo citar GREFA RIVADENEYRA, Marcelino Dixon, AGUIAR NOVILLO, Santiago Nicolás and , 2026. Propuesta para la prevención y mitigación del impacto de la actividad minera en Yutzupino. PrePrint UEA. Vol. AMB2324. p. ep28–177. https://doi.org/10.59410/PREPRINT-UEA-vAMB2324ep28-177

Editores Académicos Mario Javier Barrera Castro

Editorial Editorial de la Universidad Estatal Amazónica 2026

Copyright Derechos de autor 2026 | PrePrint UEA.
Esta obra está bajo una licencia internacional Creative Commons Atribución 4.0.
Los autores del artículo autorizan a la RACYT a que este artículo sea compartido bajo las condiciones de la Licencia Creative Commons 4.0 (CC-BY 4.0).

1. Introducción

La minería ilegal en Ecuador ha sido un problema creciente durante los últimos cinco años, durante el 2023 la minería rompió un récord al alcanzar los $3,324 millones, según informó la Cámara de Minería de Ecuador (CME). Estos datos fueron proporcionados por el Ministerio de Energía y Minas. El crecimiento de las exportaciones mineras en 2023 superó en más del 19% las cifras del 2022(Oriente 2023). En Napo, una de las seis provincias amazónicas del Ecuador, el 19.6% del territorio está cubierto por territorios indígenas, principalmente de la nacionalidad Kichwa. Además, las áreas naturales protegidas abarcan el 53.7% de la provincia, la provincia de Napo se ha registrado uno de los casos más preocupantes de minería ilegal, con graves impactos ambientales en los ríos locales. Durante el período comprendido

entre octubre de 2021 y enero de 2022, aproximadamente con 70 hectáreas del brazo izquierdo del río Jatunyacu fueron invadidas por actividades mineras ilegales.

Gracias a operativos liderados por el Ministerio de Gobierno y el Ministerio de Defensa, estas operaciones fueron detenidas en febrero de 2022. Sin embargo, a pesar de estas acciones, la situación continúa generando inquietud en la zona, (Alvarado, 2022).

Según el Proyecto Monitoreo de la Amazonía Andina (MAAP #184) en la comunidad de Yutzupino durante un plazo de siete años entre el 2015 al 2021 las áreas afectadas por la minería se incrementó un total de 855 hectáreas, además de ello el 17 % que representa 145 hectáreas fueron detectadas que no se encontraban legalmente destinadas a la minería, (Amazónica 2023). Esta provincia es rica en oro aluvial, lo que ha sido objeto de la codicia de los mineros ilegales, quienes de esta manera han secado las fuentes hídricas y causado daños irreparables (Alvarado, 2022).

Impactos Ambientales en el medio físico la minería puede alterar la calidad del aire y paisaje por el cual causa ruidos que ahuyentan a la fauna silvestre, así mismo dentro del suelo la minería y la disposición inadecuada de residuos pueden alterar la calidad y estructura del suelo, en agua la minería causa contaminación con metales pesados (Comercio, 2022). Medio Biótico en la flora causa la deforestación y en la fauna terrestre provoca la urbanización, la caza no regulada y el tráfico de especies silvestres que pueden fragmentar el hábitat y amenazar a las especies en peligro de extinción (Abbas, 2018). Medio social la minería puede desplazar las comunidades y cambiar la estructura demográfica, la economía local puede volverse dependiente de la minería y llevar a la desigualdad económica y el patrimonio cultural puede afectar a los sitios culturales y cambiar la forma de vida de las comunidades generando impactos de exploración y excavación en áreas históricos tanto como la construcción de infraestructura de minería cerca de sitios culturales (Cardona, 2022).

Según el (Constitución de la República del Ecuador, 2008) citado por (Granja Alexis & Yepez Zambrano, 2023). El texto de la constitución nacional ecuatoriana se deriva de tratados y acuerdos. Acuerdos internacionales ratificados por el Ecuador; que a su vez conforman el espacio físico, Los pueblos y pueblos aborígenes desarrollan su propia vida cultural y por tanto como parte del derecho a una buena vida, es importante garantizar un medio ambiente saludable. Ante esta situación, la activación de los artículos 417 y 425 de la Constitución implementó lo siguiente: El inciso 4 del artículo 7, y el Convenio No. 169 El artículo 29 establece: .Artículo 29. Los pueblos aborígenes tienen derecho a preservar y proteger el medio ambiente, capacidad de producción y recursos de sus países o territorios" (ONU Unidos, 1989, pág. 114).

La minería ilegal es una de las actividades más devastadoras para el medio ambiente y la sociedad en muchas regiones del mundo, y la provincia de Napo ubicada en la región Amazónica no es la excepción. La explotación no regulada de cursos minerales como el oro y otros metales preciosos ha generado consecuencias desastrosas para esta zona, afectando no solo a la biodiversidad y los ecosistemas locales, sino también a la salud y el bienestar de las comunidades que allí residen. El impacto social en la comunidad como desplazamiento gubernamental, leyes y normas (Alberto and Jaramillo 2023). En este contexto se planteó una propuesta de mitigación de impactos ambientales de la actividad minera en Yutzupino. La minería es una actividad fundamental para la extracción de recursos naturales como minerales, metales y otros materiales que son esenciales para la economía global. Sin embargo, esta actividad también conlleva una serie de efectos negativos para el medio ambiente y las comunidades locales, tales como la contaminación por mercurio, diésel y gasolina. (Ricardo Zambrano 2022). Uno de los principales conflictos ocurridos en la Provincia de Napo, fue el primer caso con la instalación de 3000 mineros artesanales en la comunidad de Yutzupino (IWGIA, 2023). En el estudio realizado hasta diciembre del 2022 según el MAAP #151 demuestra la situación que enfrenta Yutzupino, en el cual reporta el incremento de minería en un 78,6 % para inicios del 2022, en donde se documentó un incremento de minería en un total de 70 hectáreas desde octubre del 2021 a enero del 2022. El 99 % de superficie alterada por la minería se enfoca principalmente por la concesión minera Confluencia bajo el cargo de la empresa ecuatoriana TerraEarth Resources (Conservación Amazónica 2022).

La minería puede tener una serie de efectos adversos en el medio ambiente, incluyendo la degradación del suelo, la contaminación del agua y del aire, la pérdida de biodiversidad y la generación de residuos tóxicos. Estos efectos negativos conllevan consecuencias a corto y largo plazo (Carlos Valdivia 2022).

1.1. Ley de minería

La Ley de Minería fue promulgada en el Registro Oficial Suplemento No. 517 el 29 de enero de 2009. Esta ley establece los principios y directrices generales para la actividad minera en el país. Según la Constitución de la República del Ecuador, los recursos naturales no renovables son de propiedad inalienable, imprescriptible e inembargable del Estado. Esto incluye los yacimientos minerales y de hidrocarburos. (Gutiérrez, 2015).

1.2. Reglamento de seguridad y salud en el trabajo en el ámbito minero

Este reglamento garantiza condiciones seguras y saludables en todos los espacios de trabajo en las áreas mineras del país. En respuesta a esta crisis, es imperativo buscar soluciones integrales y sostenibles que protejan el medio ambiente, promuevan la salud y el bienestar de las comunidades locales y respeten los derechos de los pueblos indígenas, en consonancia con la Constitución de la República del Ecuador y los estándares internacionales de derechos humanos y ambientales. Es en este contexto que surge la necesidad de desarrollar una propuesta efectiva para la prevención y mitigación del impacto de la actividad minera en Yutzupino. Esta investigación se propone abordar este desafío, analizando los efectos negativos de la minería ilegal, evaluando el marco legal y proponiendo medidas prácticas y sostenibles para proteger el medio ambiente y las comunidades locales."(Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables 2022).

2. Materiales y métodos/Metodología

2.1. Ubicación

La mina de Yutzupino se encuentra ubicado en la parroquia Puerto Napo, Cantón Tena, provincia de Napo, con una extensión de 25 ha. Está formada una isla al margen derecho del río Jatunyacu, a una distancia de 5,1/2 km desde la ciudad de Tena a la mina.(Cardona 2022) **(Figura 1)**.



Figura 1 | Ubicación. Tomada de (Google Earth, 2024)

2.2. Tipo y Método de investigación

El enfoque de investigación es mixto, combinando elementos cuantitativos y cualitativos. Se empleó el análisis de datos numéricos para estudiar muestras de suelo y agua, mientras que el enfoque cualitativo incluyó una revisión exhaustiva de la literatura, artículos, documentos y recursos en línea como Google Académico y Scielo Scopus.

2.3. Análisis de la situación actual

Se llevó a cabo un inventario de minas donde se determinó un análisis de la situación actual en la mina de Yutzupino ya que se encontraron áreas afectadas y los impactos que fueron observados, así mismo aquellas actividades que son generados. Se realizó una breve investigación sobre la evaluación de riesgos y clasificación de los Pasivos Ambientales Mineros (PAM). (Ana Cristina 2022)

Revisión de Leyes y Regulaciones: Se examinaron las leyes y regulaciones relacionadas con la minería en Ecuador para identificar lagunas y deficiencias.

Muestreo de Agua y Suelo

Métodos para Análisis de Suelo

Según el método de Bouyoucos, consiste en preparar una solución en blanco en cual se añade 100 ml de la solución de hexametafosfato de sodio, los valores de calibración se usan para corregir los valores obtenidos, en primer lugar, las muestras recolectadas y secadas se pesan 40 gramos, ubicándolos en un frasco de vidrio, la metodología se utilizó para determinar la textura del suelo. Una vez realizado este paso se utilizó un electrométrico de pH metro (2510 B), con el dato obtenido se aplica la fórmula de lectura corregida LC=L_real- L_(H_2 O) ∓, Corrección por temperatura de textura para sacar el tipo de suelo a través del triángulo textural, (Diaonia 2023).

Según el método de calcinación se procedió a pesar 5 gramos en los crisoles después dentro de la estufa a una temperatura de 105 °C u durante 2 horas en la mufla a 360 °C, la muestra fue enfriada en el desecador y pesadas para la determinación de materia orgánica en el suelo, está metodología se utilizó para observar los cambios de estados de la materia orgánica, se calculó la diferencia de peso por la siguiente ecuación % MO = ((peso 105°C – peso 360 °C) *100) / peso 105 °C, (Soriano, 2018).

Según el método de Kjeldahl, se utilizó para determinar el contenido de nitrógeno orgánico e inorgánico en el suelo, para digerir a las muestras se aplicó el ácido sulfúrico (H2SO4) y luego medir el volumen de ácido o base necesario para neutralizar el nitrógeno amoniacal (NH4+) que se forma, La normalidad que se uso fue de 0.0191384 para la titulación de la muestra se calculó el porcentaje del nitrógeno con la siguiente fórmula , con el fin de saber qué tan productivo es el suelo, (Jimenez 2021).

Métodos para Análisis de Agua

En el método nefelométrico, se utilizó para determinar la calidad del agua, según este método se procedió a medir la turbidez del agua analizando así la claridad del agua , en el proceso de calibración se ajustó a la lecturas en Unidades de NTU según el estándar de turbidez , lo que proporciona una lectura directa, (Dueñas, 2018).

Se utilizó el método electrométrico SM 4500-H+ B Ed. 23, se limpió el electrodo con agua destilada y se calibró el pH-metro utilizando las soluciones buffer ajustando el pH metro según las lecturas de las soluciones buffer, (IDEAM, 2020).

Se utilizó el método respirométrico 5210 D de HACH, es ampliamente utilizado para medir la DBO, donde se midió la cantidad de oxígeno consumido por microorganismos presentes en una muestra de agua durante su degradación biológica, se lo realiza dejando en las botellas a una temperatura de 20°C en el cual se procedió a medir la concentración inicial de las botellas, después de un periodo de incubación de 5 días se procede a medir nuevamente el oxígeno disuelto en las botellas para lo cual se utiliza una fórmula “DBO = (OD inicial - OD final) × factor de dilución” y de esta manera sacar la Demanda Bioquímica del Oxígeno (IDEAM, 2020).

2.4. Evaluación de impactos ambientales

Para la evaluación de impactos ambientales se utilizó la matriz de Leopold que mediante un proceso estructurado y riguroso permitió identificar, evaluar y gestionar los impactos ambientales de manera integral y sistemática en proyectos o actividades que podrían afectar al medio ambiente de un proyecto de desarrollo, tantos como los costos y beneficios ecológicos, también conocida como matriz de impacto-acción. Además, la matriz de Leopold se valora en distintos aspectos relacionados en un proyecto o acción determinada, tales como la calidad del aire, el agua, el suelo, la flora y la fauna, tanto como los factores socioeconómicos y culturales. A través de esta matriz se analiza la relación de causa y efecto entre acciones que son implementadas en la ejecución del proyecto (Pierre, 2022).

En la **Tabla 1**, Los parámetros de la matriz de Leopold nos permiten evaluar y comparar los efectos ambientales

de diferentes acciones en un proyecto. Es una herramienta fundamental para tomar decisiones informadas y diseñar medidas de mitigación adecuadas.

Tabla 1 | Criterios para evaluar los impactos. Tomada de (Boris Tito, 2020)

Impactos Positivos					
MAGNITUD			IMPORTANCIA		
Intensidad	**Afectación**	**Calificación**	**Duración**	**Influencia**	**Calificación**
Baja	Baja	1	Temporal	Puntual	1
Baja	Media	2	Media	Puntual	2
Baja	Alta	3	Permanente	Puntual	3
Media	Baja	4	Temporal	Local	4
Media	Media	5	Media	Local	5
Media	Alta	6	Permanente	Local	6
Alta	Baja	7	Temporal	Regional	7
Alta	Media	8	Media	Regional	8
Alta	Alta	9	Permanente	Regional	9
Muy Alta	Alta	10	Permanente	Nacional	10
Impactos negativos					
MAGNITUD			IMPORTANCIA		
Intensidad	**Afectación**	**Calificación**	**Duración**	**Influencia**	**Calificación**
Baja	Baja	-1	Temporal	Puntual	1
Baja	Media	-2	Media	Puntual	2
Baja	Alta	-3	Permanente	Puntual	3
Media	Baja	-4	Temporal	Local	4
Media	Media	-5	Media	Local	5
Media	Alta	-6	Permanente	Local	6
Alta	Baja	-7	Temporal	Regional	7
Alta	Media	-8	Media	Regional	8
Alta	Alta	-9	Permanente	Regional	9
Muy Alta	Alta	-10	Permanente	Nacional	10

Nota: Basado a los criterios de la matriz de Leopold se toman decisiones para generar una propuesta para la prevención y mitigación de impactos ambientales basadas en los resultados obtenidos sean positivas o negativas según el grado de afectación.

3. Resultados y discusión

3.1. Análisis de la situación actual

En la **Tabla 2**, se observa el estado de cada concesión y se determina cómo cada uno obtiene sus recursos y que minerales extrae del suelo de manera más clara y concisa.

Tabla 2 | Minas activas y suspendidas en Yutzupino

Nombre	Estado	Actividad	Fuente
Huambuno 2	Activa	Extracción del oro aluvial	(Villacís S, Aguilar C, Finer M, 2022)
Huambuno 3	Activa	Extracción Aurífera	(Villacís S, Aguilar C, Finer M, 2022)
Yutzupino	Suspendida	Extracción de minerales (Oro)	(El comercio, 2022b)
Terraearth Resources	Suspendida	Extracción de Oro. Descargas directas sin tratamiento previo.	(Basantes, 2020)

Se evaluaron las áreas afectadas por la minería ilegal, identificando las zonas más críticas y los impactos observados. En Yutzupino, la minería ilegal ha dejado una huella significativa en el entorno natural y en la vida de las comunidades locales. A continuación, se presentan los hallazgos clave sobre las áreas afectadas y los impactos observados:

3.2. Zonas críticas afectadas por la minería ilegal

Ríos Jatunyacu y Yutzupino: Estas vías fluviales han sufrido una contaminación severa debido a la descarga de sustancias químicas tóxicas utilizadas en la minería. Los sedimentos y residuos mineros también han alterado la calidad del agua en los primeros años de extracción del oro, en la situación actual después de más de un año de haber sido suspendida la concesión minería en Yutzupino el agua ha ido mejorando por la circulación presente en los dos ríos. Desde octubre de 2021, la extracción ilegal de oro ha establecido en estos ríos Jatunyacu y Yutzupino, la minería ilegal ha causado la deforestación de 70 hectáreas en la ribera del río Jatunyacu, en el año 2022 ya fueron 125 hectáreas expandidas por la minería (Mongabay, 2022).

Áreas Forestales Adyacentes: La minería ilegal ha resultado en la deforestación de zonas boscosas cercanas a los yacimientos minerales. La pérdida de hábitats naturales afecta a la fauna y flora terrestre.

3.3. Impactos observados

En la **Tabla 3**, La tabla presenta una síntesis de los impactos ambientales asociados con la minería ilegal. Cada impacto se describe brevemente, destacando sus consecuencias negativas en el entorno natural y la salud humana.

Tabla 3 | Impactos observados en los suelos

Impacto Ambiental	Descripción
Deforestación y pérdida de biodiversidad	La minería ilegal conlleva la destrucción de áreas forestales, lo que afecta negativamente la diversidad de especies y los ecosistemas locales Entre octubre de 2021 y febrero de 2022 el daño alcanzó 61 hectáreas (Cardona 2022).
Erosión y degradación del suelo	La extracción no regulada de minerales provoca erosión del suelo y su degradación, Erosión y degradación del suelo: La minería ilegal ha provocado la apertura de cráteres y la acumulación de material extraído en montículos altos, lo que amenaza con derrumbes y afecta gravemente la estructura del suelo(Cardona 2022).
Contaminación del aire por el uso de maquinaria rústica	Según la investigación no se encontraron cifras específicas sobre la contaminación del aire, pero existe presencia de 100 retroexcavadoras y unas 2000 personas removiendo el suelo del río Yutzupino sugiere un impacto significativo en la calidad del aire debido a las emisiones de estas maquinarias (Cardona 2022).

La minería ilegal es una actividad que ha generado preocupación debido a sus consecuencias negativas en el medio ambiente y las comunidades locales, según (Carlos Valdivia 2022), menciona que todos estos procesos alteran a la estructura del suelo.

3.4. Actividades generadoras

Extracción de Minerales: La explotación de minerales como el oro, la plata y el cobre ha dejado cicatrices en el paisaje.

Uso de Sustancias Químicas: El uso de mercurio y cianuro en la minería contamina el suelo y los cuerpos de agua.

Falta de Regulación: La falta de regulación efectiva ha permitido la proliferación de operaciones mineras ilegales. Es crucial abordar estos problemas de manera integral, considerando tanto los aspectos ambientales como los sociales. La implementación de políticas adecuadas, la educación ambiental y la participación de las comunidades son pasos esenciales para mitigar los impactos negativos de la minería en Yutzupino.

3.5. Evaluación de riesgos y clasificación de PAM.

La minería en Ecuador está regulada por varias normativas que abordan aspectos como la explotación de recursos naturales no renovables, la protección ambiental y la seguridad en el trabajo.

3.6. Pasivos Ambientales Mineros

La minería ilegal ha tenido un impacto devastador en la provincia de Napo, Ecuador, especialmente en la zona de Yutzupino. Entre octubre de 2021 y febrero de 2022, la minería invadió rápidamente los ríos Yutzupino y Jatunyacu, causando un gran desastre ambiental. El área afectada en el río Yutzupino pasó de menos de una hectárea a 61 hectáreas en poco tiempo (Cardona, 2022.El turismo también se ha visto afectado, ya que la minería ilegal no solo dañó el paisaje, sino que también las tierras de cultivo y fuentes de ingresos relacionadas con el ecoturismo (Mongabay, 2022).

En la **Tabla 4**, se expone los Pasivos ambientales mineros presentes dentro de Yutzupino según su tipo de aspecto.

Tabla 4 | Pasivos Ambientales Mineros. Adaptada de (Wilmer Torres, 2024)

Aspectos	Pasivos Ambientales Mineros (PAM)
Área Afectada	Entre 40 y 70 ha son destruidas por mineros ilegales en las riberas del río Jatunyacu.
Contaminantes	Se usaron metales pesados como el mercurio, en las actividades mineras.
Remediación	La remediación ambiental podría tomar entre uno y dos años
Riesgos	Se evaluarán los riesgos asociados a los PAM.

3.7. Clasificación pasivos ambientales mineros (PAM)

Son los impactos negativos que deja la actividad minera en el medio ambiente, la salud y la economía de las comunidades afectadas. Los PAM se pueden clasificar según diferentes criterios, como el tipo de minería, el tipo de residuo, el grado de riesgo o el potencial de reaprovechamiento (Fredy Guzmán Martínez, 2020).

En la **Tabla 5**, se procedió a clasificar de acuerdo los criterios de los pasivos ambientales generando una breve descripción de cada uno de ellos.

Tabla 5 | Clasificación de PAM

Criterio de clasificación	Descripción
Tipo de Minería	Los PAM se originan por la minería aluvial en Yutzupino. En este tipo de minería se utiliza maquinaria pesada para extraer oro y otros minerales de los ríos. La actividad genera gran cantidad de sedimentos que alteran el cauce y la calidad del agua, afectando la biodiversidad y las actividades agrícolas y turísticas en la zona.
Tipo de residuos	Los PAM están compuestos principalmente de relaves que son desechos sólidos que quedan después de separar el mineral del material estéril, estos contienen sustancias químicas y metales pesados pueden lixiviarse y contaminar el suelo y agua por otro lado también generan gases tóxicos como el ácido sulfhídrico que afectan la salud humana y animales. (Fredy Guzmán Martínez, 2020).
Grado de riesgo	La evaluación de grado de riesgo se realiza mediante una matriz que considera la severidad del impacto y probabilidad de ocurrencia de eventos que pueden agravar la situación. Se determina la prioridad y urgencia de la remediación. (Gálvez, 2015).
Potencial de Reaprovechamiento	Algunos PAM pueden contener minerales de interés que pueden extraer mediante técnicas de reprocesamiento. Además, pueden servir como materiales de construcción o relleno. Es importante analizar su potencial para determinar si es posible recuperar algún valor económico o ambiental de ellos. (Gálvez, 2015).

Desarrollo de estrategias: Se propusieron medidas específicas para prevenir y mitigar el impacto de la minería ilegal. En Yutzupino, provincia de Napo, Ecuador, se han implementado diversas estrategias para prevenir y mitigar el impacto de la minería ilegal. A continuación, se presentan algunas de estas medidas:

Operativos de Control y Contención: La Policía Nacional y las Fuerzas Armadas han llevado a cabo operativos en la comunidad de Yutzupino para combatir la minería ilegal. Estos operativos incluyen la identificación y desalojo de personas involucradas en actividades mineras ilícitas. Se han intervenido más de 60 máquinas utilizadas por los mineros ilegales, y se están realizando verificaciones para determinar su legalidad (Gobierno, 2022)

Procesos Administrativos: El Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica ha iniciado procesos administrativos por infracciones muy graves contra personas extranjeras que fueron encontradas realizando actividades mineras sin licencia en Yutzupino según él (Ministerio del Ambiente, 2020).

Reparación Ambiental: Debido al riesgo ambiental causado por la minería ilegal en Yutzupino, se estima que tomará al menos dos años para reparar el daño ambiental. Desde octubre de 2021, aproximadamente 700 mineros ilegales estaban extrayendo oro en plena selva amazónica. Las autoridades han intervenido y desalojado a los mineros, pero la recuperación del entorno natural llevará tiempo. (Primicias, 2022).

3.8. Análisis de suelo

3.8.1. Determinación de métodos de muestreo de análisis del suelo en laboratorio

En este estudio, se analizaron los datos obtenidos del suelo en ocho puntos de muestreo (M1 a M8). Cada punto representa una ubicación específica en el área de estudio. El porcentaje de materia seca del suelo depende del contenido de humedad del suelo, que a su vez depende de la precipitación, la evaporación, la transpiración y el drenaje. Los valores obtenidos indican que los suelos tienen un contenido de materia seca moderado, que varía entre el 12,5% y el 25%. Los valores de% Arena,% Arcilla y% Limo indican la proporción de cada uno de estos componentes en el suelo, que se definen según el tamaño de las partículas que los forman.

3.8.2. Materia Orgánica (MO)

Los valores de MO varían entre 0% y 0.8%. El punto M1 muestra una ausencia completa de materia orgánica, mientras que M3 tiene el contenido más alto. Los suelos con MO entre 0% y 0.8% pueden considerarse bajos en contenido orgánico. La ausencia de MO en M1 podría indicar un suelo degradado o erosionado, mientras que M3, con el contenido más alto, se acerca más a lo esperado en suelos no contaminados (Arévalo, Sánchez-Amaya, and Guillen-Marquina 2022).

En la **Tabla 6**, se puede apreciar los resultados obtenidos del laboratorio de las muestras del suelo y para comprender las características del suelo y su idoneidad para diferentes usos agrícolas o ambientales.

Tabla 6 | Análisis de Laboratorio

Código de muestreo	Parámetro (físico o químico)	Valor	Unidad
M1	Materia Orgánica (Fisicoquímico)	0	%
	Conductividad eléctrica (Físico) Nitrógeno	193,2 0.0160763	uS/cm %
	pH (Químico)	7,9	pH
	Textura (Físico)	Franco arenoso	Clase textural
	Fósforo (Químico)	0,24	ppm
M2	Materia Orgánica (Fisicoquímico)	0,6	%
	Conductividad eléctrica (Físico) Nitrógeno	76 0.0053588	uS/cm %
	pH (Químico)	8,3	pH
	Textura (Físico)	Franco arenoso	Clase textural
	Fósforo (Químico)	0,28	ppm
M3	Materia Orgánica (Fisicoquímico)	0,8	%
	Conductividad eléctrica (Físico) Nitrógeno	171,2 0.0013397	uS/cm %
	pH (Químico)	9	pH
	Textura (Físico)	Franco arcilloso	Clase textural
	Fósforo (Químico)	0,38	ppm
M4	Materia Orgánica (Fisicoquímico)	0	%
	Conductividad eléctrica (Físico) Nitrógeno	314,2 0.0013397	uS/cm %
	pH (Químico)	7,7	pH
	Textura (Físico)	Franco arenoso	Clase textural
	Fósforo (Químico)	0,31	ppm
M5	Materia Orgánica (Fisicoquímico)	0,4	%
	Conductividad eléctrica (Físico) Nitrógeno	549,4 0.0013397	uS/cm %
	pH (Químico)	4	pH
	Textura (Físico)	Franco arenoso	Clase textural
	Fósforo (Químico)	0,87	ppm
M6	Materia Orgánica (Fisicoquímico)	0,4	%
	Conductividad eléctrica (Físico) Nitrógeno	268,3 0.0013397	uS/cm %
	pH (Químico)	4,6	pH
	Textura (Físico)	Franco arenoso	Clase textural
	Fósforo (Químico)	0,45	ppm
M7	Materia Orgánica (Fisicoquímico)	0,4	%
	Conductividad eléctrica (Físico) Nitrógeno	329,7 0.0026794	uS/cm %
	pH (Químico)	7,3	pH
	Textura (Físico)	Franco arcilloso	Clase textural
	Fósforo (Químico)	0,27	ppm
M8	Materia Orgánica (Fisicoquímico)	0,6	%
	Conductividad eléctrica (Físico) Nitrógeno	127,2 00013397	uS/cm %

3.8.3. Conductividad Eléctrica (CE)

La CE oscila entre 76 uS/cm (M2) y 549.4 uS/cm (M5). Los valores más altos indican una mayor concentración de sales disueltas. La CE en el rango de 76 uS/cm a 549.4 uS/cm muestra variabilidad. Valores superiores a 400 uS/cm pueden indicar salinidad problemática, afectando la estructura y fertilidad del suelo (Geofísica 2023).

3.8.4. pH

Los valores de pH varían desde 4 (M5) hasta 9 (M3). M5 muestra un pH ácido, mientras que M3 es alcalino. Un pH de 4 es extremadamente ácido y puede indicar contaminación por acidificación, mientras que un pH de 9 es alcalino y puede ser natural dependiendo de la geología del área 456. Los suelos con pH extremos pueden tener una disponibilidad de nutrientes alterada y afectar la vida microbiana (FAO 2023).

3.8.5. Textura del Suelo

Todos los puntos tienen una textura franco-arenosa o franco arcilloso. La textura franco-arenosa o franco arcillosa es típica de suelos con buena estructura y capacidad para retener agua y nutrientes, lo cual es positivo para la calidad del suelo (University 2023).

3.8.6. Fósforo (P)

Los niveles de fósforo varían entre 0.24 ppm (M1) y 0.87 ppm (M5). Los niveles de fósforo entre 0.24 ppm y 0.87 ppm están dentro de un rango normal para suelos no contaminados. Sin embargo, niveles superiores a 50 ppm pueden ser indicativos de contaminación por uso excesivo de fertilizantes (Leonardita 2023).

3.9. Determinación de muestreo del Nitrógeno en el suelo realizado en el laboratorio

Porcentaje de Nitrógeno (Nt (H2SO4) 0.0191384)

Nota: Muestra 1 Tiene un contenido de nitrógeno del 0.0160763%. Aunque no es muy alto, sugiere la presencia de materia orgánica, lo que podría indicar una muestra relativamente rica. Muestra 2: Su contenido de nitrógeno es 0.0053588%, que es más bajo que el de la primera muestra. Esto podría indicar una menor cantidad de materia orgánica. Muestras 3 a 6: Todas tienen valores de nitrógeno muy bajos, alrededor de 0.0013397%. Esto sugiere que estas muestras son pobres en materia orgánica. Muestra 7: Tiene un contenido de nitrógeno del 0.0026794%, ligeramente superior al de las muestras 3 a 6. Aunque sigue siendo bajo, podría indicar una mayor presencia de materia orgánica en comparación con esas muestras. Muestra 8: El valor de nitrógeno es igual al de las muestras 3 a 6 (0.0013397%), lo que sugiere que también es pobre en materia orgánica (Jarquín-Sánchez et al. 2019).

3.9.1. Análisis de agua

En este estudio, se analizaron los datos obtenidos del suelo en tres puntos de muestreo (M1 a M3). Cada punto representa una ubicación específica en el área de estudio. Dentro de este análisis no se realizó pruebas de metales pesados en el suelo, según el estudio técnico del Ministerio del ambiente, se reveló que en el año 2022 existió una elevada concentración de metales pesados entre ellos aluminio, cadmio, plomo, zinc, arsénico y en las riberas del río Jatunyacu se encontró mercurio, (Wilmer Torres, 2024).

En la **Tabla 7**, se observa los análisis de las tres muestras de agua en diferentes parámetros.

Tabla 7 | Análisis del laboratorio

Código de muestreo	Parámetro (físico o químico)	Valor	Unidad
M1	Sólidos Totales (Físico)	328	mg/L
	Sólidos Disueltos Totales (Físico)	327	mg/L
	Sólidos Sedimentables (Físico)	0,1	mL/L
	Potencial de Oxidación-Reducción ORP. (Físico)	331,1	mV
	Turbidez (Físico)	7,71	NTU
	Conductividad eléctrica (Físico)	843,35	uS/cm
	Temperatura (Físico)	22,2	ºC
	Oxígeno Disuelto (Físico)	7,77 98,33	mg/L %
	pH (Químico)	7,72	pH
	Demanda Bioquímica de Oxígeno-5 días (Químico)	8,7	mg/L
M2	Sólidos Totales (Físico)	295	mg/L
	Sólidos Disueltos Totales (Físico)	315	mg/L
	Sólidos Suspendidos Totales (Físico)	9	mg/L
	Sólidos Sedimentables (Físico)	0,1	mL/L
	Potencial de Oxidación-Reducción ORP. (Físico)	319,2	mV
	Turbidez (Físico)	5,8	NTU
	Conductividad eléctrica (Físico)	811,3	uS/cm
	Temperatura (Físico)	22,4	ºC
	Oxígeno Disuelto (Físico)	7,72 95,57	mg/L %
	pH (Químico)	7,63	pH
	Demanda Bioquímica de Oxígeno-5 días (Químico)	7,7	mg/L
M3	Sólidos Totales (Físico)	152	mg/L
	Sólidos Disueltos Totales (Físico)	139,5	mg/L
	Sólidos Suspendidos Totales (Físico)	5	mg/L
	Sólidos Sedimentables (Físico)	0,1	mL/L
	Potencial de Oxidación-Reducción ORP. (Físico)	310,37	mV
	Turbidez (Físico)	5,67	NTU
	Conductividad eléctrica (Físico)	802,3	uS/cm
	Temperatura (Físico)	22,2	ºC
	Oxígeno Disuelto (Físico)	7,73 96,93	mg/L %
	pH (Químico)	7,66	pH
	Demanda Bioquímica de Oxígeno-5 días (Químico)	8,8	mg/L

3.9.2. Sólidos Totales

Los valores de sólidos totales varían entre 152 mg/L (M3) y 328 mg/L (M1). Los valores que mencionas están generalmente considerados aceptables para agua potable, ya que no superan los 1000 mg/L que algunas fuentes consideran como límite para agua de buena calidad (Aquae 2021).

3.9.3. Sólidos Disueltos Totales

La concentración de sólidos disueltos totales oscila entre 139.5 mg/L (M3) y 327 mg/L (M1). Los valores están dentro de un rango normal y no indican contaminación por sí solos. Estos sólidos están en forma de iones disueltos y afectan la calidad del agua y la disponibilidad de nutrientes.(Aquae 2021).

3.9.4. Sólidos Suspendidos Totales

Los valores de sólidos suspendidos totales varían desde 5 mg/L (M3) hasta 9.5 mg/L (M1). Los valores son bajos y sugieren que el agua no está excesivamente turbia, lo cual es positivo (WHO 2020).

3.9.5. Potencial de Oxidación-Reducción (ORP)

El ORP varía entre 310.37 mV (M3) y 331.1 mV (M1). En cuanto al Potencial de Oxidación-Reducción (ORP), un ORP positivo, indica condiciones oxidantes, que son típicas de aguas no contaminadas y con buena calidad para la vida acuática y microbiana, eso significa que no refleja contami-

nación según (Pérez, Nardini, and Galindo 2018).

3.9.6. Turbidez

La turbidez oscila entre 5.67 NTU (M3) y 7.71 NTU (M1). La turbidez en aguas naturales puede variar significativamente, pero valores inferiores a 5 NTU son generalmente considerados excelentes para el consumo humano y la vida acuática. Los valores obtenidos ligeramente están por encima de este rango, pero aun así se consideran aceptables y no indican contaminación significativa (Water, 2020) .

3.9.7. Conductividad Eléctrica (CE)

La CE varía desde 802.3 uS/cm (M3) hasta 843.35 uS/cm (M1), es un indicador de la cantidad de sales disueltas en el agua. Valores entre 800 y 1000 uS/cm son comunes en aguas naturales y no son indicativos de contaminación (Pérez, Nardini, and Galindo 2018).

3.9.8. Oxígeno Disuelto (OD)

Los niveles de OD fluctúan entre 96.93 mg/L (M3) y 98.33% (M1). Niveles superiores al 5 mg/L son necesarios para mantener la mayoría de las formas de vida acuática, y tus valores son mucho más altos, lo que indica una excelente calidad del agua en este parámetro (Water, 2020).

3.9.9. pH

Los valores de pH están en el rango de 7.63 (M2) a 7.72 (M1). Los valores de pH están dentro del rango neutro, que es el ideal para la mayoría de los usos del agua, incluyendo el consumo humano y el riego.

3.10. Evaluación de impactos generados por la actividad minera en Yutzupino

3.10.1. Matriz de Leopold

Se analizó los siguientes puntos de acuerdo al nivel de riesgo para cada componente de la tabla 8, dentro del componente suelo el clima está en un nivel moderado que requiere medidas de mitigación específica, en el caso del terreno y la erosión se encuentre en el nivel de riesgo muy Alto en donde se tiene un impacto ambiental crítico que es necesario una rehabilitación por medio de la implementación de cobertura vegetal que pueden ser de cultivos vivos o también a su vez de materia muerta, con la finalidad de mejorar la estructura del suelo e incremento de la materia orgánica y aporte de nitrógeno cuando se implementa la biomasa foliar para el suelo a mejorar, a su vez siendo una medida de mitigación del clima (Quispe, 2021), en el componente Agua, la calidad de agua se encuentra en un nivel de riesgo bajo y la contaminación está en un estado moderado, la recomendación principal del tratamiento del agua de mina contaminada es neutralizar la acidez y eliminar metales, sólidos e impurezas del agua de esta manera restablecer el nivel óptimo de pH (MSadmin 2023) , en el caso de minería ilegal se debe generar concientización en la comunidad Yutzupino sobre los impactos que generan al no existir una adecuada práctica de extracción de minerales (Marine Resource 2020),en el componente Flora, en la revegetación se analiza un riesgo Alto por el impacto generado por la deforestación a causa de la minería y en el componente Fauna el riesgo Alto es evidente en la fragmentación del hábitat (Redente Edward & Villachica Hugo 1997), mientras que en estas áreas amenazadas son bajas ya que las minas se encuentran suspendidas, por esta razón se ha establecido una propuesta de sellar estas áreas afectadas por la excavación de maquinarias pesadas en la extracción de oro, con una capa de material inerte que no sea reactivo o que a su vez no sea impermeable, neutralizando así el agua que pasa en el medio de estos suelos y Aislar las aguas de la profundidad por el método de estratificación (Marine Resource, 2020), haciendo posible la aplicación de la capa superficial de cobertura de vegetación inerte.

En la **Tabla 8**, para la matriz de Leopold se identificaron las acciones que son alteradas a los componentes y factores ambientales.

Tabla 8 | Evaluación de Impactos

			ACCIONES												
			Estudios de factibilidad		Extracción de minerales			Disposición de Residuos							
Componentes		Factores ambientales	Alteraciones al suelo y agua	Participación de la comunidad en la restauración ambiental	Alteraciones paisajísticas.	Control de erosión para proteger el	Identificar las áreas más afectadas por la minería ilegal.	Alteraciones al suelo y agua.	Expansión de asentamientos	Evaluar el cumplimiento de regulaciones y medidas de	Promedio Positivos	Promedios Negativos	Promedios Aritméticos	Impacto por subcomponente	Impacto por componente
Características Físicas y Químicas	Suelo	Forma del terreno	-9	-9	-8	-8	-8	-7	-2	-10	0	8	-212	-493	-857
			5	3	3	3	3	2	2	5					
		Climáticos			-5		5		-7	-7	1	3	-99		
					5		2		7	5					
		Erosión del suelo	-10	-8	-9	-10	-10	-9	-8	-8	0	8	-182		
			3	3	2	3	3	2	2	2					
	Agua	Calidad del agua	-6	8	-4			-8	-8	8	2	4	-46	-133	
			5	5	4			5	3	3					
		Contaminación	-8	9	-5		8	-8	-8	8	3	4	-87		
			5	2	5		3	5	5	2					
	Flora	Revegetación	-8	-9	-9	-9	-7	-8	-6		0	7	-130	-130	
			2	3	3	2	2	2	2						
	Fauna	Fragmentación del hábitat	-10	-9		-9	5	-9	-9	-10	1	6	-140	-101	
			3	2		2	2	3	3	3					
		Amenaza de áreas.	-8	9	-7	10	9	-9	-9	9	4	4	39		
			3	3	2	5	3	3	3	3					
Afectaciones		Positivas	0	3	0	1	4	0	0	3	11				
		Negativas	7	4	7	4	3	7	8	4		44			
		Aritméticas	-215	-11	-149	-40	3	-182	-199	-64			-857		

En la **Tabla 9**, Se evalúa los impactos ambientales de la matriz de Leopold por medio de unos parámetros de nivel de riesgo.

Tabla 9 | Nivel de Riesgo

Nivel de Riesgo	Rango de Promedio Aritmético	Interpretación
Muy Bajo	0 – 40	Riesgo mínimo o impacto ambiental positivo significativo.
Bajo	41 – 80	Riesgo bajo, impacto ambiental manejable con medidas de mitigación estándar.
Moderado	81 – 120	Riesgo moderado, se requieren medidas de mitigación específicas.
Alto	121 - 160	Riesgo alto, posible impacto ambiental negativo importante.
Muy Alto	161 – 200 o más	Riesgo muy alto, impacto ambiental negativo crítico.

3.10.2. Propuestas para la prevención y mitigación

En la **Tabla 10**, Se analizan algunas propuestas para cada componente por nivel de riesgos resultados de la Matriz de Leopold.

Tabla 10 | Propuestas para la prevención y mitigación por componente.

Componente	Nivel de Riesgo	Propuesta de Tecnología de Prevención/Mitigación
Suelo	Moderado	La fitorremediación es una alternativa biotecnológica para Implementar en cobertura vegetal (cultivos vivos o materia muerta) para mejorar la estructura del suelo, incrementar la materia orgánica y aportar nitrógeno. Biomasa foliar como medida de mitigación del clima (Adtecvas 2023) .
Agua	Bajo	Por el hecho de ser una mina a cielo abierto ya suspendida hace más de un año, en el cual no se realizó las pruebas de presencia de metales pesados, por ende, solo analizo que no existe mucha contaminación, gracias a que el agua se encuentra en movimiento y arrastra las sustancias.
Minería ilegal	Alto	Generar conciencia en la comunidad sobre los impactos de la extracción inadecuada de minerales.
Flora	Alto	Abordar la deforestación causada por la minería mediante la revegetación.
Fauna	Alto	Reducir la fragmentación del hábitat y considerar áreas amenazadas donde las minas están suspendidas.

El suelo presenta un riesgo moderado debido al clima, pero un riesgo muy alto de erosión, que requiere medidas de mitigación fuertes y específicas. La calidad del agua tiene un riesgo bajo, pero la contaminación es moderada, lo que indica la necesidad de sistemas de tratamiento y monitoreo. El suelo y agua enfrentan serios riesgos relacionados con la vegetación y la fragmentación del terreno, una de las estrategias como el uso de especies nativas y la creación de corredores ecológicos es necesarias para preservar la biodiversidad y minimizar los efectos ambientales.

Según los resultados de todas las muestras de suelo sus contenidos de nitrógeno total son muy bajo, lo que implica una baja fertilidad y una pobre calidad de la materia orgánica. Se recomienda aplicar fertilizantes nitrogenados para mejorar el rendimiento de los cultivos en estos suelos.

4. Conclusión

De acuerdo con la investigación realizada en la situación actual donde la mina Huambuno 2 y 3 aún sigue activa en la extracción del oro aluvial y aurífera, mientras que la mina Yutzupino está completamente suspendida, por otro lado, la mina Terraearth Resources también está suspendida debido a las mismas actividades. Por lo tanto, existen impactos de la deforestación, pérdida de biodiversidad, erosión y degradación del suelo y contaminación del aire por el uso de las maquinarias rústicas. Los ríos Jatunyacu y Yutzupino han sufrido una contaminación severa debido a la descarga de sustancias químicas tóxicas utilizadas en la minería. La calidad del agua ha mejorado en el último año debido a la suspensión de la concesión minera en Yutzupino

Para determinar el análisis de las ocho muestras del suelo se realizó por diferentes parámetros físicos-químicos, donde la materia orgánica de la muestra 1 y 3 con valores entre 0% y 0.8% puede considerase bajo contenido orgánico, porque en la M1 indica que el suelo es degradado, la conductividad eléctrica oscila entre 76 a 549,4 uS/cm por ende, es una mayor concentración de sales disueltas, así mismo el pH oscila de 4 a 9, es decir el rango de 4 es extremadamente ácido debido a la contaminación, mientras que el rango 9 es alcalino. Su textura es franco arenoso es un suelo con buena estructura y capacidad para retener agua y nutrientes.

Los valores obtenidos del agua en solidos totales se consideran aceptables para el agua potable, mientras los sólidos disueltos totales están en un rango normal, el pH se encuentra entre 7,63 a 7,72 esto indica que están dentro del rango neutro, pero se investigó que existió una elevada concentración de metales pesados en el río Yutzupino como aluminio, cadmio, plomo, zinc, arsénico y mercurio en riveras del rio Jatunyacu.

Para solucionar estos problemas de minería en Yutzupino, se pueden aplicar una serie de propuestas para mitigar o prevenir los impactos ambientales utilizando la matriz de Leopold para componentes a evaluar e implementar las formas de combatir la erosión del suelo, sistemas de tratamientos de aguas, uso de especies para la revegetación, creación de corredores para no destruir e implementar fuertes sanciones a quienes irrespeten el uso de área permitido de explotación. Según la investigación para una remediación ambiental se recomienda la fitorremediación que es una alternativa biotecnológica que puede ayudar a recuperar los suelos contaminados en la zona degradado, esta tecnología utiliza el potencial de las plantas para remover contaminantes orgánicos e inorgánicos, además la fitorremediación es un enfoque sustentable que aprovecha las propiedades de las plantas para absorber y acumular contaminantes presentes en el suelo.

Contribuciones de los autores

Marcelino Dixon Grefa Rivadeneyra: Adquisición, y análisis de los datos; redactó el manuscrito, aprobó la versión enviada y la versión sustancialmente editada

Santiago Nicolás Aguiar Novillo: Concepción del trabajo; aprobó la versión enviada y la versión sustancialmente editada

Todos los autores aporbaron la version enviada y editada.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

5. Referencias

Adtecvas. 2023. “Tecnologías Para Prevenir Y Remediar Contaminación Del Suelo.” 2023. https://ecopositivo.com/tecnologias-remediar-contaminacion-suelo-descubrelas-aqui/.

Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables. 2022. “SECTOR MINERO CUENTA CON NUEVO REGLAMENTO PARA SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO.” 1 de Diciembre. https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/sector-minero-cuenta-con-nuevo-reglamento-para-seguridad-y-salud-en-el-trabajo/

Alberto, Eduardo, Andrade Jaramillo. 2023. “Universidad Técnica Del Norte.”

Amazònica, Conservaciòn. 2023. “AVANCE DE LA ACTIVIDAD MINERA EN LA PROVINCIA DE NAPO.” 21 de Marzo. 2023. https://www.maaproject.org/2023/mineria-napo-ecuador-2/.

Ambiente, Ministerio de. 2013. “Ambientales Con La Prensa,” 8. http://www.minam.gob.pe/prensa/wp-content/uploads/sites/44/2013/12/dialogo-con-la-prensa-2_Minereia_ilegal.pdf.

Aquae, Fundación. 2021. “Calidad Del Agua.” 11 de Agosto. 2021. https://www.fundacionaquae.org/wiki/calidad-agua/.

Arévalo, Gloria Elizabeth, José Moisés Sánchez-Amaya, and Ingrid Guillen-Marquina. 2022. “Estudio Del Contenido Materia Orgánica Por Dos Métodos Analíticos En Suelos de Honduras.” Revista de Ciencias Ambientales 57 (1): 1–13. https://doi.org/10.15359/rca.57-1.11.

Berlín Valenzuela, Francisco. 2019. “Norma Judìrica.” 2019. http://sil.gobernacion.gob.mx/Glosario/definicionpop.php?ID=167#:~:text=Regladeconductadictadao,unaprescripciÃşn%2C autorización o prohibición.

Boris Tito. 2020. “Matriz de Leopold Modificada Impacto Ambiental Excel Ejemplos.” 2 de Agosto. https://ingenieriaambiental.net/matriz-de-leopold/#Matriz_de_Leopold_magnitud_e_importancia.

Cardona, Antonio José Paz. 2022. “Ecuador: La Minería Avanza Aceleradamente En La Provincia de Napo y Llega Hasta Tres de Sus Áreas Protegidas.” 30 de Agosto. 2022. https://es.mongabay.com/2022/08/mineria-avanza-aceleradamente-en-la-provincia-de-napo-en-ecuador/.

Carlos Valdivia, Chávez Luis. 2022. “Escuela de Posgrado Newman,” 1–77.

Chaer. 2020. “Mitigación de Un Impacto Ambiental.” 15 Julio. 2020. https://chaer.com.ar/mitigacion/.

Conservación Amazónica. 2022. “MAAP #151: MINERÍA ILEGAL EN LA AMAZONÍA ECUATORIANA.” 6 de Febrero. 2022. https://www.maaproject.org/2022/mineria-ecuador/.

Conú, Leidy, and Alexander. Jimenez. 2014. “Determinación de Textura Por El Metodo de Bouyoucos.” Universidad Del Cauca, 3–6.

Diaonia. 2023. “Determinacion de Textura Del Suelo Por El Metodo de Bouyoucos.” 27 de Mayo. 2023. La textura del suelo es una característica importante que afecta la capacidad del suelo para retener agua y nutrientes y sustentar las plantas.%0A El método Bouyoucos es una técnica comúnmente utilizada para determinar la textura del suelo.

Dueñas, Adriana. 2018. “Instructivo de Ensayo. Determinación de Turbiedad Por Nefelometía SM 2130B.” Ideam, 1–9.

Eurolab. 2021. “Anàlisis de Aguas Residuales.” 2021. https://www.eurolab.net/es/testler/atik-su-analizleri/iletkenlik-tayini-(sm-2510-b-yontemi)/.

Eurolab. 2023. “Determinación de Temperatura (Método SM 2550 B).” https://www.eurolab.net/es/testler/atik-su-analizleri/sicaklik-tayini-(sm-2550-b-yontemi)/.

Propiedades Químicas. 2023. “Portal de Suelos de La FAO.” 2023. https://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/clasificacion-de-suelos/sistemas-numericos/propiedades-quimicas/es/.

Geosfísica. 2023. “Guía Completa de La Conductividad Eléctrica Del Suelo.” 22 de Marzo. 2023. https://energiaeficiente.website/guia-completa-de-la-conductividad-electrica-del-suelo/.

Gobierno, Ministerio de. 2022. “Operativos Se Mantienen En Yutzupino Para Combatir La Minería Ilegal.” 14 de Febrero. 2022. https://www.ministeriodegobierno.gob.ec/operativos-yutzupino-mineria-ilegal-policia-nacional-fuerzas-armadas/.

IDEAM. 2020. “DETERMINACIÓN DE PH EN AGUA POR EL MÉTODO ELECTROMÉTRICO SM 4500 H+B.” http://sgi.ideam.gov.co/documents/412030/35488871/M-S-LC-I023+INSTRUCTIVO+DE+ENSAYO+DETERMINACIÃŞN+DE+PH+EN+AGUA+v3.pdf/32f5eed5-01bc-46e0-9c60-0d5959003fa3?version=1.0.

Izquierdo Bautista, Jaime, and John Jairo Arévalo Hernández. 2021. “Determinación Del Carbono Orgánico Por El Método Químico y Por Calcinación.” Ingeniería y Región 26: 20–28. https://doi.org/10.25054/22161325.2527.

Jarquín-Sánchez, Aaron, Sergio Salgado-García, D. Jésus Palma-López, Wilder Camacho-Chiu, and Armando Guerrero-Peña. 2019. “Análisis de Nitrógeno Total En Suelos Tropicales Por Espectroscopía de Infrarojo Cercano (NIRS) y Quimiometría.” Agrociencia 45 (6): 653–62.

Jiménez, Marlene Mamani. 2021. “Validacion Del Metodo Analitico Kjeldahl Para La Determinacion de Nitrogeno Mineral En Suelos,” 94. https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/24908/T-2776.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Jose. 2024. “Evaluación De Riesgos | Definición, Ejemplos Y 5 Pasos Clave.” 12 de Febrero. 2024. https://hseblog.es/evaluacion-de-riesgos/.

Labomersa. 2022. “Efectos de La Minería En La Calidad Del Agua y El Medio Ambiente.” 22 de Febrero. 2022. https://labomersa.com/2022/02/22/efectos-de-la-mineria-en-la-calidad-del-agua-y-el-medio-ambiente/.

Leonardita. 2023. “Fósforo y Potasio, Interpretación de Niveles Saludables.” 23 de Octubre. 2023. https://silifosca.com/agricultura/fosforo-y-potasio-interpretacion-de-niveles-saludables/.

Lozano-Rivas, William Antonio. 2018. “PH DEL SUELO. In Suelos: Guía de Prácticas Simplificadas En Campo y Laboratorio.” Suelos: Guía de Prácticas Simplificadas En Campo y Laboratorio 1: 64–66.

Marine Resource. 2020. “Cómo Deberían Actuar Las Mineras Para Disminuir La Contaminación Del Medio Ambiente?” 15 de Julio. 2020. https://mineramarineresources.com/como-deberian-actuar-las-mineras-para-disminuir-la-contaminacion-del-medio-ambiente/.

Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. 2020. “Ministerio Habilitó Los Procesos Administrativos y Sancionatorios a Nivel Nacional.” 10 de Julio. 2020. https://www.ambiente.gob.ec/ministerio-habilito-los-procesos-administrativos-y-sancionatorios-a-nivel-nacional/.

Monex. 2018. “Prevención de Riesgos Medioambientales.” https://blog.monex.com.mx/empresas/prevencion-de-riesgos-medioambientales.

Mongabay. 2022. “EnCorto: Cuatro Datos Sobre El Impacto de La Mineria Ilegal En La Provincia de Napo En Ecuador.” 16 Agosto. 2022. https://es.mongabay.com/2022/08/en-corto-cual-es-el-impacto-de-la-mineria-ilegal-en-la-provincia-de-napo-en-ecuador/.

MSadmin. 2023. “¿Cómo Evitar La Contaminación Del Agua En La Minería?” 31 de Julio. 2023. https://mineriasostenible.pe/como-evitar-contaminacion-del-agua-en-mineria/.

Oriente. 2023. “La Minería Rompió Récord de Exportaciones En 2023.” 2023. https://www.eloriente.com/articulo/la-mineria-rompio-record-de-exportaciones-en-2023/43993.

Pérez, Jhonny I., Andrea G. Nardini, and Andrés A. Galindo. 2018. “Comparative Analysis of Water Quality Indices Applied to the Ranchería River, La Guajira-Colombia.” Informacion Tecnologica 29 (3): 47–58. https://doi.org/10.4067/S0718-07642018000300047.

Quispe, Sanabria, Mendoza Dávalos, Sangay-Tucto, and Cosme de la Cruz. 2021. “Use of Cover Crops for Sustainable Soil Management Associated with Corn (Zea Mays L.) Cultivation.” Scientia Agropecuaria 12 (3): 329–36. https://doi.org/10.17268/SCI.AGROPECU.2021.036.

Redente Edward & Villachica Hugo. 1997. “Guía Ambiental Para Vegetación de Areas Disturbadas Por La Industria Minero Metalúrgica.” http://www.ingenieroambiental.com/4014/compendio-vegetacion.pdf.

Ricardo Zambrano. 2022. “Ambición Por El Oro Contaminó El Agua de Yutzupino, En Napo, Con Mercurio, Diésel y Gasolina, Según Colectivos.” 6 de Marzo. 2022. https://www.eluniverso.com/larevista/ecologia/ambicion-por-el-oro-contamino-el-agua-de-yutzupino-en-napo-con-mercurio-diesel-y-gasolina-segun-colectivos-nota/.

Responsabilidad Social Empresarial y Sustentabilidad, Editorial. 2022. “Impacto Ambiental: Qué Es, Definición, Tipos, Causas, Medición y Ejemplo.” 19 de Febrero. 2022. https://responsabilidadsocial.net/impacto-ambiental-que-es-definicion-tipos-causas-medicion-y-ejemplo/.

Soriano, María. 2018. “Conductividad Eléctrica Del Suelo.” Universidad Politécnica de Valencia 1: 1–10. https://bit.ly/3tovKmx.

Sra Ibáñes, Héctor Moreno, Ramón. 2021. “La Textura Del Suelo,” no. January 2010.

University, Pennsylvania State. 2023. “Introducción a Los Suelos: La Calidad de Los Suelos.” 6 de Junio. 2023. https://extension.psu.edu/introduccion-a-los-suelos-la-calidad-de-los-suelos.

Water, Sanitation, Hygiene and Health (WSH). 2020 . «GuíAs Para la Calidad del Agua Potable, Segunda EdiciÓN: Addendum Al Volumen 1 - Recomendaciones». https://www.who.int/es/publications/i/item/9241545143#:~{}:text=En%20este%20addendum%20del%20volumen%201%20de%20la,que%20se%20pueden%20hallar%20en%20el%20agua%20potable.

Wilmer Torres. 2024. “Por Lo Menos Dos Años Tomará Reparar El Daño Ambiental En Yutzupino.” 28 de Marzo. https://www.primicias.ec/noticias/economia/riesgo-ambiental-mineria-ilegal-yutzupino-amazonia/.