



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA ACUÍCOLA

RESIDUOS DE LA ACTIVIDAD MINERA Y LA INCIDENCIA EN LA
VIDA ACUÁTICA CON REFERENCIA DE ESTÁNDARES NACIONALES
E INTERNACIONALES.

DEMERA NASPUD LISBETH MERCEDES
INGENIERA ACUÍCULTORA

MACHALA
2021



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA ACUÍCOLA

RESIDUOS DE LA ACTIVIDAD MINERA Y LA INCIDENCIA EN
LA VIDA ACUÁTICA CON REFERENCIA DE ESTÁNDARES
NACIONALES E INTERNACIONALES.

DEMERA NASPUD LISBETH MERCEDES
INGENIERA ACUÍCULTORA

MACHALA
2021



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA ACUÍCOLA

EXAMEN COMPLEXIVO

RESIDUOS DE LA ACTIVIDAD MINERA Y LA INCIDENCIA EN LA VIDA
ACUÁTICA CON REFERENCIA DE ESTÁNDARES NACIONALES E
INTERNACIONALES.

DEMERA NASPUD LISBETH MERCEDES
INGENIERA ACUÍCULTORA

VELASQUEZ LOPEZ PATRICIO COLON

MACHALA, 20 DE SEPTIEMBRE DE 2021

MACHALA
20 de septiembre de 2021

Complexivo

por L Demera

Fecha de entrega: 23-ago-2021 06:14p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 1635031693

Nombre del archivo: LISBETH_COMPLEXIVO.docx (194.93K)

Total de palabras: 5317

Total de caracteres: 29971

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

La que suscribe, DEMERA NASPUD LISBETH MERCEDES, en calidad de autora del siguiente trabajo escrito titulado RESIDUOS DE LA ACTIVIDAD MINERA Y LA INCIDENCIA EN LA VIDA ACUÁTICA CON REFERENCIA DE ESTÁNDARES NACIONALES E INTERNACIONALES., otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

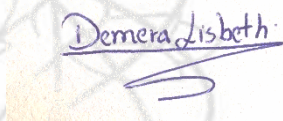
La autora declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

La autora como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 20 de septiembre de 2021



Demera Lisbeth

DEMERA NASPUD LISBETH MERCEDES
0706402930

CONTENIDO

RESUMEN	3
1. INTRODUCCIÓN	5
2. DESARROLLO.....	9
2.1. Actividad minera	9
2.2. Ecosistemas acuáticos en el sur del Ecuador	10
2.3. Efectos de la minería en los ecosistemas acuáticos en el sur del Ecuador..	11
2.4. Alteraciones en la dinámica fluvial	11
2.5. Metales pesados y la normativa de calidad ambiental en el Sur del Ecuador	12
2.6. Estándares internacionales y nacionales para la protección de la vida acuática.....	13
2.7. Concentración de metales pesados en ambiente acuático, evaluación bajo normas de calidad ambiental	16
3. CONCLUSIONES	19
BIBLIOGRAFÍA	20

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificaciones metales tóxicos	11
Tabla 2. Clasificaciones metales tóxicos en ($\mu\text{g/g}$)	13
Tabla 3. <i>Concentraciones mínimas y máximas para la protección de vida acuática marina</i>	14
Tabla 4. <i>Concentraciones mínimas y máximas para la protección de vida acuática de agua dulce</i>	14
Tabla 5. <i>Criterios de la calidad de agua para preservar la vida acuática</i>	15
Tabla 6. <i>Límites máximos permitidos</i>	15

RESUMEN

La minería tiene un papel fundamental en la economía de muchos países, donde Ecuador no es la excepción, sin embargo, esta actividad tiene un impacto adverso en el medio ambiente. Donde uno de los problemas ambientales de las actividades mineras es la contaminación de los recursos hídricos en perjuicio de la vida acuática, perjudicando los ecosistemas por la presencia de metales pesados, donde el hombre toma los productos procedentes de los lechos marinos y fluviales para su alimentación, en claro desmedro para su salud. La minería provoca el agotamiento de los recursos hídricos presentes en la superficie y debajo de ella. Las extracciones de los recursos hídricos subterráneos tienen una influencia negativa para el hábitat de los ríos, a pesar de estar a grandes distancias de las minas. Al degradarse los recursos hídricos, se afecta a su vida acuática, por lo que los organismos internacionales y nacionales han elaborado estándares que den a conocer los índices máximos de los metales que deben de tener las aguas y especies marinas, para un mayor control sobre las actividades mineras, a lo que se suma las normativas legales vigentes que deben de acatarse, para preservar la calidad de vida de las comunidades y sociedad en general. El objeto del estudio es describir los residuos de la actividad minera y la incidencia en la vida acuática con referencia de estándares nacionales e internacionales. Se aplicó la investigación descriptiva por medio de la técnica bibliográfica para tener un acercamiento a los estándares para la preservación de la vida acuática.

Palabras claves: Minería, medio ambiente, vida acuática, estándares internacionales y nacionales, ecosistemas acuáticos.

ABSTRACT

Mining plays a fundamental role in the economy of many countries, where Ecuador is not the exception, however, this activity has an adverse impact on the environment. Where one of the environmental problems of mining activities is the contamination of water resources to the detriment of aquatic life, damaging ecosystems due to the presence of heavy metals, where man takes products from sea and river beds for food , clearly detrimental to their health. Mining causes the depletion of water resources present on the surface and below it. The extraction of underground water resources has a negative influence on the habitat of rivers, despite being at great distances from the mines. When water resources are degraded, their aquatic life is affected, so international and national organizations have developed standards that reveal the maximum levels of metals that marine waters and species must have, for greater control over the mining activities, to which is added the current legal regulations that must be observed, to preserve the quality of life of the communities and society in general. The purpose of the study is to describe the residues of mining activity and the impact on aquatic life with reference to national and international standards. Descriptive research was applied through the bibliographic technique to have an approach to the standards for the preservation of aquatic life.

Keywords: Mining, environment, aquatic life, international and national standards, aquatic ecosystems.

1. INTRODUCCIÓN

Los residuos mineros han aumentado a lo largo de los años, causando daños al medio ambiente e impactando significativamente la vida acuática. La explotación minera genera residuos sólidos y líquidos, los cuales contienen metales pesados depositados en ecosistemas acuáticos, afectando especies marinas que sirven de alimento a la población y comunidades aledañas en perjuicio de su salud y el medio ambiente.

Ecuador es uno de los países que se ven afectados, donde la actividad minera no cumple con los parámetros legales de exploración y explotación amigables con el medio ambiente, encontrándose residuos mineros en ríos que desembocan en el mar provocando grandes pérdidas de vida acuática, dañando la calidad del agua en la que se encuentran metales nocivos para la flora y fauna acuática como el cadmio, el mercurio y la plata, dando como resultado que las especies acuáticas tengan altos niveles de estos metales, superiores a los estándares permitidos, en perjuicio de ellos y de las personas que los utilizan para su alimentación .

La minería es un caso particular en lo que respecta a la generación de residuos. Es una actividad que se remonta a miles de años atrás. Esta puede estar presente dentro del lecho acuático como en la cercanía de la ribera del río. Para la extracción de metales se necesita remover grandes cantidades de tierra, que luego de un proceso químico, son depositados en ríos con graves perjuicios ambientales.

Como señala López et al. (2016) en asentamientos mineros se utiliza mercurio y cianuro para el proceso de lixiviación que da como resultado la obtención de oro puro, y lo que no se recupera por este proceso, se aplican técnicas electroquímicas dentro de piscinas de cianuración para disolver el oro para su precipitación sobre zinc, para separar el metal precioso. Este proceso, al no estar elaborado de manera eficiente, puede liberar compuestos químicos en perjuicio de la flora y fauna presentes en el medio minero.

La actividad minera se ha convertido en uno de los sectores líderes para el desarrollo social y económico de los países, cuya provisión de minerales metálicos y no metálicos tiene una alta demanda en los mercados internacionales. Los gobiernos buscan su crecimiento como mecanismo de generación de divisas y fuentes de

empleo. A pesar de su importancia para la economía de los países, sus procesos productivos no son amigables con el medio ambiente. Se han realizado grandes esfuerzos en todo el mundo para minimizar el daño ambiental de las actividades mineras. Sin embargo, todavía queda un largo camino por recorrer, donde su mayor desafío ecológico en la minería es el manejo de los relaves mineros.

Los relaves mineros son lo que queda del mineral extraído después de que el metal objetivo (por ejemplo, cobre u oro) se haya separado del mineral. La separación se logra mediante un proceso industrial que utiliza molienda física y trituración para romper el mineral en pequeñas partículas, seguido de métodos de extracción química y flotación. Los relaves de la minería contienen metales pesados, reactivos químicos utilizados en el proceso de separación (por ejemplo, cianuro del procesamiento del oro) y materiales sulfurados.

Ayala (2019) indica que el principal problema de las minas es que se encuentran elevadas concentraciones de metales con cientos de mg/litro con un impacto negativo en los individuos, así como en las plantas y especies animales que viven en ríos o mares interrumpiendo la cadena alimentaria. Terneus y Yáñez (2018) consideran que los ecosistemas acuáticos del Ecuador han estado expuestos a alta presión antrópica en los últimos veinte años, observándose un deterioro de estos afluentes con una cantidad y calidad insuficientes.

Es fundamental conocer la incidencia de las especies marinas para el mantenimiento de sus ecosistemas. Samaniego (2020) comenta que el territorio marítimo ecuatoriano es 5,5 veces más grande que el territorio terrestre, donde el 45% de los habitantes del país vive en la franja costera. Además, existen 24 de los 27 ecosistemas acuáticos reconocidos en el mundo, como humedales, playas, manglares, plataformas, arrecifes, cordilleras submarinas, fosas oceánicas, con alta biodiversidad marina.

A nivel mundial, los países están tomando medidas correctivas para reducir el impacto ambiental de las actividades mineras mediante la creación de leyes, sanciones financieras más importantes para las empresas que no cumplan con las regulaciones legales. Como señala Vilela et al. (2020), todos los actores del sector

minero deben aplicar protocolos para la conservación y preservación del medio ambiente basados en una cultura de sostenibilidad.

Para Guaranda (2011), Ecuador, hasta 1991, contaba con regulaciones legales ambientales limitadas para el sector minero. Antes de crear la Ley de Minería de 1991 y luego con la Constitución de la República del Ecuador en 2008, las empresas o particulares que realizan este tipo de actividades estaban obligadas a elaborar estudios de impacto ambiental, planes de gestión ambiental para formalizar este sector para su transformación. Para Vásconez y Torres (2018), es imposible creer que en el siglo XXI las actividades económicas no vayan de la mano de criterios de sostenibilidad y respeto por la naturaleza.

Además de las leyes internacionales y nacionales, se agregan normas internacionales como las Normas ISO 14000, las cuales, para Acuña et al. (2017), es un sistema de procedimientos para proteger la sostenibilidad y reducir los impactos ambientales por parte de empresas y organizaciones. Otro estándar, como indican Carmona et al. (2017), es la Fair Mined la que garantiza al consumidor que el material adquirido ha sido obtenido respetuosamente con el medio ambiente.

Según Laino et al. (2015), la Canadian Environmental Quality Guide (CEQG) se ha convertido en un estándar reconocido internacionalmente para determinar los parámetros de calidad del agua para proteger la vida acuática de la contaminación ambiental causada por la presencia de metales. En Ecuador, Anexo 1 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente: Norma de Calidad Ambiental y Descarga de Efluentes al Recurso Hídrico, emitida en 2015 para preservar y controlar la contaminación ambiental de los recursos hídricos.

Se desarrollaron estándares internacionales y nacionales para evaluar los niveles de contaminación de los recursos hídricos y las especies acuáticas que se encuentran en su hábitat para proteger los ecosistemas acuáticos que son tan importantes para el equilibrio del medio ambiente. Medio ambiente que sirva para una mejor calidad de vida del ser humano.

Este estudio tiene como objetivo describir los residuos de la actividad minera y el impacto en la vida acuática de acuerdo a estándares nacionales e internacionales. Para lograr esto, se utilizó la investigación descriptiva mediante el uso de la técnica

bibliográfica para recolectar información que sirva para tener una idea más clara sobre la importancia de los estándares dentro de las actividades extractivas del sector minero para reducir su impacto ambiental en la vida acuática, imprescindible para la sostenibilidad de la flora y fauna de nuestro entorno.

2. DESARROLLO

2.1. Actividad minera

Casi todos los aspectos de nuestra vida moderna se basan en minerales o productos minerales, como metales básicos, metales preciosos, carbón, arenas de hierro, piedra caliza y minerales industriales. Estos son elementos vitales que se utilizan para la edificación y la construcción, la fabricación de vehículos y combustibles, las computadoras y otros dispositivos electrónicos, la comunicación, la salud y la odontología, la producción de alimentos y la producción y transmisión de energía.

Además de suministrar al mundo los minerales que la sociedad moderna necesita, la minería crea puestos de trabajo y contribuye directamente a nuestra prosperidad económica. El sector minero es el punto de partida de una cadena de valor significativa. De acuerdo los estudios del Foro Económico Mundial (2014), todo el sector de la minería y los metales aporta a la economía con más de 1 billón de dólares.

El crecimiento poblacional, el incremento urbano, las necesidades de las personas provocan la demanda de productos y servicios, donde los productos mineros se convierte en uno de los pilares para este aumento. La proliferación de las necesidades urbanas da lugar que las actividades mineras sean mayores (CEPAL, 2016).

Los procesos que conllevan las actividades mineras generan efectos negativos, como lo señalan Pérez y Betancur (2016), afectando las actividades sociales y ambientales en una variedad de maneras por el uso de químicos que alteran y contaminan ecosistemas que se bio acumulan en organismos vivos que a su vez perjudican la flora y fauna, así como la salud de las personas que lo utilizan como alimento.

La exploración minera genera un cambio del uso del suelo con impactos negativos en el medio ambiente, incluida la deforestación, la erosión, la contaminación del suelo, presencia de ruido, polvo y las emisiones. Las minas abandonadas también dan lugar a la contaminación ambiental, donde la infraestructura que fue utilizada afecta a la flora y fauna.

La minería también puede tener impactos positivos y negativos en los seres humanos y las sociedades. Los impactos negativos incluyen los que afectan a la salud humana y el nivel de vida. También se sabe que la minería afecta las prácticas tradicionales de los pueblos indígenas que viven en las comunidades cercanas, y los conflictos por el uso de la tierra también están presentes, al igual que otros impactos sociales, incluidos los relacionados con la salud pública y el bienestar humano. En términos de impactos positivos, la minería es a menudo una fuente de empleo local y puede contribuir a las economías locales y regionales.

2.2. Ecosistemas acuáticos en el sur del Ecuador

Los ecosistemas acuáticos son entornos basados en el agua en los que los componentes bióticos interactúan con los componentes abióticos del ecosistema acuático. La descarga de diversos contaminantes al medio acuático es el resultado de innumerables actividades antropogénicas, que amenazan la salud de los seres vivos y dañan la calidad del medio ambiente al hacer inadecuados los cuerpos de agua.

Para Pérez y Betancur (2016), las actividades mineras provocan graves efectos a los ecosistemas acuáticos provocados por el aumento de la sedimentación que provoca la disminución de la cobertura vegetal por actividades mineras cuyas operaciones tienen un alto riesgo de verter residuos contaminantes cambiando las propiedades físico químicas del ecosistema.

Los productos químicos que llegan a los ecosistemas acuáticos incluyen elementos radiactivos como estroncio, cesio, radón, también presencia de metales como cadmio, mercurio, plomo. Rocha et al. (2018) indican que uno de estos contaminantes es el mercurio (Hg), el cual al ingresar a ecosistemas acuáticos tiene la particularidad de convertirse en metil mercurio, el cual es más tóxico, esto provocado por la actividad bacteriana, este se acumula en la fauna, que, a su vez, se utilizan como alimento para las comunidades, convirtiéndose en un riesgo para su salud.

En lo referente a Ecuador, según información del Instituto Nacional de Pesca (2020), en el país se encuentran cuantificados 21 ecosistemas acuáticos, de los 27 ecosistemas existentes en el planeta.

2.3. Efectos de la minería en los ecosistemas acuáticos en el sur del Ecuador

Para La Rotta y Torres (2017), la minería hoy es fuente de trabajo para muchas personas, convirtiéndose en una importante actividad económica; sin embargo, su desarrollo se convierte en un riesgo significativo por el inadecuado manejo de los residuos mineros, provocando un impacto negativo en el medio ambiente por la contaminación de cursos de agua y especies que se ven afectadas por la cantidad de metales que se depositan en los ríos y desembocan en el mar.

2.4. Alteraciones en la dinámica fluvial

La Association of American Feed Control Officials, tiene cuatro clasificaciones para los metales como altamente tóxicos, tóxicos, medianamente tóxicos y ligeramente tóxicos, con valores máximos recomendados para ser destinado como alimento para las personas (Cahuana & Aduvire, 2019).

Tabla 1. *Clasificaciones metales tóxicos*

Categoría	Metal	Nivel máximo (mg/kg)
Altamente tóxico	<ul style="list-style-type: none">▪ Cadmio▪ Mercurio▪ Selenio	10
Tóxico	<ul style="list-style-type: none">▪ Bario▪ Cobalto▪ Cobre▪ Plomo▪ Molibdeno▪ Tungsteno▪ Vanadio	40
Moderadamente toxico	<ul style="list-style-type: none">▪ Antimonio▪ Arsénico▪ Yodo▪ Níquel	400
Ligeramente tóxico	<ul style="list-style-type: none">▪ Aluminio▪ Boro▪ Bromo	1.000

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Bismuto ▪ Cromo ▪ Manganeso ▪ Zinc 	
--	---	--

Fuente: AAFCO (1996)

2.5. Metales pesados y la normativa de calidad ambiental en el Sur del Ecuador

Arada et al. (2018) señalan que el consumo de metales pesados se convierte en un riesgo en la salud de los individuos, entre los que se pueden nombrar: Cadmio, Mercurio, Plomo, Cobre, Níquel, Antimonio y Bismuto; su peligrosidad se debe a la propiedad de acumularse en el cuerpo humano.

Para Fuentes et al. (2018) los peces al encontrarse en la parte superior de la cadena alimenticia dentro de los ecosistemas acuáticos son los principales en acumular cantidades de metales pesados provenientes de alimentos, agua y sedimentos. Convirtiéndose en un peligro para la salud de los individuos que utilizan estos productos dentro de su dieta alimenticia.

De acuerdo a un trabajo realizado por Jacinto y Aguilar (Jacinto & Aguilar, 2007) la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO), el Comité Permanente sobre el Derecho Humano a una Alimentación Adecuada (DHAA) y la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA) señalan los límites máximos de metales pesados de las especies acuáticas para el consumo humano.

Tabla 2. Clasificaciones metales tóxicos en ($\mu\text{g/g}$)

Especie acuática	Elementos	Límites internacionales		
		FAO	DHAA	FDA
Molusco	Cadmio	1.00	2.00	4.00
	Plomo	2.00	2.50	1.70
	Cobre	10.00	150.00	-
	Zinc	-	200.00	-
Pescado	Cadmio	1.00	1.00	
	Plomo	2.00	2.00	
	Cobre	30.00	150.00	
	Zinc	40.00	20.00	
Crustáceo	Cadmio	1.00	-	3.00
	Plomo	2.00	2.50	1.50
	Cobre	10.00	150.00	
	Zinc	-	200.00	

2.6. Estándares internacionales y nacionales para la protección de la vida acuática

Las Directrices Canadienses de Calidad Ambiental (CEQG, 2021) suministran objetivos de acuerdo a la calidad de los ecosistemas acuáticos y terrestres. Este estándar tiene entre sus directrices la calidad de los sedimentos para la protección de la vida acuática, en que describe pautas sobre concentraciones numéricas o declaraciones narrativas destinadas a proteger todas las formas de vida acuática de agua dulce y marina (incluidos los estuarios) durante todos los aspectos de sus ciclos de vida acuáticos durante un período indefinido de exposición a sustancias asociadas con los sedimentos del lecho.

Como ejemplo, se expone la siguiente tabla con tres químicos y sus concentraciones mínimas y máximas para la defensa de los recursos acuáticos proveniente de la explotación minera.

Tabla 3. *Concentraciones mínimas y máximas para la protección de vida acuática marina*

Químico	Grupo químico	Calidad del agua		
		Especies marinas		
		Concentración (µg/L) Corto plazo	Concentración (µg/L) Largo plazo	Fecha
Arsenic	Inorganic, metals	No data	12.5	1997
Cadmium	Inorganic, metals	NRG	0.12	2014
Mercury	Inorganic, metals	No data	0.016	2003

Fuente: Directrices Canadienses de Calidad Ambiental (2021)

Tabla 4. *Concentraciones mínimas y máximas para la protección de vida acuática de agua dulce*

Químico	Grupo químico	Calidad del agua		
		Especies de río		
		Concentración (µg/L) Corto plazo	Concentración (µg/L) Largo plazo	Fecha
Arsenic	Inorganic, metals	No data	5	1997
Cadmium	Inorganic, metals	Equation	Equation	2014
Mercury	Inorganic, metals	No data	0.026	2003

Fuente: Directrices Canadienses de Calidad Ambiental (2021)

En Ecuador existe Anexo 1 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente: Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua, en que se exponen los criterios de calidad para la preservación de la vida acuática, tal como se muestra a continuación.

Tabla 5. *Criterios de la calidad de agua para preservar la vida acuática.*

Parámetros	Unidad	Criterio de calidad	
		Agua cálida dulce	Agua marina y de estuario
Aluminio	mg/l	0.1	1.5
Amoniaco	mg/l	0.02	0.4
Arsénico	mg/l	0.05	0.05
Cadmio	mg/l	0.01	0.05
Cianuro	mg/l	0.01	0.01
Cloro	mg/l	0.01	0.01
Cobre	mg/l	0.02	0.05
Estaño	mg/l	-	2.00
Hierro	mg/l	0.3	0.3
Mercurio	mg/l	0.002	0.001
Plata	mg/l	0.01	0.005
Plomo	mg/l	-	0.01
Selenio	mg/l	0.01	0.01

Fuente: Anexo 1 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria (2015).

En un trabajo realizado por Reyes et al. (2016) indica la siguiente tabla con límites máximos permisibles de concentración de metales pesados como Mercurio (Hg), Arsénico (As), Cadmio (Cd) y Plomo (Pb), de acuerdo al Codex y la Unión Europea.

Tabla 6. *Límites máximos permitidos*

Alimento	Unidad	Hg	As	Cd	Pb
Agua marina y estuarios	mg/l	0.001	0.05	0.05	0.01
Peces	mg/l	0.5	2	Nan	nan
Peces depredadores	mg/l	1	Nan	Nan	nan

Fuente: Codex Stand (1995)

2.7. Concentración de metales pesados en ambiente acuático, evaluación bajo normas de calidad ambiental

El Ministerio del Ambiente (2020) indica que para el año 2018, Ecuador tuvo una producción de 23.6 toneladas de oro, proveniente de la minería artesanal y de pequeña escala (MAPE). De esta producción, el 40% se lo realizó mediante técnicas de amalgamación, la pérdida de mercurio se ubicó en 29.6 toneladas que fueron depositadas en el medio ambiente.

En el país, la zona 7 está compuesta por las provincias de El Oro, Loja y Zamora Chinchipe, localizadas al sur del Ecuador, los asentamientos mineros de Zaruma y Portovelo son los más antiguos, a su vez cuentan con la mayor capacidad para procesar metales como el oro y plata, además de concentrados polimetálicos, contando con 81 plantas de beneficio que procesan de 20 a 300 toneladas diarias.

De acuerdo al estudio realizado por el Ministerio del Ambiente (2020) en conjunto con organizaciones internacionales, estas plantas de beneficios, a pesar de contar con piscinas para almacenar lixiviados, sus prácticas son muy rudimentarias, dando lugar que las piscinas rebosen los relaves amalgamados con productos cianurados en forma de mercurio que es una de los metales más tóxicos.

Para Velásquez et al. (2011) los propietarios de los centros de procesamiento y los mineros en el sur de Ecuador lixivian el oro restante usando cianuro a través del sistema Merrill-Crowe o CIP (carbón en pulpa), en que se estima que el 50% del mercurio que ingresa a los tanques de cianuración se disuelve formando complejos de cianuro-mercurio. Una porción importante (15 a 31%) permanece en la solución efluente y se descarga directamente a los ríos. La emisión de mercurio a la atmósfera procedente de la cianuración de relaves ricos en mercurio también representa una amenaza importante para la salud de la comunidad cuando los mineros queman virutas de zinc esparciendo mercurio al aire. Es decir, la contaminación se da en el aire, tierra y agua, en perjuicio de las personas y vida silvestre del entorno.

Schudel et al. (2018) en una investigación realizada en el río Puyango-Tumbes, ubicada en la Región Andina Suroccidental se encontró que los relaves y los estanques de relaves se dejan abiertos al medio ambiente, lo que permite la escorrentía y el drenaje al río. El sedimento recolectado de una corriente de drenaje

que va desde un estanque de relaves hasta un afluyente del río Puyango contenía 2.2 mg / kg de HgT.

Vela et al. (2019), en su estudio obtuvo que las aguas provenientes del río Calera, generado por la actividad minera, tenían una concentración de mercurio de 0.007 mg/L, sobre los máximos permitidos en la normas nacionales que sugiere el valor de 0.005 mg/L, incumpliendo con los parámetros legales. Contaminación que la confirma Molina et al. (2019) quienes, en un estudio realizado en la zona marino-costera de la provincia de El Oro, se encontró mercurio en las raíces de *R. mangle* con un valor promedio de 271.58 ± 131.05 mg/kg, efectos asociados a la descarga de los ríos de las cuencas altas, lugar en que se encuentran ubicadas las concesiones mineras.

En otro estudio a cargo de Velásquez et al. (2020), realizado en el estuario La Puntilla de la provincia de El Oro en que desembocan los ríos Chaguana, y Siete, los resultados indican altas concentraciones de mercurio en el manglar, superiores a los estándares de Canadá que se ubican en 0.49 mg/kg, a su vez superan los límites del Departamento de Ambiente de Toxicología de la Universidad de Florida, con límites de 0.03 mg/kg, cuyos efectos son perjudiciales para la especies acuáticas que se alimentan de microalgas e invertebrados que se encuentran en el lugar.

De acuerdo a Oviedo et al. (2020), las plantas de procesamiento de Zaruma y Portovelo se encuentran a orillas de los ríos Calera y Amarillo, en que se usa el cianuro (Cn) para las piscinas de lixiviación que sirven para la fase de extracción, los residuos son eliminados a ríos con graves impactos al medio ambiente. Dentro del estudio se señala que FUNSAD hizo estudios en estos cantones de la provincia de El Oro en que se encontró niveles altos de metales como plomo (Pb) (1796.8-4060.0 mg/Kg), arsenico (As) (396.0-8800.0 mg/Kg), zinc (Zn) (513.0-2670.0 mg/Kg), cadmio (Cd) (27.0-44.1 mg/Kg), y mercurio (Hg) (1.0-35.9 mg/Kg), sobre el límite máximo permitido.

Las investigaciones analizadas demuestran la presencia de mercurio y otros metales pesados en los recursos y ecosistemas acuáticos, una clara indicación de los flujos de contaminantes en el momento del muestreo y, por lo tanto, los peligros potenciales para la biota y los seres humanos a través de esta ruta de exposición.

Las concentraciones de elementos potencialmente dañinos en el sedimento del fondo indican el riesgo probable para la biota de la removilización como resultado de la metilación y otros procesos.

3. CONCLUSIONES

Las actividades mineras desequilibran el ecosistema a través del depósito directo o indirecto de metales pesados en los recursos hídricos, afectando la vida acuática y las comunidades que utilizan sus especies como alimento, perjudicando su salud.

El ecosistema acuático es un sistema natural esencial para los seres vivos, compuesto por componentes bióticos y abióticos. El agua juega un papel indispensable en la regulación de los procesos de los ecosistemas a escala global, uniendo la atmósfera, la litosfera y la biosfera, moviendo sustancias entre ellas y permitiendo que ocurran reacciones fisicoquímicas que representan la calidad del cuerpo de agua para el desarrollo de la vida acuática.

Las especies acuáticas son una parte integral del medio ambiente, siendo un recurso vital que proporciona alimento, recreación y valor económico. Las especies acuáticas no pueden vivir aisladas ya que son parte de un ecosistema e interactúan con el ambiente físico, químico y biológico de un sistema acuático para su crecimiento, reproducción y supervivencia.

El gobierno debe incrementar los controles y cumplir con las leyes ambientales para proteger el ecosistema acuático, fundamental para preservar las especies utilizadas en la dieta de las comunidades aledañas a las minas.

BIBLIOGRAFÍA

- AAFCO. (1996). *Official Publication*. Champaign, IL: Association of American Feed Control Officials. Retrieved from Official Publication.
- Acuña, N., Figueroa, L., & Wilches, M. J. (2017). Influencia de los Sistemas de Gestión Ambiental ISO 14001 en las organizaciones: caso estudio empresas manufactureras de Barranquilla. *Ingeniare. Revista chilena de Ingeniería*, 25(1), 143-153. doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052017000100143>
- Anexo 1 del Libro VI del Texto Unificado. (2015). *Anexo 1 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente: Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua*. Quito: Registro Oficial Edición Especial N° 387.
- Arada, M. d., Garrido, D., & Acebal, A. (2018). Evaluación de metales pesados e impacto ambiental en los pozos “Rive Fuente” y “Bárbara” del poblado El Cobre. *Revista Cubana de Química*, 30(1), 68-76. Retrieved from <https://cubanaquimica.uo.edu.cu/index.php/cq/article/view/3151>
- Ayala, H. (2019). *Investigación científica y sociológica respecto a los impactos de la actividad minera en los ecosistemas del territorio colombiano*. Bogotá: Sentencia T 445.
- Cahuana, L., & Aduvire, O. (2019). Bioacumulación de metales pesados en tejidos de vegetación acuática y terrestre evaluados en áreas donde existen pasivos ambientales mineros en el Perú. *Revista de Medio Ambiente Minero y Minería*, 4(2), 19-36. Retrieved from http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2519-53522019000200002&lng=pt&nrm=iss
- Carmona, U., Cardona, H., & Restrepo, I. (2017). Gestión ambiental, sostenibilidad y competitividad minera. Contextualización de la situación y retos de un enfoque a través del análisis del ciclo de vida. *Dyna*, 87(201), 50-58. doi:<http://dx.doi.org/10.15446/dyna.v84n201.60326>
- CEPAL. (2016). *La importancia de la actividad minera en la economía y sociedad peruana*. Bogotá: Comisión Económica para América Latina y el Caribe.
- CEQG. (2021). *Directrices Canadienses de Calidad Ambiental*. Retrieved from Canadian Council of Ministers of the Environment of Canada:

<https://ccme.ca/en/current-activities/canadian-environmental-quality-guidelines>

Codex Stand. (1995). *Norma general del codex para los contaminantes y las toxinas presentes en los alimentos*. Retrieved from http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/livestockgov/documents/CXS_193s.pdf

Fuentes, F., Pinedo, J., & Marrugo, J. (2018). Metales pesados en especies ícticas de la ciénaga de Mallorquín, Colombia. *Revista Espacios*, 39(3), 1-12. Retrieved from <https://repositorio.cuc.edu.co/handle/11323/1225>

Guaranda, W. (2011). *Fundación Regional de Asesoría en Derechos Humanos. INREDH*. Retrieved from Diagnóstico Legal de la Minería en el Ecuador: <https://www.inredh.org/index.php/inicio/que-es-el-inredh>

Instituto Nacional de Pesca. (2020). *Junio, dedicado al océano y al ambiente terrestre y marino!* Retrieved from <https://www.institutopesca.gob.ec/junio-dedicado-al-oceano-ambiente-terrestre-y-marino/>

Jacinto, M., & Aguilar, S. (2007). Concentraciones traza de metales en especies marinas de la bahía de Huarmey, Ancash, Perú. *Revista Peruana de Biología*, 14(2), 307-312. Retrieved from http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-99332007000300024

La Rotta, Á. M., & Torres, M. H. (2017). Explotación minera y sus impactos ambientales y en salud. El caso de Potosí en Bogotá. *Saúde Debate*, 41(112), 77-91. doi:10.1590/0103-1104201711207

Laino, R., Bello, R., González, M., Ramírez, N., Jiménez, F., & Musálem, K. (2015). Concentración de metales en agua y sedimentos de la cuenca alta del río Grijalva, frontera México-Guatemala. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 6(4), 61-74. Retrieved from http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-24222015000400004

López, M., Santos, J., Quesada, C., Segura, M., & Pérez, J. (2016). Actividad minera y su impacto en la salud humana. *Revista Ciencia UNEMI*, 9(17), 92-100. Retrieved from <http://repositorio.unemi.edu.ec/handle/123456789/3134>

- MAE. (2006). *Políticas y Plan Estratégico del Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador 2007 - 2016*. Quito: Proyecto GEF: Sistema Nacional de Áreas Protegidas.
- Ministerio del Ambiente. (2010). *Cuarto informe nacional para el convenio sobre la diversidad biológica*. Quito: Ministerio del Ambiente de Ecuador.
- Ministerio del Ambiente. (2020). *Línea de Base Nacional para la Minería Artesanal y en Pequeña Escala de oro en Ecuador, conforme la Convención de Minamata sobre Mercurio*. Quito: Ministerio del Ambiente del Ecuador.
- Molina, E., Marín, A., Lapo, B., González, V. H., & Lemus, M. (2019). Mercurio en raíces aéreas y absorbentes de *Rhizophora Mangle* L. localizada en el litoral costero de la provincia de El Oro, Ecuador. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 35(4), 807-814. doi:10.20937/RICA.2019.35.04.03
- Oviedo, R., Moina, E., Naranjo, J., & Barcos, M. (2020). Contaminación por metales pesados en el sur del Ecuador asociada a la actividad minera. *Bionatura*(8), 210-228. doi:https://doi.org/10.32719/25506641.2020.8.8
- Pérez, M., & Betancur, A. (2016). Impactos ocasionados por el desarrollo de la actividad minera al entorno natural y situación actual de Colombia. *Sociedad y Ambiente*(10), 95-112. Retrieved from <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=455746534005>
- Reyes, Y., Vergara, I., Torres, O., Díaz, M., & González, E. (2016). Contaminación por metales pesados: implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria. *Revista Ingeniería, Investigación y Desarrollo*, 16(2), 66-77. Retrieved from <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6096110>
- Rocha, L., Olivero, J., & Caballero, K. (2018). Impacto de la minería del oro asociado con la contaminación por mercurio en suelo superficial de San Martín de Loba, Sur de Bolívar (Colombia). *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 34(1), 93-102. doi:10.20937/RICA.2018.34.01.08
- Samaniego, J. (2020). *Importancia de los océanos para Ecuador y el mundo*. Retrieved from Fondo Mundial para la Naturaleza: <https://www.wwf.org.ec/?364154/>
- Schudel, G., Adler, R., Veiga, M., Velásquez, P. C., Lees, P., Winland, S., . . . Bergquist, B. (2018). An investigation of mercury sources in the Puyango-

- Tumbes River: Using stable Hg isotopes to characterize transboundary Hg pollution. *Chemosphere*, 222, 777-787. doi:<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.03.081>
- Terneus, E., & Yáñez, P. (2018). Principios fundamentales en torno a la calidad del agua, el uso de bioindicadores acuáticos y la restauración ecológica fluvial en Ecuador. *La Granja. Revista de Ciencias de la Vida*, 27(1), 26-46. doi:10.17163/lgr.n27.2018.03
- Vásconez, M., & Torres, L. (2018). Minería en el Ecuador: sostenibilidad y licitud. *Estudios del Desarrollo Social: Cuba y América Latina*(2), 83-103. Retrieved from http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2308-01322018000200006
- Vela, N., Guamán, M. C., & González, N. (2019). Biorremediación eficiente de efluentes metalúrgicos mediante el uso de microalgas de la Amazonía y Los Andes del Ecuador. *Revista internacional de Contaminación Ambiental*, 35(4), 917-929. doi:10.20937/RICA.2019.35.04.11
- Velásquez, P., López, I., & Rivera, M. F. (2020). Estimación del riesgo ecológico y a la salud humana del mercurio en una zona de manglar del estuario La Puntilla, provincia de El Oro, sur del Ecuador. *Invemar*, 49(1), 81-100. doi:1025268/bimc.invemar.2020.49.1.775
- Velásquez, P., Veiga, M., Klein, B., Shandro, J., & Hall, K. (2011). Cyanidation of mercury-rich tailings in artisanal and small-scale gold mining: identifying strategies to manage environmental risks in Southern Ecuador. *Journal of Cleaner Production*, 19, 1125-1133.
- Vilela, W., Espinoza, M., & Bravo, A. (2020). La contaminación ambiental ocasionada por la minería en la provincia de El Oro. *Estudios de la Gestión*(8), 215-233. doi:<https://doi.org/10.32719/25506641.2020.8.8>