

La problemática ambiental en la economía minera: diagnóstico y perspectivas el caso de Llallagua, siglo XX y Catavi

Environmental issues in the mining economy: diagnosis and perspectives, the case of Llallagua, siglo XX and Catavi

Felicidad Bravo Zambrana*
Universidad Técnica de Oruro
Oruro - Bolivia
b.felicidad@yahoo.es
<https://orcid.org/0009-0000-1787-4837>

*Correspondencia:
b.felicidad@yahoo.es

Cómo citar este artículo:
Bravo, F. (2026). La problemática ambiental en la economía minera: diagnóstico y perspectivas el caso de Llallagua, siglo XX y Catavi. *Esprint Investigación*, 5(Esp.1), 295-310. <https://doi.org/10.61347/ei.v5iEsp.1.320>

Recibido: 2 de mayo de 2026
Aceptado: 5 de junio de 2026
Publicado: 18 de junio de 2026

Resumen: La problemática ambiental actual de Llallagua, Siglo XX y Catavi se encuentra estrechamente vinculada a la sobreexplotación del estaño, cuya extracción se ha desarrollado durante más de un siglo. Esta situación ha generado una sociedad que convive de manera cotidiana con altos niveles de contaminación ambiental, agravada por la actividad minera, la cual, si bien desempeña un papel clave en la generación de ingresos y empleo, también produce impactos negativos como la degradación del suelo, la contaminación del agua y conflictos sociales. En este contexto, la población ha normalizado la convivencia con el deterioro ambiental, evidenciando una desvalorización progresiva de las condiciones del entorno. El estudio se desarrolló bajo un enfoque metodológico mixto, de carácter transversal y diseño correlacional. Los resultados muestran que el 80% de la población carece de educación ambiental, mientras que aproximadamente el 44% manifiesta indiferencia frente a la problemática ambiental o la importancia de la educación para el equilibrio de los ecosistemas locales. Asimismo, el 41% de los encuestados señala que la población desconoce la magnitud del problema ambiental, aunque percibe fenómenos como el cambio climático. En relación con la legislación ambiental, entre el 36% y 40% considera que no existe aplicación efectiva de las normas vigentes. De igual forma, el 50% indica que las cooperativas mineras no se someten a procesos de reparación del daño ambiental, lo que evidencia debilidades en el control institucional y en la aplicación normativa. En conjunto, estos hallazgos evidencian la necesidad de fortalecer la educación ambiental, la aplicación de la legislación y los mecanismos de control, con el fin de promover condiciones de vida dignas en un entorno ambiental sostenible.

Palabras clave: Economía minera, educación ambiental, legislación ambiental, problemática ambiental.

Abstract: The current environmental problem in Llallagua, Siglo XX, and Catavi is closely linked to the overexploitation of tin, whose extraction has been carried out for more than a century. This situation has generated a society that lives in daily coexistence with high levels of environmental pollution, aggravated by mining activities which, although playing a key role in income generation and employment, also produce negative impacts such as soil degradation, water contamination, and social conflicts. In this context, the population has normalized living with environmental deterioration, showing a progressive devaluation of environmental conditions. The study was developed under a mixed methodological approach, with a cross-sectional design and a correlational method. The results show that 80% of the population lacks environmental education, while approximately 44% express indifference toward environmental issues or the importance of education for maintaining balanced local ecosystems. Likewise, 41% of respondents indicate that the population is unaware of the magnitude of the environmental problem, although they perceive phenomena such as climate change. Regarding environmental legislation, between 36% and 40% consider that there is no effective enforcement of existing regulations. Similarly, 50% state that mining cooperatives do not undergo processes for repairing environmental damage, which reveals weaknesses in institutional control and regulatory enforcement. Overall, these findings highlight the need to strengthen environmental education, legal enforcement, and control mechanisms in order to promote decent living conditions within a sustainable environmental context.

Keywords: Environmental education, environmental issues, environmental legislation, mining economics.

Copyright: Derechos de autor 2026
Felicidad Bravo Zambrana.



Esta obra está bajo una licencia internacional
Creative Commons Atribución-
NoComercial 4.0.

1. Introducción

La minería global constituye una industria estratégica valorada en más de US\$ 1,8 billones, especialmente relevante en el contexto de la transición energética y el abastecimiento de materias primas críticas. Este sector representa entre el 2% y 4% del PIB mundial, con una influencia indirecta superior al 45% al considerar las cadenas de suministro globales. Además, genera un movimiento económico cercano a los US\$ 950.000 millones anuales (2024), con países como China, Australia, Rusia, Estados Unidos y Canadá como principales actores en producción y consumo de minerales estratégicos como el cobre, oro y estaño (Guzmán, 2019; Villar, 2014).

En este contexto, la actividad minera ha sido históricamente relevante. Diversos estudios evidencian que la extracción de minerales como la turquesa ya se realizaba desde el año 700 d. C. en el Distrito Minero de Cerrillos (Nuevo México), donde se removieron más de 15.000 toneladas de roca con herramientas rudimentarias, lo que demuestra la antigüedad de la explotación minera a gran escala y su impacto ambiental progresivo (Chirino et al., 2016).

En Bolivia, la minería ha representado un eje económico fundamental desde hace más de un siglo, destacando la explotación del estaño en Llallagua, Siglo XX, Catavi y Uncia, ubicadas en la provincia Rafael Bustillo del departamento de Potosí. Estas zonas presentan condiciones geológicas favorables para la formación de yacimientos minerales de alta importancia económica, lo que impulsó su explotación intensiva (Alfonso et al., 2019).

Durante el auge minero, se consolidó la Compañía Estannífera de Llallagua, fundada por Pastor Sainz, con participación de capitales chilenos y bolivianos, y administración en Santiago de Chile. La empresa operaba en un área de 212 hectáreas en el cerro de Llallagua, destacando el socavón Azul y posteriormente el socavón Cancañiri, desde donde se procesaban aproximadamente 230 toneladas en 12 horas, lo que evidenció una producción industrial intensiva (Alfonso et al., 2019).

Posteriormente, en 1946, la revalorización de las acciones consolidó a esta empresa como una de las principales productoras de estaño en Bolivia, alcanzando concentraciones superiores al 60% de pureza, lo que contribuyó al reconocimiento de Simón I. Patiño como el "Rey del Estaño" (Alfonso et al., 2019). Sin embargo, este proceso también generó acumulación de desmontes y residuos mineros que impactaron significativamente el entorno físico.

Paralelamente, la explotación minera a cielo abierto y subterránea generó procesos de contaminación progresiva, principalmente por la emisión de polvo y la acumulación de pasivos ambientales. Estas actividades se asociaron al incremento de enfermedades respiratorias como silicosis, neumoconiosis, tuberculosis y bronquitis, evidenciando una relación directa entre actividad minera y deterioro de la salud ocupacional (Pinilla & Santos, 2014).

Asimismo, las prácticas extractivas involucraron no solo a trabajadores directos, sino también a poblaciones vulnerables como adultos mayores, quienes realizaban procesos de selección de minerales en canchaminas, incrementando la exposición a contaminantes atmosféricos. Las aguas residuales mineras, conocidas como "aguas de copajira", contenían metales pesados como cobre y hierro, con niveles ácidos de pH, siendo vertidas directamente a los ríos Siglo XX y Andavillque, afectando ecosistemas acuáticos y agrícolas.

En los últimos años, los procesos de concentración mineral continuaron generando vertidos contaminantes al ambiente, afectando suelos agrícolas, cobertura vegetal y provocando procesos de

erosión y desertificación en las zonas aledañas a Llallagua. Estas afectaciones han sido documentadas como consecuencias directas de la acumulación de pasivos ambientales mineros (Ivars, 2020; Vilela-Pincay et al., 2020).

En este marco, diversos autores señalan que el crecimiento económico basado en la explotación de recursos naturales suele implicar un deterioro ambiental significativo, especialmente cuando no existen mecanismos de gestión sostenible (Pañeda, 1994). Bajo estas condiciones, las regiones de Siglo XX, Catavi y Llallagua se consolidaron como polos de inversión y exportación minera, contribuyendo significativamente al Producto Interno Bruto.

Sin embargo, el estaño, como recurso no renovable, fue exportado de manera intensiva durante más de un siglo, lo que plantea interrogantes sobre la distribución de sus beneficios económicos. En particular, surge la cuestión de por qué, pese a la alta generación de capital, no se evidencian mejoras proporcionales en las condiciones de vida de la población local, que continúa enfrentando problemáticas de salud, pobreza estructural y degradación ambiental (Azamar, 2019; Villar, 2014).

Finalmente, este estudio tiene como objetivo analizar la relación entre la actividad minera histórica en Llallagua y sus impactos ambientales y socioeconómicos, identificando la persistencia de pasivos ambientales y sus efectos en la calidad de vida de la población.

2. Desarrollo

La economía de los recursos naturales corresponde al estudio de cómo la sociedad asigna recursos escasos como reservas pesqueras, bosques, agua dulce, minerales y suelos productivos. Estos recursos incluyen minerales, recursos forestales, tierra, flora, fauna terrestre, recursos hidrobiológicos, agua y servicios ecosistémicos (Stringer & Andrews, 2005). Sin embargo, la disponibilidad de estos recursos está condicionada por su existencia física y por su valoración social. En este sentido, la intervención humana modifica los sistemas naturales, alterando la capacidad de regeneración de los recursos renovables y acelerando el agotamiento de los no renovables (Martínez, 2016; Ivars, 2020).

Los recursos no renovables, como los minerales, se caracterizan por no reponerse en escalas de tiempo humanas. Su formación geológica puede tomar millones de años, mientras que la especie humana ha existido aproximadamente 300.000 años, lo que evidencia su carácter finito (Stringer & Andrews, 2005). Por ello, los recursos minerales deben entenderse como bienes finitos cuya explotación implica necesariamente procesos de agotamiento progresivo, un principio central de la economía minera (Guzmán, 2019). En consecuencia, las empresas mineras enfrentan permanentemente el desafío del deterioro de la calidad del recurso y la reducción de sus reservas explotables.

La economía minera no solo constituye una fuente de ingresos y empleo directo e indirecto, sino también un componente estructural de la economía global, considerada incluso como una de sus principales "locomotoras". Sin embargo, este enfoque debe equilibrarse con la sostenibilidad ambiental y social. En este sentido, se plantea que la explotación de recursos naturales debe orientarse hacia un manejo responsable y sostenible, evitando la priorización exclusiva de beneficios económicos de corto plazo. No obstante, múltiples estudios evidencian que la minería puede generar impactos severos en los ecosistemas cuando no existen mecanismos de control adecuados (Villar, 2014; Azamar, 2019).

La actividad minera, como cualquier actividad productiva, genera beneficios y costos sociales. Desde la teoría económica, el óptimo social se alcanza cuando los costos marginales de producción se igualan a los beneficios marginales generados por la actividad. Sin embargo, cuando los costos marginales sociales superan a los privados, se produce una externalidad negativa, lo que conduce a

una asignación ineficiente de recursos. En este escenario, el mercado tiende a sobreasignar recursos al sector minero, generando niveles de producción superiores al óptimo social y aumentando los impactos ambientales (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018; Ivars, 2020).

El medio ambiente se define como el conjunto de componentes físicos, químicos, biológicos, sociales y culturales que interactúan en un sistema dinámico capaz de influir directa o indirectamente en los seres vivos y sus actividades. Este sistema es complejo, evolutivo y multidimensional, integrando factores naturales y humanos en constante interacción (Torrez, 2022). Por su parte, el impacto ambiental se entiende como la alteración de la calidad del entorno natural o social provocada por actividades humanas, que modifica procesos ecológicos, económicos y culturales, generando efectos positivos o negativos en el corto o largo plazo (Torrez, 2022; Vilela-Pincay et al., 2020).

Llallagua ha estado históricamente vinculada a Uncía, capital de la provincia, que hasta el primer tercio del siglo XX concentraba gran parte de la población y actividad económica. La región conformada por Llallagua, Uncía, Catavi y Siglo XX estuvo estrechamente relacionada con la minería privada a finales del siglo XIX y primera mitad del siglo XX, posteriormente con la minería estatal bajo la Corporación Minera de Bolivia (COMIBOL) después de 1952, y con el desarrollo del movimiento sindical boliviano. Estas localidades se consolidaron como centros mineros fundamentales, siendo parte esencial de la historia económica, social y política del país durante gran parte del siglo XX (Alfonso et al., 2019).

El origen del desarrollo minero en Llallagua se remonta a principios del siglo XX, cuando se iniciaron explotaciones a gran escala de vetas con leyes entre el 12% y 15% de estaño. Este proceso permitió consolidar la minería moderna en Bolivia, especialmente tras el descubrimiento de la veta “La Salvadora”, base del desarrollo del imperio minero de Simón I. Patiño (Alfonso et al., 2019). Posteriormente, con la nacionalización de las minas en 1952, la administración pasó a la COMIBOL, marcando un cambio estructural en la gestión de los recursos minerales del país.

3. Metodología

En el presente estudio se empleó un enfoque metodológico mixto debido a su carácter multidisciplinario, el cual integra “diferentes aproximaciones al estudio de un fenómeno” (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018). La investigación se desarrolló como un proceso que recolectó, analizó y vinculó datos cuantitativos y cualitativos dentro de un mismo estudio, con el propósito de responder al planteamiento del problema (figura 1).

Figura 1

Enfoque Mixto



El diseño de la investigación fue de tipo transeccional o transversal no experimental. La recolección, el análisis de datos y la evaluación de la situación se realizaron durante el año 2025. Asimismo, el estudio adoptó un enfoque correlacional (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018).

Por tanto, el método correlacional se fundamentó en un diseño no experimental, ya que no implicó la manipulación de variables ni la aplicación de experimentos. Los datos fueron obtenidos a partir de investigaciones previas, y el análisis consistió en identificar la relación entre variables en condiciones naturales, sin interferencias externas (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018).

La correlación entre variables se representó mediante el coeficiente de correlación, el cual es una medida estadística que cuantificó la intensidad y dirección de la relación entre dos variables, con valores comprendidos entre -1 y +1. Cuando el coeficiente se acercó a +1, se evidenció una correlación positiva; cuando se aproximó a -1, una correlación negativa; y cuando se aproximó a cero, se interpretó como ausencia de relación significativa (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018).

En el presente estudio, la muestra estuvo conformada por 362 trabajadores mineros pertenecientes a cooperativas del sector, seleccionados mediante un muestreo de carácter finito. La población fue accesible en cooperativas mineras como Multiactiva, 20 de Octubre, Siglo XX, Dolores y 23 de Marzo, dedicadas a la extracción y comercialización de estaño.

Para la recolección de datos, se utilizó una escala de Likert como instrumento psicométrico de medición, la cual permitió evaluar actitudes, percepciones y comportamientos. Los participantes expresaron su grado de acuerdo o desacuerdo frente a afirmaciones estructuradas en una escala de cinco niveles: Muy en desacuerdo (1), En desacuerdo (2), Ni de acuerdo ni en desacuerdo (3), De acuerdo (4) y Muy de acuerdo (5).

En la tabla 1 se observó que las cooperativas mineras analizadas tenían una antigüedad superior a 30 años, con operaciones iniciadas aproximadamente antes de 1986. Asimismo, el trabajo de campo incluyó observación directa en las minas de Llallagua, Siglo XX y Catavi.

Tabla 1

Cooperativas mineras que trabajan en el distrito minero de Siglo XX

N.º	Nombre de la cooperativa	Distrito minero	Tipo de mineral explotado	Tiempo de vigencia	Tipo de procesos
1	Multiactiva	Catavi	Estaño	Más de 30 años	Mecanizado
2	20 de octubre	Siglo XX	Estaño y zinc	Más de 30 años	Manual
3	Siglo XX	Siglo XX	Estaño y zinc	Más de 30 años	Manual
4	Dolores	Siglo XX	Estaño	Más de 30 años	Manual
5	23 de marzo	Siglo XX	Estaño	Más de 30 años	Manual

En la tabla 2 se observa que la evaluación de la problemática ambiental se orientó a identificar las principales actividades mineras que generan afectaciones en el entorno físico y social, así como los componentes ambientales más impactados. Asimismo, se consideraron variables relacionadas con la educación ambiental, el marco legal vigente regulado por el Estado a través de la Corporación Minera

de Bolivia (COMIBOL), y los efectos en la salud derivados de la exposición a contaminantes generados por la actividad minera.

Tabla 2

Dimensiones, indicadores y criterios de evaluación

Dimensión	Criterios de evaluación	Descripción
Economía minera	<ul style="list-style-type: none"> - Contribución al Producto Interno Bruto (PIB) - Generación de divisas por exportación de minerales - Regalías mineras generadas por la actividad extractiva - Precios internacionales de minerales (estaño, zinc, oro) - Demanda de mercados internacionales (China, EE. UU., Japón) 	La economía minera se analizó desde la generación de renta económica derivada de la explotación de recursos minerales. Este sector se caracteriza por su dinamismo y alta dependencia de las fluctuaciones del mercado internacional, así como por la participación de actores públicos y privados en la cadena productiva, especialmente en minerales estratégicos como el estaño.
Problemática ambiental	<ul style="list-style-type: none"> - Impacto de las actividades mineras en el medio ambiente - Componentes ambientales afectados (aire, agua y suelo) - Educación ambiental en zonas de influencia minera - Marco normativo ambiental y actores institucionales (COMIBOL y Estado) - Efectos en la salud humana asociados a la actividad minera 	La problemática ambiental se evaluó identificando las principales actividades mineras que generan afectaciones al entorno físico y social. Asimismo, se consideraron los componentes ambientales más impactados, la educación ambiental, el marco legal vigente y los efectos en la salud derivados de la exposición a contaminantes mineros.

4. Resultados

Ubicación de la zona de estudio

Llallagua, Siglo XX y Catavi son localidades conurbadas situadas en la provincia Rafael Bustillo, al norte del departamento de Potosí, Bolivia. Se ubican en el altiplano andino, a una altitud aproximada de 3.900 m s. n. m. Llallagua corresponde a la tercera sección municipal y se encuentra a 101 km de la ciudad de Oruro y a 9 km al norte de Uncía. Estas localidades constituyen un núcleo histórico minero caracterizado por una intensa actividad de explotación de estaño, así como por una fuerte tradición minera y sindical en la región andina.

Minerales de LLallagua

El distrito minero de Llallagua presenta una alta diversidad mineralógica, con aproximadamente 100 especies identificadas. Entre los minerales más representativos destacan los sulfosales y los fosfatos. La monacita puede presentarse en abundancia local, asociada a la mineralización de casiterita. Asimismo, en esta zona se han identificado minerales descubiertos por primera vez en este yacimiento, lo que la convierte en localidad tipo de varios de ellos, como vauxita, paravauxita, metavauxita, sigloita y jeanbandyita. Además, el fluorapatito ígneo primario y la monacita fueron reconocidos inicialmente en este pórfido alterado, lo que resalta su importancia mineralógica a nivel internacional.

Actividad minera y su aporte a la economía mediante el Producto Interno Bruto (PIB)

La actividad minera en la región de Llallagua, Siglo XX y Catavi representa un aporte relevante a la economía boliviana, principalmente a través de la operación de cooperativas mineras asentadas en estas localidades. Se estima que aproximadamente el 38% de la población de la zona se dedica de manera directa a actividades extractivas, evidenciando la dependencia económica del territorio respecto a la minería.

En términos de producción, en los últimos años la región ha registrado una producción aproximada de 17.000 toneladas anuales, alcanzando en el año 2020 alrededor de 13.000 toneladas métricas. Sin embargo, pese a estos volúmenes de extracción, el aporte económico regional al crecimiento nacional ha mostrado una tendencia decreciente en términos de sostenibilidad y valor agregado.

Aunque la minería continúa siendo una actividad económica vigente, su desarrollo en la región se ha mantenido en condiciones operativas y laborales limitadas, lo que ha generado persistencia de problemáticas ambientales asociadas a la falta de estrategias efectivas de mitigación. En consecuencia, se ha observado una normalización de la convivencia con niveles de contaminación ambiental, sin intervenciones sostenidas de recuperación ambiental.

En este contexto, la región de Llallagua, Siglo XX y Catavi ha contribuido históricamente al Producto Interno Bruto de Bolivia con aproximadamente un 13,8%, especialmente en etapas de mayor auge extractivo. No obstante, esta participación económica debe interpretarse junto con los impactos ambientales acumulados, tal como se observa en la tabla 3.

Tabla 3

Producción, exportaciones y precios

Año	Producción Llallagua, Siglo XX y Catavi (Ton. métricas finas)	Producción Bolivia (Ton. métricas finas)	Exportación Bolivia (Ton. métricas finas)	Precio internacional (\$US/lb)
2010	2.768	20.058	17.787	9,05
2011	2.802	20.302	17.223	11,98
2012	2.705	19.601	16.435	9,49
2013	2.704	19.591	16.539	10,12
2014	2.731	19.791	16.613	10,01
2015	2.784	20.175	16.452	7,38
2016	2.457	17.804	17.145	8,03
2017	2.537	18.386	16.592	9,15
2018	2.381	17.251	15.872	9,14
2019	2.366	17.147	15.277	8,50
2020	2.030	14.709	11.744	7,72

2021	2.709	19.628	18.316	14,42
2022	2.431	17.613	15.473	14,53
2023	2.580	18.693	11.095	11,41
2024	2.070	15.001	14.895	13,65
2025	1.641	11.890	11.833	14,84

Nota. Elaboración propia: con base a datos de INE (2026)

Así mismo, las exportaciones de estaño han generado importantes ingresos por concepto de regalías para el Departamento de Potosí, reflejando una tendencia de crecimiento en el largo plazo con ciertas fluctuaciones interanuales. Como se observa en la tabla 4, los ingresos por regalías mineras presentan variaciones significativas a lo largo del periodo analizado (2010–2025), evidenciando tanto periodos de disminución como fases de recuperación y crecimiento sostenido.

En este contexto, se identifica un incremento notable a partir del año 2021, con una tendencia ascendente que alcanza su punto más alto en 2025, lo cual sugiere una mayor dinamización del sector extractivo y un incremento en los precios internacionales de los minerales, particularmente del estaño. Sin embargo, esta evolución económica debe interpretarse junto con los impactos socioambientales asociados a la actividad minera en la región.

Tabla 4

Regalías para Potosí en millones de dólares americanos

Año	Regalías (millones de USD)
2010	91.944,256
2011	129.999,847
2012	104.550,067
2013	93.950,161
2014	98.344,054
2015	75.968,510
2016	88.029,860
2017	114.466,849
2018	116.219,823
2019	102.750,784
2020	77.475,841
2021	133.822,140
2022	142.878,477
2023	165.000,000
2024	170.400,000
2025	205.400,000

Nota. Elaboración propia con base a datos de INE (2026)

Empero, la economía minera no ha logrado transformar de manera significativa la calidad de vida de la población en Llallagua, Siglo XX y Catavi, ni ha contribuido a una mejora sustancial de las condiciones ambientales. Por el contrario, la problemática ambiental se ha intensificado progresivamente, generando condiciones que tienden a volverse estructurales y de difícil reversión en el territorio.

La problemática ambiental se define como el conjunto de alteraciones, desequilibrios y daños negativos provocados en el medio ambiente, principalmente por actividades humanas no planificadas o excesivas. Estos fenómenos afectan gravemente los ecosistemas, la biodiversidad y la calidad de vida, incluyendo procesos como la contaminación, deforestación, cambio climático y agotamiento de recursos naturales.

Bajo esta premisa, en Llallagua, Siglo XX y Catavi no se han identificado estudios técnicos suficientes basados en mediciones de laboratorio que cuantifiquen integralmente la problemática ambiental. Sin embargo, las evidencias empíricas y sociales indican que las consecuencias representan una amenaza directa para la salud humana y la sostenibilidad del territorio.

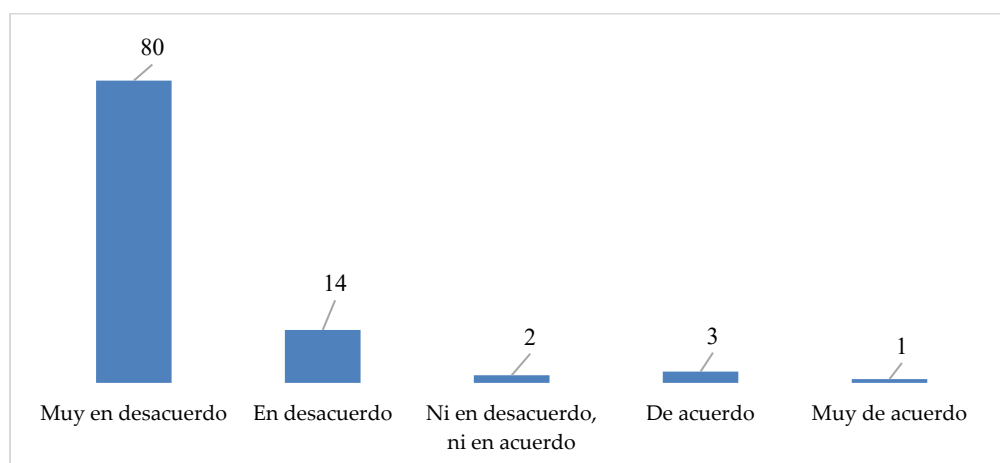
Asimismo, se observa que las familias han normalizado la convivencia cotidiana con residuos, escombros y pasivos ambientales generados por más de un siglo de actividad minera, lo que evidencia un proceso de adaptación forzada asociado a una economía minera de subsistencia. En este contexto, los resultados del estudio se presentan a partir de las valoraciones realizadas a la población de trabajadores mineros

La educación ambiental, entendida como un proceso formativo orientado a generar conciencia, conocimientos, valores y actitudes responsables hacia el medio ambiente, busca promover la conservación y el uso sostenible de los recursos naturales. En este sentido, se evaluó el grado de educación ambiental en la población objeto de estudio.

En la figura 2 se observa que el 80% de los encuestados manifestó estar en desacuerdo, indicando la ausencia de educación ambiental en la zona. Un 14% señaló desconocer el tema, mientras que un 3% también se mostró en desacuerdo, coincidiendo con la percepción mayoritaria. Finalmente, únicamente un 2% y 1% consideraron que sí existe educación ambiental, lo que evidencia un nivel muy bajo de conocimiento y aplicación en la población.

Figura 2

Coexistencia de la educación ambiental en la población de Llallagua, Siglo XX y Catavi

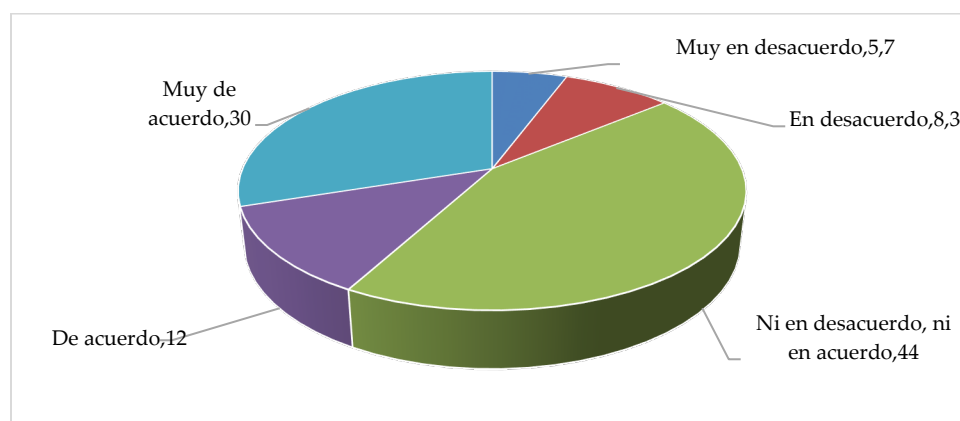


En la figura 3 se evidencia que el 44% de la población se mantiene en la categoría “ni de acuerdo ni en desacuerdo”, lo que podría reflejar un nivel de desconocimiento, indiferencia o baja relevancia percibida respecto a la problemática ambiental. Este comportamiento sugiere que, en algunos casos, los habitantes no cuentan con información suficiente o no han desarrollado una postura definida, posiblemente debido a que, según sus testimonios, desde su infancia no se ha priorizado la educación ambiental en el entorno social y comunitario.

Por otro lado, el 5,7% de los encuestados manifestó estar “muy de acuerdo”, lo cual indica que reconocen la importancia del equilibrio ambiental, principalmente porque han recibido información a través de medios de comunicación como la televisión y la radio. Este grupo minoritario evidencia que la difusión de contenidos ambientales sí influye en la toma de conciencia, aunque su alcance aún es limitado en la población estudiada.

Figura 3

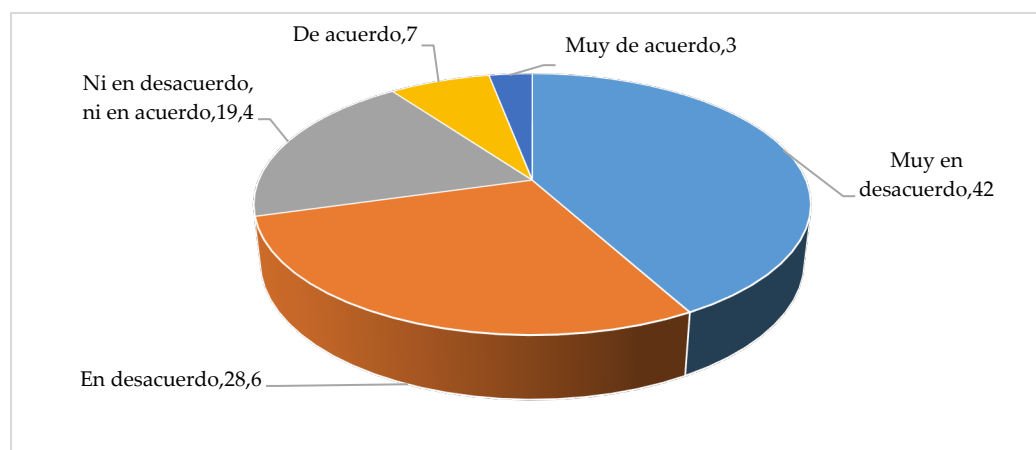
Grado de importancia de la educación para promover ecosistemas locales en equilibrio



En la figura 4 se refleja el nivel de interés de la población respecto a la gestión y reordenamiento de los pasivos ambientales mineros. En este sentido, se evidencia que una parte importante de los habitantes reconoce la existencia de residuos mineros abandonados a la intemperie, los cuales continúan generando procesos de contaminación ambiental en la zona.

Figura 4

Interés por gestionar los pasivos ambientales abandonados de la minería



No obstante, el 42% de los encuestados manifestó estar “muy en desacuerdo”, lo que sugiere que perciben que los pasivos ambientales ya existían antes de su nacimiento y que históricamente no se han implementado acciones de remediación o control. Esta percepción refleja una sensación de abandono institucional y normalización del problema ambiental en el territorio.

Por su parte, el 28,6% indicó estar “en desacuerdo”, lo cual evidencia que este grupo no se involucra en la gestión de los pasivos ambientales debido al desconocimiento sobre los mecanismos o procedimientos necesarios para su intervención. En conjunto, estos resultados muestran un bajo nivel de participación en la gestión ambiental, asociado tanto a factores históricos como a limitaciones de información y organización comunitaria.

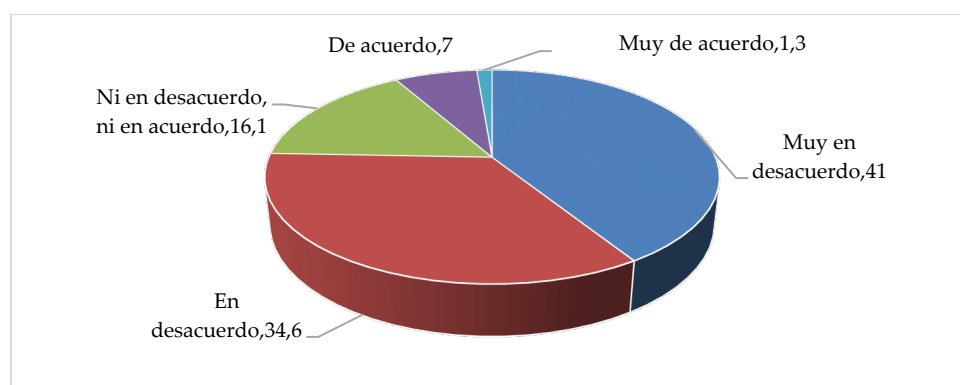
En la figura 5 el 41% de los encuestados se ubicó en la categoría “muy en desacuerdo”, lo que sugiere una percepción generalizada de ausencia de acciones concretas frente a la problemática ambiental. En este sentido, los participantes señalan que los habitantes presentan un limitado conocimiento sobre los impactos ambientales de la actividad minera, a pesar de reconocer indirectamente fenómenos como el cambio climático.

Asimismo, se percibe que las autoridades locales no han asumido un rol activo en la gestión ambiental, evidenciándose un desinterés sostenido en la implementación de políticas de control y mitigación. Esta situación refuerza la percepción de que existe un abandono institucional en materia de regulación y seguimiento ambiental, especialmente en lo referente al cumplimiento del marco legal vigente.

En conjunto, estos resultados reflejan una débil articulación entre ciudadanía y autoridades en torno a la gestión ambiental, lo que contribuye a la persistencia de prácticas contaminantes y a la limitada respuesta frente a la problemática ambiental en el territorio.

Figura 5

Actitudes y comportamientos orientados a reducir la contaminación ambiental



Legislación ambiental

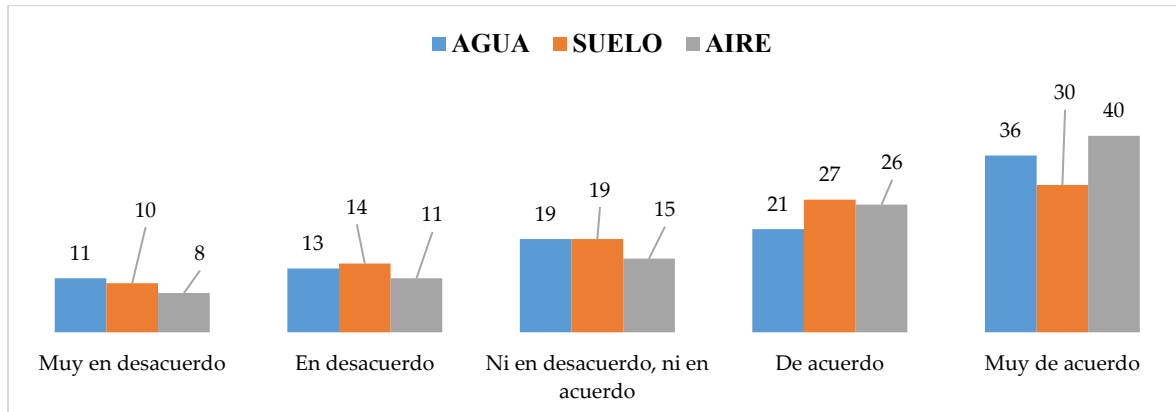
Respecto a la legislación ambiental, es importante analizar los datos obtenidos con el fin de evidenciar el estado de las normativas y su nivel de aplicación en la protección ambiental. En este sentido, se presentan los indicadores más relevantes relacionados con la percepción de la población sobre el cumplimiento del marco legal ambiental en el contexto minero.

La figura 6 presenta la percepción de la población respecto a la contaminación generada por los pasivos ambientales abandonados en el área de estudio. Este indicador permite evaluar el nivel de

impacto ambiental asociado a la falta de remediación de residuos mineros, así como la percepción social sobre la gestión institucional del problema.

Figura 6

Contaminación por pasivos ambientales abandonados



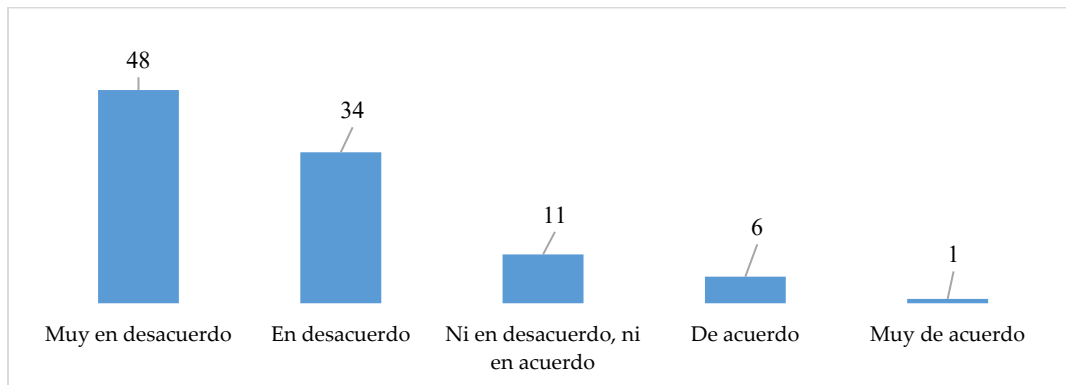
Al observar la figura 7, se evidencia que la mayor parte de los encuestados percibe que los componentes ambientales agua, suelo y aire se encuentran contaminados debido a la presencia de pasivos ambientales mineros abandonados a la intemperie en las localidades de Llallagua, Siglo XX y Catavi.

En este sentido, los niveles de respuesta “muy de acuerdo” alcanzan valores significativos del 36% en agua, 30% en suelo y 40% en aire, lo que refleja una percepción elevada de contaminación ambiental. Asimismo, la categoría “de acuerdo” registra 21%, 27% y 26% respectivamente, lo que refuerza la tendencia general de reconocimiento del deterioro ambiental en la zona de estudio.

En conjunto, estos resultados evidencian que la mayoría de los trabajadores mineros reconoce la existencia de procesos de contaminación asociados a la actividad minera, los cuales presentan un carácter acumulativo y se han desarrollado durante varias décadas. Esta percepción confirma la persistencia de impactos ambientales derivados de la minería histórica en la región.

Figura 7

Conocimiento de la Legislación ambiental y actuación conforme la Ley



La figura 8 evidencia que el 50% de los encuestados se ubica en la categoría “muy en desacuerdo”, lo que indica la percepción de que, en casos de incumplimiento de la normativa ambiental por parte

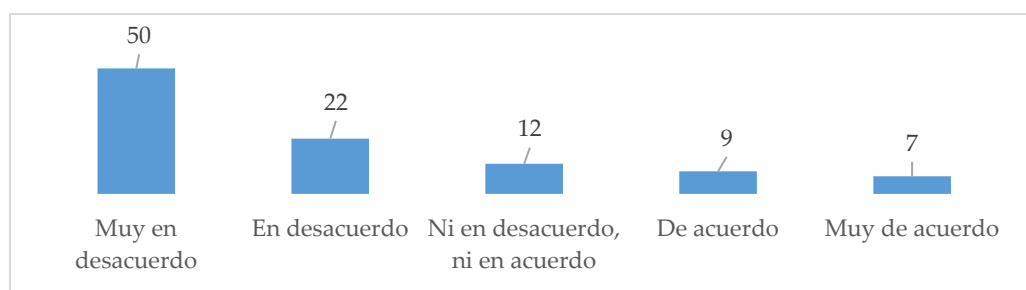
de las cooperativas mineras, no existe un sometimiento efectivo a la competencia de los tribunales ordinarios para la reparación del daño ambiental.

Asimismo, el 22% de los encuestados manifestó estar “en desacuerdo”, lo que refuerza la percepción de que, si bien las cooperativas mineras se encuentran formalmente sujetas a la normativa estatal a través de la Corporación Minera de Bolivia (COMIBOL), en la práctica existen limitaciones en su aplicación efectiva.

En este sentido, los participantes señalan que, aunque en algunos casos se elaboran instrumentos como fichas o manifiestos ambientales, estos mecanismos no siempre se traducen en procesos efectivos de responsabilidad o reparación del daño ambiental, lo que evidencia una brecha entre la normativa formal y su cumplimiento real.

Figura 8

Sometimiento de las cooperativas mineras a la competencia de los Tribunales ordinarios para la reparación de Daño Ambiental



Llallagua, Siglo XX y Catavi constituyen una población de aproximadamente 41.686 habitantes (INE, 2025), en la cual se ha observado una progresiva normalización de la coexistencia entre la población y la contaminación ambiental. No obstante, esta situación genera un elevado costo social y económico, asociado principalmente a las limitaciones en el acceso a servicios básicos de salud.

En este sentido, se evidencia que el sistema de salud local no cuenta con la capacidad suficiente para responder a la demanda de atención especializada, lo que obliga a que numerosos pacientes deban trasladarse hacia otros centros hospitalarios del interior del país. Esta situación se ve agravada por limitaciones económicas que restringen el acceso oportuno a servicios de salud adecuados. En este contexto, el presente estudio tiene como finalidad analizar y exponer la situación actual de la problemática ambiental en la región, considerando sus implicaciones sociales, económicas y sanitarias.

5. Discusión

Problemática ambiental en la economía minera

El análisis de la problemática ambiental en la economía minera evidencia resultados coincidentes en cuanto a sus impactos, aunque abordados desde diferentes enfoques teóricos y empíricos. En este sentido, Vilela-Pincay et al. (2020) señalan que la contaminación ambiental ocasionada por la minería en la provincia de El Oro ha generado consecuencias graves e irreparables en el medioambiente, debido a prácticas extractivas históricamente descontroladas en los cantones de la parte alta de la provincia.

Por su parte, Fueyó (2019) indica que los recursos minerales han sido fundamentales desde el origen de las civilizaciones, ya que las sociedades modernas dependen intensivamente de ellos para su

desarrollo económico y mejora de la calidad de vida, mediante la producción de bienes derivados de materias primas minerales. Asimismo, Pinilla y Santos (2014) sostienen que el desarrollo de actividades mineras bajo criterios de responsabilidad social y ambiental representa un desafío de carácter ambiental, social, cultural, económico y político para los Estados.

En este contexto, la problemática ambiental adquiere una dimensión estructural vinculada al territorio, generando procesos de desarticulación socioespacial. Martínez (2016) denomina este fenómeno como “desestructuración territorial”, el cual se manifiesta en distintos niveles de afectación ecológica y socioterritorial derivados de la exploración y explotación minera.

No obstante, la minería, como actividad económica histórica, ha acompañado el desarrollo de la humanidad desde épocas prehistóricas, lo que complejiza su análisis. Español (2012) señala que la actividad minera puede clasificarse en gran, mediana y pequeña minería, siendo esta última predominante en países en desarrollo, donde se intensifican los impactos ambientales debido a la limitada regulación y control.

En este sentido, Vilela-Pincay et al. (2020) coinciden en que la minería constituye un pilar económico en diversas regiones, permitiendo el sustento de numerosas familias; sin embargo, enfatizan la necesidad de un desarrollo responsable que garantice la sostenibilidad ambiental. Por tanto, se requiere la formulación de políticas públicas que equilibren la explotación de recursos con la conservación del entorno natural.

6. Conclusiones

La educación ambiental en la población de Llallagua, Siglo XX y Catavi se caracteriza por ser incipiente y limitada, evidenciándose que aproximadamente el 80% de los habitantes desconoce su alcance e importancia. Esta situación refleja una debilidad en la formación ambiental, lo que repercute en una baja valoración del derecho a un ambiente sano y en la limitada articulación entre calidad de vida y sostenibilidad ambiental.

Asimismo, se establece que el 48% de la población no posee conocimiento sobre la legislación ambiental vigente, a pesar de la existencia de un marco normativo en Bolivia orientado a la protección del medio ambiente. Sin embargo, su aplicación práctica resulta débil o poco visible en el territorio, lo que impide percibir mejoras significativas en las condiciones ambientales de la región.

En cuanto a la dimensión económica, se concluye que la economía minera en Llallagua, Siglo XX y Catavi mantiene un carácter predominantemente extractivo y de subsistencia, basado en la explotación de recursos naturales como el estaño. Esta dinámica ha posicionado a la región como un espacio proveedor de materias primas destinadas a la industrialización de países desarrollados, lo que evidencia una relación asimétrica en la cadena de valor global.

Referencias

- Alfonso, P., Zambrana, R. N., & Loredó, V. (2019). Relevancia mundial de la minería de estaño de Llallagua, Bolivia [Actas de congreso]. En *Congrés de Patrimoni Miner i Història de la Minería i de la Geologia a Catalunya. Homenatge a Lluís Marià Vidal* (pp. 229–240). <https://hdl.handle.net/2117/171829>
- Asprilla, E., Lozano, H., Bechara, R., & Ledezma, R. (2019). The environment as a victim of the armed conflict in the department of Choco? *Pensamiento Americano*, 12(23), 127–144. <https://doi.org/10.21803/pensam.v12i22.251>
- Azamar, A. (2019). Minería y Estado: una relación permisiva. *Pós Ciências Sociais*, 16(32), 167–187. <http://dx.doi.org/10.18764/2236-9473.v16n32p167-187>
- Chirino, Y., López, E., & Peñaloza, A. (2016). Daños y delitos ambientales como conceptos discernibles en la enseñanza de la Química del Instituto Pedagógico de Caracas: Estudio preliminar desde la perspectiva estudiantil. *Revista de Investigación*, 40(88), 176–201. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1010-29142016000200010
- Español, S. (2012). Contaminación con mercurio por la actividad minera. *Biomédica*, 32(3), 20–29. <https://doi.org/10.7705/biomedica.v32i3.1437>
- Flores, R. (2012). Investigación en educación ambiental. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 17(55), 1019–1033. <https://n9.cl/zc5ep5>
- Guzmán, J. (2019). *Fundamentos de economía minera*. Editorial Reverté. <https://n9.cl/v0mmh>
- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw Hill Education. <https://doi.org/10.22201/fesc.20072236e.2019.10.18.6>
- Instituto Nacional de Estadística [INE]. (2025, noviembre 12). Encuesta de hogares 2024 (EH 2024). <https://n9.cl/0ksjah>
- Instituto Nacional de Estadística [INE]. (2026). Instituto Nacional de Estadística. <https://www.ine.gob.bo/>
- Ivars, J. (2020). ¿Recursos naturales o bienes comunes naturales? Algunas reflexiones. *Papeles de Trabajo. Centro de Estudios Interdisciplinarios en Etnolingüística y Antropología Socio-Cultural*, (26), 88–97. <https://doi.org/10.35305/revista.v0i26.85>
- Macías, M., Corral, C., & Izurieta, L. (2020). Educación ambiental y turismo sostenible: aportes para la ciudad de Manta, Ecuador. *Revista Educare*, 24(1). <https://doi.org/10.46498/reduipb.v24i1.1248>
- Martínez, H. (2016). Concesiones, explotación minera y conflicto en la frontera Jalisco-Colima. *Espiral (Guadalajara)*, 23(67). <https://n9.cl/74p83>
- Pañeda, C. (1994). *El mundo que viene*. En J. Nadal (coord.), *Revista de Economía Aplicada*, (5), 197–201. Alianza. <https://n9.cl/7qavwl>
- Pinilla, C., & Santos, C. (2014). La minería ilegal arrasando las entrañas de la tierra. *Mundo Amazónico*, 5(1), 455–475. <https://doi.org/10.15446/ma.v5.45755>
- Severiche, C., Gómez, E., & Jaimes, J. (2016). La educación ambiental como base cultural y estrategia para el desarrollo sostenible. *Telos: Revista de Estudios Interdisciplinarios en Ciencias Sociales*, 18(2), 266–281. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5655393>

- Stringer, C., & Andrews, P. (2005). *La evolución humana* (F. Béjar Villa, Trad.). Akal. <https://n9.cl/jwkary>
- Torrez, V. (2022). *La contaminación ambiental de la explotación ilegal minera en el área de manejo integrado Madidi, municipio de Apolo: Propuesta de control y reducción* [Tesis de licenciatura, Universidad Mayor de San Andrés]. <https://n9.cl/6ikyp>
- Veracierto, R., Ormaza, M., & Armas, V. (2022). Educación ambiental y ruralidad: Reflexiones para el contexto ecuatoriano. *Revista EDUCARE - UPEL-IPB - Segunda Nueva Etapa 2.0*, 25(2), 446–465. <https://doi.org/10.46498/reduipb.v25i2.1528>
- Vilela-Pincay, W., Espinosa-Encarnación, M., & Bravo-González, A. (2020). La contaminación ambiental ocasionada por la minería en la provincia de El Oro. *Estudios de la Gestión: Revista Internacional de Administración*, 8. <https://doi.org/10.32719/25506641.2020.8.8>
- Villar, D. (2014). La minería como “locomotora” de la economía colombiana y su costo ambiental. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 27(3). <https://doi.org/10.17533/udea.rccp.324888>

Transparencia

Conflicto de interés

El autor declara que no existen conflictos de interés de naturaleza alguna como parte de la presente investigación.

Fuente de financiamiento

El autor financia completamente la investigación.

Contribución de autoría

Felicidad Bravo Zambrana: Conceptualización, metodología, software, validación, análisis formal, investigación, gestión de datos, visualización, redacción - preparación del borrador original, redacción - revisión y edición, financiamiento, administración del proyecto, recursos, supervisión.

El autor intervino de manera activa en el análisis de los resultados, revisión y aprobación del texto final del artículo.