



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA Y
METALÚRGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



**“EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES DE LA
MINERÍA INFORMAL AURÍFERA EN EL SECTOR TEKENE DEL
DISTRITO DE SINA – PUNO”**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. OMAR EDMUNDO ORIHUELA CONDORI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO GEÓLOGO

PUNO - PERÚ

2020



DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado a mis apreciados padres CELIA CONDORI y EDMUNDO ORIHUELA, por haberme forjado e inculcado los buenos valores y el apoyo incondicional para lograr ser profesional; mis logros se los debo a ellos.

A todos mis hermanos, por el constante apoyo y aliento para seguir el camino del éxito.

A mi querido hijo BASTIAN GADIEL ORIHUELA QUISPE y a mi compañera de vida NOEMI QUISPE COAQUIRA por ser un pilar fundamental de mi vida, por el constante aliento de seguir adelante y su apoyo incondicional.

A mis amigos y compañeros con quienes compartí gratas experiencias, a los que me brindaron constantemente su apoyo moral.

Omar E. ORIHUELA CONDORI.



AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradecer a Dios, creador de este universo.

En segundo lugar, agradecer a los docentes de la Escuela Profesional de ingeniería geológica, por formar profesionales competentes, por las exigencias para el desarrollo del estudiante y al personal que labora en nuestra querida Escuela.

En tercer lugar, mi profundo agradecimiento a mi asesor M.Sc. Andres Olivera Chura, a los miembros del respetable Jurado de este proyecto de Tesis Dr. Erasmo G. Carnero Carnero, Dr. Sofia L. Benavente Fernández, Ing. Georges F. Llerena Peredo.



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE CUADROS

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

RESUMEN 14

ABSTRACT..... 15

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... 16

1.1.1. Identificación del Problema..... 16

1.1.2. Formulación del Problema 17

1.2. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN 17

1.2.1. Hipótesis General 17

1.2.2. Hipótesis Específicas..... 17

1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN 17

1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN..... 18

1.4.1. Objetivos Generales..... 18

1.4.2. Objetivos Específicos 18

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN 19

2.1.1. Antecedentes Internacionales 19

2.1.2. Antecedentes Nacionales 20

2.1.3. Antecedentes Locales 22

2.2. MARCO TEÓRICO 24

2.2.1. Medio Ambiente..... 24



2.2.2. Contaminación Ambiental.....	24
2.2.3. Tipos de Contaminación.....	25
2.2.3.1. Contaminación Física.....	25
2.2.3.2. Contaminación Química.....	25
2.2.3.3. Contaminación Biológica.....	26
2.2.3.4. Contaminación por Hidrocarburos.....	26
2.2.4. Impacto Ambiental.....	27
2.2.5. Metales Pesados.....	28
2.2.6. Drenajes Ácidos.....	29
2.2.7. Drenajes Ácidos de la Mina.....	29
2.2.7.1. Formación de los Drenajes Ácidos.....	30
2.2.8. Dinámica de los Metales Pesados.....	31
2.2.9. Contaminación de Suelos por Metales Pesados.....	31
2.2.10. Contaminación de Agua por Metales Pesados.....	33
2.2.11. Precipitaciones Pluviales.....	33
2.2.12. Parámetros Físicos.....	34
2.2.12.1. Color.....	34
2.2.12.2. Transparencia.....	34
2.2.12.3. Turbiedad.....	34
2.2.12.4. Olor.....	35
2.2.13. Los Metales Pesados y sus Efectos.....	35
2.2.14. Importancia del Análisis de los Metales Pesados.....	35
2.2.15. Impactos al Ecosistema.....	35
2.2.16. Actividad Minera Informal.....	36
2.3. MARCO LEGAL.....	36
2.3.1. Aprobación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) Para Aguas. D.S. 004-2017-MINAM.....	37
2.3.2. Aprobación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) Para Suelos. D.S. 011-2017-MINAM.....	40
2.3.3. Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (USEPA, 1991).....	42
2.4. MARCO CONCEPTUAL.....	43



2.4.1. Geología	43
2.4.2. Geomorfología.....	43
2.4.2.1. Zonas Altamente Disectadas	44
2.4.2.2. Valles Profundos	44
2.4.2.3. Zona de Laderas Abruptas.....	44
2.4.3. Geología Estructural	45
2.4.4. Estratigrafía	45
2.4.5. Hidrogeología	45
2.4.6. Calidad Ambiental.....	45
2.4.7. Diagrama de Flujo	46
2.4.8. Eutrofización	46
2.4.9. Mitigación.....	46
2.4.10. Monitoreo	47
2.4.11. Efluente Liquido de Actividades Minero – Metalúrgicos	47
2.4.12. Normas de Calidad	47
2.4.13. Límites Máximos Permisibles	48
2.4.14. Parámetros	48
2.4.14.1. Físico – Químicos.....	48
2.4.14.2. Inorgánicos	52
2.4.14.3. Parámetros Bacteriológicos.....	56
2.4.15. Puntos de Control	56

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. MATERIALES	57
3.1.1. Plano Topográfico	57
3.1.2. Mapas del INGEMMET	57
3.1.3. Equipos de Protección Personal (EPP).....	57
3.1.4. Libreta de Campo	57
3.1.5. Tablero de Mapeo.....	58
3.1.6. Sistema de Posicionamiento Global (GPS)	58
3.1.7. Brújula	58



3.1.8. Lápiz de Dureza.....	58
3.1.9. Lupa.....	58
3.1.10. Softwares Especializados	59
3.1.11.	59
3.1.12. Materiales Para la Toma de Muestra de Agua.....	59
3.1.12.1. Equipo Multiparámetro	59
3.1.12.2. Recipiente Para la Muestra de Agua	59
3.2. SERVICIOS DURANTE LA INVESTIGACIÓN.....	60
3.3. MÉTODOS	60
3.3.1. Recopilación y Revisión Bibliográfica.....	60
3.3.2. Trabajo de Campo en el Área a Investigarse.....	60
3.3.3. Trabajo de Gabinete	61
3.3.3.1. Evaluación de los Impactos Ambientales.....	61
3.3.3.2. Procesamiento e Identificación de los Resultados de Muestras	61
3.3.4. Redacción del Informe Final	62
CAPÍTULO IV	
CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	
4.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA ZONA DE INVESTIGACIÓN.....	63
4.2. ACCESIBILIDAD.....	63
4.3. CLIMA Y METEOROLOGÍA	63
4.3.1. Clima	64
4.3.2. Precipitación	64
4.3.3. Temperatura.....	66
4.3.4. Humedad Relativa	66
4.3.5. Dirección y Velocidad del Viento	67
4.4. CALIDAD DEL AIRE	67
4.5. GEOMORFOLOGÍA	67
4.6. GEOLOGÍA REGIONAL.....	68
4.7. GEOLOGÍA LOCAL	68
4.7.1. Paleozoico Inferior	69
4.7.2. Grupo San José.....	69



4.7.3. Formación Íparo (Oi - i)	69
4.7.4. Formación Purumpata (Oi - p)	70
4.7.5. Formación Sandia (Os - S)	70
4.7.6. Cuaternario (Qh).....	70
4.8. HIDROGEOLOGÍA	73
4.9. ACTIVIDAD DE LA MINERÍA INFORMAL E ILEGAL	74
4.10. IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE IMPACTOS EN MATERIA AMBIENTAL	76
4.10.1. Identificación y Evaluación de Impactos en Suelos	76
4.10.2. Identificación y Evaluación de Impactos en Fluidos y/o Agua	77
4.10.3. Identificación y Evaluación en la Parte Biótica.....	78
4.11. SELECCIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO	79
4.12. UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO	79
CAPÍTULO V	
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
5.1. IMPACTOS AMBIENTALES DE LA MINERÍA INFORMAL	81
5.2. IMPACTOS AMBIENTALES EN LOS SUELOS	82
5.3. IMPACTOS AMBIENTALES EN EL AGUA	82
5.3.1. Resultados por Metales Pesados.....	82
5.3.2. Análisis del Antimonio.....	83
5.3.3. Análisis del Arsénico.....	84
5.3.4. Análisis del Bario	85
5.3.5. Análisis del Cobre	86
5.3.6. Análisis del Mercurio	87
5.3.7. Análisis del Níquel	88
5.3.8. Análisis del Plomo.....	89
5.3.9. Análisis del Selenio	90
5.3.10. Análisis del Talio.....	91
5.3.11. Análisis del Zinc	92
5.3.12. Análisis de Parámetros Microbiológicos (Coliformes Termototales)	93
5.4. IMPACTOS AMBIENTALES EN EL ASPECTO BIÓTICO	94



VI. CONCLUSIONES	95
VII. RECOMENDACIONES	96
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	97
ANEXOS	101

Área: Seguridad y Medio Ambiente.

Tema: Calidad Ambiental.

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 09 de diciembre 2020.



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Clima típico de la zona de investigación, siempre con presencia de neblina....	64
Figura 2.	Día lluvioso en la zona de investigación.....	65
Figura 3.	Precipitación pluvial a lo largo del año.....	65
Figura 4.	Temperatura media anual, de la estación meteorológica de Cuyo Cuyo.	66
Figura 5.	Geomorfología de la zona de investigación, con presencia de cumbres altas, valles profundos y zonas de ladera.	68
Figura 6.	Terrazas formadas en el cuaternario.....	71
Figura 7.	Flujos de tierra y barro.	72
Figura 8.	Depósitos aluviales del cuaternario.....	73
Figura 9.	Maquinarias y equipos del desarrollo de la minería informal e ilegal.	75
Figura 10.	Impactos en suelos (movimientos en masa).....	77
Figura 11.	Evidencia de contaminación con algunos metales pesados en el río Tekene....	78
Figura 12.	Deforestación en la zona de investigación y algunos animales de la fauna.	79
Figura 13.	Alteración del medio ambiente natural.	81
Figura 14.	Movimientos en masa.....	82
Figura 15.	Análisis de antimonio (Sb).....	83
Figura 16.	Análisis de arsénico (As).....	84
Figura 17.	Análisis de bario (Ba).....	85
Figura 18.	Análisis de cobre (Cu).....	86
Figura 19.	Análisis de mercurio (Hg).....	87
Figura 20.	Análisis de níquel (Ni).	88
Figura 21.	Análisis de plomo (Pb).....	89
Figura 22.	Análisis de selenio (Se).....	90
Figura 23.	Análisis de talio (Tl).....	91
Figura 24.	Análisis de zinc (Zn).	92
Figura 25.	Análisis del parámetro microbiológico de coliformes termototales.....	93
Figura 26.	Deforestación en las zonas aledañas a los campamentos.....	94



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Estándares de calidad ambiental para aguas del Ministerio de Ambiente. (categoría 4: conservación del ambiente acuático).....	38
Tabla 2. Estándares de calidad ambiental para suelo del Ministerio de Ambiente.	40
Tabla 3. Estándares de la agencia de protección ambiental de Estados Unidos.....	42
Tabla 4. Estándares para sedimentos no contaminados de Canadá.....	43
Tabla 5. Mineros informales que trabajan en la concesión ESTRELLA DE ORO SINA.	75
Tabla 6. Mineros informales que trabajan en la concesión ÁGUILA DE ORO N° 1.	76



ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	Descripción del acceso a la zona de investigación.	63
Cuadro 2.	Ubicación de los puntos de muestreo.	80
Cuadro 3.	Resultados de laboratorio para el elemento químico antimonio (Sb).	83
Cuadro 4.	Resultados de laboratorio para el elemento químico arsénico (As).	84
Cuadro 5.	Resultados de laboratorio para el elemento químico Bario (Ba).	85
Cuadro 6.	Resultados de laboratorio para el elemento químico cobre (Cu).	86
Cuadro 7.	Resultados de laboratorio para el elemento químico mercurio (Hg).	87
Cuadro 8.	Resultados de laboratorio para el elemento químico níquel (Ni).	88
Cuadro 9.	Resultados de laboratorio para el elemento químico plomo (Pb).	89
Cuadro 10.	Resultados de laboratorio para el elemento químico selenio (Se).	90
Cuadro 11.	Resultados de laboratorio para el elemento químico talio.	91
Cuadro 12.	Resultados de laboratorio para el elemento químico zinc (Zn).	92
Cuadro 13.	Resultados de laboratorio para el parámetro microbiológico de coliformes termototales.	93



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

ALA	: Autoridad Local del Agua.
ANA	: Autoridad Nacional del Agua.
APHA	: American Public Health Association, USA.
CE	: Conductividad Eléctrica.
DIA	: Declaración de Impacto Ambiental.
Dr.	: Doctor.
DREM	: Dirección Regional Energía y Minas.
DQO	: Demanda Química de Oxígeno.
ECA	: Estándar de Calidad Ambiental.
LCA	: Laboratorio de Calidad Ambiental.
LMP	: Límites Máximos Permisibles.
Mg/L	: Miligramo por Litro.
M.Sc.	: Magister.
m.s.n.m.	: Metros Sobre el Nivel del Mar.
OMS	: Organización Mundial de Salud.
PPM	: Pequeño Productor Minero.
pH	: Potencial de Hidrogeno.
Ppm	: Partes por Millón.
SENAMHI	: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú.
STS	: Total de Sólidos Suspendidos.



RESUMEN

Esta investigación presenta un análisis de la problemática ambiental de la minería informal en el sector Tekene del Distrito de Sina – Provincia de San Antonio de Putina – Región Puno, el cual, es de mucha importancia, debido a la gran existencia de la minería informal e ilegal. La investigación se realizó con el objetivo de examinar e identificar los impactos ambientales de la minería informal. De modo que contribuye a comprender la problemática ambiental y la incidencia de la minería informal hacia el medio ambiente. Como principales impactos ambientales directos se tiene; la alteración morfológica, la remoción de suelos y/o rocas, contaminación con residuos sólidos y metales pesados al río Sina, emisión del mercurio al medio ambiente. Y de manera indirecta la deforestación río abajo, emisión de ruidos al medio ambiente, contaminación con metales pesados a la flora y fauna afectando su hábitat natural. La investigación es de tipo cuantitativo y descriptivo experimental, la metodología que se empleó en esta investigación fue la de gabinete – campo – gabinete. Donde se recopiló datos e información de la zona de investigación, para luego realizar el trabajo de campo, como mapeos y la toma de muestras de agua, después se procedió a interpretar los datos obtenidos de campo y con ello se realizó la comparación de los límites máximos permisibles, de acuerdo a los estándares de calidad ambiental, normados en el D.S. 004-2017-MINAM para aguas y el D.S. 011-2017-MINAM para suelos. La investigación se realizó con la hipótesis de la identificación y valoración de los impactos ambientales de la minería informal por parte de los mineros, el cual permite comprender la problemática ambiental e impactos que genera dicha actividad. Concluyéndose que se afecta a la morfología natural, desapareciendo los suelos con materia orgánica, contaminado al cuerpo acuático con algunos metales pesados como el cobre 0.16955 mg/L, plomo 0.0347 mg/L, selenio 0.0951 mg/L y zinc 5.27 mg/L, que están por encima de los límites máximos permisibles, de acuerdo a las normativas vigentes, en el aspecto biótico resalta la pérdida de la cobertura vegetal.

Palabras Clave: Evaluación, identificación, impacto ambiental, minería informal, valle Sina.



ABSTRACT

This research presents an analysis of the environmental problems of informal mining in the Tekene sector of the Sina District - San Antonio de Putina Province - Puno Region, which is very important, due to the great existence of informal mining and illegal. The research was carried out with the objective of examining and identifying the environmental impacts of informal mining. Thus, it contributes to understanding the environmental problem and the impact of informal mining on the environment. The main direct environmental impacts are; morphological alteration, removal of soil and / or rocks, contamination with solid waste and heavy metals to the Sina river, release of mercury into the environment. And indirectly the deforestation downstream, emission of noise to the environment, contamination with heavy metals to flora and fauna affecting their natural habitat. The research is of a quantitative and descriptive experimental type, the methodology used in this research was that of the cabinet - field - cabinet. Where data and information from the research area were collected, to then carry out field work, such as mapping and taking water samples, then the data obtained from the field was interpreted and with this the comparison of the limits was carried out. maximum permissible, according to the environmental quality standards, regulated in the DS 004-2017-MINAM for waters and the D.S. 011-2017-MINAM for floors. The research was carried out with the hypothesis of the identification and assessment of the environmental impacts of informal mining by the miners, which allows understanding the environmental problems and impacts generated by such activity. Concluding that it affects the natural morphology, disappearing the soils with organic matter, contaminated the aquatic body with some heavy metals such as copper 0.16955 mg / L, lead 0.0347 mg / L, selenium 0.0951 mg / L and zinc 5.27 mg / L, which are above the maximum permissible limits, according to current regulations, in the biotic aspect the loss of plant cover stands out.

Keywords: Evaluation, identification, environmental impact, informal mining, Sina valley.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

“Ningún problema ambiental puede ser resuelto si antes no se conoce las causas que lo generan” (Ocola & Laqui, 2017). A falta de puestos de trabajo y oportunidades laborales en nuestra región, se genera la minería informal e ilegal en zonas auríferas como en la zona de nuestra investigación. La minería informal y la minería ilegal como actividad económica genera una gran cantidad de divisas, pero trae consigo serios problemas al medio ambiente, dejando pasivos ambientales. Razón por el cual, se decidió investigar los problemas generados en el sector Tekene, que está ubicado a 9 Km. Aproximadamente al norte del Distrito de Sina, Provincia de San Antonio de Putina, Región Puno.

En la investigación se realizó recolección de muestras de agua, recolección de datos geológicos y cuatro mapeos geológicos. A partir de los diferentes datos obtenidos en el campo, se realizó la interpretación, elaboración de planos, mapas e informe final, todo ello corresponde a trabajos de gabinete.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Debido a que la minería es una de las actividades que más contribuye a la economía nacional y la economía regional, es por tal motivo que, la actividad minera se incrementa de manera informal e ilegal en esta parte de la región, produciendo impactos ambientales negativos, los cuales son materia de investigación en el presente estudio.

1.1.1. Identificación del Problema

La contaminación ambiental producido, debido al crecimiento de la minería informal en esta zona de estudio y los impactos ambientales que genera dicha actividad, así como; la alteración morfológica, la remoción de suelos y/o rocas, emisión de ruidos, contaminación con metales pesados y residuos sólidos al Rio Sina, afectando a la flora (maizales, chacras de papa, arboles de diferentes especies y pastizales) y fauna (truchas, aves de distintos especies, venados y entre otros animales) rio abajo. El cual pertenece a la cuenca del Inambari.



1.1.2. Formulación del Problema

¿Cuál es el grado de contaminación que genera la minería informal en el sector Tekene del Distrito de Sina?

- ¿Cuáles son los impactos ambientales, que genera la minería informal en los suelos del sector Tekene del Distrito de Sina?
- ¿Cuáles son los impactos ambientales, que genera la minería informal en el agua del sector Tekene del Distrito de Sina?
- ¿Cuáles son los impactos ambientales, que genera la minería informal en la parte biótica del sector Tekene del Distrito de Sina?

1.2. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1. Hipótesis General

La identificación y evaluación de los impactos ambientales, causados por la minería informal permitirá valorar la problemática ambiental generada en suelos, en agua y en la parte biótica.

1.2.2. Hipótesis Específicas

- La minería informal produce impactos negativos afectando a los suelos.
- La minería informal produce impactos negativos en el agua.
- La minería informal produce impactos negativos en la parte biótica.

1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La principal razón por la que se justifica el presente trabajo de investigación es caracterizar e identificar los daños ocasionados por parte de la minería informal en el sector denominado Tekene del Distrito de Sina – Provincia de San Antonio de Putina, esto debido a la presencia desmedida de la minería informal en todo el valle del distrito de Sina, convirtiéndose en un problema social y ambiental, en nuestro tiempos se cuenta con la capacidad tecnológica para determinar las incidencias que tiene esta actividad hacia el ambiente y se cuenta con las normativas legales para la protección del medio ambiente. Por lo tanto, la finalidad de la



investigación es evaluar los impactos ambientales que genera la minería informal ya sea en el suelo y el agua. En los cuales se tiene incidencias directas como la alteración de la morfología, contaminación de ríos con residuos mineros, contaminación de acuíferos, contaminación de mercurio en el agua, emisión de mercurio al medio ambiente, contaminación con metales pesados al medio ambiente, contaminación con residuos sólidos al río Sina, emisión de ruidos, afectaciones a la flora y fauna, etc.

1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. Objetivos Generales

Caracterizar los impactos ambientales causada por la minería informal para comprender la problemática ambiental generada en suelos, en agua y en la parte biótica.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Evaluar la incidencia del impacto hacia los suelos.
- Evaluar la incidencia del impacto al agua.
- Evaluar la incidencia del impacto en la parte biótica.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Martínez & González (2017) en su investigación titulado “Contaminación de suelos agrícolas por metales pesados, zona minera El Alacrán, Colombia” afirma que, realizó el estudio con el objetivo de evaluar la contaminación por mercurio, hierro y cobre en suelos agrícolas, y su relación con algunas características químicas del suelo mediante un análisis de tipo multivariado. El área de estudio comprendió un lote de 1,4 ha ubicado a cinco kilómetros aguas abajo del vertimiento de la mina El Alacrán sobre la quebrada Valdez. Se extrajeron 25 muestras de suelo distribuidas entre zonas eriales y cultivadas, con una densidad de 17,8 muestras/ha. Los resultados mostraron concentraciones excesivas para hierro y cobre totales, y bajas para el mercurio, indicando contaminación por cobre en los suelos agrícolas con valores de T_{Cu} que superaron los máximos permisibles en todas las normas internacionales; a diferencia, los valores de mercurio no indicaron polución. Las propiedades químicas de pH, MO y CICE controlan las concentraciones de los metales Cu y Fe en el suelo, tanto para las formas totales como para las disponibles. No se encontraron evidencias estadísticas que permitieran identificar diferentes poblaciones de suelos en relación a las propiedades químicas y metales pesados evaluados.

Belmonte et. al (2010) en su investigación titulado “Afección de suelos agrícolas por metales pesados en áreas limítrofes a explotaciones mineras del sureste de España” sostiene que, se analiza la contaminación por metales en suelos agrícolas en el entorno de la Sierra minera de Cartagena-La Unión. El muestreo se realizó obteniendo 20 muestras de suelo en uso agrícola mediante una distribución aleatoria en un área de unos 100 km² en torno a la Sierra Minera. Los resultados han detectado concentraciones importantes, que alcanzan y superan los niveles máximos permitidos por diversas normativas internacionales de hasta 11 de los elementos denominados



metales pesados, el Aluminio y Hierro destaca sobre los demás con concentraciones medias porcentuales de 13% y 10% respectivamente. Pero hay que destacar la contaminación excesiva de plomo (Pb) y Zinc (Zn) que duplica e incluso triplica el máximo establecido por las leyes más permisivas, superando con mucho los niveles máximos a partir de los cuales se requiere una intervención obligatoria en todas las legislaciones consultadas.

Mayorga (2012) en su tesis titulado “Evaluación de la contaminación por arsénico y metales pesados en el distrito minero Fresnillo (Zacatecas, México)” investigó con el objetivo de evaluar los niveles y distribuciones de elementos potencialmente tóxicos en suelo superficial, para determinar sus fuentes y mecanismos de dispersión. La metodología utilizada en la presente investigación consistió en; describir el sistema ambiental y los antecedentes históricos del sitio con la ayuda de la revisión bibliográfica y una visita de reconocimiento; delimitar el área de estudio y realizar un plan de muestreo; Los resultados obtenidos confirmaron afectaciones a la calidad de los medios muestreados y analizados, demostrando la presencia de concentraciones que superaron los criterios o valores de referencia que establece la normativa nacional correspondiente. Los EPT de mayor preocupación son Pb y As, y Hg. Las principales fuentes de contaminación identificadas fueron depósitos de residuos (históricos y recientes) no controlados, que se han dispersado al entorno principalmente por dos mecanismos claramente identificados: transporte hídrico a través de escorrentías intermitentes, y transporte eólico preferentemente por los vientos dominantes de la temporada seca. Con respecto a las fuentes de contaminación, los resultados indican elevadas concentraciones de EPT en los sitios donde se ubicaron las haciendas de beneficio por amalgamación. Por lo tanto, advierten serios riesgos ambientales relacionados principalmente a la afectación de los recursos hídricos.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Salas, (2014) en su investigación titulado “Determinación de metales pesados en las aguas del Río Ananea debido a la actividad minera aurífera, Puno-Perú” afirma que, realizó con el objetivo de determinar los niveles de Arsénico, Cadmio, Cobre, Cromo, Mercurio, Plomo y Zinc del río Ananea. La investigación se realizó con el método de



muestreo para los que se programaron tres campañas de muestreo, realizados en los meses de marzo, junio y agosto (período de estiaje). Las concentraciones de los metales pesados se determinaron por espectrometría de absorción atómica, por la técnica del ICP (Inductively Coupled Plasma) EPA: 200.8. Revisión 5,4. 1994. Los resultados mostraron que las concentraciones de Arsénico, Cobre, Cromo, Plomo y Zinc, por encima de los límites máximos permisibles y para metales como Cadmio y Mercurio resultaron valores por debajo de los límites máximos permisibles. Las descargas de agua de la actividad minera aurífera hacia los ríos llegan a sobrepasar los límites permisibles, siendo una fuerte amenaza para la calidad del agua y para la biodiversidad asociada.

Ccancapa (2015) en su tesis titulada “Contaminación del agua superficial y sedimentos por mercurio en la Rinconada, originado por la minería informal (Ananea - Puno)” asegura que, investigó con los objetivos específicos de; Identificar y cuantificar la concentración de mercurio (Hg) en aguas superficiales del C.P Rinconada; Identificar y cuantificar la concentración de mercurio en sedimentos y Determinar los parámetros físicos más importantes (pH, Temperatura, Sólidos disueltos totales, Transparencia, Oxígeno disuelto). La investigación se realizó con la toma de muestras de agua superficial y sedimentos, las muestras se analizaron por el método de fluorescencia atómica EPA 245.2 en el laboratorio de Calidad Ambiental de la Universidad Mayor de San Andrés de la Paz Bolivia. Concluyendo que la concentración de mercurio en aguas superficiales de la quebrada del centro poblado Lunar cuentan con 0.00014 mg/l, en la parte baja de la quebrada del poblado de la Rinconada tiene 0.00018 mg/l, en la zona media de Pampas de Molino fue 0.00013 mg/l y en el ingreso de la laguna Rinconada con 0.00015 mg/l, los valores fueron menores a los Límites Permisibles y estadísticamente similares entre zonas ($P > 0.05$). En el mes de diciembre el contenido de mercurio fue 0.00005 mg/l al igual que en enero y marzo con 0.00034 mg/l superior al resto de meses ($P < 0.05$). La concentración de mercurio en sedimentos, fue en la quebrada del centro poblado Lunar cuenta con 180 mg/l, en la parte baja de la quebrada del centro poblado Rinconada, tiene 43 mg/l, en la zona media de Pampas de Molino (C) fue 50 mg/l y en el ingreso de la laguna Rinconada con 75.67 mg/l, los valores fueron mayores a



los Límites Permisibles y estadísticamente similares entre zonas ($P > 0.05$). En el mes de diciembre el contenido de mercurio fue 64.75 mg/l, en enero 78 y en marzo 118.75 mg/l. El pH en aguas superficiales son ácidos entre 3.4 a 3.47 unidades, la temperatura del agua varió de 5.9 a 6.4 °C debido a la altitud, los sólidos disueltos totales fueron de 693.3 a 713.3 mg/l con mayores valores en la zona alta del efluente, la turbidez fue de 24.3 a 140.3 UNT, el oxígeno disuelto varió de 2.27 a 3.28 mg/l, la conductividad eléctrica de 1366.67 a 14.03.3 ms/cm.

Quispe (2017) en su tesis que lleva por título “Evaluación de la concentración de metales pesados (cromo, cadmio y plomo) en los sedimentos superficiales en el Río Coata, 2017” afirma que, realizó con el objetivo de evaluar la presencia y el grado de contaminación de las concentraciones de los metales pesados (cadmio, cromo y plomo), en los sedimentos superficiales, para ello se han realizado muestreos en dos épocas (avenidas y estiaje) en cinco puntos estratégicos, analizándose la concentración de los metales en mención en cada punto por el método de Espectrometría por emisión atómica. La concentración mínima de Cadmio fue 0.00mg/kg, del cromo 4.10 mg/kg y del plomo 3.75 mg/kg; siendo cromo la que se encuentra por encima, mientras cadmio y plomo se encuentran por debajo de las Estándares de Calidad Ambiental, para suelo de acuerdo al Ministerio del Ambiente. Por lo que, el estudio comprueba que parte de la contaminación del río Coata es provocada principalmente por la descarga incontrolada de las aguas residuales y residuos sólidos a lo largo de la ciudad de Juliaca.

2.1.3. Antecedentes Locales

Mamani (2017) en su tesis titulado “Estudio de la contaminación de la cuenca del Río Suches zona Ocopampa Piñuni por la actividad antropogénica” menciona que, tuvo como objetivo principal identificar y evaluar la concentración de los contaminantes en las aguas de la cuenca del río Suche provocado por la actividad Antropogénica. Esta investigación es de tipo cuantitativa, caracterizando los parámetros físico-químicos y organolépticos de las aguas. La técnica utilizada fue la toma y evaluación de muestras de agua, en diferentes lugares del cauce del río. Concluyendo que, de acuerdo a los resultados obtenidos de las muestras de agua, dan como positivo a la



contaminación de las aguas de la cuenca del río suches, algunos parámetros como la dureza, sólidos totales en suspensión y la turbiedad sobrepasan los límites máximos permisibles, además de ello los metales pesados como el Hg, Pb, As, Zn y Mo están por encima de los límites máximos permisibles y los estándares de calidad ambiental, según DS N° 004-2017-MINAM ECA y D;S N° 010 2010 MINAM, LMP Ley N° 28611, Ley General del Ambiente.

Torres (2012) en su tesis titulado “Evaluación ambiental del proyecto GAU – Sina – San Antonio de Putina” afirma que, tuvo como objetivos específicos cuantificar los principales contaminantes para realizar la evaluación ambiental y determinar el grado de contaminación y los impactos generados en el proyecto GAU. La técnica de evaluación fue la toma de muestras de agua en los efluentes, es una investigación de tipo cuantitativo. Llego a la conclusión de que los sólidos totales en suspensión, los metales pesados Plomo y Mercurio, están por encima de los límites máximos permisibles y los estándares de calidad ambiental generando impactos ambientales hacia la zona de Saqui.

Casilla (2014) en su tesis titulado “Evaluación de la calidad de agua en los diferentes puntos de descarga de la cuenca del Río Suchez” planteó con los objetivos específicos de; evaluar la calidad del agua en los diferentes puntos de descarga y de qué manera afectan a la salud de pobladores, además de determinar el estado de contaminación mercurial de los diferentes componentes del ecosistema. La investigación es de tipo cuantitativo, utilizando la técnica de la toma de muestras para el análisis, en donde concluye que, encontraron que los sólidos suspendidos son bajos (< 5 mg/l), con tendencia a incrementar a medida que hay menos pendiente, en la desembocadura; sin embargo, los sólidos totales alcanzan los valores más elevados en relación a otras zonas del sector 240 mg/l. por lo tanto, el estado de contaminación por mercurio de la cuenca, representa un riesgo para la salud de los pobladores locales.



2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Medio Ambiente

El medio ambiente es un sistema compuesto por elementos naturales y artificiales interrelacionados que son transformados por la intervención del hombre (Real Academia Española, 2006). Además de ello afirma que, los elementos naturales como el agua, suelo, el aire y los fabricados por ser el humano son elementos del medio ambiente.

Por otra parte, el medio ambiente es un “Conjunto de circunstancias físicas, culturales, económicas, sociales, etc. que rodean a las personas” (Real Academia Española, 1992).

En términos macroscópicos se suele considerar al medioambiente como un sector, una región o un todo (escala global). En cada uno de esos niveles o alcances de estudio hay una interacción entre los factores anteriormente mencionados, especialmente del aire, del agua o del suelo como agentes abióticos y de toda una gran variedad de organismos animales y vegetales, con distinto nivel de organización celular, como integrantes del mundo biótico (Valverde, 2007).

Los seres desarrollan su vida en un espacio físico rodeado por otros organismos y el medio físico y socioeconómico. Los factores bióticos y abióticos interactúan entre sí generando un lugar propio y dicho espacio se denomina ambiente. La Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente (1972) se detalló que: “Medio ambiente es el conjunto de componentes físicos, químicos, biológicos y sociales capaces de causar efectos directos o indirectos, en un plazo corto o largo, sobre los seres vivos y las actividades humanas”, citado en el libro “Agenda 21” de (Foy , 1998).

2.2.2. Contaminación Ambiental

En términos sencillos la contaminación es “el proceso de ensuciar” con elementos físicos, químicos y biológicos al medio ambiente y sus ecosistemas; es la alteración



de la calidad ambiental, el cual incluye el desequilibrio ecológico de los ecosistemas. (Torres, 2012, p.7).

La minería informal es una de las actividades que más afecta al medio ambiente en toda su dimensión. Llegando incluso a deteriorar la flora y fauna. Pero todo ello, depende del tipo de yacimiento y el mineral explotado de manera inadecuada y sin planificación de los trabajos.

2.2.3. Tipos de Contaminación

La contaminación se genera de acuerdo a los elementos contaminantes que se descargan en el medio ambiente; ya sea en cuerpos de agua y en los suelos. En los cuerpos de agua podemos clasificar los tipos de contaminación en: físicos, químicos, biológicos e hidrocarburos.

2.2.3.1. Contaminación Física

Las contaminaciones físicas, se pueden dar de variadas formas; así como la alteración de los cuerpos de agua, por materias sólidas (sólidos en suspensión). La contaminación física puede alterar y/o variar algunos parámetros del agua, como, por ejemplo: el color, la temperatura, el pH, olor, sabor y la conductividad eléctrica.

2.2.3.2. Contaminación Química

Los parámetros del agua, se presentan de manera única en cada lugar, ello depende del medio ambiente que lo rodea y de la composición química de los suelos y rocas por los cuales discurre, su variedad también se debe a su ubicación geográfica. Las aguas lenticas, compuestas por una variedad de sustancias orgánicas e inorgánicas; estas aguas generalmente provienen de las minas en actividad, afectando a los cuerpos receptores (ríos), por elementos tóxicos al medio ambiente (flora y fauna acuática).

Entre los elementos que más contaminan al medio ambiente y están presente y/o ligados a la minería informal son, por ejemplo: el mercurio, hierro, cobalto, cobre, cadmio, etc. Pueden estar presentes de forma iónica o como moléculas orgánicas e inorgánicas.



2.2.3.3. Contaminación Biológica

La contaminación biológica, se produce por la intervención de la población, como ejemplo de dicha contaminación tenemos: los desagües de los campamentos mineros que discurren a los cuerpos de agua, generado y/o provocando contaminación bacteriológica, que como consecuencia trae enfermedades patógenas. Dentro de esta contaminación biológica, se tiene dos grupos de bacterias, tales como son: las bacterias aeróbicas que requieren de oxígeno para su subsistencia y las anaeróbicas que no necesitan de oxígeno para su supervivencia.

Las bacterias (coliformes totales) viven en los intestinos de seres de sangre caliente; estas bacterias se hallan en la materia fecal y su presencia puede implicar además la presencia de bacterias patógenas. El cuerpo de agua que ha sido contaminada con aguas negras contiene *Escherichia coli*; pero, no todos los gérmenes tienen origen fecal; este tipo de bacterias es fácilmente controlado en el agua potable empleando cloro libre. En esta investigación no se ha determinado la presencia, ni la magnitud de la contaminación por este tipo de bacterias.

2.2.3.4. Contaminación por Hidrocarburos

En el proceso de la explotación de la minería Informal e Ilegal se utiliza los distintos tipos de derivados de petróleo, así como; aceites de motor, gasolina y otros, sin ninguna medida de protección al medio ambiente.

Las actividades de perforación, explotación, refinación y comercialización del petróleo generan diversos tipos de residuos, los cuales se han vertido sobre los suelos durante décadas, debido a un inadecuado manejo e insuficiente sensibilización ambiental. Como consecuencia, dichos suelos han reducido considerablemente su capacidad natural para sostener a una gran variedad de organismos, restringiendo su capacidad original a tan sólo algunas bacterias oleofílicas, dejando los suelos inutilizables para cualquier tipo de actividad productiva que se quiera realizar (Guerrero, 2002).



2.2.4. Impacto Ambiental

Se conoce como impacto ambiental al efecto causado por la intervención del ser humano sobre el medio ambiente (Chango, 2017). El impacto ambiental es un problema que nos concierne a todos los seres humanos, ya que somos los autores de este deterioro en mayor o menor grado. Como seres inteligentes hemos sido capaces de modificar al ambiente y adaptarlo para satisfacer nuestras necesidades, sin embargo, no hemos considerado los daños que hemos causado al medio ambiente (Cátedra Unesco para la Sostenibilidad, 2017).

Por otra parte, el impacto ambiental es un cambio significativo de uno o más parámetros ambientales, en periodos específicos y áreas definidas; producidos por una actividad humana, ejemplo: la minería.

Según Vélez (2014), la actividad minera genera varios contaminantes que no son biodegradables y por lo tanto su permanencia en el ambiente plantea una amenaza a largo plazo para la salud pública y la vida silvestre, en donde los cambios biológicos debido a la contaminación ocurren en todos los niveles de organización, desde el cambio a nivel molecular hasta cambios considerables a niveles de comunidad.

La actividad minera incide directa o indirectamente sobre los impactos ambientales que se generan en los ecosistemas. En sus etapas productivas, se ve reflejado el constante uso de los recursos naturales, la generación de residuos sólidos y peligrosos, las emisiones de material particulado a la atmósfera y a los ríos, los vertidos de aguas residuales. Principalmente, la minería tiene una gran incidencia en el ambiente cuando no se maneja adecuadamente (Vélez, 2014). El impacto y el peligro de los metales pesados es mucho mayor al no ser química ni biológicamente degradables, afectando así a todo el medio ambiente.

Los contaminantes, después de ser emitidos, pueden permanecer en el ambiente durante cientos de años. Además, su concentración en los seres vivos aumenta a medida que son ingeridos por otros, por lo que la ingesta de plantas o animales contaminados puede provocar síntomas de intoxicación. Dicho fenómeno se da con



los metales mercurio y aluminio, en mamíferos consumidores de pescado y en pájaros insectívoros respectivamente (González, 2004).

2.2.5. Metales Pesados

La contaminación en el suelo por éstos es un problema ambiental grande y difícil de regular, cuando el río recorre suelos con minerales y áreas urbanas es aún más difícil de regular la contaminación (Clevers & Kooistra, 2003).

En el suelo existen unos elementos minoritarios que se encuentran en muy bajas concentraciones y al evolucionar la vida adaptándose a estas disponibilidades, ha ocurrido que las concentraciones más altas de estos elementos se han vuelto tóxicas para los organismos. Dentro de este grupo de elementos son muy abundantes los denominados metales pesados (Torres, 2012).

Se le denomina metal pesado a aquel elemento que tiene una densidad igual o superior a $5\text{gr}/\text{cm}^3$ cuando está en forma elemental, o cuyo número atómico es superior a 20 (excluyendo a los metales alcalinos y alcalino-térreos). Su presencia en la corteza terrestre es inferior a 0,1% y casi siempre menor del 0,01%. Junto a estos metales pesados hay otros elementos químicos que son metales ligeros o no metales se suelen englobar con ellos por presentar orígenes y comportamientos asociados.

Por otro lado, los metales pesados tienen aplicación directa en numerosos procesos de producción de bienes y servicios. Los más importantes son, por ejemplo: Arsénico (As), Cadmio (Cd), Cobalto (Co), Cromo (Cr), Cobre (Cu), Mercurio (Hg), Níquel (Ni), Plomo (Pb), Estaño (Sn) y Zinc (Zn). Metales tóxicos son aquellos cuya concentración en el ambiente puede causar daños en la salud de las personas. Los términos metales pesados y metales tóxicos se usan como sinónimos, pero sólo algunos de ellos pertenecen a ambos grupos.

Sin embargo, algunos metales son indispensables en bajas concentraciones, ya que forman parte de sistemas enzimáticos, como el cobalto, zinc, molibdeno, o como el hierro que forma parte de la hemoglobina. Su ausencia causa enfermedades, su exceso intoxicaciones.



La revista de ingeniería, investigación y desarrollo de bocaya – Colombia afirma que, “La contaminación por metales pesados y metaloides en recursos hídricos, suelos y aire plantea una de las más severas problemáticas que comprometen la seguridad alimentaria y salud pública a nivel global y local.”

2.2.6. Drenajes Ácidos

El drenaje ácido es la formación de aguas ácidas, ricas en sulfatos y metales pesados. Esto es provocado por la lixiviación de sulfuros metálicos y de la pirita presente en carbones. Por lo tanto, se genera cuando los sulfatos de las rocas son expuestos al aire libre o al agua. Este proceso se genera cuando la roca es removida y amontona en pilas de drenaje, y al entrar en contacto con el aire o con el agua crea ácido sulfúrico.

Los minerales sulfurosos están en todas partes en el ambiente geológico, pero se encuentran principalmente en rocas que yacen debajo de una capa de suelo y, a menudo, debajo de la napa freática. Bajo condiciones naturales, el suelo que cubre la roca y el agua subterránea minimizan el contacto con el oxígeno, permitiendo así que la generación de ácido prosiga a una velocidad tan baja que el efecto sobre la calidad general del agua será insignificante o indetectable. La exposición de roca sulfurosa reactiva al aire y al agua, como resultado de actividades tales como la construcción de carreteras o explotación minera, puede acelerar la velocidad de generación de ácido y ocasionar un impacto en el ambiente (Chávez, 2018).

2.2.7. Drenajes Ácidos de la Mina

Los procesos de extracción de un mineral determinado, tienen una fuerte complejidad. Desde el yacimiento, la roca mineralizada y llegar a tener el mineral, requieren de una variedad de procesos, realizando estos procesos se generan residuos sólidos, emisiones de gases y los efluentes líquidos que contienen especies metálicas y otros contaminantes.

Los drenajes ácidos son los efluentes más contaminantes producidos por la extracción de un mineral, la escorrentía e infiltraciones que atraviesan la roca mineralizada,



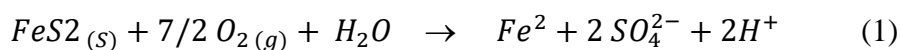
canchas de mineral, relaves mineros, etc. Llegando de esa manera a un cuerpo de agua y/o contaminado directamente a los suelos.

Estas producciones de drenajes ácidos están asociados a minerales como los sulfuros y otros componentes inorgánicos. Los focos de producción de drenajes ácidos principalmente en la exploración minera son, por ejemplo; los drenajes subterráneos, por bombeo o gravedad en las minas activas y por gravedad en las minas abandonadas, la esorrentía en la mina a cielo abierto y los lixiviados de las escombreras y residuos mineros. Estos drenajes ácidos de la mina son emanados desde diferentes actividades y lugares, así como, por ejemplo:

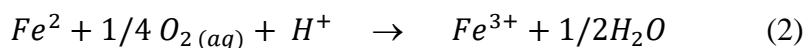
- Trabajos mineros en la superficie y subterráneos.
- Desechos rocosos.
- Sitios de acopio de estériles, provenientes de la molienda u otro.
- Desechos provenientes de embalses.
- Relaves mineros.
- Derrame de concentrados y relaves.

2.2.7.1. Formación de los Drenajes Ácidos

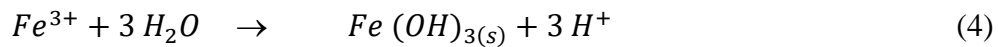
En la naturaleza los sulfuros permanecen en el subsuelo en ausencia de oxígeno y solo una pequeña parte de estos depósitos aflora a la superficie. El drenaje se forma cuando los minerales que contienen azufre, principalmente la pirita (FeS_2), se pone en contacto con la atmósfera, produciendo su oxidación y formando ácido sulfúrico y hierro disuelto (Torres, 2012). La reacción general que controla este proceso es:



En presencia de oxígeno, el hierro ferroso sufre la reacción:



El hierro férrico que se produce puede oxidar nueva pirita (reacción 3) o precipitar como hidróxido férrico (reacción 4).



Estas reacciones generan acidez y liberan grandes cantidades de sulfatos, hierro y otros metales que contienen los sulfuros produciendo un lixiviado toxico. Este lixiviado reacciona con las rocas del entorno produciendo la hidrólisis de otros minerales y haciendo que se disuelva otros elementos.

2.2.8. Dinámica de los Metales Pesados

Los metales pesados incorporados al suelo pueden seguir diferentes vías:

- pueden quedarse retenidos en el suelo, ya sea disueltos en la solución del suelo o fijados por procesos de adsorción, formación de complejos y precipitación.
- pueden ser absorbidos por las plantas y así incorporarse a las cadenas tróficas, pueden pasar a la atmosfera por volatilización.
- pueden movilizarse a las aguas superficiales o subterráneos (adaptado de Calvo Anta, 1996).

2.2.9. Contaminación de Suelos por Metales Pesados

El suelo es un recurso natural no renovable, al menos en una escala de tiempo humano (Jenny, 1980). En condiciones naturales, el suelo tiende a un estado de equilibrio tras un lento proceso de formación denominado edafogénesis (Albaladejo & Díaz, 1990). En estas condiciones el suelo se encuentra cubierto por una vegetación que le aporta una cantidad progresiva de materia orgánica y nutrientes, y produce una mejora en su estructura.

El suelo se forma por la interacción de los sistemas atmósfera, hidrosfera y biosfera sobre la superficie de la geosfera. Ocupa la interface entre la geosfera y los demás sistemas, en la llamada Zona Crítica, (National Research Council, 2001), la parte más dinámica de la superficie de la Tierra. La meteorización química y mecánica de las rocas y la influencia de ciertos procesos microbiológicos producen el suelo. La



meteorización está controlada esencialmente por la energía solar, que regula el ciclo del agua y alimenta los sistemas vivientes, y por circunstancias locales favorables (como la topografía) y propiedades intrínsecas de las rocas (permeabilidad, alterabilidad). Después de un largo periodo de meteorización, y bajo condiciones climáticas estables, el suelo puede alcanzar su equilibrio. Pero cuando uno de los parámetros del sistema varía, el equilibrio se rompe. La interacción con el Hombre, un componente singular de la biosfera, puede romper también el equilibrio, debido a su uso (agricultura, industria, minería, ganadería, etc.). Este tipo de modificación negativa del suelo se denomina normalmente degradación. La presencia en los suelos de concentraciones nocivas de algunos elementos químicos y compuestos (contaminantes) es un tipo especial de degradación que se denomina contaminación. El contaminante está siempre en concentraciones mayores de las habituales (anomalías) y en general tiene un efecto adverso sobre algunos organismos. Por su origen puede ser geogénico o antropogénico. Los primeros pueden proceder de la propia roca madre en la que se formó el suelo, de la actividad volcánica o del lixiviado de mineralizaciones. Por el contrario, los antropogénicos se producen por los residuos peligrosos, derivados de actividades industriales, agrícolas, mineras, etc. y de los residuos sólidos urbanos. Desde un punto de vista legal, los contaminantes antropogénicos son los verdaderos contaminantes. La toxicidad de un elemento o compuesto químico es la capacidad que tiene ese material de afectar adversamente alguna función biológica.

Las actividades humanas producen diferentes tipos de vertidos que incrementan la concentración de metales pesados en sedimentos fluviales. Según su forma de asociación, los metales son susceptibles o no de solubilizarse durante las modificaciones físico – químicos. Además de ello, los sedimentos pueden actuar como portadores y posibles fuentes de contaminación por que los metales pesados no se quedan permanentemente y pueden ser liberados a la columna del agua por cambios en las condiciones ambientales



2.2.10. Contaminación de Agua por Metales Pesados

El agua está contaminada cuando su composición se haya alterado de modo que no reúna las condiciones necesarias para el uso al que se la hubiera destinado, en su estado natural.

Las concentraciones de los metales pesados en las aguas están directamente relacionadas con las actividades humanas y descarga de efluentes, como también son función de las variaciones de caudal de ciertos vertidos puntuales que el río recibe (Vink, 1999). En los sistemas acuáticos se disuelven numerosas sales y sustancias de acuerdo a su susceptibilidad. La presencia en el terreno de diferentes materiales y estructuras geológicas son fuente de una gran variedad de iones disueltos en aguas superficiales, los que nos permitirán saber, de no haber existido la actividad humana, que tipo de suelo atraviesa un cruce se agua. Algunos de estos iones se encuentran en forma mayoritaria, respecto a los demás elementos en todas las aguas continentales: Na, K, Ca, Mg, Cr, mientras que otros se hallan a niveles de trazas, como es el caso de los metales pesados, siendo algunos de ellos necesarios para el correcto desarrollo de los microorganismos, plantas y animales. La contaminación de los ríos se produce, por la presencia de compuestos o elementos químicos que sin las acciones del hombre no estarían, dentro de estos compuestos químicos potencialmente más tóxicos son los metales pesados y entre ellos; Sb, As, Cd, Cu, Cr, Hg, Ni, Pb, Se, Zn.

Sin embargo, el aporte de estos metales al ciclo hidrológico procede de diversas fuentes, siendo una de ellas de origen litogénico o geoquímico, a partir de los minerales que, por causa de erosión, lluvias, etc. Son arrastradas al agua. Pero, la mayor concentración es de origen antropogénico o debido a la actividad humana, como es el caso de la actividad minera en todos sus niveles, los procesos industriales, los residuos domésticos son fuentes importantes de contaminación, que aportan metales pesados al agua.

2.2.11. Precipitaciones Pluviales

De acuerdo a la (UNESCO, 1982), las precipitaciones son como cualquier agua que proviene de la humedad atmosférica y que cae a la superficie terrestre, principalmente



en estado líquido, así como son las lluvias y en sólido como el granizo y la nieve. Estas representan el elemento más importante del ciclo hidrológico, siendo su unidad de medición el milímetro.

2.2.12. Parámetros Físicos

La calidad de aguas está determinada por un conjunto de valores límites de las propiedades físicas químicas y biológicas de acuerdo a la procedencia del uso. Los componentes a controlarse para la evaluación de la contaminación del recurso hídrico son indudablemente los que pueden tener repercusiones directas en la salud pública (Mamani, 2017).

2.2.12.1. Color

El color del agua puede estar condicionado por la presencia de iones metálicos naturales (hierro magnesio), plancton, restos vegetales dándole al agua una coloración amarillo-marrón (Mamani, 2017).

El agua pura es incolora, pero las aguas naturales son a menudo coloreadas por sustancias extrañas. El color del agua se debe a materiales en suspensión determinadas un color aparente. La contribución del color por los sólidos disueltos que permanecen luego de la remoción de la materia en suspensión es conocida como color real.

2.2.12.2. Transparencia

La presencia de materiales en suspensión y colorantes disminuye la transparencia del agua. La energía luminosa disponible para la fotosíntesis puede encontrarse considerablemente reducida. La pérdida de transparencia afecta negativamente a su aspecto negativamente a su aspecto estético (Mamani, 2017).

2.2.12.3. Turbiedad

Es la presencia de partículas debido a un tratamiento insuficiente o como consecuencia de la suspensión de un material extraño en el sistema de distribución (Mamani, 2017).



2.2.12.4. Olor

El olor de las aguas residuales recientes es particular y algo desagradable. Los olores a putrefacción, así como los del ácido sulfhídrico son indicadores de que las aguas servidas son sépticas. Las aguas servidas dan olores característicos a las aguas residuales domésticos (Mamani, 2017).

2.2.13. Los Metales Pesados y sus Efectos

Los efectos de los metales pesados son bastantes graves y hablando específicamente, cambia la alcalinidad del suelo, que, depende mucho de la concentración. También contaminan el agua y los cultivos. En estos, una cantidad excesiva de plomo pueden producir algunas alteraciones en las plantas, también degrada el suelo, lo cual disminuye su productividad, si la contaminación es excesiva, puede llegar a producir desertificación. A nivel de los ríos y lagos, también afecta principalmente la fauna. El problema de la contaminación del medio ambiente por metales pesados es que su efecto es silencioso.

2.2.14. Importancia del Análisis de los Metales Pesados

La exposición masiva a estos agentes tóxicos se convierte en un verdadero peligro ambiental. Transportados por la contaminación del aire, la tierra y el agua (aguas subterráneas y agua de mar) los metales pesados contaminan el cuerpo humano, ya sea directamente por el contacto o indirectamente a través de la cadena alimentaria.

El análisis de metales pesados en sedimentos de río permite detectar la contaminación que puede escapar al análisis de las aguas y también proporciona información acerca de las zonas críticas del sistema acuático (Usero, Morillo, & Gracia, 1997).

2.2.15. Impactos al Ecosistema

La actividad minera genera varios contaminantes que no son biodegradables y por lo tanto su permanencia en el ambiente plantea una amenaza a largo plazo para la salud pública y la vida silvestre, en donde los cambios biológicos debido a la contaminación



ocurren en todos los niveles de organización, desde el cambio a nivel molecular hasta cambios considerables a niveles de comunidad (Vélez, 2014).

Se sabe muy poco sobre los efectos de los metales en los ecosistemas. En los lugares en que aguas de drenaje de minas fluyen en cursos de agua dulce se producen con frecuencia efectos ecológicos evidentes como, por ejemplo, una gran reducción de la fauna invertebrada y la ausencia de peces (Gonzales, 2004).

2.2.16. Actividad Minera Informal

La minería ilegal y la minería informal trabajan al margen de la ley. No cumplen los requisitos para realizar esta actividad económica. La diferencia es que; los mineros informales son aquellos que ya iniciaron o están dispuestos a comenzar una etapa de formalización con el Estado. Sin embargo, en el transcurso, siguen poniendo en riesgo sus vidas y las de terceras personas, e impactando al medio ambiente.

Según (Cuba, 2019), la minería informal es toda actividad minera que se realiza sin cumplir con la legislación vigente sobre explotación de minerales en suelo patrio. En este conjunto se halla tanto la denominada minería ilegal y la artesanal informal.

Se considera que una operación minera es informal cuando no tiene título minero, ni título de acceso a la superficie, no está reconocida como pequeño productor minero, no tiene un instrumento ambiental, incumple con el pago de tributos, las normas laborales y de seguridad.

La legislación vigente denomina minería ilegal a operaciones que incumplen lo anterior, pero que además trabajan en zonas no permitidas por ley, usen o no maquinaria prohibida para la pequeña minería. Este tipo de minería está sujeta a interdicción y no puede llegar a ser formal.

2.3. MARCO LEGAL

Son los decretos legislativos vigentes que se tienen, de instituciones como el MINAN, OEFA, etc.



2.3.1. Aprobación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) Para Aguas. D.S. 004-2017-MINAM

Este decreto define al Estándar de Calidad Ambiental como los valores que indican el nivel de concentración de parámetros químicos, físicos y biológicos presentes en el aire, agua y suelo; estos valores no representan riesgo significativo para la salud de las personas y el medio ambiente. También propone que en el proceso de evaluación de estos parámetros se aplica el principio de gradualidad, ósea que se hará ajustes de estos valores durante el curso de la evaluación (MINAM, D.S. 004 - 2017 - MINAM, 2017).

Además, establece al Ministerio del Medio Ambiente como una de sus funciones específicas la de aprobar los lineamientos, metodologías, procesos y planes para la aplicación de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP) para el Suelo (MINAM, D.S. 004 - 2017 - MINAM, 2017).

Tabla 1 Estándares de calidad ambiental para aguas del Ministerio de Ambiente. (categoría 4: conservación del ambiente acuático).

Parámetros	Unidad de medida	E1: Lagunas y lagos	E2: Rios		E3: Ecosistemas costeros y marinos	
			Costa y sierra	Selva	Estuarios	Marinos
FÍSICOS- QUÍMICOS						
Aceites y Grasas (MEH)	mg/L	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Cianuro Libre	mg/L	0,0052	0,0052	0,0052	0,001	0,001
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	20 (a)	20 (a)	20 (a)	**	**
Clorofila A	mg/L	0,008	**	**	**	**
Conductividad	(μ S/cm)	1 000	1 000	1 000	**	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	5	10	10	15	10
Fenoles	mg/L	2,56	2,56	2,56	5,8	5,8
Fósforo total	mg/L	0,035	0,05	0,05	0,124	0,062
Nitratos (NO ₃ ⁻) (c)	mg/L	13	13	13	200	200
Amoníaco Total (NH ₃)	mg/L	(1)	(1)	(1)	(2)	(2)
Nitrógeno Total	mg/L	0,315	**	**	**	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 5	≥ 5	≥ 5	≥ 4	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,8 – 8,5	6,8 – 8,5
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	≤ 25	≤ 100	≤ 400	≤ 100	≤ 30
Sulfuros	mg/L	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	Δ 3	Δ 2	Δ 2
INORGÁNICOS						
Antimonio	mg/L	0,64	0,64	0,64	**	**
Arsénico	mg/L	0,15	0,15	0,15	0,036	0,036
Bario	mg/L	0,7	0,7	1	1	**
Cadmio Disuelto	mg/L	0,00025	0,00025	0,00025	0,0088	0,0088
Cobre	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,05	0,05
Cromo VI	mg/L	0,011	0,011	0,011	0,05	0,05
Mercurio	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Níquel	mg/L	0,052	0,052	0,052	0,0082	0,0082
Plomo	mg/L	0,0025	0,0025	0,0025	0,0081	0,0081
Selenio	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,071	0,071
Talio	mg/L	0,0008	0,0008	0,0008	**	**
Zinc	mg/L	0,12	0,12	0,12	0,081	0,081
ORGÁNICOS						
Compuestos Orgánicos Volátiles						
Hidrocarburos Totales de Petróleo	mg/L	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Hexaclorobutadieno	mg/L	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006
BTEX						
Benceno	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Hidrocarburos Aromáticos						
Benzo(a)Pireno	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Antraceno	mg/L	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004
Fluoranteno	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Bifenilos Policlorados						
Bifenilos Policlorados (PCB)	mg/L	0,000014	0,000014	0,000014	0,00003	0,00003
PLAGUICIDAS						
Organofosforados						
Malatión	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Paratión	mg/L	0,000013	0,000013	0,000013	**	**
Organoclorados						
Aldrin	mg/L	0,000004	0,000004	0,000004	**	**
Clordano	mg/L	0,0000043	0,0000043	0,0000043	0,000004	0,000004
DDT (Suma de 4,4'-DDD y 4,4'-DDE)	mg/L	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001
Dieldrin	mg/L	0,000056	0,000056	0,000056	0,0000019	0,0000019
Endosulfán	mg/L	0,000056	0,000056	0,000056	0,0000087	0,0000087
Endrin	mg/L	0,000036	0,000036	0,000036	0,0000023	0,0000023
Heptacloro	mg/L	0,0000038	0,0000038	0,0000038	0,0000036	0,0000036
Heptacloro Epóxido	mg/L	0,0000038	0,0000038	0,0000038	0,0000036	0,0000036
Lindano	mg/L	0,00095	0,00095	0,00095	**	**
Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Carbamato						
Aldicarb	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,00015	0,00015
MICROBIOLÓGICO						
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	1 000	2 000	2 000	1 000	2 000

Fuente: MINAM, 2017.



Categoría 4: Conservación del ambiente acuático

Entiéndase como aquellos cuerpos naturales de agua superficiales que forman parte de ecosistemas frágiles, áreas naturales protegidas y/o zonas de amortiguamiento, cuyas características requieren ser protegidas (MINAM, 2017)

a) Subcategoría E1: Lagunas y lagos

Entiéndase como aquellos cuerpos naturales de agua lénticos, que no presentan corriente continua, incluyendo humedales.

b) Subcategoría E2: Ríos

Entiéndase como aquellos cuerpos naturales de agua lóticos, que se mueven continuamente en una misma dirección:

- Ríos de la costa y sierra

Entiéndase como aquellos ríos y sus afluentes, comprendidos en la vertiente hidrográfica del Pacífico y del Titicaca, y en la parte alta de la vertiente oriental de la Cordillera de los Andes, por encima de los 600 msnm.

- Ríos de la selva

Entiéndase como aquellos ríos y sus afluentes, comprendidos en la parte baja de la vertiente oriental de la Cordillera de los Andes, por debajo de los 600 msnm, incluyendo las zonas meándricas.

2.3.2. Aprobación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) Para Suelos. D.S. 011-2017-MINAM

Tabla 2: Estándares de calidad ambiental para suelo del Ministerio de Ambiente.

Parámetros en mg/kg PS ^(a)	Usos del Suelo ^(b)			Métodos de ensayo ^{(c)(d)}
	Suelo Agrícola ^(e)	Suelo Residencial/ Parques ^(f)	Suelo Comercial ^(g) / Industrial/ Extractivo ^(h)	
ORGÁNICOS				
Hidrocarburos aromáticos volátiles				
Benceno	0,03	0,03	0,03	EPA 8260 ⁽ⁱ⁾ EPA 8021
Tolueno	0,37	0,37	0,37	EPA 8260 EPA 8021
Etilbenceno	0,062	0,062	0,062	EPA 8260 EPA 8021
Xilenos ^(j)	11	11	11	EPA 8260 EPA 8021
Hidrocarburos poliaromáticos				
Naftaleno	0,1	0,6	22	EPA 8260 EPA 8021 EPA 8270
Benzo(a) pireno	0,1	0,7	0,7	EPA 8270
Hidrocarburos de Petróleo				
Fracción de hidrocarburos F1 ^(k) (C6-C10)	200	200	500	EPA 8015
Fracción de hidrocarburos F2 ^(l) (>C10-C28)	1200	1200	5000	EPA 8015
Fracción de hidrocarburos F3 ^(m) (>C28-C40)	3000	3000	6000	EPA 8015
Compuestos Organoclorados				
Bifenilos policlorados - PCB ⁽ⁿ⁾	0,5	1,3	33	EPA 8082 EPA 8270
Tetracloroetileno	0,1	0,2	0,5	EPA 8260
Tricloroetileno	0,01	0,01	0,01	EPA 8260
INORGÁNICOS				
Arsénico	50	50	140	EPA 3050 EPA 3051
Bario total ^(o)	750	500	2 000	EPA 3050 EPA 3051
Cadmio	1,4	10	22	EPA 3050 EPA 3051
Cromo total	**	400	1 000	EPA 3050 EPA 3051
Cromo VI	0,4	0,4	1,4	EPA 3060/ EPA 7199 ó DIN EN 15192 ^(p)
Mercurio	6,6	6,6	24	EPA 7471 EPA 6020 ó 200.8
Plomo	70	140	800	EPA 3050 EPA 3051
Cianuro Libre	0,9	0,9	8	EPA 9013 SEMWW-AWWA-WEF 4500 CN F o ASTM D7237 y/o ISO 17690:2015

Fuente: MINAM, 2017.



Suelo: Material no consolidado compuesto por partículas inorgánicas, materia orgánica, agua, aire y organismos, que comprende desde la capa superior de la superficie terrestre hasta diferentes niveles de profundidad (MINAM, 2017).

Suelo Agrícola: Suelo dedicado a la producción de cultivos, forrajes y pastos cultivados. Es también aquel suelo con aptitud para el crecimiento de cultivos y el desarrollo de la ganadería. Esto incluye tierras clasificadas como agrícolas, que mantienen un hábitat para especies permanentes y transitorias, además de flora y fauna nativa, como es el caso de las áreas naturales protegidas (MINAM, 2017).

Suelo Comercial: Suelo en el cual, la actividad principal que se desarrolla está relacionada con operaciones comerciales y de servicios.

Suelo Industrial/Extractivo: Suelo en el cual, la actividad principal que se desarrolla abarca la extracción y/o aprovechamiento de recursos naturales (actividades mineras, hidrocarburos, entre otros) y/o, la elaboración, transformación o construcción de bienes.

Suelo Residencial/Parques: Suelo ocupado por la población para construir sus viviendas: incluyendo áreas verdes y espacios destinados a actividades de recreación y de esparcimiento (MINAM, 2017).

Los estándares de calidad ambiental son los niveles permisibles de contaminantes en el aire, agua, suelo y otros recursos. Los contaminantes son cualquier materia o energía cuya naturaleza, ubicación, o cantidad (concentración) en el aire, agua o suelo produce o puede producir efectos no deseados de la salud humana o a los límites de la utilidad del recurso para el uso presente o futuro. Estos pueden estar presentes en la solución en forma de suspensiones coloidales, adsorbidas en fase sólida, o como fase separados (Aranda, 2013).

Los estándares de calidad ambiental para el agua o suelo establecen el nivel de concentración o el grado de elementos, sustancias o parámetros físico, químico y biológico presentes en el agua, en su condición de cuerpo receptor y componente básico de los ecosistemas acuáticos, que no representa riesgo significativo para la

salud de las personas ni para el ambiente. Los estándares aprobados son aplicables a los cuerpos de agua del territorio nacional en su estado natural y son obligatorios en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental (El Peruano, 2008).

Por otra parte, un estándar de calidad ambiental, es la medida de la concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, en el aire, agua o suelo en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni del ambiente art. 4 (N° 015-2006-EM) (OEFA, 2014).

2.3.3. Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (USEPA, 1991)

Criterios para evaluar las concentraciones de metales en sedimentos establecidos por la Agencia de Protección de Estados Unidos (USEPA, 1991), todas las unidades se expresan en $\mu\text{g/g}$. (Comisión Unión Internacional, 1982) (USEPA, 1991).

Tabla 3: Estándares de la agencia de protección ambiental de Estados Unidos.

Metal	No contaminado	Contaminación moderada	Contaminación alta
Cromo	<25	25-75	>75
Cobre	<25	25-50	>50
Plomo	<40	40-50	>60
Cadmio			
Hierro	-	-	-
Manganeso	-	-	-

Fuente: USEPA, 1991.

a. Canadá

Concentración de metales traza, expresadas en ppm en sedimentos no contaminados según Canadá/OME (Canadá 1991).

Tabla 4: Estándares para sedimentos no contaminados de Canadá.

Metal	Canadá/OME
Arsénico	5.9 ppm
Cromo	37.3 ppm
Cobre	35.7 ppm
Plomo	35 ppm
Cadmio	0.6 ppm
Manganeso	-

Fuente: Canadá 1991

2.4. MARCO CONCEPTUAL

2.4.1. Geología

Geológicamente, la zona de investigación forma parte del conjunto estructural de la vertiente oriental de la cordillera de los andes. Con lineamiento regional norte-sur, la geología tuvo largos periodos de formación, afectados por eventos tectónicos epirogénicos, durante el cual se formó y depositó una gran cantidad de material, aflorando en la región formaciones que varían desde el ordovícico hasta el cuaternario.

2.4.2. Geomorfología

Trata sobre el desarrollo y la forma como actuaron las fuerzas que dieron lugar a la configuración del paisaje actual.

La zona de investigación se encuentra en la región de la ceja de selva, llamada también ceja de montaña, selva alta o vertiente oriental andina, en general esta zona se encuentra entre los 2500 y 3300 m.s.n.m.

De acuerdo al INGEMMET, el rasgo fisiográfico más importante es el flanco oriental de la Cordillera Oriental de SE a NW, dentro del cual se puede diferenciar las siguientes sub-unidades geomorfológicas, cumbres altas, zonas altamente disectadas,



valles profundos y zonas de laderas abruptas, desarrolladas sobre suelos de naturaleza pizarrosa, lutitas y en ciertas partes cuarcíticas, con referencia a la zona de estudio desarrollamos las principales características geomórficas.

2.4.2.1. Zonas Altamente Disectadas

Dentro de esta unidad geomorfológica encontramos superficies semiplanas relativamente orientadas de NW - SE, caracterizado por un drenaje que forma pequeñas colinas de superficie suave y subredondeada que forman una superficie de topografía ondulada.

2.4.2.2. Valles Profundos

Esta subunidad geomorfológica de dinámica muy activa, se encuentra seccionando a la topografía con orientación N – S y SW – NE conformada por los ríos principales, río Sina que da origen al río Inambari y todos los ríos de la cuenca del Inambari.

Estos ríos discurren sobre el mismo tipo de roca consecuentemente han erosionado similares profundidades. En el valle de Sina – Río Sina, luego Inambari, presenta tramos de encañonamiento habiendo erosionado las rocas más antiguas; esto podría ser a ligeros basculamientos de la cuenca hacia el SE, debido a la epirogénesis de ascenso de la corteza terrestre o a fallamientos normales de rumbo perpendicular a la estratificación con bloques hundidos del lado SE.

En el valle de Huari Huari sigue una orientación SW - NE, posiblemente debido a fallamientos transversales aproximadamente normales al rumbo andino, desarrollándose pequeñas terrazas en el fondo del valle es más notorio en el sector Sina Jerusalen y el río Tekene que tiene un encañonamiento fuerte.

2.4.2.3. Zona de Laderas Abruptas

La zona de laderas representa el paso de las altas cumbres a los valles mayores, que incluyen a los valles secundarios y nacientes de los mismos que se encuentran en altitudes cerca de las cumbres.



Estas zonas de laderas son fácilmente aprovechables para la construcción de caminos de herradura, solamente teniendo la necesidad de bajar o subir las pendientes necesarias.

2.4.3. Geología Estructural

Es la ciencia que estudia deformaciones de la corteza terrestre relacionadas con el tiempo geológico, las deformaciones orogénicas en todas sus dimensiones. Estas deformaciones pueden ser pliegues, fallas, diaclasas, etc.

2.4.4. Estratigrafía

La estratigrafía es la rama de geología que trata del estudio e interpretación de las rocas sedimentarias estratificadas, y de la identificación, descripción, composiciones litológicas, propiedades geofísicas y geoquímicas, relacionados de edad, secuencia tanto vertical como horizontal; cartografía y correlación de las unidades estratigráficas de rocas.

2.4.5. Hidrogeología

La hidrogeología es una rama de las Ciencias de la Tierra que se dedica al estudio de la distribución, espacial y temporal, y las propiedades del agua presente en la atmósfera y en la corteza terrestre. Esto incluye las precipitaciones, la escorrentía, la humedad del suelo, la evapotranspiración y el equilibrio de las masas glaciares.

2.4.6. Calidad Ambiental

En la calidad ambiental las estructuras y los procesos ecológicos que permiten el desarrollo sustentable, la conservación de la diversidad ecológica y biológica, el mejoramiento del nivel de vida de la población humana. De otra perspectiva de puede deducir como un conjunto de propiedades de los elementos del medio ambiente que permiten reconocer sus condiciones básicas.



2.4.7. Diagrama de Flujo

El diagrama de flujos es un método que se utiliza para identificar los impactos ambientales directos. Se usa para establecer relaciones de casualidad lineal entre las acciones y el ambiente, particularmente en proyectos relativamente simples. Sin embargo, su aplicación se hace compleja a medida que se multiplican las interacciones, en la mayoría de los casos su uso promueve la identificación sistemática de los impactos realmente significativos.

2.4.8. Eutrofización

En cuerpo de agua tales como; un río, un lago o un embalse sufren el proceso de eutrofización, cuando sus aguas se enriquecen en nutrientes. De hecho, a primera impresión parece ser bueno que las aguas estén bien, repletas de nutrientes, porque de esa manera podrían vivir más fácilmente los seres vivos. En cambio, la situación no es tal sencilla como aparenta ser. El problema viene junto con el exceso de nutrientes, ya que da lugar al crecimiento abundante de las plantas y otros organismos. Tiempo después, cuando mueren, se pudren y llenan al agua de malos olores y le dan un aspecto nauseabundo, disminuyendo de manera significativa su calidad.

2.4.9. Mitigación

Conjunto de acciones y medidas, estructurales o no-estructurales, dirigidas a “reducir” las condiciones de vulnerabilidad o la exposición a las amenazas del medio ambiente.

Por otro lado, la mitigación es el diseño y ejecución de obras o actividades dirigidas a moderar, atenuar, minimizar o disminuir los impactos negativos que un proyecto, obra o actividad pueda generar sobre el entorno humano y natural (Torres, 2012, pg.20).



2.4.10. Monitoreo

Conjunto de acciones y medidas, estructurales o no-estructurales, dirigidas a “reducir” las condiciones de vulnerabilidad o la exposición a las amenazas de las comunidades y su infraestructura.

Por otro lado, el monitoreo es el proceso sistemático de recolectar, analizar y utilizar información para hacer seguimiento al progreso de un programa en pos de la consecución de sus objetivos, y para guiar las decisiones de gestión. El monitoreo generalmente se dirige a los procesos en lo que respecta a cómo, cuándo y dónde tienen lugar las actividades, quién las ejecuta y a cuántas personas o entidades beneficia.

El monitoreo se realiza una vez comenzado el programa y continúa durante todo el período de implementación. A veces se hace referencia al monitoreo como: proceso, desempeño o evaluación formativa.

2.4.11. Efluente Líquido de Actividades Minero – Metalúrgicos

Es cualquier flujo regular o estacional de sustancias líquidas descargadas a los cuerpos receptores de agua, que provienen de cualquier labor, excavación o movimiento de tierras, efectuado en el terreno cuyo propósito es el desarrollo de actividades mineras incluyendo exploraciones, explotación, beneficio transporte o cierre de mina.

2.4.12. Normas de Calidad

Las normas de calidad son un conjunto de condiciones que, de acuerdo a las legislaciones vigentes, deben cumplir con distintos elementos que componen el medio ambiente como los ECAS, los LMPs, etc. Estas normas son dadas por instituciones como el MINAM, la OEFA, etc.

Los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidos por el MINAM, fijan los valores máximos permitidos de contaminantes en el ambiente. El propósito es garantizar la conservación de la calidad ambiental mediante el uso de instrumentos



de gestión ambiental sofisticados y de evaluación detallada. Para controlar las emisiones de agentes contaminantes se han aprobado los siguientes decretos supremos:

- Estándares nacionales de calidad ambiental para agua “DECRETO SUPREMO N° 004-2017-MINAM”.
- Estándares de calidad ambiental para suelos “DECRETO SUPRESO N° 011-2017-MINAM”.

2.4.13. Límites Máximos Permisibles

El límite máximo permisible (LMP) es la medida de la concentración o grado de elemento, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente.

2.4.14. Parámetros

Se conoce como parámetros al dato que se considera como imprescindible y orientativo para lograr evaluar o valorar una determinada situación. A partir de un parámetro, una cierta circunstancia puede comprenderse o ubicarse en perspectiva.

2.4.14.1. Físico – Químicos

Definen las características del agua, que responden a los sentidos de la vista, tacto, gusto y olfato. El agua es llamada solvente universal y los parámetros químicos están relacionados con la capacidad del agua, para disolver diversas sustancias y se puede organizar de la siguiente manera:

a. Temperatura

La temperatura en el agua, es un parámetro importante, para el desarrollo de la vida acuática, las reacciones químicas y velocidad de reacción. Es un indicador de la calidad del agua, que influye, sobre otros indicadores del recurso hídrico, como el pH, el déficit de Oxígeno, la Conductividad eléctrica, la absorción de Oxígeno, la precipitación de compuestos, la formación de depósitos, la



desinfección y los procesos de mezclas, floculación, sedimentación y filtración. Múltiples factores, principalmente ambientales, hacen que la temperatura del agua, varíe continuamente. Por lo general, un objeto más "caliente", que otro, puede considerarse que tiene una temperatura mayor y si es frío, se considera que tiene una temperatura menor. En física, se define como una magnitud escalar, relacionada con la energía interna de un sistema termodinámico, definida por el principio cero de la termodinámica. Como un parámetro, indica, los desniveles térmicos de la materia. Las descargas de agua a altas temperaturas, pueden causar daños a la flora y fauna de las aguas receptoras, al interferir con la reproducción de las especies, incrementar el crecimiento de bacterias y otros organismos, acelerar las reacciones químicas, reducir los niveles de oxígeno y acelerar la eutrofización. El Oxígeno, es menos soluble en agua caliente, que en agua fría. La temperatura, reduce el Oxígeno, en los cuerpos de agua, en los meses de verano. En un cuerpo de agua, el aumento de la temperatura, disminuye la vida, de las especies acuáticas. La temperatura óptima, para el desarrollo de las actividades, se detiene, cuando alcanza los 50 °C y a temperaturas, alrededor de 15 °C, las bacterias productoras de Metano, cesan su actividad. Las temperaturas elevadas, pueden dar lugar a la proliferación de plantas acuáticas y hongos (METALF – 2002).

b. Conductividad

Es la medida de la capacidad que tiene la solución para transmitir corriente eléctrica, se reportan en microsiems/cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$). Ésta capacidad, depende de la presencia, movilidad, valencia y concentración de iones; así como, la temperatura del agua.

c. Sólidos Totales Disueltos (STD)

Constituyen una medida de la parte de sólidos, en una muestra de agua, que pasa a través de un poro nominal de 2,00 μm ó menos, en condiciones específicas.

La concentración total de sustancias o minerales disueltos es un parámetro, útil para conocer las relaciones edáficas y la productividad en un cuerpo de agua



natural; de allí que los STD, se pueden determinar por filtración (básicamente o multiplicando por un valor constante de 0,55 del valor de la Conductividad) y evaporando una determinada cantidad de agua, a baja temperatura ($\pm 105,00$ °C). Entonces, STD, es el residuo seco, que contiene materia orgánica e inorgánica (Rodier, 1981). NOTA: Si a este residuo le sometemos a un gradiente de temperatura de ($\pm 500,00$ °C), se eliminan las sustancias orgánicas y se descomponen los Bicarbonatos, con pérdidas de CO₂. El residuo, son los sólidos inorgánicos totales y constituye la concentración de Sales Totales del agua.

d. pH

Valor que determina si una sustancia es ácida, básica o neutra; calculando el número de iones presentes en el agua. Se mide en una escala de 7 a 14 (Neutra = 7; Ácida < 7; Básica > 7). Cuando el número de iones Hidrógeno (H⁺), exceden al número de iones Hidróxidos (OH⁻), la sustancia es ácida y cuando el número de iones Hidrógeno (H⁺), es igual al número de iones Hidróxidos (OH⁻), la sustancia es neutra (Huahuasoncco, 2018).

La concentración del ión Hidrógeno, es un parámetro de calidad de importancia, para agua natural y residual. Todas las fases de tratamiento del agua de suministro y residual, la neutralización ácido-base, suavizado, precipitación, coagulación, desinfección y control de corrosión, dependen del pH. Se miden convencionalmente, con el pH-metro (López, 2002).

e. Dureza Total

El agua, es dura si tiene disueltos en sus volúmenes, iones de minerales como Mg, Ca y Fe. Las aguas superficiales, son blandas, a diferencia de las aguas profundas. Las aguas blandas, tienen menos 75 mg/L de dureza; las moderadamente duras (75 mg/L a 150 mg/L); las duras (150 mg/L a 300 mg/L) y superiores a 300 mg/L, son aguas muy duras. EPA, considera, como LMP, el valor de 500 mg/L, de dureza (SAWYER – 2000). La dureza, mide la presencia de cationes Ca⁺² y Mg⁺², y en menor cantidad Fe⁺² y Mn⁺² y otros alcalinotérreos. En la actualidad,



se tiende a prescindir del término “dureza”, indicándose la cantidad de Calcio y Magnesio, presente en un agua, expresados en mg/L.

El Ca y el Mg, son los iones de mayor abundancia en agua dulce y son factores que limitan el proceso biológico, de los sistemas acuáticos. Siendo el Ca, el de mayor abundancia y representa el 48 %, de la concentración de los STD (Cuando ellos alcanzan un valor menor de 50 mg/L) y el Mg, representa el 14 %. Para valores mayores a 50 mg/L, de STD, las concentraciones de los iones Ca y Mg, son de 53 % y 34 % (ROLDÁN – 2001).

f. Oxígeno Disuelto (OD)

Parámetro, que proporciona una medida de la cantidad de oxígeno disuelto en el agua. El Oxígeno Disuelto en el agua, es importante, para la supervivencia de los peces y otros organismos de vida acuática. La temperatura, el material orgánico disuelto, los oxidantes inorgánicos, etc. afectan sus niveles. La baja concentración de Oxígeno Disuelto, puede ser un indicador, de que el agua, tiene una alta carga orgánica, provocada por aguas residuales. Se debe fundamentalmente a la solubilización del Oxígeno Atmosférico y a su generación en la fotosíntesis de algas (específicamente), este oxígeno se consume durante la noche, por el metabolismo propio de las algas y la muerte de ellas, también consume oxígeno, al degradarse. La concentración del oxígeno en el agua, depende de la presión que tenga en la atmósfera y de la temperatura del agua. Se asume, que la concentración del Oxígeno a 25 °C, es de 8,32 mg/L. La solubilidad de un gas en el agua, disminuye con el aumento de la temperatura; de tal manera, que a 35 °C, la concentración del O₂, en el agua, es de 7,03 mg/L y a 0 °C, aumenta a 14,74 mg/L.

El conjunto de residuos orgánicos, producido por los humanos y otros animales y seres vivos, descargan heces y otros materiales orgánicos, que se vierten en los cuerpos de agua, son descompuestos por bacterias aeróbicas, que consumen Oxígeno. Cuando estos desechos se encuentran en exceso, proliferan las bacterias y agotan el Oxígeno, haciendo escasa la vida de muchas especies acuáticas. De tal forma, que cuando la concentración de OD, es menor de 2 mg/L, todas las



especies, habrán muerto; aumentando la DBO. La característica fundamental del Oxígeno disuelto en agua, es primordial para la respiración de los microorganismos aeróbicos y otras formas de vida acuática. Pero, el Oxígeno, es ligeramente soluble en agua y está condicionado a los siguientes factores: Solubilidad del gas Presión parcial de gas en la atmósfera Temperatura.

2.4.14.2. Inorgánicos

a. Antimonio

El antimonio es un elemento plateado-blanco y brillante que se ve parecido a un metal. Tiene una superficie escamosa y es duro y quebradizo, como un no metal. También puede presentarse como un polvo negro con una reluciente brillantez en él. El antimonio es un elemento químico tóxico con el símbolo Sb y el número atómico 51. Es un metaloide gris y lustroso, encontrado en la naturaleza, principalmente, como el mineral sulfuro estibinita Sb_2S_3 . Su presencia en exceso puede ser dañino para el medio ambiente.

b. Arsénico

El arsénico se encuentra en forma nativa y, principalmente, en forma de sulfuro en una gran variedad de minerales que contienen cobre, plomo, hierro (arsenopirita o mispickel), níquel, cobalto y otros metales. El arsénico es encontrado de forma natural en la tierra en pequeñas concentraciones, tanto en el suelo como en los minerales, pero también puede entrar en el aire y mucho más fácil en el agua, a través de la escorrentía. Es un componente que difícilmente se convierte en productos solubles en agua o volátiles. Es un elemento muy móvil, refiriéndonos con esto a que grandes concentraciones del mismo no aparecen en un sitio específico, esto tiene aspectos positivos, pero también negativos, y es que es por ello por lo que la contaminación por arsénico es amplia debido a la alta movilidad y desplazamiento de este. Cuando es inmóvil no se puede movilizar fácilmente, pero debido a las actividades humanas (minería) este arsénico inmóvil se moviliza, ello hace que pueda ser encontrado en lugares donde no existe de forma natural.



Una vez que llega a medio ambiente, este no puede ser destruido, por lo que la cantidad va aumentando y esparciéndose causando efectos sobre la salud de los humanos y los animales.

c. Bario

Los compuestos de bario se obtienen de la minería y por conversión de dos minerales de bario. La barita, o sulfato de bario, es el principal mineral y contiene 65.79% de óxido de bario. Tóxico para las personas y animales, provoca trastornos cardíacos, vasculares, nerviosos y aumento de la presión arterial. Una dosis de 0,80 mg/L a 0,90 mg/L, como Cloruro de Bario, es fatal. La contaminación de Ba, en el agua, proviene fundamentalmente, de las perforaciones, el bario metálico y las aleaciones de Ba/Al, se utilizan principalmente para eliminar los últimos vestigios de gases no deseados.

d. Cobre

La presencia del cobre en la zona de investigación se debe a que los principales minerales de sulfuro de cobre son calcopirita (CuFeS_2), calcocita (Cu_2S), covelita (CuS), bornita (Cu_5FeS_4), tetraedrita ($(\text{Cu,Fe})_{12}\text{Sb}_4\text{S}_{13}$) y enargita (Cu_3AsS_4). Un mineral de sulfuro cobre típico contiene varios niveles de tipos de sulfuro de hierro que generalmente incluyen pirita (FeS_2) y pirrotina (Fe_{1-x}S). A menudo están presentes oro y plata que o bien pueden asociarse con los sulfuros o estar libres. Las partículas ganga pueden estar formadas por una gama de minerales de silicato desde cuarzo hasta talco y arcillas. También pueden estar presentes carbonatos de mineral ganga.

e. Mercurio

El mercurio elemental es un metal blanco plateado brillante, en estado líquido a temperatura ambiente, se utiliza en la amalgamación del oro, para mojar las partículas de oro libre y luego poder recuperarlas mediante separación en un filtro.



f. Níquel

El níquel es un elemento bastante abundante, constituye cerca de 0.008% de la corteza terrestre y 0.01% de las rocas ígneas. Dos minerales importantes son los sulfuros de hierro y níquel, pentlandita y pirrotita (Ni, Fe) xSy; el mineral garnierita, (Ni, Mg)SiO₃.nH₂O, también es importante en el comercio. El níquel se presenta en pequeñas cantidades en plantas y animales. Está presente en pequeñas cantidades en el agua de mar, el petróleo y en la mayor parte del carbón.

El níquel es liberado al aire por las plantas de energía y las incineradoras de basuras. Este se depositará en el suelo o caerá después de reaccionar con las gotas de lluvia. Usualmente lleva un largo periodo de tiempo para que el níquel sea eliminado del aire. El níquel puede también terminar en la superficie del agua cuando es parte de las aguas residuales. La mayor parte de todos los compuestos del níquel que son liberados al ambiente se absorberán por los sedimentos o partículas del suelo y llegará a inmovilizarse. En suelos ácidos, el níquel se une para llegar a ser más móvil y a menudo alcanza el agua subterránea.

g. Plomo

El mineral más común del plomo es el sulfuro, la galeana, los otros minerales de importancia comercial son el carbonato, cerusita, y el sulfato, anglesita, que son mucho más raros. También se encuentra plomo en varios minerales de uranio y de torio, ya que proviene directamente de la desintegración radiactiva. El Plomo, es peligroso, sobre todo para los niños o las mujeres embarazadas. Cuando se encuentran los niveles elevados (APHA, 1992). El envenenamiento por este metal, es muy peligroso y puede generar graves trastornos, como retraso mental e incluso la muerte. Afecta a los riñones y al hígado. Tóxicos para los riñones. Causan mareos, molestias en la piel, dolor de cabeza y pérdida de la conciencia e inhibición del crecimiento, de la fotosíntesis y de la acción enzimática

h. Selenio

El selenio es un elemento mineral natural, ampliamente distribuido en la naturaleza en la mayoría de las rocas y suelos. En forma pura, existe como



cristales hexagonales gris metálicos a negros, pero en la naturaleza generalmente está combinado con sulfuro o con minerales de plata, cobre, plomo y níquel.

Las exposiciones breves a altos niveles de selenio elemental o de dióxido de selenio en el aire pueden producir irritación de las vías respiratorias, bronquitis, dificultad para respirar y dolores de estómago. La exposición más prolongada a cualquiera de estas formas en el aire puede producir irritación de las vías respiratorias, espasmos bronquiales y tos.

i. Talio

El talio se encuentra en la corteza terrestre en proporción de 0.00006%, principalmente como compuesto minoritario en minerales de hierro, cobre, sulfuros y seleniuros. Los minerales de talio se consideran raros. Es soluble en agua en parte y consecuentemente este puede esparcirse en el agua subterránea cuando los suelos contienen grandes cantidades de este. El Talio también puede esparcirse por la absorción del lodo. Hay indicadores de que el Talio es muy móvil en los suelos.

Tiene efectos negativos sobre las plantas, como el cambio de color en las hojas y la disminución del crecimiento. Mamíferos, como los conejos, son susceptibles a los efectos tóxicos del Talio como los humanos.

j. Zinc.

Su principal mineral es la blenda, marmatita o esfalerita de zinc, ZnS . Es un elemento esencial para el desarrollo de muchas clases de organismos vegetales y animales. La deficiencia de zinc en la dieta humana deteriora el crecimiento y la madurez y produce también anemia. La insulina es una proteína que contiene zinc. El Zinc ocurre de forma natural en el aire, agua y suelo, pero las concentraciones están aumentando por causas no naturales, debido a la adición de Zinc a través de las actividades humanas. La mayoría del Zinc es adicionado durante actividades industriales, como es la minería.



El exceso de Zinc puede interrumpir la actividad en los suelos, con influencias negativas en la actividad de microorganismos y lombrices. La descomposición de la materia orgánica posiblemente sea más lenta debido a esto.

2.4.14.3. Parámetros Bacteriológicos

a. Coliformes Totales

Bacterias, principalmente asociadas con los desechos humanos y animales, expresada en Unidades Formadoras de Colonia en 100 ml de muestra problema, (UFC/100 ml). Proporcionan, una medida de la contaminación del agua proveniente de las excretas de las personas y/o animales domésticos y silvestres. Este control es exclusivo para aguas de uso humano. Se basan en medir la presencia de microorganismos como son bacterias colifórmicas que producen la contaminación fecal y los microorganismos patógenos que producen cólera (Sotil & Flores, 2016).

b. Coliformes Termotolerantes

Sub grupo de coliformes, que habitan en el intestino del hombre y animales de sangre caliente. Se expresan en Unidades Formadoras de Colonia en 100 ml de muestra (Sotil & Flores, 2016).

2.4.15. Puntos de Control

Los puntos de control son ubicaciones aprobadas por la autoridad competente en la cual, es obligatorio el cumplimiento de los límites máximos permisibles.



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. MATERIALES

Los materiales y equipos que se emplearon para realizar la presente investigación fueron:

3.1.1. Plano Topográfico

Los planos topográficos en diferentes escalas son realizados por el instituto geográfico del Perú. Para la realización de la presente investigación se utilizó una base topográfica de 1:25000.

3.1.2. Mapas del INGEMMET

Los mapas geológicos elaborados por el instituto geológico, minero y metalúrgico (INGEMMET), fueron empleados en esta investigación, en particular la hoja 29y.

3.1.3. Equipos de Protección Personal (EPP)

Los equipos de protección personal, constituyen uno de los aspectos más importantes en cuanto a la seguridad en el lugar de trabajo, es por ello, que para salvaguardar la integridad física y para realizar la presente investigación se usó protección para la cabeza, protección para la vista y cara, guantes, zapato de seguridad punta de acero, pantalón, camisa y chaleco.

3.1.4. Libreta de Campo

Es una herramienta primordial, por lo que no se puede prescindir de ella para salir al campo. La libreta de campo nos permite realizar apuntes, observaciones detalladas que encontramos de interés para la investigación, con el apoyo de los apuntes de campo se mejoró el trabajo del gabinete.



3.1.5. Tablero de Mapeo

Herramienta que permite realizar los distintos mapeos geológicos, que permite visualizar el flujo de trabajo en el campo, por lo que es imprescindible para la salida al campo. Juntamente con el tablero de mapeo se lleva el protactor y los colores.

3.1.6. Sistema de Posicionamiento Global (GPS)

El GPS que se utilizó para realizar la investigación es un GPSMAP 64s de marca Garmin, dicho aparato electrónico posee una pantalla de 2,6", cuenta con un receptor de alta sensibilidad, con mucha resistencia incluyendo el agua. Es importante contar con este equipo para la ubicación de distintos puntos o referencias en la salida de campo.

3.1.7. Brújula

Herramienta que no falta a un geólogo para realizar una salida de campo, en la elaboración de la presente investigación se utilizó una brújula modelo brunton para determinar el rumbo y de más aspectos geológico

3.1.8. Lápiz de Dureza

Es un lapicero metálico con punta de carburo de tungsteno, se utilizó para determinar la dureza relativa de los minerales, además de ello, en el otro extremo cuenta con un imán permanente para determinar minerales magnéticos. Es una herramienta que siempre está presente en una salida de campo.

3.1.9. Lupa

Herramienta imprescindible en los equipos que lleva el geólogo a la salida de campo, para determinar e identificar minerales de tamaños minúsculos que a simple vista son desapercibidos. En la presente investigación se empleó una lupa de marca iwamoto achromatic con un aumento de 20x.



3.1.10. Softwares Especializados

Arc GIS: aplicación para realizar trabajos de SIG, en la presente investigación se utilizó principalmente para elaborar los distintos mapas.

Global Mapper: una aplicación con una gama de herramientas para tratamiento de datos espaciales para realizar trabajos y gestión de SIG, se utilizó para ver y descargar datos de base topográfica.

SASPlanet: aplicación que se utilizó para realizar descargas de imágenes satelitales georreferenciadas del área de investigación.

3.1.11.

Equipo electrónico de suma importancia para la elaboración de la presente investigación, desde la revisión bibliográfica, elaboración de planos y mapas, redacción del informe final, etc.

3.1.12. Materiales Para la Toma de Muestra de Agua

3.1.12.1. Equipo Multiparámetro

El equipo multiparámetro que se utilizó, es de marca ODEON, modelo ODEON OPEN. Con las siguientes características:

- Conexión y detección de todas las sondas.
- Oxígeno disuelto
- Temperatura
- Conductividad
- Salinidad
- Turbiedad

3.1.12.2. Recipiente Para la Muestra de Agua

Recipientes (frascos) adecuados para la conservación de las propiedades físico-químicas del agua. Además de ello se utilizó cinta para la etiqueta y guantes quirúrgicos para la toma de muestras de agua.



3.2. SERVICIOS DURANTE LA INVESTIGACIÓN

- Transporte (alquiler de camioneta)
- Transporte interprovincial, para el traslado de las muestras de agua al laboratorio
- Alimentos
- Impresiones y escaneo
- Ploteo
- Ambientes
- Energía eléctrica y otros.

3.3. MÉTODOS

La identificación de los principales impactos ambientales durante las fases de explotación de la minería informal aurífera, se realizó a partir de una revisión bibliográfica, analizando imágenes satelitales y realizando trabajos de campo. El procedimiento que se ha seguido en esta investigación es la de gabinete – campo – gabinete. El trabajo de investigación se desarrolló de acuerdo a las siguientes etapas y procedimientos.

3.3.1. Recopilación y Revisión Bibliográfica

Todo el material bibliográfico que se recopiló fue analizado, para la búsqueda de la información se recurrió a diversas fuentes tales como bibliotecas, hemerotecas, artículos de investigación, informes relacionados a la investigación; además de ello se realizó búsquedas de temas relacionados a la investigación a través de navegadores virtuales. Análisis de imágenes satelitales, en los softwares Global Mapper y Sas Planet.

3.3.2. Trabajo de Campo en el Área a Investigarse

El trabajo de campo consistió en la visita in situ para la exploración, reconocimiento geológico y la descripción detallada de los diferentes impactos ambientales en toda la zona de investigación, descripción geomorfológica, entre las principales actividades que se realizó son:

- Mapeo de las zonas de explotación de la minería informal aurífera.
- Toma de muestras de agua y minerales contaminantes.



- Caracterización de la zona de investigación.

Los trabajos de campo se realizaron en tres campañas, cada uno de 7 días, en la primera campaña se dio lugar a la exploración, mapeos y la determinación de las zonas de muestreo de agua. En la segunda campaña de campo se tomó las muestras de agua, de acuerdo a la normativa y procedimientos establecidos por el ANA. La tercera campaña se hizo con el fin de replantar los resultados de laboratorio y verificar in situ los mapas elaborados para el informe final.

3.3.3. Trabajo de Gabinete

Después de realizar los trabajos de campo, la siguiente etapa fue el gabinete, en el cual se dio lugar a procesar e interpretar los datos recopilados del campo, generando diferentes mapas, utilizando softwares como el ArcGis 10.4.1, generando cuadros estadísticos y la elaboración del informe final de la investigación.

3.3.3.1. Evaluación de los Impactos Ambientales

Identificación de las zonas de incidencia del impacto ambiental generado por la contaminación de la minería informal aurífera, a base a los mapeos realizados en campo, observaciones visuales, resultados de laboratorio y la caracterización de la zona de investigación.

3.3.3.2. Procesamiento e Identificación de los Resultados de Muestras

Se procedió en base a los resultados obtenidos por el laboratorio los cuales fueron procesados e identificados acorde a los objetivos trazados en la presente investigación, lo que nos permitió enmarcar los parámetros y grado de contaminación.

Los procedimientos para obtener los resultados de laboratorio, empiezan con la obtención de las muestras de agua en el campo, desde donde son trasladados de manera adecuada y de acuerdo a las normativas y estándares del ANA. Las muestras fueron trasladadas hasta la ciudad de Arequipa, en donde está ubicado el Laboratorio acreditado. Los análisis de las muestras fueron realizados por el laboratorio, obteniendo de ellos un reporte de resultados.



3.3.4. Redacción del Informe Final

La redacción del informe final se realizó dentro de los trabajos de gabinete, utilizando principalmente el software Microsoft Office Word, con la ayuda de los apuntes realizados en la libreta de campo, asimismo, para la elaboración de los cuadros y análisis estadístico se utilizó el software Microsoft Office Excel. La redacción del informe final se hizo de acuerdo al esquema establecido por la Universidad Nacional del Altiplano.



CAPÍTULO IV

CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

4.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA ZONA DE INVESTIGACIÓN

El proyecto de investigación se encuentra en el sector Tekene, ubicado específicamente a 9 km. Al norte del Distrito de Sina, perteneciente a la provincia de San Antonio de Putina, Región Puno. Ver mapa de ubicación (anexos: mapa 1). Las coordenadas centrales de la zona de estudio son: E 470328, N 8407268, con una altitud promedio de 2820 m.s.n.m. (Datum WGS 84/zona 19L).

4.2. ACCESIBILIDAD

El acceso se describe en el siguiente cuadro con ruta referencial:

Cuadro 1 Descripción del acceso a la zona de investigación.

De	A	Dist. (Km)	Tiempo (horas)	Tipo de vía	Frecuencia	Servicio Transporte
Puno	Juliaca	45.00	1.00	Asfaltada	Horaria	Bus, combi
Juliaca	Putina	90.00	2.00	Asfaltada	Horaria	Bus, combi
Putina	Ananea	50	1.30	Afirmada	Diaria	Bus, combi
Ananea	Trapiche	15	0.20	Afirmada	Diaria	Bus, combi
Trapiche	Sina	30	1.00	Afirmada	Diaria	Bus, combi
Sina	Zona de estudio	9	0.15	Trocha	Esporadic.	Camioneta

4.3. CLIMA Y METEOROLOGÍA

Para la determinación de los datos meteorológicos, se tomó en cuenta la estación meteorológica de Cuyo Cuyo, por lo que es la más cercana a la zona de estudio, y por la similitud geográfica.

Estación : Cuyo Cuyo

Latitud: 14°29'20.1''

Longitud : 69°32'56.4''

Altitud : 3910 m.s.n.m.

Distrito : Cuyo Cuyo

Provincia : Sandia

Región: Puno

4.3.1. Clima

En la zona de investigación, en general, la temporada de lluvia es nublada, la temporada seca es parcialmente nublada y es ligeramente frío durante todo el año. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 2 °C a 18 °C y rara vez baja a menos de 2 °C o sube a más de 18 °C. ver figura 1.



Figura 1 Clima típico de la zona de investigación, siempre con presencia de neblina.

4.3.2. Precipitación

En la zona de estudio la precipitación pluvial tiene una variación estacional, para mayor precisión se analizó, de acuerdo a los datos obtenidos de la estación de Cuyo Cuyo, en donde la precipitación media anual es 552 mm. Las precipitaciones mensuales se distribuyen de forma muy variable a lo largo del año, en donde los meses de diciembre a marzo son de mayor precipitación, con un aproximado de 63.8% de la

precipitación total anual, en los meses restantes del año las precipitaciones alcanzan el 36.2% del total. De acuerdo a los datos registrados, el mes de enero es el mes, de la más alta precipitación y la precipitación más baja es en el mes de junio.



Figura 2 Día lluvioso en la zona de investigación.

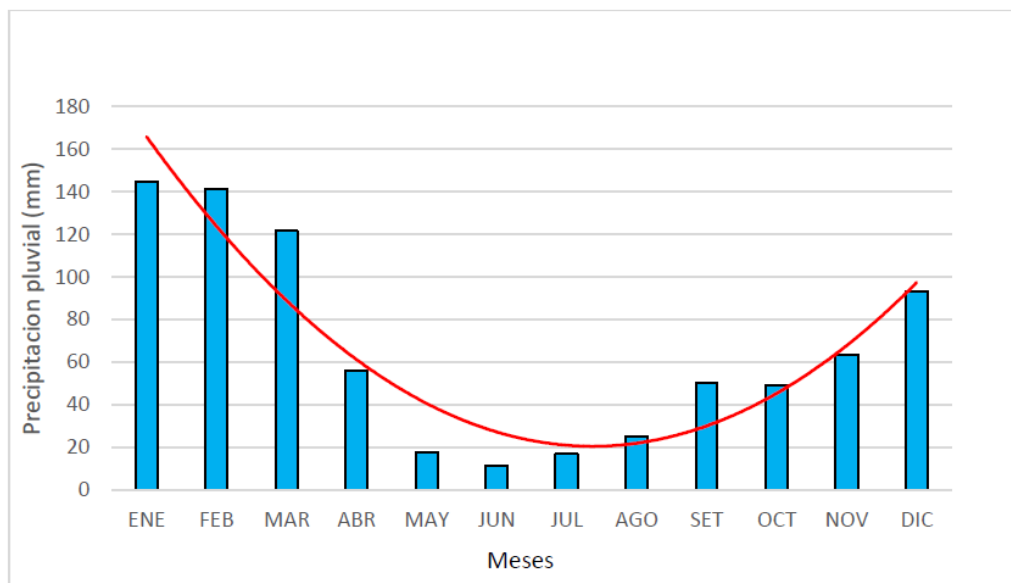


Figura 3 Precipitación pluvial a lo largo del año.

Fuente: SENAMHI

4.3.3. Temperatura

De acuerdo a los datos obtenidos de la estación meteorología de Cuyo Cuyo, La temporada templada dura 2,2 meses, del 7 de octubre al 13 de diciembre, y la temperatura máxima promedio diaria es más de 10 °C. El día más caluroso del año es el 31 de octubre, con una temperatura máxima promedio de 11 C y una temperatura mínima promedio de 1 °C. La temporada fría dura 2,1 meses, del 7 de enero al 11 de marzo, y la temperatura máxima promedio diaria es menos de 9 C. El día más frío del año es el 17 de julio, con una temperatura mínima promedio de -6 C y máxima promedio de 10 C.

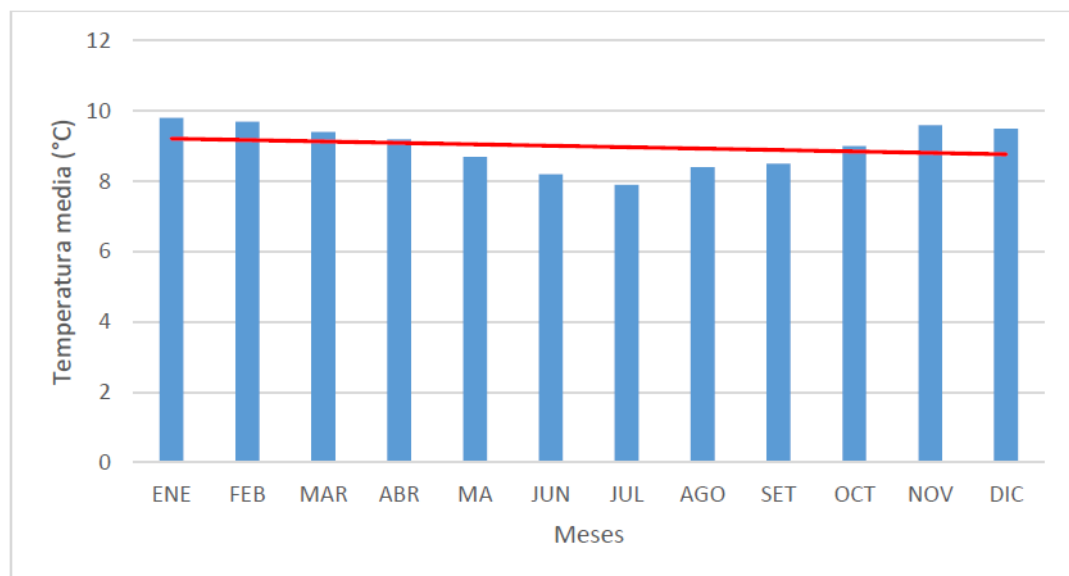


Figura 4 Temperatura media anual, de la estación meteorológica de Cuyo Cuyo.

Fuente: SENAMHI

4.3.4. Humedad Relativa

La humedad relativa promedio mensual más baja se presenta en el mes de julio con aproximado del 68%, la más alta se presenta en los meses de enero, febrero y marzo con aproximado de 91% y la humedad relativa promedio anual es de 85%.



4.3.5. Dirección y Velocidad del Viento

En la zona de investigación, la velocidad del viento es variable, por las mañanas la velocidad del viento generalmente es 2.0 m/s con dirección NE. Por las tardes la velocidad del viento es de 4 m/s con dirección NW y por las noches la velocidad incrementa considerablemente llegando a 7.5 a 8.0 m/s.

4.4. CALIDAD DEL AIRE

Las características naturales de la zona de investigación, ofrecen condiciones; morfológicas, climáticas y atmosféricas para disponer buena calidad. Afortunadamente el aire de la zona de estudio no presenta deterioro alguno, aun con la intervención de ciertas fuentes de emisión de mineros informales, entre los que se puede destacar, por ejemplo; gases y partículas en suspensión sin mayores riesgos, que son diluidos por las corrientes de aire ya indicados.

4.5. GEOMORFOLOGÍA

Trata sobre el desarrollo y la forma como actuaron las fuerzas que dieron lugar a la configuración del paisaje actual.

La zona de estudio se encuentra en la región de la ceja de selva, llamada también ceja de montaña, selva alta o vertiente oriental andina, en general esta zona se encuentra entre los 2500 y 3200 m.s.n.m.

El rasgo fisiográfico más importante es el flanco oriental de la Cordillera Oriental de SE a NW, dentro del cual se puede diferenciar las siguientes sub-unidades geomorfológicas, cumbres altas, zonas altamente disectadas, valles profundos y zonas de laderas abruptas, desarrolladas sobre suelos de naturaleza pizarrosa, lutitas y en ciertas partes cuarcíticas, con referencia a la zona de estudio desarrollamos las principales características geomórficas.



Figura 5 Geomorfología de la zona de investigación, con presencia de cumbres altas, valles profundos y zonas de ladera.

4.6. GEOLOGÍA REGIONAL

La zona de investigación, está ubicada dentro del cuadrángulo de Sandia hoja (29y), en donde afloran rocas con edades que van desde el Ordovícico hasta el Cuaternario. Dentro de esta sucesión de rocas se pueden distinguir las siguientes etapas: El Paleozoico Inferior, compuesto por una sedimentación lutítico-arenosa y una secuencia detrítica de cuarcitas entrelazadas con niveles de pizarras negras; el Cuaternario está esencialmente compuesto de areniscas y lodolitas por limos y arcillas incluyendo material acarreado (depósitos fluviales).

4.7. GEOLOGÍA LOCAL

La zona de investigación está constituida principalmente por pizarras, cuarcitas, areniscas, lutitas y vetas de cuarzo hidrotermal con contenido de sulfuros. Las edades de estas rocas están comprendidas entre el Ordovísico Inferior hasta el Holoceno, las rocas Ordovicianas conforman la base de la secuencia estratigráfica.

La secuencia estratigráfica más antigua es el Grupo San José, compuesto de pizarras, cubierta en aparente concordancia por metalutitas, seguida por una secuencia de estratos de cuarcitas interestratificadas con pizarras cuarzosas, sedimentos flishoides que constituyen la Formación Sandia y lutitas pizarrosas de la Formación Ananea.



Los depósitos plio-pleistocénicos y recientes afloran en áreas restringidas formando terrazas antiguas y depósitos recientes. En su conjunto, estos sedimentos forman el flanco Nororiental de la Cordillera Oriental el que a su vez está fuertemente disectado por la acción erosiva de los ríos de la zona y otros afluentes menores, anexos, mapa N° 3.

4.7.1. Paleozoico Inferior

En la zona de estudio, las rocas más antiguas están representadas por la edad Ordoviciana (Paleozoico Inferior) del Grupo San José, integrado por las Formaciones Iparo y Purumpata, litológicamente compuesto por facies pizarrosas, pelíticas y metalutitas, que sobre yacen las formaciones de Sandia y Ananea de secuencias fliishoides y pizarras que en su conjunto están plegadas y falladas.

4.7.2. Grupo San José

Inicialmente fue estudiado como Formación San José (Laubacher, 1978) a una secuencia sedimentaria que se encuentra extensamente distribuida y que tienen una gran extensión en la zona, posteriormente, De La Cruz & Carpio, (1996) la elevaron a categoría de Grupo, diferenciando dos formaciones Iparo y Purumpata.

4.7.3. Formación Íparo (Oi - i)

Es del Paleozoico Inferior, del Ordovícico Inferior, de la Serie Arenigiano.

Los afloramientos bien expuestos se encuentran en las inmediaciones del puente Íparo, de donde proviene el nombre, la estratificación está orientada de NW - SE.

Desde el punto de vista litológico, se caracteriza por ser casi monótona y su coloración ligeramente variable entre gris a negruzco y de granulometría fina o de grano fino, por el intemperismo es amarillento, en ciertos lugares se presentan piritosas y limosas, sus coloraciones negruzcas en algunos casos indican la presencia de materia orgánica en los estratos.



4.7.4. Formación Purumpata (Oi - p)

Es de la Era Paleozoico Inferior, del Ordovícico Inferior, de la Serie Llanvirniano y Formación Purumpata; esta Formación aflora en el sector del puente San José y hacia el norte de la misma aún mejor expuesta se encuentra en el sector de San Juan del Oro y Purumpata (Yanahuaya) de donde proviene el nombre de la Formación. En la zona de investigación aflora en la parte inferior del valle.

El contacto con la Formación infrayacente no se observa muy claramente, sin embargo, se considera que descansa en ligera discordancia erosional sobre la Formación Iparo, caso similar es con la formación suprayacente.

Esta Formación está conformada por una secuencia de pizarras arcillosas, metalutitas, etc. estas rocas se caracterizan por que son de estratificación no muy bien definida, debido a que es totalmente meteorizable y más que todo por la deformación de los estratos debido a los efectos tectónicos, finalmente la secuencia lito estratigráfica de esta formación culmina con una alternancia de pizarras y areniscas.

4.7.5. Formación Sandia (Os - S)

Es la formación que aflora en su mayoría en la zona de investigación; es del Paleozoico Inferior, del Ordoviciano Superior de la Serie Caradociano.

La Formación Sandia así denominada por Laubacher (1978) a una secuencia fliشوide interestratificada con pizarras y cuarcitas que aflora ampliamente en la zona de Sandia; esta Formación, se encuentra fuertemente plegada y fallada.

La litología en general consta de una alternancia monótona de pizarras y cuarcitas de diferentes espesores. Las cuarcitas son aparentemente predominantes en la base de la formación y en la parte media de la secuencia.

4.7.6. Cuaternario (Qh)

Superficialmente la gran parte de la zona de investigación se encuentra cubierta por Cuaternario o Reciente y esta Formación Cuaternaria se encuentra con la cobertura vegetal influenciada por el clima y la situación geográfica donde se ubica.

Las principales características Fisiográficas encontradas en esta Formación son las siguientes:

a. Terrazas Recientes

Se encuentra ocupando el fondo del valle labrado por los ríos se observa una serie de pequeñas terrazas que en forma discontinua se exponen en ambos lados del lecho de los ríos. Estas terrazas han permitido el desarrollo de algunos caseríos y la agricultura en forma eventual. Ver figura 6.



Figura 6 Terrazas formadas en el cuaternario.

Los materiales que constituyen estas unidades consisten principalmente en gravas, arenas y con cantos sub-redondeados en una mezcla heterogénea y caótica, en otras veces ligeramente consolidadas; los espesores no de aproximadamente 15 a 20 metros.

b. Flujos de Tierra o Barro

En diferentes lugares del área de investigación se encuentran depósitos clásticos conformados por una mezcla de materiales que alcanzan una potencia de decenas de metros de altura y el material que los conforma consiste principalmente de fragmentos de rocas derrumbadas, guijarros de lutitas y pizarras de tamaño variable.

En algunos sectores, éste material se presenta en una matriz areno-arcillosa medianamente consolidado, pero no ofrece ninguna manifestación de estratificación ni clasificación en sus componentes.

Estos depósitos se reconocen en los tramos del estudio donde indica material suelto, son ligeramente consolidados con cantos sub-angulosos mayormente lutílicos.

El tamaño de los elementos varía entre 5 y 10 cm. no siendo raro encontrar bloques de mayores dimensiones de diámetros, este material cubre en gran parte el contacto superior de la Formación Cuaternaria.



Figura 7 Flujos de tierra y barro.

c. Depósitos Aluviales

Estudiamos bajo este nombre, a todos los depósitos Recientes cuyos materiales han sido arrancados y transportados por el agua y depositados a poca distancia de su lugar de origen, estos materiales se presentan poco consolidados y sus elementos no tienen ninguna selección, es decir trata de una mezcla heterogénea de rocas de diferentes tamaños y formas (angulosas a sub-redondeadas), con escasa matriz fina. Ver figura 8.



Figura 8 Depósitos aluviales del cuaternario.

d. Depósitos Coluviales

Estos depósitos están formados por la intemperización de las rocas madres con las disoluciones de materiales orgánicos e inorgánicos por procesos químicos de meteorización, a consecuencia de este proceso se debe la formación de suelos lateríticos y otros.

4.8. HIDROGEOLOGÍA

La zona de investigación pertenece a la cuenca del Inambari, siendo el principal río en la zona de investigación el río Sina, al que drenan sus aguas todo el valle de Sina, entre los principales tributarios están: río Girigachi, río Potoni, Río Tekene, río Yanaloma, río Tablahuasi, río Huancuire y otros. Este río Sina al confluir con el río Quiaca en el sector San Lorenzo, toma el nombre de Huari Huari.

El río Huari Huari antes de llegar a la confluencia con el río Sandía en las cercanías del puente San José, se forman con los ríos Sina y Quiaca, formando valles profundos con característica en “V” demostrando escasas terrazas y si existen estas áreas son reducidas.

El valle del río Huari Huari tiene la forma sinuosa, pero por lo general está ligeramente orientado de SW a NE, debido a los fallamientos de tendencia andina, los ríos han ampliado su lecho por lo que las secciones transversales en “V” presentan pequeñas terrazas donde se



han asentado pequeños centros poblados. En las laderas de pendiente moderado, que contienen suelos casi estables y que han formado tierras de cultivo y caseríos con viviendas dispersas.

Los tributarios menores de este valle son generalmente de recorrido corto y también de sección transversal en “V” en otras veces con pendientes más profundas que el río principal algunos de ellos tienen recorrido recto que obedece a fallamientos andinos.

La red hidrográfica se emplaza sobre suelos constituidos de una secuencia pizarrosa que se interstratifica con cuarcitas, dicha litología y la estructura han controlado el diseño de avenamiento que tienen ligera variación entre sí, por lo que se ha clasificado en dos grupos.

Diseño dentrítico, que se caracteriza por tener un drenaje secundario con afluentes menores que presentan moderada ramificación y cierto paralelismo de los ríos en esta cuenca del Inambari. Este diseño está controlado por la litología, constituida de rocas metamórficas, así mismo por el patrón estructural de las secuencias sedimentarias. Estos lineamientos están controlados por los fallamientos y diaclasas, así como por su litología pizarrosa de las formaciones.

4.9. ACTIVIDAD DE LA MINERÍA INFORMAL E ILEGAL

La actividad minera en la zona de investigación se inició aproximadamente 20 años atrás, de manera ilegal, perdurando hasta la actualidad, los trabajos se realizan sin ninguna medida de seguridad de protección personal y mucho menos la protección del medio ambiente, realizando galerías en lugares inadecuados, más la utilización de explosivos generan movimientos de masas afectando a la morfología, a la flora y fauna.

Según el ministerio de energía y minas, en el proceso de formalización REINFO, en la zona de investigación se encuentran registrados un total de 14 mineros informales, 06 mineros informales en la concesión, ESTRELLA DE ORO SINA y 08 mineros informales en la concesión ÁGUILA DE ORO N° 1. Ver **tabla 6** y **tabla 7**. Aparte de estos mineros informales en la zona de investigación se encuentran aproximadamente 15 mineros ilegales que no están inscritos en el REINFO.



Figura 9 Maquinarias y equipos del desarrollo de la minería informal e ilegal.

Tabla 5 Mineros informales que trabajan en la concesión ESTRELLA DE ORO SINA.

N°	DATOS DEL DECLARANTE		DERECHO MINERO		UBICACIÓN GEOGRÁFICA		
	RUC	MINERO INFORMAL	CÓDIGO ÚNICO	NOMBRE	DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO
1	10025408174	CRUZ GONZALES BRAULIO	710003611	ESTRELLA DE ORO SINA	PUNO	SAN ANTONIO DE PUTINA	SINA
2	10025408531	CALIZAYA SONCCO JAVIER	710003611	ESTRELLA DE ORO SINA	PUNO	SAN ANTONIO DE PUTINA	SINA
3	10431822119	MAMANI MONZON PITER FREDY	710003611	ESTRELLA DE ORO SINA	PUNO	SAN ANTONIO DE PUTINA	SINA
4	10445606257	CAJCHAYA MAMANI ALEJANDRO	710003611	ESTRELLA DE ORO SINA	PUNO	SAN ANTONIO DE PUTINA	SI5NA
5	10706699690	CRUZ CUBA ELVIZ MIGUEL	710003611	ESTRELLA DE ORO SINA	PUNO	SAN ANTONIO DE PUTINA	SINA
6	10806086270	MANZANO RAMOS JUSTINA	710003611	ESTRELLA DE ORO SINA	PUNO	SAN ANTONIO DE PUTINA	SINA

Fuente: Ministerio de energía y minas (REINFO).

Tabla 6 Mineros informales que trabajan en la concesión ÁGUILA DE ORO N° 1.

N°	DATOS DEL DECLARANTE		DERECHO MINERO		UBICACIÓN GEOGRÁFICA		
	RUC	MINERO INFORMAL	CÓDIGO ÚNICO	NOMBRE	DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO
1	10013202163	CHURA VARGAS NORBERTO	080002706	AGUILA DE ORO N° 01	PUNO	SAN ANTONIO DE PUTINA	SINA
2	10013340361	CANAZA TICONA LUCIO	080002706	AGUILA DE ORO N° 01	PUNO	SAN ANTONIO DE PUTINA	SINA
3	10025407739	VALENTIN CHURA VARGAS	080002706	AGUILA DE ORO N° 01	PUNO	SAN ANTONIO DE PUTINA	SINA
4	10421675029	CHURA VARGAS HERMOGENES	080002706	AGUILA DE ORO N° 01	PUNO	SAN ANTONIO DE PUTINA	SINA
5	10449697052	CHURA VARGAS JUANITO	080002706	AGUILA DE ORO N° 01	PUNO	SAN ANTONIO DE PUTINA	SINA
6	10709140227	VALERO JILAPA VICTOR RAUL	080002706	AGUILA DE ORO N° 01	PUNO	SAN ANTONIO DE PUTINA	SINA
7	10802556611	CHURA VARGAS JAVIER	080002706	AGUILA DE ORO N° 01	PUNO	SAN ANTONIO DE PUTINA	SINA
8	20605088504	TIVA DISTRIBUCIONE S. S. C. R. L.	080002706	AGUILA DE ORO N° 01	PUNO	SAN ANTONIO DE PUTINA	SINA

Fuente: Ministerio de energía y minas (REINFO).

4.10. IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE IMPACTOS EN MATERIA AMBIENTAL

4.10.1. Identificación y Evaluación de Impactos en Suelos

La explotación del oro de manera empírica, el empleo de explosivos, la realización de trincheras, galerías, la remoción de suelos y/o rocas dan como resultado movimientos en masa, afectando de esa forma a la morfología local y dejando zonas con riesgos de deslizamiento.



Figura 10 Impactos en suelos (movimientos en masa).

4.10.2. Identificación y Evaluación de Impactos en Fluidos y/o Agua

El cauce natural por donde fluye el agua ha sido alterado, por las remociones de suelos y aún más con el relleno de desmonte en su cauce que impide y desvía las corrientes de agua. Además de ello el agua se ve afectado y contaminado por los relaves mineros, producidos por la molienda del mineral, puesto que todo ello genera impactos ambientales. las aguas que discurren de las labores mineras, los desmontes, etc. Adquieren metales pesados en su composición, afectado de manera directa e indirecta a la parte biótica.



Figura 11 Evidencia de contaminación con algunos metales pesados en el Rio Tekene.

4.10.3. Identificación y Evaluación en la Parte Biótica

En la parte biótica, la construcción de campamentos y de más infraestructuras o instalaciones de máquinas producen la desertificación de la flora dejando impactos ambientales. Las diferentes actividades de la minería informal tales como la detonación de explosivos y otros producen movimientos en masa que también afectan a la vegetación.

Otro elemento que constituye la parte biótica es la fauna, la misma que se ve extinguido con los movimientos en masa y los que están a los alrededores migran hacia hábitats vecinos y colindantes, debido a la utilización de equipos motorizados y la voladura que generarán ruidos desmedidos que serán percibidos por las poblaciones animales. No obstante, algunas especies se adaptan a la presencia del ser humano y de las maquinarias empleadas en la actividad minera informal.



Figura 12 Deforestación en la zona de investigación y algunos animales de la fauna.

4.11. SELECCIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO

La selección de los puntos de muestreo en la zona de investigación, se realizó minuciosamente con el fin de caracterizar la calidad actual de los efluentes. En la etapa de campo se ha determinado y ubicado los puntos de muestreo en las aguas del río Tekene. En los lugares seleccionados son los que se generan efluentes líquidos, que probablemente sean vulnerables, así contaminando al río Tekene, posteriormente al río Sina.

4.12. UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO

La ubicación de los puntos de muestreo se halla en el río Tekene. Para el muestreo se ha considerado tomar cuatro puntos de monitoreo con sus respectivas coordenadas UTM, las que se describen en la tabla N° 8. La ubicación de los puntos de muestreo se puede apreciar en el mapa de puntos de monitoreo en anexos.



Cuadro 2 Ubicación de los puntos de muestreo.

PUNTO	ESTE	NORTE	COTA
PMA-01	470098	8407303	2943
PMA-02	470160	8407275	2910
PMA-03	470194	8407238	2875
PMA-04	470341	8407277	2776

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. IMPACTOS AMBIENTALES DE LA MINERÍA INFORMAL

Debido a la rentabilidad del oro, crece de manera desmedida la minería informal y la minería ilegal, aun mas con el aumento de su valor en este año 2020, que sigue en crecimiento, a causa de la pandemia mundial (COVID 19) y las grandes recesiones que están sufriendo la economía de diversos países del mundo. En este marco de tiempos difíciles, la minería informal e ilegal no da marcha atrás, ni un alto. Al contrario, parece ser la salida perfecta en el aspecto económico de muchas familias del distrito de Sina y sus alrededores.

El aumento de la explotación minera de manera informal e ilegal trae consigo serios problemas ambientales en el aspecto morfológico (figura 13) causando alteraciones irreparables, con la remoción de suelos, rocas y los movimientos de masas, además, de causar contaminación en los efluentes, que se ve reflejada en la parte biótica.



Figura 13 Alteración del medio ambiente natural.

5.2. IMPACTOS AMBIENTALES EN LOS SUELOS

Los impactos ambientales identificados en los suelos son el deterioro; por la remoción de ello en el proceso de búsqueda de vetas o en la apertura de las distintas labores mineras. Los suelos son afectados por los movimientos en masas, por el relleno de los relaves en el proceso de recuperación o amalgamación del oro, por el relleno de los desmontes. Afectando a las propiedades del suelo orgánico que cubre toda la zona de investigación.

La remoción de los suelos y los movimientos en masa afectan a la morfología natural alterando el paisaje y por ende a la parte biótica.



Figura 14 Movimientos en masa.

5.3. IMPACTOS AMBIENTALES EN EL AGUA

5.3.1. Resultados por Metales Pesados

Se procederá a analizar los resultados obtenidos en el laboratorio, de cada uno de los elementos químicos; antimonio, arsénico, bario, cobre, mercurio, níquel, plomo, selenio, talio y zinc, que son los metales pesados, indicados en la categoría 4. Dicho análisis e interpretación, se hará de acuerdo al D.S. 004-2017-MINAM, categoría 4 conservación del medio ambiente acuático, E2 ríos, costa y sierra.

5.3.2. Análisis del Antimonio

Cuadro 3 Resultados de laboratorio para el elemento químico antimonio (Sb).

Muestras	Antimonio (Sb)
PMA-01	0.0071
PMA-02	0.0066
PMA-03	0.0024
PMA-04	0.0075

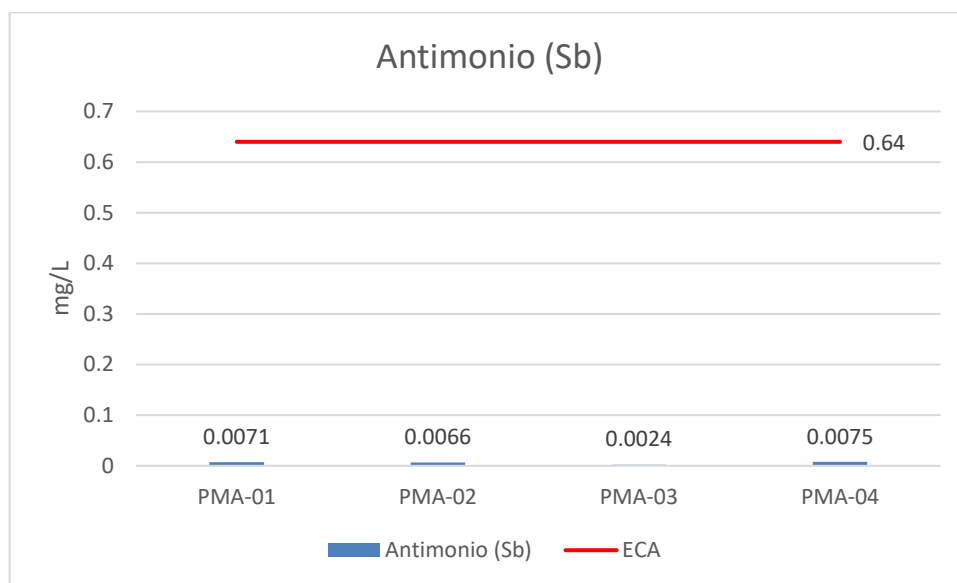


Figura 15 Análisis de antimonio (Sb).

Discusión: De acuerdo a los resultados del análisis de antimonio en el laboratorio, se tiene como el dato más alto en la muestra PMA-04 0.0075 mg/L y como el dato más bajo es de la muestra PMA-03 con 0.0024 mg/L. por lo tanto, así como se aprecia en la figura 15, las concentraciones de antimonio están por debajo de los límites máximos permisibles de acuerdo a los estándares de calidad D.S. 004-2017-MINAM, para la categoría 4 que es la conservación del ambiente acuático, E2: ríos de la costa y selva. Por consiguiente, la presencia del antimonio no genera ningún impacto ambiental.

5.3.3. Análisis del Arsénico

Cuadro 4 Resultados de laboratorio para el elemento químico arsénico (As).

Muestras	Arsénico (As)
PMA-01	0.00746
PMA-02	0.00635
PMA-03	0.00003
PMA-04	0.00786

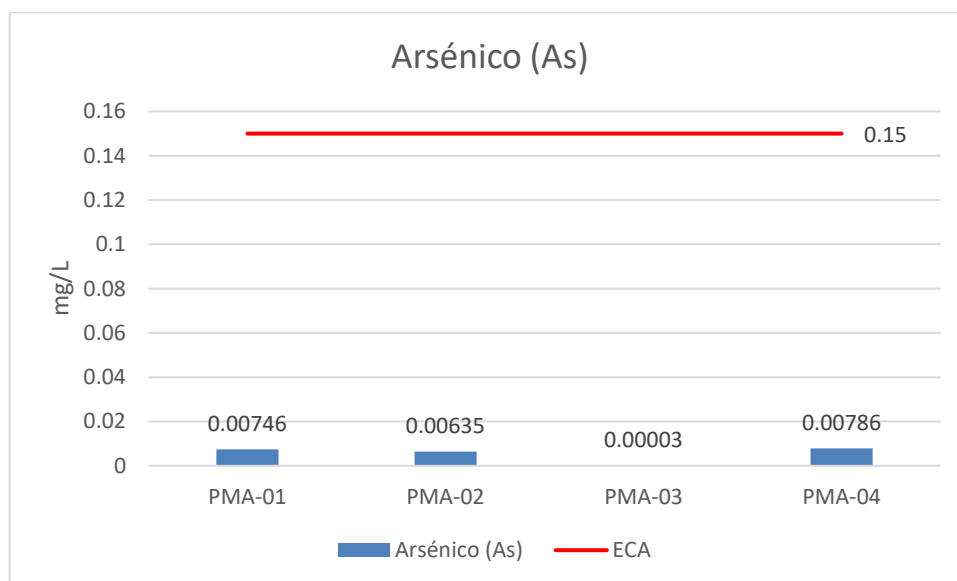


Figura 16 Análisis de arsénico (As).

Discusión: De acuerdo a los resultados del análisis de arsénico en el laboratorio, se tiene como el dato más alto en la muestra PMA-04 0.00786 mg/L y como el dato más bajo es de la muestra PMA-03 con 0.00003 mg/L. por lo tanto, así como se aprecia en la figura 16, las concentraciones de arsénico están por debajo de los límites máximos permisibles de acuerdo a los estándares de calidad D.S. 004-2017-MINAM, para la categoría 4 que es la conservación del ambiente acuático, E2: ríos de la costa y selva. Por consiguiente, la presencia del antimonio no genera ningún impacto ambiental.

5.3.4. Análisis del Bario

Cuadro 5 Resultados de laboratorio para el elemento químico Bario (Ba).

Muestras	Bario (Ba)
PMA-01	0.02481
PMA-02	0.01316
PMA-03	0.01104
PMA-04	0.00757

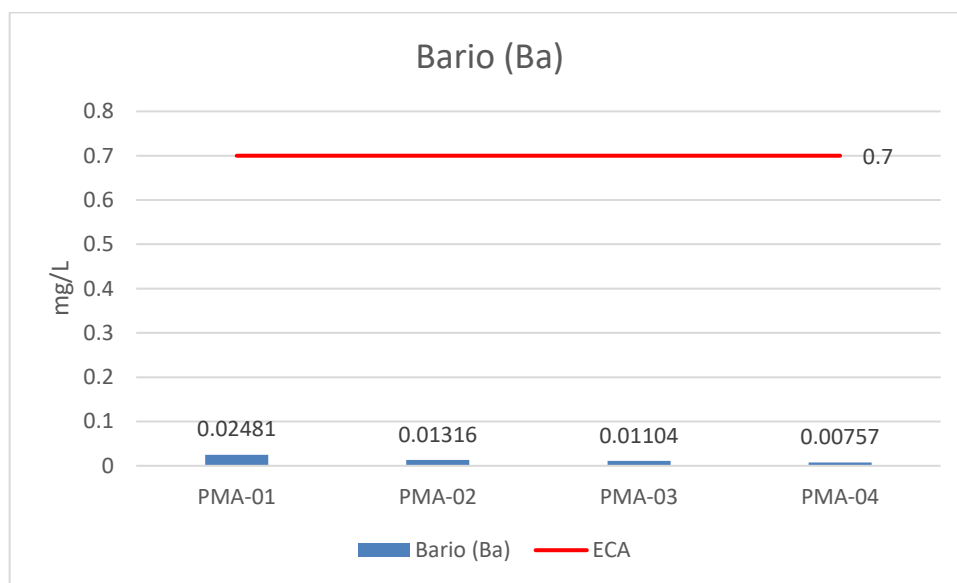


Figura 17 Análisis de bario (Ba).

Discusión: De acuerdo a los resultados del análisis de bario en el laboratorio, se tiene como el dato más alto en la muestra PMA-01 con una cantidad de bario de 0.02481 mg/L y como el dato más bajo es de la muestra PMA-04 con 0.00757 mg/L. por lo tanto, así como se aprecia en la figura 17, las concentraciones de bario están por debajo de los límites máximos permisibles de acuerdo a los estándares de calidad del D.S. 004-2017-MINAM, para la categoría 4 que es la conservación del ambiente acuático, E2: ríos de la costa y selva. Por consiguiente, la presencia del bario en el agua, no genera ningún impacto ambiental.

5.3.5. Análisis del Cobre

Cuadro 6 Resultados de laboratorio para el elemento químico cobre (Cu).

Muestras	Cobre (Cu)
PMA-01	0.16955
PMA-02	0.11157
PMA-03	0.10563
PMA-04	0.10045

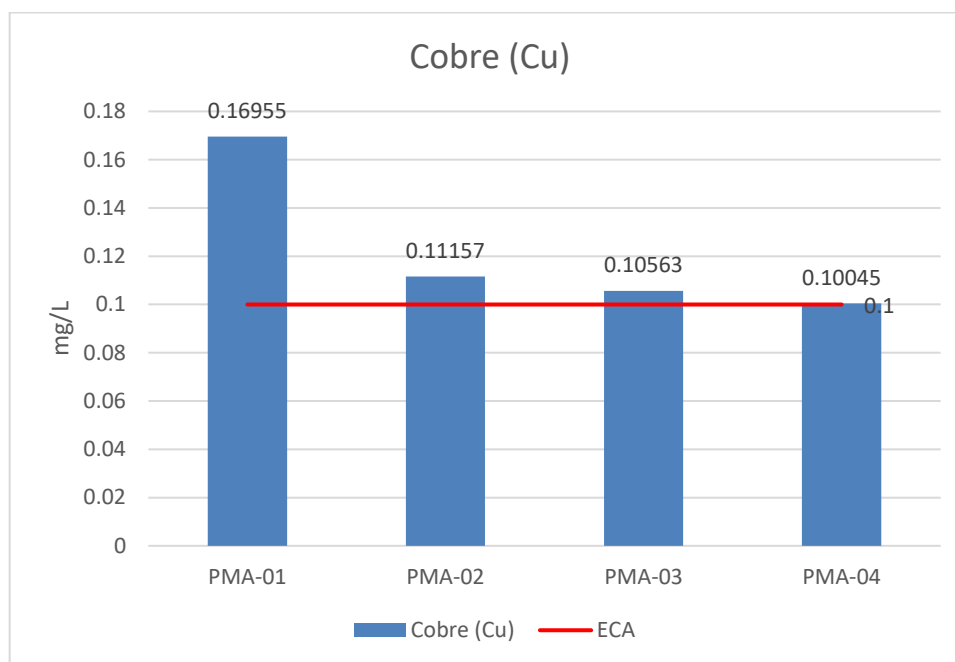


Figura 18 Análisis de cobre (Cu).

Discusión: De acuerdo a los resultados del análisis de cobre en el laboratorio, se tiene como el dato más alto en la muestra PMA-01 con un valor de 0.16955 mg/L y como el dato más bajo es de la muestra PMA-04 con 0.10045 mg/L. por lo tanto, así como se aprecia en la figura 18, las concentraciones de cobre en todas las muestras están por encima de los límites máximos permisibles de acuerdo a los estándares de calidad D.S. 004-2017-MINAM, para la categoría 4, que es la conservación del ambiente acuático, E2: ríos de la costa y selva. Por consiguiente, la presencia del cobre es contaminante y genera impactos ambientales en el cuerpo de agua. La presencia del cobre por encima de los límites máximos permisibles, se debe a la presencia de los

sulfuros de cobre, ya sea en la roca y en los desmontes por donde discurre el cuerpo de agua.

5.3.6. Análisis del Mercurio

Cuadro 7 Resultados de laboratorio para el elemento químico mercurio (Hg).

Muestras	Mercurio (Hg)
PMA-01	0.000003
PMA-02	0.000003
PMA-03	0.000003
PMA-04	0.000003

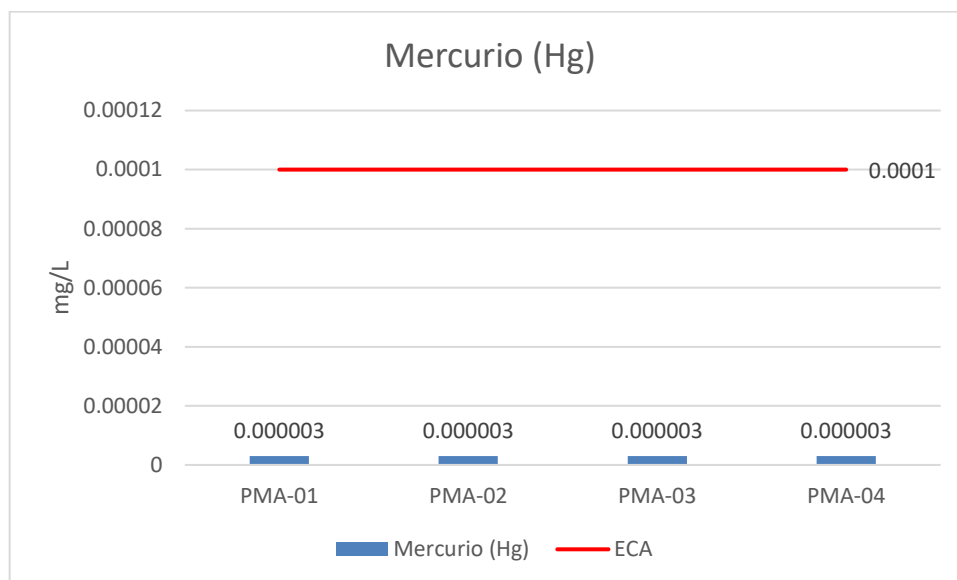


Figura 19 Análisis de mercurio (Hg).

Discusión: De acuerdo a los resultados del análisis de mercurio en el laboratorio, se tienen datos parecidos en todas las muestras con un valor de 0.000003. por lo tanto, así como se aprecia en la figura 19, las concentraciones de mercurio están por debajo de los límites máximos permisibles de acuerdo a los estándares de calidad D.S. 004-2017-MINAM, para la categoría 4 que es la conservación del ambiente acuático, E2: ríos de la costa y selva. Por consiguiente, la presencia del mercurio no genera ningún impacto ambiental.

5.3.7. Análisis del Níquel

Cuadro 8 Resultados de laboratorio para el elemento químico níquel (Ni).

Muestras	Níquel (Ni)
PMA-01	0.0233
PMA-02	0.0092
PMA-03	0.0095
PMA-04	0.0093

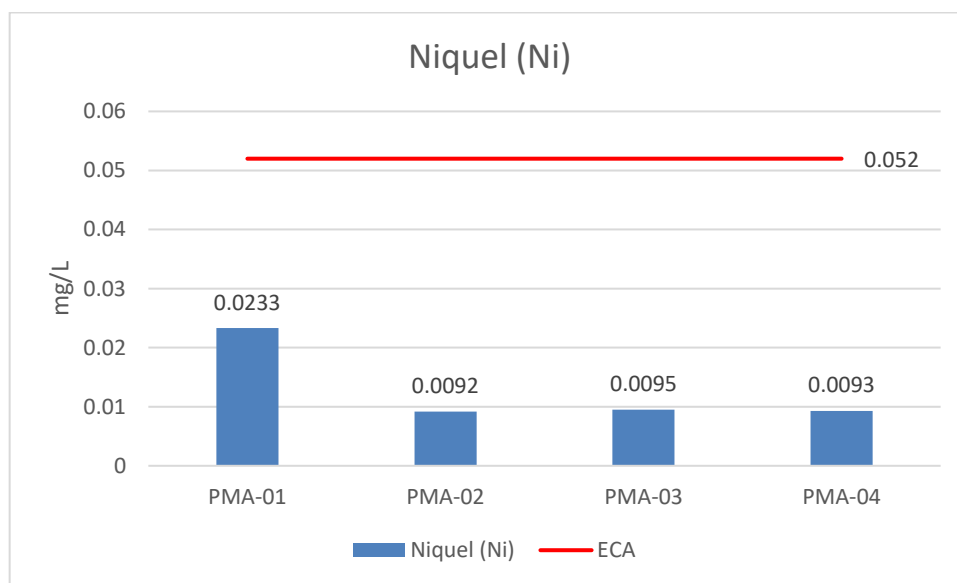


Figura 20 Análisis de níquel (Ni).

Discusión: De acuerdo a los resultados del análisis de níquel en el laboratorio, se tiene como el dato más alto en la muestra PMA-01 con un valor de 0.0233 mg/L y como el dato más bajo es de la muestra PMA-02 con 0.0092 mg/L. por lo tanto, así como se aprecia en la figura 20, las concentraciones de níquel están por debajo de los límites máximos permisibles de acuerdo a los estándares de calidad D.S. 004-2017-MINAM, para la categoría 4 que es la conservación del ambiente acuático, E2: ríos de la costa y selva. Por consiguiente, la presencia del níquel no genera ningún impacto ambiental.

5.3.8. Análisis del Plomo

Cuadro 9 Resultados de laboratorio para el elemento químico plomo (Pb).

Muestras	Plomo (Pb)
PMA-01	0.0347
PMA-02	0.00004
PMA-03	0.00004
PMA-04	0.00004

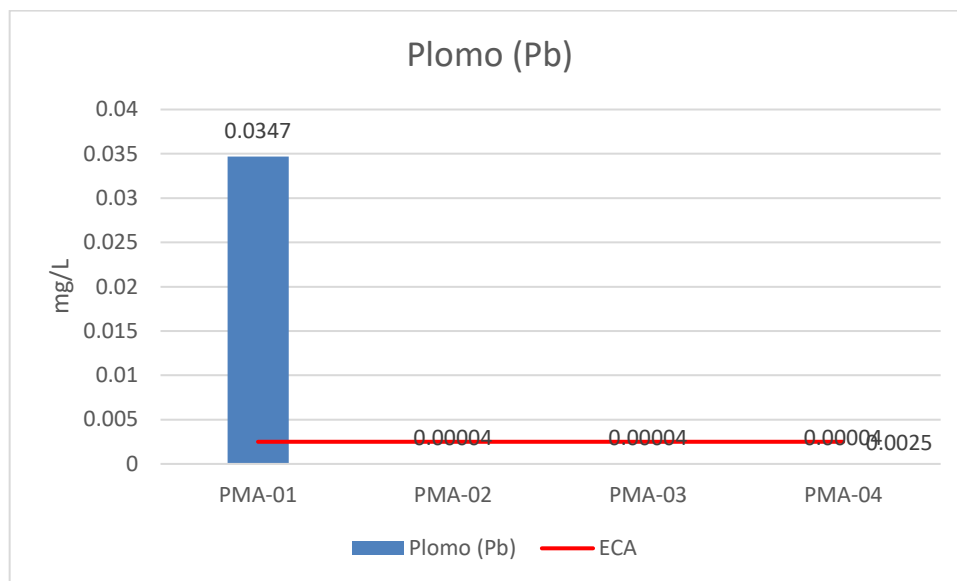


Figura 21 Análisis de plomo (Pb).

Discusión: De acuerdo a los resultados del análisis de plomo en el laboratorio, se tiene como el dato más alto en la muestra PMA-01 con un valor de 0.0347 mg/L y el resto de las muestras todos tienen un valor de 0.00004 mg/L. por lo tanto, así como se aprecia en la figura 21, las concentraciones de plomo en la parte alta de la zona de estudio de donde se tomó la muestra PMA-01 la concentración de plomo sobrepasa los límites máximos permisibles y el resto de las muestras tomadas río abajo están por debajo de los límites máximos permisibles de acuerdo a los estándares de calidad establecidos en el D.S. 004-2017-MINAM, para la categoría 4 que es la conservación del ambiente acuático, E2: ríos de la costa y selva. Por consiguiente, la presencia del plomo no genera impactos ambientales río abajo.

5.3.9. Análisis del Selenio

Cuadro 10 Resultados de laboratorio para el elemento químico selenio (Se).

Muestras	Selenio (Se)
PMA-01	0.078
PMA-02	0.0951
PMA-03	0.0601
PMA-04	0.0671

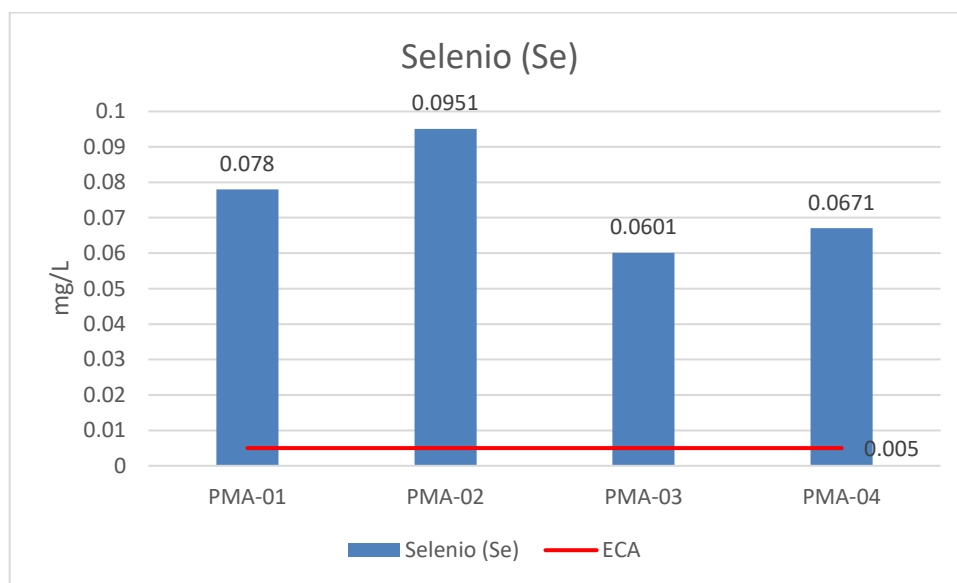


Figura 22 Análisis de selenio (Se).

Discusión: De acuerdo a los resultados del análisis de selenio en el laboratorio, se tiene como el dato más alto en la muestra PMA-02 con un valor de 0.0951 mg/L y como el dato más bajo es de la muestra PMA-03 con 0.0601 mg/L. por lo tanto, así como se aprecia en la figura 22, las concentraciones de selenio están por encima de los límites máximos permisibles de acuerdo a los estándares de calidad D.S. 004-2017-MINAM, para la categoría 4 que es la conservación del ambiente acuático, E2: ríos de la costa y selva. Por consiguiente, la presencia del selenio genera impactos negativos en el medio ambiente.

5.3.10. Análisis del Talio

Cuadro 11 Resultados de laboratorio para el elemento químico talio.

Muestras	Talio (Tl)
PMA-01	0.00003
PMA-02	0.00003
PMA-03	0.00003
PMA-04	0.00003

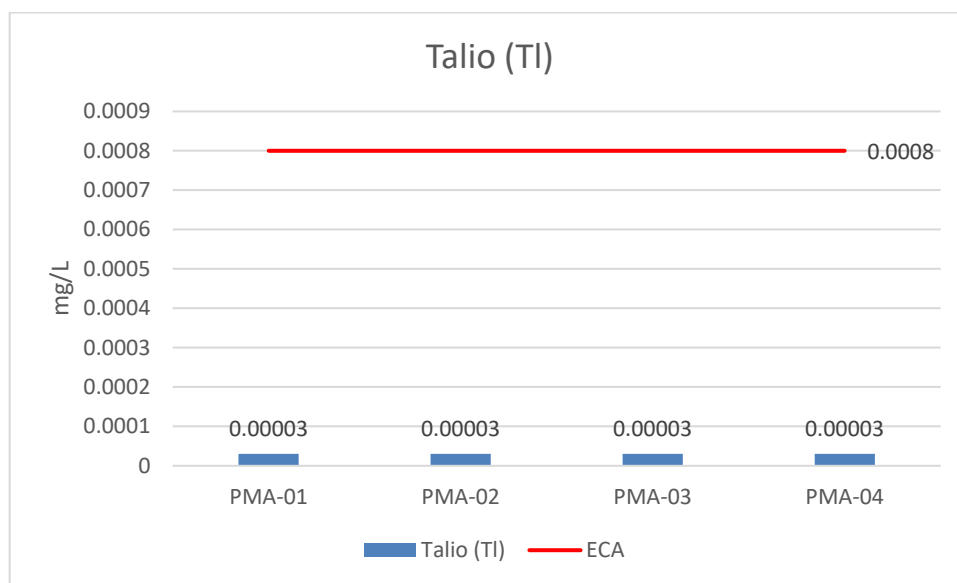


Figura 23 Análisis de talio (Tl).

Discusión: De acuerdo a los resultados del análisis de talio en el laboratorio, se tiene en todas las muestras, datos similares con valor de 0.00003 mg/L. por lo tanto, así como se aprecia en la figura 23, las concentraciones de talio están por debajo de los límites máximos permisibles de acuerdo a los estándares de calidad D.S. 004-2017-MINAM, para la categoría 4 que es la conservación del ambiente acuático, E2: ríos de la costa y selva. Por consiguiente, la presencia de talio no genera ningún impacto ambiental.

5.3.11. Análisis del Zinc

Cuadro 12 Resultados de laboratorio para el elemento químico zinc (Zn).

Muestras	Zinc (Zn)
PMA-01	5.27
PMA-02	0.04521
PMA-03	0.05307
PMA-04	0.00578

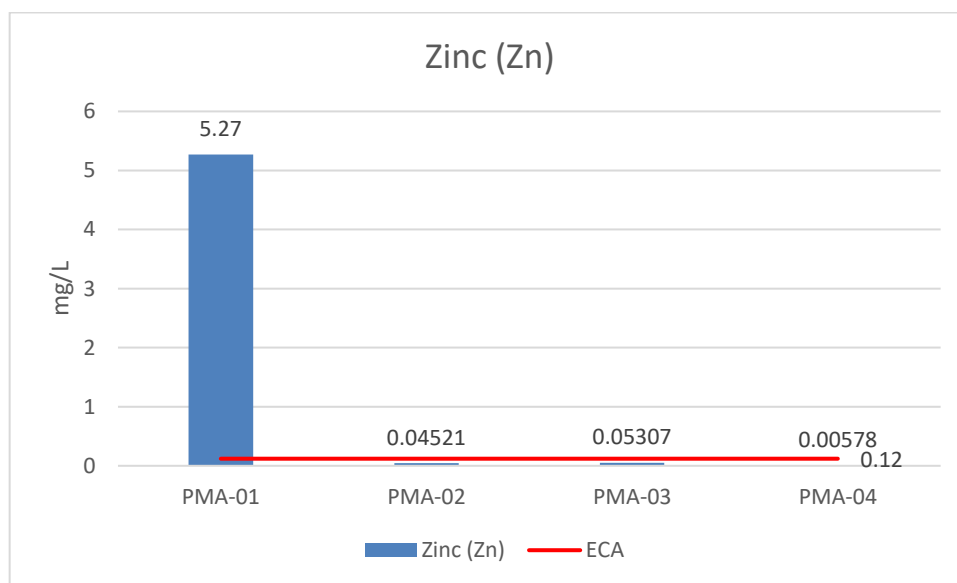


Figura 24 Análisis de zinc (Zn).

Discusión: De acuerdo a los resultados del análisis de zinc en el laboratorio, se tiene como el dato más alto en la muestra PMA-01 con un valor de 5.27 mg/L y como el dato más bajo es de la muestra PMA-04 con 0.00578 mg/L. por lo tanto, así como se aprecia en la figura 24, las concentraciones de zinc en la parte superior o río arriba de la zona de investigación, específicamente en la zona donde se tomó la mutras PMA-01 sobrepasa los límites máximos permisibles y en el de las muestras río abajo están por debajo de los límites máximos permisibles de acuerdo a los estándares de calidad D.S. 004-2017-MINAM, para la categoría 4 que es la conservación del ambiente acuático, E2: ríos de la costa y selva. Por consiguiente, la presencia del zinc río abajo no genera ningún tipo de impacto ambiental.

5.3.12. Análisis de Parámetros Microbiológicos (Coliformes Termototales)

Cuadro 13 Resultados de laboratorio para el parámetro microbiológico de coliformes termototales.

Muestras	Coliformes Termototales
PMA-01	2
PMA-02	23
PMA-03	2
PMA-04	1.8

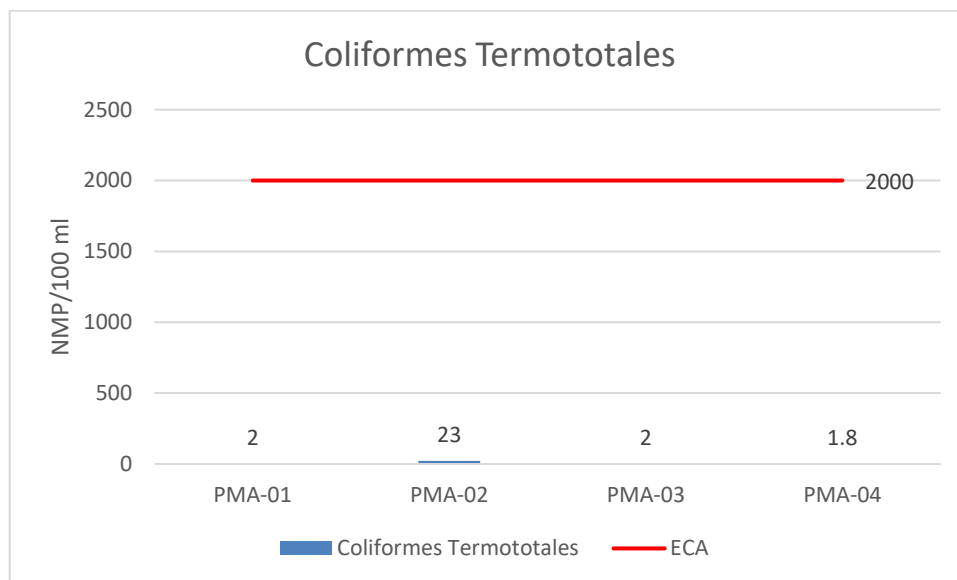


Figura 25 Análisis del parámetro microbiológico de coliformes termototales.

Discusión: De acuerdo a los resultados del análisis de los coliformes termototales en el laboratorio, se tiene como el contenido más alto en la muestra PMA-02 con un valor de 23 NMP/100 ml. y con el contenido más bajo es de la muestra PMA-04 con 1.8 NMP/100 ml. por lo tanto, así como se aprecia en la figura 25, la cantidad de coliformes totales están por debajo de los límites máximos permisibles de acuerdo a los estándares de calidad D.S. 004-2017-MINAM, para la categoría 4 que es la conservación del ambiente acuático, E2: ríos de la costa y selva. Por consiguiente, no genera ningún impacto ambiental.

5.4. IMPACTOS AMBIENTALES EN EL ASPECTO BIÓTICO

En el aspecto biótico se pudo observar una gran pérdida de cobertura vegetal en todo el sector Tekene. Esta pérdida de cobertura vegetal se debe directamente a la intervención de la mano del hombre que realiza la actividad minera informal e ilegal. Los arboles han sido talados para la construcción de campamentos, diferentes instalaciones, para la utilización en sostenimiento de labores mineros y como leña.

La pérdida de cobertura vegetal también es causada por los movimientos en masa que son ocasionados por las diferentes actividades mineras como la remoción de suelos, las ondas generados por los explosivos, etc. En algunos sitios la vegetación ha sido enterrada por los desmontes y los deslizamientos. Por lo tanto, con la pérdida de la flora también se vio afectado directamente la fauna, extinguiéndose en las zonas desertificadas y migrando de las zonas de tala de árboles, hacia los lugares aledaños.



Figura 26 Deforestación en las zonas aledañas a los campamentos.



VI. CONCLUSIONES

- PRIMERA** : Los impactos ambientales producidos en los suelos, por la minería informal e ilegal en el sector Tekene son; la remoción de suelos, movimientos en masa, suelos cubiertos por relaves y desmonte los que alteran y hacen que desaparezca los suelos con materia orgánica. Afectando así a la morfología natural y el desarrollo de la flora.
- SEGUNDA** : Los impactos ambientales producidos por la minería informal e ilegal en el aspecto de fluidos y/o aguas en el sector Tekene son la contaminación con algunos metales pesados. De acuerdo a los resultados del análisis de agua, en el laboratorio, los metales que sobrepasan los límites máximos permisibles son; cobre, plomo, selenio y zinc. Generando efectos sobre el medio ambiente y alterando la calidad de las aguas de río Tekene y por ende la cuenca del Inambari. En los parámetros microbiológicos los coliformes termototales están por debajo de los límites máximos permisibles por lo que no generan ningún tipo de impacto ambiental.
- TERCERA** : Los principales impactos ambientales en la parte biótica son la pérdida de la cobertura vegetal, que son producidos por la tala de árboles por parte de los mineros informales e ilegales. La tala de árboles, los realizan para la utilización de leña, construcción de campamentos y para emplear en el sostenimiento de las labores mineras. Además de ello la minería informal e ilegal produce movimientos en masa, y como consecuencia de ello produce la pérdida de cobertura vegetal, deforestando de manera desmedida, afectando así a la fauna.



VII. RECOMENDACIONES

- PRIMERA** : Debido a que la minería siempre será una de las actividades que más divisas genera para las familias, en esta parte del país, se recomienda realizar el proceso de formalización para que se pueda cumplir con las normas de calidad ambiental. A las entidades estatales como la DREM se recomienda focalizar a los mineros ilegales, para que se inmiscuyan en el proceso de la formalización minera y esa manera disminuir y/o mitigar los impactos ambientales.
- SEGUNDA** : Se recomienda realizar estudios de movimientos en masa, que son muy frecuentes en la zona de estudio y sus alrededores, asimismo se recomienda evaluar de manera puntual las características del suelo y roca a base de calicatas, para empezar una labor minera.
- TERCERA** : Se recomienda a las instituciones competentes como el MINAM y ANA controlar la calidad del agua a través de estaciones de monitoreo ambiental de manera permanente.
- CUARTA** : Se recomienda a la Municipalidad del Distrito de Sina, generar un plan de gestión ambiental de modo que se puede controlar y mitigar los impactos ambientales generados por la minería informal e ilegal.



VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albaladejo , J., & Díaz, E. (1990). *Degradación y regeneración del suelo en el litoral mediterráneo español: experiencias en el proyecto Lucdeme. In Soil Degradation and Rehabilitation in Mediterranean Environmental Conditions*. Madrid - España: CSIC.
- Aranda. (2013). *Estándares de Calidad Ambiental (en el Perú) VI/ Congreso Internacional de Legislación de Minería, Hidrocarburo y Electricidad*. Lima - Perú: Printed. Retrieved from <http://www.ecologiahoy.com/estandares-de-calidadambiental> .
- Belmonte , F., Romero , A., Alonso , F., Moreno, J., & Rojo, S. (2010). *Afección de suelos agrícolas por metales pesados en áreas limítrofes a explotaciones mineras del sureste de España*. Murcia - España: Papeles de Geografía.
- Calvo De Anta. (1996). *Contaminación de suelos*. Ecología.
- Casilla, S. (2014). *Evaluación de la calidad de agua en los diferentes puntos de descarga de la cuenca del Rio Suchez*. Puno - Perú: Universidad Nacional del Altiplano.
- Cátedra Unesco para la Sostenibilidad. (2017). *unescosost.org*. Obtenido de Retrieved from unescosost.org: <https://www.unescosost.org/>
- Ccancapa, Y. R. (2015). *Contaminación del agua superficial y sedimentos por mercurio en la Rinconada, originado por la minería informal (Ananea- Puno)*. Puno - Perú: Universidad Nacional del Altiplano.
- Chango, C. G. (2017). *La contaminación ambiental y sus efectos* . Quito - Ecuador : Universidad de las Americas .
- Chávez, R. M. (2018). *Evaluación geoquímica e identificación de drenaje ácido de roca de los desmontes, mineral y pared de tajo de la UEA - Cerro de Pasco Compañía Volcan*. Cajamarca - Perú: Universidad Nacional de Cajamarca.
- Clevers, & Kooistra. (2003). *Assessment of heavy metal contamination in river floodplain by using the red-edge index*. Wageningen: Centre Geo-information (CGI).



- Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio . (1972). *Conferencia Internacional sobre el Medio Humano*. Estocolmo - Suecia.
- Cuba, E. (2019). Minería informal. *lampadia*, <https://www.lampadia.com/opiniones/elmer-cuba/mineria-informal/>.
- De La Cruz, B. N., & Carpio , M. (1996). *Geología de los Cuadrángulos de Sandia y San Ignacio. Carta Geológica nacional, Hoja 29-y, 29-z* . Lima: Boletín INGEMMET.
- Foy , P. (1998). *Agenda 21 (desarrollo sostenible: un programa para la acción)*. Lima - Perú: Fondo Ed. de la Pontificia Univ. Católica del Perú.
- González, A. (2004). *Granulometría, sedimentación, composición y contenido total de metales pesados en los sedimentos del rio Cobre, de Santiago de Cuba*. Cuba: Facultad de Ciencias Naturales, Departamento de Química, Universidad de Oriente.
- Guerrero, M. E. (2002). *Ruptura de oleoductos por interferencia externa, daño ambiental y sostenibilidad en Colombia*. Caldas - Colombia: scielo.
- Huahuasoncco, E. M. (2018). *Identificación y valoración de impacto ambiental de la contaminación por aguas servidas en el Río Ayaviri*. Puno - Perú: Universidad Nacional del Altiplano .
- Jenny, H. (1980). *The soil resource*. New York: Springer-Verlag.
- Laubacher, G. (1978). *Estudio Geológico de la región norte del Lago Titicaca*. Lima: INGEMMET, Boletín serie D.
- López, M. E. (2002). *Aguas residuales. Composición*.
- Mamani, C. (2017). *Estudio de la contaminación de la cuenca del Río Suches zona Ocopampa Piñuni por la actividad antropogénica*. Puno - Perú: Universidad Nacional del Altiplano.
- Martínez, Z., & González , M. (2017). *Contaminación de suelos agrícolas por metales pesados, zona minera El Alacrán, Colombia*. Córdoba - Colombia : Revista Temas Agrarios .



- Mayorga, R. E. (2012). *Evaluación de la contaminación por arsénico y metales pesados en el distrito minero Fresnillo (Zacatecas, México)*. San Luis Potosí - México : Universidad Autónoma de San Luis Potosí.
- MINAM. (02 de Diciembre de 2017). Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo. *D.S. 011-2017-MINAM*, págs. 12 - 15.
- MINAM. (07 de Junio de 2017). D.S. 004 - 2017 - MINAM. *El Peruano* , págs. 10 - 19.
- National Research Council. (2001). *Basic Research Opportunities in Earth Science*. Washinton D.C.: National Academic Press.
- Ocola , J. J., & Laqui, W. F. (2017). *Fuentes contaminantes en la cuenca del Lago Titicaca*. Lima - Perú: Autoridad Nacional del Agua.
- OEFA. (2014). N° 015-2006.
- Quispe, R. F. (2017). *Evaluación de la concentración de metales pesados (cromo, cadmio y plomo) en los sedimentos superficiales en el Rio Coata, 2017*. Puno - Perú: Universidad Nacional del Altiplano.
- Real Academia Española. (1992). *Diccionario de la lengua Española (21.ª ed.)*. Madrid - España.
- Real Academia Española. (2006). *Diccionario de la lengua Española (22.ª ed.)*. Madrid - España.
- Rodier, J. (1981). *Analisis de las Aguas, Aguas Residuales y Agua del Mar*. Barcelona - España : Ediciones Omega.
- Salas, F. (2014). *Determinación de metales pesados en las aguas del Río Ananea debido a la actividad minera aurífera, Puno-Perú*. Puno - Perú: Instituto de Investigación de la Escuela de Posgrado-Universidad Nacional del Altiplano Puno-Perú.
- Sotil , L. E., & Flores, H. I. (2016). *Determinación de parámetros físicos, químicos y bacteriológicos del contenido de las aguas del Río Mazán – Loreto, 2016*. Iquitos - Perú : Universidad Nacional de la Amazonía.



- Torres, J. C. (2012). *Evaluación ambiental del proyecto Gau – Sina – San Antonio de Putina*. Puno - Perú: Universidad Nacional del Altiplano.
- UNESCO . (1982). *Guía metodológica para la elaboración del balance hídrico de América de sur*. . Montevideo. Uruguay - España: Oficina Regional de Ciencias y Tecnología de la UNESCO para América latina y el Caribe.
- USEPA. (1991). *Criterios para evaluar las concentraciones de metales en sedimentos establecidos*. Estados Unidos: Agencia de Protección de Estados Unidos.
- Usero, J., Morillo, J., & Gracia, I. (1997). *Contaminación por metales en sedimentos acuáticos del río Odiel*. Tecnología del agua.
- Valverde, T. (2007). *Ecología y medio ambiente en el siglo XXI*. México: Pearson Educación.
- Vélez, M. T. (2014). *Evaluación ambiental para la producción primaria de leche orgánica en hatos del municipio de Arjona, departamento de Bolívar, Colombia*. Colombia .
- Vink, R., Behrendt, H., & Salomons, W. (1999). *Development of the heavy metal pollution trends in several European rivers: an analysis of point diffuse source*. Water Science Technology.



ANEXOS

1. Estándares nacionales de calidad ambiental para agua “DECRETO SUPREMO N° 004-2017-MINAM”.
2. Resultados del laboratorio.
3. Cuadrángulo 29y
4. Planos.

ANEXO 1. Estándares nacionales de calidad ambiental para agua “DECRETO SUPREMO N° 004-2017-MINAM”.

10

NORMAS LEGALES

Miércoles 7 de junio de 2017 / El Peruano

Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias

DECRETO SUPREMO N° 004-2017-MINAM

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, el numeral 22 del artículo 2 de la Constitución Política del Perú establece que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida;

Que, de acuerdo a lo establecido en el artículo 3 de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, en adelante la Ley, el Estado, a través de sus entidades y órganos correspondientes, diseña y aplica, entre otros, las normas que sean necesarias para garantizar el efectivo ejercicio de los derechos y el cumplimiento de las obligaciones y responsabilidades contenidas en la Ley;

Que, el numeral 31.1 del artículo 31 de la Ley, define al Estándar de Calidad Ambiental (ECA) como la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente; asimismo, el numeral 31.2 del artículo 31 de la Ley establece que el ECA es obligatorio en el diseño de las normas legales y las políticas públicas, así como un referente obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental;

Que, de acuerdo con lo establecido en el numeral 33.1 del artículo 33 de la Ley, la Autoridad Ambiental Nacional dirige el proceso de elaboración y revisión de ECA y Límites Máximos Permisibles (LMP) y, en coordinación con los sectores correspondientes, elabora o encarga las propuestas de ECA y LMP, los que serán remitidos a la Presidencia del Consejo de Ministros para su aprobación mediante Decreto Supremo;

Que, en virtud a lo dispuesto por el numeral 33.4 del artículo 33 de la Ley, en el proceso de revisión de los parámetros de contaminación ambiental, con la finalidad de determinar nuevos niveles de calidad, se aplica el principio de gradualidad, permitiendo ajustes progresivos a dichos niveles para las actividades en curso;

Que, de conformidad con lo establecido en el literal d) del artículo 7 del Decreto Legislativo N° 1013, Ley de Creación, Organización, y Funciones del Ministerio del Ambiente, este ministerio tiene como función específica elaborar los ECA y LMP, los cuales deberán contar con la opinión del sector correspondiente y ser aprobados mediante Decreto Supremo;

Que, mediante Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM se aprueban los ECA para Agua y, a través del Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM, se aprueban las disposiciones para su aplicación;

Que, asimismo, mediante Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM se modifican los ECA para Agua y se establecen disposiciones complementarias para su aplicación;

Que, mediante Resolución Ministerial N° 331-2016-MINAM se crea el Grupo de Trabajo encargado de establecer medidas para optimizar la calidad ambiental, estableciendo como una de sus funciones específicas, el analizar y proponer medidas para mejorar la calidad ambiental en el país;

Que, en mérito del análisis técnico realizado se ha identificado la necesidad de modificar, precisar y unificar la normatividad vigente que regula los ECA para agua;

Que, mediante Resolución Ministerial N° 072-2017-MINAM, se dispuso la prepublicación del proyecto normativo, en cumplimiento del Reglamento sobre Transparencia, Acceso a la Información Pública Ambiental y Participación y Consulta Ciudadana en Asuntos Ambientales, aprobado por Decreto Supremo N° 002-2009-MINAM, y el artículo 14 del Reglamento que establece disposiciones relativas a la publicidad,

publicación de Proyectos Normativos y difusión de Normas Legales de Carácter General, aprobado por Decreto Supremo N° 001-2009-JUS; en virtud de la cual se recibieron aportes y comentarios al mismo;

De conformidad con lo dispuesto en el numeral 8 del artículo 118 de la Constitución Política del Perú, así como el numeral 3 del artículo 11 de la Ley N° 29158, Ley Orgánica del Poder Ejecutivo;

DECRETA:

Artículo 1.- Objeto de la norma

La presente norma tiene por objeto compilar las disposiciones aprobadas mediante el Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, el Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM y el Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM, que aprueban los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, quedando sujetos a lo establecido en el presente Decreto Supremo y el Anexo que forma parte integrante del mismo. Esta compilación normativa modifica y elimina algunos valores, parámetros, categorías y subcategorías de los ECA, y mantiene otros, que fueron aprobados por los referidos decretos supremos.

Artículo 2.- Aprobación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua

Apruébase los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, que como Anexo forman parte integrante del presente Decreto Supremo.

Artículo 3.- Categorías de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua

Para la aplicación de los ECA para Agua se debe considerar las siguientes precisiones sobre sus categorías:

3.1 Categoría 1: Poblacional y recreacional

a) Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable

Entiéndase como aquellas aguas que, previo tratamiento, son destinadas para el abastecimiento de agua para consumo humano:

- A1. Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección

Entiéndase como aquellas aguas que, por sus características de calidad, reúnen las condiciones para ser destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano con simple desinfección, de conformidad con la normativa vigente.

- A2. Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano, sometidas a un tratamiento convencional, mediante dos o más de los siguientes procesos: Coagulación, floculación, decantación, sedimentación, y/o filtración o procesos equivalentes; incluyendo su desinfección, de conformidad con la normativa vigente.

- A3. Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano, sometidas a un tratamiento convencional que incluye procesos físicos y químicos avanzados como precloración, micro filtración, ultra filtración, nanofiltración, carbón activado, ósmosis inversa o procesos equivalentes establecidos por el sector competente.

b) Subcategoría B: Aguas superficiales destinadas para recreación

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al uso recreativo que se ubican en zonas marino costeras o continentales. La amplitud de las zonas marino costeras es variable y comprende la franja del mar entre el límite de la tierra hasta los 500 m de la línea paralela de baja marea. La amplitud de las zonas continentales es definida por la autoridad competente.

- B1. Contacto primario

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al uso recreativo de contacto primario por la Autoridad de Salud, para el desarrollo de actividades como la natación, el esquí acuático, el buceo libre, el surf, el canotaje, la navegación en tabla a vela, la moto acuática, la pesca submarina o similares.

- B2. Contacto secundario

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al uso recreativo de contacto secundario por la Autoridad de Salud, para el desarrollo de deportes acuáticos con botes, lanchas o similares.

3.2 Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales

a) Subcategoría C1: Extracción y cultivo de moluscos, equinodermos y tunicados en aguas marino costeras

Entiéndase como aquellas aguas cuyo uso está destinado a la extracción o cultivo de moluscos (Ej.: ostras, almejas, choras, navajas, machas, conchas de abanico, palabritas, mejillones, caracol, lapa, entre otros), equinodermos (Ej.: erizos y estrella de mar) y tunicados.

b) Subcategoría C2: Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en aguas marino costeras

Entiéndase como aquellas aguas destinadas a la extracción o cultivo de otras especies hidrobiológicas para el consumo humano directo e indirecto. Esta subcategoría comprende a los peces y las algas comestibles.

c) Subcategoría C3: Actividades marino portuarias, industriales o de saneamiento en aguas marino costeras

Entiéndase como aquellas aguas aledañas a las infraestructuras marino portuarias, actividades industriales o servicios de saneamiento como los emisarios submarinos.

d) Subcategoría C4: Extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagos o lagunas

Entiéndase como aquellas aguas cuyo uso está destinado a la extracción o cultivo de especies hidrobiológicas para consumo humano.

3.3 Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales

a) Subcategoría D1: Riego de vegetales

Entiéndase como aquellas aguas utilizadas para el riego de los cultivos vegetales, las cuales, dependiendo de factores como el tipo de riego empleado en los cultivos, la clase de consumo utilizado (crudo o cocido) y los posibles procesos industriales o de transformación a los que puedan ser sometidos los productos agrícolas:

- Agua para riego no restringido

Entiéndase como aquellas aguas cuya calidad permite su utilización en el riego de: cultivos alimenticios que se consumen crudos (Ej.: hortalizas, plantas frutales de tallo bajo o similares); cultivos de árboles o arbustos frutales con sistema de riego por aspersión, donde el fruto o partes comestibles entran en contacto directo con el agua de riego, aun cuando estos sean de tallo alto; parques públicos, campos deportivos, áreas verdes y plantas ornamentales; o cualquier otro tipo de cultivo.

- Agua para riego restringido

Entiéndase como aquellas aguas cuya calidad permite su utilización en el riego de: cultivos alimenticios que se consumen cocidos (Ej.: habas); cultivos de tallo alto en los que el agua de riego no entra en contacto con el fruto (Ej.: árboles frutales); cultivos a ser procesados, envasados y/o industrializados (Ej.: trigo, arroz, avena y quinua); cultivos industriales no comestibles (Ej.: algodón), y; cultivos forestales, forrajes, pastos o similares (Ej.: maíz forrajero y alfalfa).

b) Subcategoría D2: Bebida de animales

Entiéndase como aquellas aguas utilizadas para bebida de animales mayores como ganado vacuno,

equino o camélido, y para animales menores como ganado porcino, ovino, caprino, cuyes, aves y conejos.

3.4 Categoría 4: Conservación del ambiente acuático

Entiéndase como aquellos cuerpos naturales de agua superficiales que forman parte de ecosistemas frágiles, áreas naturales protegidas y/o zonas de amortiguamiento, cuyas características requieren ser protegidas.

a) Subcategoría E1: Lagunas y lagos

Entiéndase como aquellos cuerpos naturales de agua lénticos, que no presentan corriente continua, incluyendo humedales.

b) Subcategoría E2: Ríos

Entiéndase como aquellos cuerpos naturales de agua lóticos, que se mueven continuamente en una misma dirección:

- Ríos de la costa y sierra

Entiéndase como aquellos ríos y sus afluentes, comprendidos en la vertiente hidrográfica del Pacífico y del Titicaca, y en la parte alta de la vertiente oriental de la Cordillera de los Andes, por encima de los 600 msnm.

- Ríos de la selva

Entiéndase como aquellos ríos y sus afluentes, comprendidos en la parte baja de la vertiente oriental de la Cordillera de los Andes, por debajo de los 600 msnm, incluyendo las zonas meándricas.

c) Subcategoría E3: Ecosistemas costeros y marinos

- Estuarios

Entiéndase como aquellas zonas donde el agua de mar ingresa en valles o cauces de ríos hasta el límite superior del nivel de marea. Esta clasificación incluye marismas y manglares.

- Marinos

Entiéndase como aquellas zonas del mar comprendidas desde la línea paralela de baja marea hasta el límite marítimo nacional.

Precisese que no se encuentran comprendidas dentro de las categorías señaladas, las aguas marinas con fines de potabilización, las aguas subterráneas, las aguas de origen minero - medicinal, aguas geotermiales, aguas atmosféricas y las aguas residuales tratadas para reuso.

Artículo 4.- Asignación de categorías a los cuerpos naturales de agua

4.1 La Autoridad Nacional del Agua es la entidad encargada de asignar a cada cuerpo natural de agua las categorías establecidas en el presente Decreto Supremo atendiendo a sus condiciones naturales o niveles de fondo, de acuerdo al marco normativo vigente.

4.2 En caso se identifique dos o más posibles categorías para una zona determinada de un cuerpo natural de agua, la Autoridad Nacional del Agua define la categoría aplicable, priorizando el uso poblacional.

Artículo 5.- Los Estándares de Calidad Ambiental para Agua como referente obligatorio

5.1 Los parámetros de los ECA para Agua que se aplican como referente obligatorio en el diseño y aplicación de los instrumentos de gestión ambiental, se determinan considerando las siguientes variables, según corresponda:

a) Los parámetros asociados a los contaminantes que caracterizan al efluente del proyecto o la actividad productiva, extractiva o de servicios.

b) Las condiciones naturales que caracterizan el estado de la calidad ambiental de las aguas superficiales que no han sido alteradas por causas antrópicas.

c) Los niveles de fondo de los cuerpos naturales de agua; que proporcionan información acerca de las concentraciones de sustancias o agentes físicos,

químicos o biológicos presentes en el agua y que puedan ser de origen natural o antrópico.

d) El efecto de otras descargas en la zona, tomando en consideración los impactos ambientales acumulativos y sinérgicos que se presenten aguas arriba y aguas abajo de la descarga del efluente, y que influyan en el estado actual de la calidad ambiental de los cuerpos naturales de agua donde se realiza la actividad.

e) Otras características particulares de la actividad o el entorno que pueden influir en la calidad ambiental de los cuerpos naturales de agua.

5.2 La aplicación de los ECA para Agua como referente obligatorio está referida a los parámetros que se identificaron considerando las variables del numeral anterior, según corresponda, sin incluir necesariamente todos los parámetros establecidos para la categoría o subcategoría correspondiente.

Artículo 6.- Consideraciones de excepción para la aplicación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua

En aquellos cuerpos naturales de agua que por sus condiciones naturales o, por la influencia de fenómenos naturales, presenten parámetros en concentraciones superiores a la categoría de ECA para Agua asignada, se exceptúa la aplicación de los mismos para efectos del monitoreo de la calidad ambiental, en tanto se mantenga uno o más de los siguientes supuestos:

a) Características geológicas de los suelos y subsuelos que influyen en la calidad ambiental de determinados cuerpos naturales de aguas superficiales. Para estos casos, se demostrará esta condición natural con estudios técnicos científicos que sustenten la influencia natural de una zona en particular sobre la calidad ambiental de los cuerpos naturales de agua, aprobados por la Autoridad Nacional del Agua.

b) Ocurrencia de fenómenos naturales extremos, que determina condiciones por exceso (inundaciones) o por carencia (sequías) de sustancias o elementos que componen el cuerpo natural de agua, las cuales deben ser reportadas con el respectivo sustento técnico.

c) Desbalance de nutrientes debido a causas naturales, que a su vez genera eutrofización o el crecimiento excesivo de organismos acuáticos, en algunos casos potencialmente tóxicos (mareas rojas). Para tal efecto, se debe demostrar el origen natural del desbalance de nutrientes, mediante estudios técnicos científicos aprobados por la autoridad competente.

d) Otras condiciones debidamente comprobadas mediante estudios o informes técnicos científicos actualizados y aprobados por la autoridad competente.

Artículo 7.- Verificación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua fuera de la zona de mezcla

7.1 En cuerpos naturales de agua donde se vierten aguas tratadas, la Autoridad Nacional del Agua verifica el cumplimiento de los ECA para Agua fuera de la zona de mezcla, entendida esta zona como aquella que contiene el volumen de agua en el cuerpo receptor donde se logra la dilución del vertimiento por procesos hidrodinámicos y dispersión, sin considerar otros factores como el decaimiento bacteriano, sedimentación, asimilación en materia orgánica y precipitación química.

7.2 Durante la evaluación de los instrumentos de gestión ambiental, las autoridades competentes consideran y/o verifican el cumplimiento de los ECA para Agua fuera de la zona de mezcla, en aquellos parámetros asociados prioritariamente a los contaminantes que caracterizan al efluente del proyecto o actividad.

7.3 La metodología y aspectos técnicos para la determinación de las zonas de mezcla serán establecidos por la Autoridad Nacional del Agua, en coordinación con el Ministerio del Ambiente y la autoridad competente.

Artículo 8.- Sistematización de la información

8.1 Las autoridades competentes de los tres niveles de gobierno, que realicen acciones de vigilancia, monitoreo, control, supervisión y/o fiscalización ambiental remitirán

al Ministerio del Ambiente la información generada en el desarrollo de estas actividades con relación a la calidad ambiental de los cuerpos naturales de agua, a fin de que sirva como insumo para la elaboración del Informe Nacional del Estado del Ambiente y para el Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA).

8.2 La autoridad competente debe remitir al Ministerio del Ambiente la relación de aquellos cuerpos naturales de agua exceptuados de la aplicación del ECA para Agua, referidos en los literales a) y c) del artículo 6 del presente Decreto Supremo, adjuntando el sustento técnico correspondiente.

8.3 El Ministerio del Ambiente establece los procedimientos, plazos y los formatos para la remisión de la información.

Artículo 9.- Refrendo

El presente Decreto Supremo es refrendado por la Ministra del Ambiente, el Ministro de Agricultura y Riego, el Ministro de Energía y Minas, la Ministra de Salud, el Ministro de la Producción y el Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS FINALES

Primera.- Aplicación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua en los instrumentos de gestión ambiental aprobados

La aplicación de los ECA para Agua en los instrumentos de gestión ambiental aprobados, que sean de carácter preventivo, se realiza en la actualización o modificación de los mismos, en el marco de la normativa vigente del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental (SEIA). En el caso de instrumentos correctivos, la aplicación de los ECA para Agua se realiza conforme a la normativa ambiental sectorial.

Segunda.- Del Monitoreo de la Calidad Ambiental del Agua

Las acciones de vigilancia y monitoreo de la calidad del agua debe realizarse de acuerdo al Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales aprobado por la Autoridad Nacional del Agua.

Tercera.- Métodos de ensayo o técnicas analíticas

El Ministerio del Ambiente, en un plazo no mayor a seis (6) meses contado desde la vigencia de la presente norma, establece los métodos de ensayo o técnicas analíticas aplicables a la medición de los ECA para Agua aprobados por la presente norma, en coordinación con el Instituto Nacional de Calidad (INACAL) y las autoridades competentes.

DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS TRANSITORIAS

Primera.- Instrumento de gestión ambiental y/o plan integral en trámite ante la Autoridad Competente

Los titulares que antes de la fecha de entrada en vigencia de la norma, hayan iniciado un procedimiento administrativo para la aprobación del instrumento de gestión ambiental y/o plan integral ante la autoridad competente, tomarán en consideración los ECA para Agua vigentes a la fecha de inicio del procedimiento.

Luego de aprobado el instrumento de gestión ambiental por la autoridad competente, los titulares deberán considerar lo establecido en la Primera Disposición Complementaria Final, a efectos de aplicar los ECA para Agua aprobados mediante el presente Decreto Supremo.

Segunda.- De la autorización de vertimiento de aguas residuales tratadas

Para la autorización de vertimiento de aguas residuales tratadas, la Autoridad Nacional del Agua, tomará en cuenta los ECA para Agua considerados en la aprobación del instrumento de gestión ambiental correspondiente.

Tercera.- De la aplicación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua en cuerpos naturales de agua no categorizados

En tanto la Autoridad Nacional del Agua no haya asignado una categoría a un determinado cuerpo natural de agua, se debe aplicar la categoría del



recurso hídrico al que este tributa, previo análisis de dicha Autoridad.

**DISPOSICIÓN COMPLEMENTARIA
DEROGATORIA**

**Única.- Derogación de normas referidas a
Estándares de Calidad Ambiental para Agua**

Derógase el Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, el Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM y el Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los seis días del mes de junio del año dos mil diecisiete.

PEDRO PABLO KUCZYNSKI GODARD
Presidente de la República

JOSÉ MANUEL HERNÁNDEZ CALDERÓN
Ministro de Agricultura y Riego

ELSA GALARZA CONTRERAS
Ministra del Ambiente

GONZALO TAMAYO FLORES
Ministro de Energía y Minas

PEDRO OLAECHEA ÁLVAREZ-CALDERÓN
Ministro de la Producción

PATRICIA J. GARCÍA FUNEGRA
Ministra de Salud

EDMER TRUJILLO MORI
Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento

ANEXO

Categoría 1: Poblacional y Recreacional

Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable

Parámetros	Unidad de medida	A1	A2	A3
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
FÍSICOS- QUÍMICOS				
Aceites y Grasas	mg/L	0,5	1,7	1,7
Cianuro Total	mg/L	0,07	**	**
Cianuro Libre	mg/L	**	0,2	0,2
Cloruros	mg/L	250	250	250
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	15	100 (a)	**
Conductividad	(μ S/cm)	1 500	1 600	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	3	5	10
Dureza	mg/L	500	**	**
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	10	20	30
Fenoles	mg/L	0,003	**	**
Fluoruros	mg/L	1,5	**	**
Fósforo Total	mg/L	0,1	0,15	0,15
Materiales Flotantes de Origen Antropogénico		Ausencia de material flotante de origen antrópico	Ausencia de material flotante de origen antrópico	Ausencia de material flotante de origen antrópico
Nitratos (NO ₃ ⁻) (c)	mg/L	50	50	50
Nitritos (NO ₂ ⁻) (d)	mg/L	3	3	**
Amoniaco- N	mg/L	1,5	1,5	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 6	≥ 5	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5	5,5 – 9,0	5,5 – 9,0
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	1 000	1 000	1 500
Sulfatos	mg/L	250	500	**
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	**
Turbiedad	UNT	5	100	**
INORGÁNICOS				
Aluminio	mg/L	0,9	5	5
Antimonio	mg/L	0,02	0,02	**
Arsénico	mg/L	0,01	0,01	0,15
Bario	mg/L	0,7	1	**
Berilio	mg/L	0,012	0,04	0,1
Boro	mg/L	2,4	2,4	2,4
Cadmio	mg/L	0,003	0,005	0,01
Cobre	mg/L	2	2	2
Cromo Total	mg/L	0,05	0,05	0,05
Hierro	mg/L	0,3	1	5
Manganeso	mg/L	0,4	0,4	0,5
Mercurio	mg/L	0,001	0,002	0,002
Molibdeno	mg/L	0,07	**	**

14

NORMAS LEGALES

Miércoles 7 de junio de 2017 / **El Peruano**

Parámetros	Unidad de medida	A1	A2	A3
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
Níquel	mg/L	0,07	**	**
Plomo	mg/L	0,01	0,05	0,05
Selenio	mg/L	0,04	0,04	0,05
Uranio	mg/L	0,02	0,02	0,02
Zinc	mg/L	3	5	5
ORGÁNICOS				
Hidrocarburos Totales de Petróleo (C ₈ - C ₁₀)	mg/L	0,01	0,2	1,0
Trihalometanos (e)		1,0	1,0	1,0
Bromoformo	mg/L	0,1	**	**
Cloroformo	mg/L	0,3	**	**
Dibromoclorometano	mg/L	0,1	**	**
Bromodoclorometano	mg/L	0,06	**	**
I. COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES				
1,1,1-Tricloroetano	mg/L	0,2	0,2	**
1,1-Dicloroetano	mg/L	0,03	**	**
1,2 Dicloroetano	mg/L	0,03	0,03	**
1,2 Diclorobenceno	mg/L	1	**	**
Hexaclorobutadieno	mg/L	0,0006	0,0006	**
Tetracloroetano	mg/L	0,04	**	**
Tetracloruro de carbono	mg/L	0,004	0,004	**
Tricloroetano	mg/L	0,07	0,07	**
BTEX				
Benceno	mg/L	0,01	0,01	**
Etilbenceno	mg/L	0,3	0,3	**
Tolueno	mg/L	0,7	0,7	**
Xilenos	mg/L	0,5	0,5	**
Hidrocarburos Aromáticos				
Benzo(a)pireno	mg/L	0,0007	0,0007	**
Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	0,009	0,009	**
Organofosforados				
Malatión	mg/L	0,19	0,0001	**
Organoclorados				
Aldrin + Dieldrin	mg/L	0,00003	0,00003	**
Clordano	mg/L	0,0002	0,0002	**
Dicloro Difenil Tricloroetano (DDT)	mg/L	0,001	0,001	**
Endrin	mg/L	0,0006	0,0006	**
Heptacloro + Heptacloro Epóxido	mg/L	0,00003	0,00003	**
Lindano	mg/L	0,002	0,002	**
Carbamato				
Aldicarb	mg/L	0,01	0,01	**
II. CIANOTOXINAS				
Microcistina-LR	mg/L	0,001	0,001	**
III. BIFENILOS POLICLORADOS				
Bifenilos Policlorados (PCB)	mg/L	0,0005	0,0005	**
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS				
Coliformes Totales	NMP/100 ml	50	**	**
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	20	2 000	20 000
Formas Parasitarias	N° Organismo/L	0	**	**
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml	0	**	**
<i>Vibrio cholerae</i>	Presencia/100 ml	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Organismos de vida libre (algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nemátodos, en todos sus estadios evolutivos) (f)	N° Organismo/L	0	<5x10 ⁶	<5x10 ⁶

(a) 100 (para aguas claras). Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural).

(b) Después de la filtración simple.

(c) En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Nitratos-N (NO₃⁻-N), multiplicar el resultado por el factor 4.43 para expresarlo en las unidades de Nitratos (NO₃⁻).

(d) En el caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Nitritos-N ($\text{NO}_2\text{-N}$), multiplicar el resultado por el factor 3.28 para expresarlo en unidades de Nitritos (NO_2^-).

(e) Para el cálculo de los Trihalometanos, se obtiene a partir de la suma de los cocientes de la concentración de cada uno de los parámetros (Bromoformo, Cloroformo, Dibromoclorometano y Bromodichlorometano), con respecto a sus estándares de calidad ambiental; que no deberán exceder el valor de 1 de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\frac{C_{\text{Cloroformo}}}{E_{CA\text{Cloroformo}}} + \frac{C_{\text{Dibromoclorometano}}}{E_{CA\text{Dibromoclorometano}}} + \frac{C_{\text{Bromodichlorometano}}}{E_{CA\text{Bromodichlorometano}}} + \frac{C_{\text{Bromoformo}}}{E_{CA\text{Bromoformo}}} \leq 1$$

Dónde:

C= concentración en mg/L y

ECA= Estándar de Calidad Ambiental en mg/L (Se mantiene las concentraciones del Bromoformo, cloroformo, Dibromoclorometano y Bromodichlorometano).

(f) Aquellos organismos microscópicos que se presentan en forma unicelular, en colonias, en filamentos o pluricelulares.
Δ 3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

Nota 1:

- El símbolo ** dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.
- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.

Subcategoría B: Aguas superficiales destinadas para recreación

Parámetros	Unidad de medida	B1	B2
		Contacto primario	Contacto secundario
FÍSICOS- QUÍMICOS			
Aceites y Grasas	mg/L	Ausencia de película visible	**
Cianuro Libre	mg/L	0,022	0,022
Cianuro Wad	mg/L	0,08	**
Color	Color verdadero Escala Pt/Co	Sin cambio normal	Sin cambio normal
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5)	mg/L	5	10
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	30	50
Detergentes (SAAM)	mg/L	0,5	Ausencia de espuma persistente
Materiales Flotantes de Origen Antropogénico		Ausencia de material flotante	Ausencia de material flotante
Nitratos ($\text{NO}_3\text{-N}$)	mg/L	10	**
Nitritos ($\text{NO}_2\text{-N}$)	mg/L	1	**
Olor	Factor de dilución a 25° C	Aceptable	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 5	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,0 a 9,0	**
Sulfuros	mg/L	0,05	**
Turbiedad	UNT	100	**
INORGÁNICOS			
Aluminio	mg/L	0,2	**
Antimonio	mg/L	0,006	**
Arsénico	mg/L	0,01	**
Bario	mg/L	0,7	**

Parámetros	Unidad de medida	B1	B2
		Contacto primario	Contacto secundario
Berilio	mg/L	0,04	**
Boro	mg/L	0,5	**
Cadmio	mg/L	0,01	**
Cobre	mg/L	2	**
Cromo Total	mg/L	0,05	**
Cromo VI	mg/L	0,05	**
Hierro	mg/L	0,3	**
Manganeso	mg/L	0,1	**
Mercurio	mg/L	0,001	**
Níquel	mg/L	0,02	**
Plata	mg/L	0,01	0,05
Plomo	mg/L	0,01	**
Selenio	mg/L	0,01	**
Uranio	mg/L	0,02	0,02
Vanadio	mg/L	0,1	0,1
Zinc	mg/L	3	**
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICO			
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	200	1 000
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml	Ausencia	Ausencia
Formas Parasitarias	N° Organismo/L	0	**
<i>Giardia duodenalis</i>	N° Organismo/L	Ausencia	Ausencia
Enterococos intestinales	NMP/100 ml	200	**
<i>Salmonella spp</i>	Presencia/100 ml	0	0
<i>Vibrio cholerae</i>	Presencia/100 ml	Ausencia	Ausencia

Nota 2:

- UNT: Unidad Nefelométrica de Turbiedad.
- NMP/100 ml: Número más probable en 100 ml.
- El símbolo ** dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.
- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.

Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales

Parámetros	Unidad de medida	C1	C2	C3	C4
		Extracción y cultivo de moluscos, equinodermos y tunicados en aguas marino costeras	Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en aguas marino costeras	Actividades marino portuarias, industriales o de saneamiento en aguas marino costeras	Extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagos o lagunas
FÍSICOS- QUÍMICOS					
Aceites y Grasas	mg/L	1,0	1,0	2,0	1,0
Cianuro Wad	mg/L	0,004	0,004	**	0,0052
Color (después de filtración simple) (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	100 (a)	100 (a)	**	100 (a)
Materiales Flotantes de Origen Antropogénico		Ausencia de material flotante	Ausencia de material flotante	Ausencia de material flotante	Ausencia de material flotante
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	**	10	10	10
Fósforo Total	mg/L	0,062	0,062	**	0,025
Nitratos (NO ₃) (c)	mg/L	16	16	**	13
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 4	≥ 3	≥ 2,5	≥ 5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	7 – 8,5	6,8 – 8,5	6,8 – 8,5	6,0-9,0
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	80	60	70	**
Sulfuros	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	Δ 3	Δ 3
INORGÁNICOS					
Amoniaco Total (NH ₃)	mg/L	**	**	**	(1)
Antimonio	mg/L	0,64	0,64	0,64	**
Arsénico	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,1
Boro	mg/L	5	5	**	0,75
Cadmio	mg/L	0,01	0,01	**	0,01
Cobre	mg/L	0,0031	0,05	0,05	0,2
Cromo VI	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,10
Mercurio	mg/L	0,00094	0,0001	0,0018	0,00077
Níquel	mg/L	0,0082	0,1	0,074	0,052
Plomo	mg/L	0,0081	0,0081	0,03	0,0025
Selenio	mg/L	0,071	0,071	**	0,005
Talio	mg/L	**	**	**	0,0008
Zinc	mg/L	0,081	0,081	0,12	1,0
ORGÁNICO					
Hidrocarburos Totales de Petróleo (fracción aromática)	mg/L	0,007	0,007	0,01	**
Bifenilos Policlorados					
Bifenilos Policlorados (PCB)	mg/L	0,00003	0,00003	0,00003	0,000014
ORGANOLÉPTICO					
Hidrocarburos de Petróleo	mg/L	No visible	No visible	No visible	**
MICROBIOLÓGICO					
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	≤ 14 (área aprobada) (d)	≤ 30	1 000	200
	NMP/100 ml	≤ 88 (área restringida) (d)			

(a) 100 (para aguas claras). Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural).

(b) Después de la filtración simple.

(c) En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Nitratos-N (NO₃-N), multiplicar el resultado por el factor 4.43 para expresarlo en las unidades de Nitratos (NO₃).

(d) **Área Aprobada:** Áreas de donde se extraen o cultivan moluscos bivalvos seguros para el comercio directo y consumo, libres de contaminación fecal humana o animal, de organismos patógenos o cualquier sustancia deletérea o venenosa y potencialmente peligrosa.

Área Restringida: Áreas acuáticas impactadas por un grado de contaminación donde se extraen moluscos bivalvos seguros para consumo humano, luego de ser depurados.

Δ 3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

Nota 3:

- El símbolo ** dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.
- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.

(1) Aplicar la Tabla N° 1 sobre el estándar de calidad de concentración de Amoniaco Total en función del pH y temperatura para la protección de la vida acuática en agua dulce (mg/L de NH₃).

Tabla N° 1: Estándar de calidad de Amoníaco Total en función de pH y temperatura para la protección de la vida acuática en agua dulce (mg/L de NH₃)

Temperatura (°C)	pH							
	6	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	10,0
0	231	73,0	23,1	7,32	2,33	0,749	0,250	0,042
5	153	48,3	15,3	4,84	1,54	0,502	0,172	0,034
10	102	32,4	10,3	3,26	1,04	0,343	0,121	0,029
15	69,7	22,0	6,98	2,22	0,715	0,239	0,089	0,026
20	48,0	15,2	4,82	1,54	0,499	0,171	0,067	0,024
25	33,5	10,6	3,37	1,08	0,354	0,125	0,053	0,022
30	23,7	7,50	2,39	0,767	0,256	0,094	0,043	0,021

Nota:

(*)El estándar de calidad de Amoníaco total en función de pH y temperatura para la protección de la vida acuática en agua dulce, presentan una tabla de valores para rangos de pH de 6 a 10 y Temperatura de 0 a 30°C. Para comparar la temperatura y pH de las muestras de agua superficial, se deben tomar la temperatura y pH próximo superior al valor obtenido en campo, ya que la condición más extrema se da a mayor temperatura y pH. En tal sentido, no es necesario establecer rangos.

(**)En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Amoníaco-N (NH₃-N), multiplicar el resultado por el factor 1,22 para expresarlo en las unidades de Amoníaco (NH₃).

Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
FÍSICOS- QUÍMICOS				
Aceites y Grasas	mg/L	5		10
Bicarbonatos	mg/L	518		**
Cianuro Wad	mg/L	0,1		0,1
Cloruros	mg/L	500		**
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	100 (a)		100 (a)
Conductividad	(µS/cm)	2 500		5 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	15		15
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40		40
Detergentes (SAAM)	mg/L	0,2		0,5
Fenoles	mg/L	0,002		0,01
Fluoruros	mg/L	1		**
Nitratos (NO ₃ -N) + Nitritos (NO ₂ -N)	mg/L	100		100
Nitritos (NO ₂ -N)	mg/L	10		10
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 4		≥ 5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5		6,5 – 8,4
Sulfatos	mg/L	1 000		1 000
Temperatura	°C	Δ 3		Δ 3
INORGÁNICOS				
Aluminio	mg/L	5		5

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
Arsénico	mg/L	0,1		0,2
Bario	mg/L	0,7		**
Berilio	mg/L	0,1		0,1
Boro	mg/L	1		5
Cadmio	mg/L	0,01		0,05
Cobre	mg/L	0,2		0,5
Cobalto	mg/L	0,05		1
Cromo Total	mg/L	0,1		1
Hierro	mg/L	5		**
Litio	mg/L	2,5		2,5
Magnesio	mg/L	**		250
Manganeso	mg/L	0,2		0,2
Mercurio	mg/L	0,001		0,01
Níquel	mg/L	0,2		1
Plomo	mg/L	0,05		0,05
Selenio	mg/L	0,02		0,05
Zinc	mg/L	2		24
ORGÁNICO				
Bifenilos Policlorados				
Bifenilos Policlorados (PCB)	µg/L	0,04		0,045
PLAGUICIDAS				
Paratión	µg/L	35		35
Organoclorados				
Aldrin	µg/L	0,004		0,7
Clordano	µg/L	0,006		7
Dicloro Difenil Tricloroetano (DDT)	µg/L	0,001		30
Dieldrín	µg/L	0,5		0,5
Endosulfán	µg/L	0,01		0,01
Endrin	µg/L	0,004		0,2
Heptacloro y Heptacloro Epóxido	µg/L	0,01		0,03
Lindano	µg/L	4		4
Carbamato				
Aldicarb	µg/L	1		11
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICO				
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	1 000	2 000	1 000
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml	1 000	**	**
Huevos de Helmintos	Huevo/L	1	1	**

(a): Para aguas claras. Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural).

(b): Después de filtración simple.

(c): Para el riego de parques públicos, campos deportivos, áreas verdes y plantas ornamentales, sólo aplican los parámetros microbiológicos y parasitológicos del tipo de riego no restringido.

Δ 3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

Nota 4:

- El símbolo ** dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.

- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.

Categoría 4: Conservación del ambiente acuático

Parámetros	Unidad de medida	E1: Lagunas y lagos	E2: Ríos		E3: Ecosistemas costeros y marinos	
			Costa y sierra	Selva	Estuarios	Marinos
FÍSICOS- QUÍMICOS						
Aceites y Grasas (MEH)	mg/L	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Cianuro Libre	mg/L	0,0052	0,0052	0,0052	0,001	0,001
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	20 (a)	20 (a)	20 (a)	**	**
Clorofila A	mg/L	0,008	**	**	**	**
Conductividad	(μ S/cm)	1 000	1 000	1 000	**	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	5	10	10	15	10
Fenoles	mg/L	2,56	2,56	2,56	5,8	5,8
Fósforo total	mg/L	0,035	0,05	0,05	0,124	0,062
Nitratos (NO ₃) (c)	mg/L	13	13	13	200	200
Amoniaco Total (NH ₃)	mg/L	(1)	(1)	(1)	(2)	(2)
Nitrógeno Total	mg/L	0,315	**	**	**	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 5	≥ 5	≥ 5	≥ 4	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,8 – 8,5	6,8 – 8,5
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	≤ 25	≤ 100	≤ 400	≤ 100	≤ 30
Sulfuros	mg/L	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	Δ 3	Δ 2	Δ 2
INORGÁNICOS						
Antimonio	mg/L	0,64	0,64	0,64	**	**
Arsénico	mg/L	0,15	0,15	0,15	0,036	0,036
Bario	mg/L	0,7	0,7	1	1	**
Cadmio Disuelto	mg/L	0,00025	0,00025	0,00025	0,0088	0,0088
Cobre	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,05	0,05
Cromo VI	mg/L	0,011	0,011	0,011	0,05	0,05
Mercurio	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Níquel	mg/L	0,052	0,052	0,052	0,0082	0,0082
Plomo	mg/L	0,0025	0,0025	0,0025	0,0081	0,0081
Selenio	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,071	0,071
Talio	mg/L	0,0008	0,0008	0,0008	**	**
Zinc	mg/L	0,12	0,12	0,12	0,081	0,081
ORGÁNICOS						
Compuestos Orgánicos Volátiles						
Hidrocarburos Totales de Petróleo	mg/L	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Hexaclorobutadieno	mg/L	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006
BTEX						
Benceno	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Hidrocarburos Aromáticos						
Benzo(a)Pireno	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Antraceno	mg/L	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004
Fluoranteno	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Bifenilos Policlorados						
Bifenilos Policlorados (PCB)	mg/L	0,000014	0,000014	0,000014	0,00003	0,00003
PLAGUICIDAS						
Organofosforados						
Malatión	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Paratión	mg/L	0,000013	0,000013	0,000013	**	**
Organoclorados						
Aldrín	mg/L	0,000004	0,000004	0,000004	**	**
Clordano	mg/L	0,0000043	0,0000043	0,0000043	0,000004	0,000004
DDT (Suma de 4,4'-DDD y 4,4'-DDE)	mg/L	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001
Dieldrín	mg/L	0,000056	0,000056	0,000056	0,000019	0,000019
Endosulfán	mg/L	0,000056	0,000056	0,000056	0,000087	0,000087
Endrin	mg/L	0,000036	0,000036	0,000036	0,000023	0,000023
Heptacloro	mg/L	0,0000038	0,0000038	0,0000038	0,0000036	0,0000036

Parámetros	Unidad de medida	E1: Lagunas y lagos	E2: Ríos		E3: Ecosistemas costeros y marinos	
			Costa y sierra	Selva	Estuarios	Marinos
Heptacloro Epóxido	mg/L	0,0000038	0,0000038	0,0000038	0,0000036	0,0000036
Lindano	mg/L	0,00095	0,00095	0,00095	**	**
Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Carbamato						
Aldicarb	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,00015	0,00015
MICROBIOLÓGICO						
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	1 000	2 000	2 000	1 000	2 000

(a) 100 (para aguas claras). Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural).

(b) Después de la filtración simple.

(c) En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Nitratos-N ($\text{NO}_3\text{-N}$), multiplicar el resultado por el factor 4.43 para expresarlo en las unidades de Nitratos (NO_3).

Δ 3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

Nota 5:

- El símbolo ** dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.

- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.

(1) Aplicar la Tabla N° 1 sobre el estándar de calidad de concentración de Amoníaco Total en función del pH y temperatura para la protección de la vida acuática en agua dulce (mg/L de NH_3) que se encuentra descrita en la Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales.

(2) Aplicar la Tabla N° 2 sobre Estándar de calidad de Amoníaco Total en función del pH, la temperatura y la salinidad para la protección de la vida acuática en agua de mar y estuarios (mg/L de NH_3).

Tabla N° 2: Estándar de calidad de Amoníaco Total en función del pH, la temperatura y la salinidad para la protección de la vida acuática en agua de mar y estuarios (mg/L de NH_3)

pH	Temperatura (°C)							
	0	5	10	15	20	25	30	35
Salinidad 10 g/kg								
7,0	41,00	29,00	20,00	14,00	9,40	6,60	4,40	3,10
7,2	26,00	18,00	12,00	8,70	5,90	4,10	2,80	2,00
7,4	17,00	12,00	7,80	5,30	3,70	2,60	1,80	1,20
7,6	10,00	7,20	5,00	3,40	2,40	1,70	1,20	0,84
7,8	6,60	4,70	3,10	2,20	1,50	1,10	0,75	0,53
8,0	4,10	2,90	2,00	1,40	0,97	0,69	0,47	0,34
8,2	2,70	1,80	1,30	0,87	0,62	0,44	0,31	0,23
8,4	1,70	1,20	0,81	0,56	0,41	0,29	0,21	0,16
8,6	1,10	0,75	0,53	0,37	0,27	0,20	0,15	0,11
8,8	0,69	0,50	0,34	0,25	0,18	0,14	0,11	0,08
9,0	0,44	0,31	0,23	0,17	0,13	0,10	0,08	0,07
Salinidad 20 g/kg								
7,0	44,00	30,00	21,00	14,00	9,70	6,60	4,70	3,10
7,2	27,00	19,00	13,00	9,00	6,20	4,40	3,00	2,10
7,4	18,00	12,00	8,10	5,60	4,10	2,70	1,90	1,30
7,6	11,00	7,50	5,30	3,40	2,50	1,70	1,20	0,84
7,8	6,90	4,70	3,40	2,30	1,60	1,10	0,78	0,53
8,0	4,40	3,00	2,10	1,50	1,00	0,72	0,50	0,34
8,2	2,80	1,90	1,30	0,94	0,66	0,47	0,31	0,24
8,4	1,80	1,20	0,84	0,59	0,44	0,30	0,22	0,16
8,6	1,10	0,78	0,56	0,41	0,28	0,20	0,15	0,12
8,8	0,72	0,50	0,37	0,26	0,19	0,14	0,11	0,08
9,0	0,47	0,34	0,24	0,18	0,13	0,10	0,08	0,07
Salinidad 30 g/kg								
7,0	47,00	31,00	22,00	15,00	11,00	7,20	5,00	3,40
7,2	29,00	20,00	14,00	9,70	6,60	4,70	3,10	2,20
7,4	19,00	13,00	8,70	5,90	4,10	2,90	2,00	1,40
7,6	12,00	8,10	5,60	3,70	3,10	1,80	1,30	0,90
7,8	7,50	5,00	3,40	2,40	1,70	1,20	0,81	0,56

pH	Temperatura (°C)							
	0	5	10	15	20	25	30	35
8,0	4,70	3,10	2,20	1,60	1,10	0,75	0,53	0,37
8,2	3,00	2,10	1,40	1,00	0,69	0,50	0,34	0,25
8,4	1,90	1,30	0,90	0,62	0,44	0,31	0,23	0,17
8,6	1,20	0,84	0,59	0,41	0,30	0,22	0,16	0,12
8,8	0,78	0,53	0,37	0,27	0,20	0,15	0,11	0,09
9,0	0,50	0,34	0,26	0,19	0,14	0,11	0,08	0,07

Notas:

(*)El estándar de calidad de Amoníaco Total en función del pH, la temperatura y la salinidad para la protección de la vida acuática en agua de mar y estuarios, presentan una tabla de valores para rangos de pH de 7,0 a 9,0, Temperatura de 0 a 35°C, y Salinidades de 10, 20 y 30 g/kg. Para comparar la Salinidad de las muestras de agua superficial, se deben tomar la salinidad próxima inferior (30, 20 o 10) al valor obtenido en la muestra, ya que la condición más extrema se da a menor salinidad. Asimismo, para comparar la temperatura y pH de las muestras de agua superficial, se deben tomar la temperatura y pH próximo superior al valor obtenido en campo, ya que la condición más extrema se da a mayor temperatura y pH. En tal sentido, no es necesario establecer rangos.

(**)En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Amoníaco-N ($\text{NH}_3\text{-N}$), multiplicar el resultado por el factor 1.22 para expresarlo en las unidades de Amoníaco (NH_3).

NOTA GENERAL:

- Para el parámetro de Temperatura el símbolo Δ significa variación y se determinará considerando la media histórica de la información disponible en los últimos 05 años como máximo y de 01 año como mínimo, considerando la estacionalidad.

- Los valores de los parámetros están referidos a la concentración máxima, salvo que se precise otra condición.

- Los reportes de laboratorio deberán contemplar como parte de sus informes de Ensayo los Límites de Cuantificación y el Límite de Detección.

1529835-2



ANEXO 2. Resultados del laboratorio



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE 003**



INACAL
DA - Perú
Laboratorio de Ensayos
Acreditado
Registro N° LE - 003

INFORME DE ENSAYO N° 2-00686/20 Página 1/5

Solicitante	: CORPORACIÓN DE BIENES Y SERVICIOS ECOSAM SAC.
Domicilio legal	: JR. LORETO MZA. D LOTE. 12 URB. VILLA MERCEDES (A 3 CUADRAS DE LA PISCINA MUNICIPAL) PUNO / SAN ROMAN / JULIACA
Producto declarado	: AGUA SUPERFICIAL
Lugar de Muestreo	: SECTOR TEKENE, DISTRITO DE SINA – PUNO
Fecha de Muestreo	: 2020-03-12
Cantidad de Muestras para el Ensayo	: 6.0 Litros Muestra proporcionada por el solicitante
Forma de Presentación	: En Frasco de Plástico, Cerrado, Refrigerado Y Preservado
Identificación de la muestra	: Según se indica
Fecha de recepción	: 2020-03-13
Fecha de inicio del ensayo	: 2020-04-21,
Fecha de término del ensayo	: 2020-04-25
Ensayo realizado en	: Laboratorio Microbiología Arequipa / Laboratorio Ambiental Arequipa
Identificado con	: HS 20002498 (EXMA-03995-2020)
Validez del documento	: Este documento es válido solo para la muestra descrita

Proyecto: SECTOR TEKENE DEL DISTRITO DE SINA – PUNO

Puntos de muestreo	Coordenadas UTM WGS 84		Descripción de la Estación de Monitoreo	Observaciones
	ESTE	NORTE		
PMA-01	19L470098	8407303	----	Altitud: 2943 m.s.n.m.
PMA-02	19L470160	8407275	----	Altitud: 2910 m.s.n.m.
PMA-03	19L470194	8407238	----	Altitud: 2875 m.s.n.m.
PMA-04	19L470341	8407277	----	Altitud: 2776 m.s.n.m.



AREQUIPA
Calle Teniente Rodríguez N° 1415
Miraflores - Arequipa
T. (054) 265572

CALLAO
Oficina Principal
Av. Santa Rosa 601, La Perla - Callao
T. (511) 319 9000

info@cerper.com - www.cerper.com

“EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE”



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE 003



Registro N° LE - 003

INFORME DE ENSAYO N° 2-00686/20

Página 2/5

RESULTADOS

Parámetro	Limite de Detección	Unidad	Estación de Muestreo	PMA-01	PMA-02	PMA-03	PMA-04
			Fecha y Hora de Muestreo	2020-03-12 15:51	2020-03-12 16:18	2020-03-12 16:36	2020-03-12 16:00
			Tipo de Muestra	Agua Natural Superficial	Agua Natural Superficial	Agua Natural Superficial	Agua Natural Superficial
			Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados
Parámetros Microbiológicos							
Coliformes Termotolerantes	1,80	NMP/100 mL	2,0	23	2,0	< 1,8	
Coliformes Totales	1,80	NMP/100 mL	20	2 200	790	1 100	
Metales Totales por ICP-MS							
Aluminio (Al)	0,00300	mg/L	1,170	0,074	0,040	0,031	
Antimonio (Sb)	0,00007	mg/L	0,0071	0,0066	0,0024	0,0075	
Arsénico (As)	0,00003	mg/L	0,00746	0,00635	<0,00003	0,00786	
Bario (Ba)	0,00007	mg/L	0,02481	0,01316	0,01104	0,00757	
Berilio (Be)	0,00001	mg/L	0,0002	<0,00001	<0,00001	<0,00001	
Bismuto (Bi)	0,00005	mg/L	0,0963	0,0950	0,0988	0,0986	
Boro (B)	0,002	mg/L	0,028	0,041	0,044	0,047	
Cadmio (Cd)	0,00005	mg/L	0,0199	0,0030	0,0031	0,0025	
Calcio (Ca)	0,020	mg/L	18,60	12,00	10,40	10,40	
Cobalto (Co)	0,00004	mg/L	0,01636	<0,00004	<0,00004	<0,00004	
Cobre (Cu)	0,00004	mg/L	0,16955	0,11157	0,10563	0,10045	
Cromo (Cr)	0,00030	mg/L	0,00505	<0,0003	<0,0003	<0,0003	
Estaño (Sn)	0,00003	mg/L	<0,00003	<0,00003	<0,00003	<0,00003	
Estroncio (Sr)	0,00005	mg/L	0,17157	0,14985	0,13183	0,14014	
Fósforo (P)	0,020	mg/L	0,06	<0,02	<0,02	0,03	
Hierro (Fe)	0,00009	mg/L	6,17000	0,07836	0,04073	0,03144	
Litio (Li)	0,00005	mg/L	0,00563	0,00098	0,00075	0,00093	
Magnesio (Mg)	0,002	mg/L	8,460	2,780	2,300	2,260	
Manganeso (Mn)	0,00006	mg/L	23,8000	0,0450	0,0312	0,0109	
Mercurio (Hg)	0,000003	mg/L	<0,000003	<0,000003	<0,000003	<0,000003	
Molibdeno (Mo)	0,00004	mg/L	0,00115	<0,00004	<0,00004	<0,00004	
Niquel (Ni)	0,00002	mg/L	0,0233	0,0092	0,0095	0,0093	
Plata (Ag)	0,00004	mg/L	0,0040	<0,00004	<0,00004	<0,00004	
Plomo (Pb)	0,00004	mg/L	0,0347	<0,00004	<0,00004	<0,00004	
Potasio (K)	0,0200	mg/L	1,06	0,53	0,41	0,48	
Selenio (Se)	0,00006	mg/L	0,0780	0,0951	0,0601	0,0671	
Silicio (Si)	0,050	mg/L	7,97	4,97	4,26	5,35	
Sodio (Na)	0,003	mg/L	2,20	1,86	1,29	2,22	
Talco (T)	0,00003	mg/L	<0,00003	<0,00003	<0,00003	<0,00003	
Telurio (Te)	0,00006	mg/L	<0,00006	<0,00006	<0,00006	<0,00006	

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"



AREQUIPA
Calle Teniente Rodríguez N° 1415
Miraflores - Arequipa
T. (054) 265572

CALLAO
Oficina Principal
Av. Santa Rosa 601, La Perla - Callao
T. (511) 319 9000

info@cerper.com - www.cerper.com



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE 003



Registro N° LE - 003

INFORME DE ENSAYO N° 2-00686/20

RESULTADOS (Continuación)

Página 3/5

Parámetro	Límite de Detección	Unidad	Estación de Muestreo	PMA-01	PMA-02	PMA-03	PMA-04
			Fecha y Hora de Muestreo	2020-03-12 15:51	2020-03-12 16:18	2020-03-12 16:36	2020-03-12 16:00
			Tipo de Muestra	Agua Natural Superficial	Agua Natural Superficial	Agua Natural Superficial	Agua Natural Superficial
			Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados
Metales Totales por ICP-MS							
Titanio (TI)	0,00010	mg/L	0,016	0,001	0,002	0,001	0,001
Uranio (U)	0,00004	mg/L	<0,00004	<0,00004	<0,00004	<0,00004	<0,00004
Vanadio (V)	0,00003	mg/L	0,00685	0,00295	0,00302	0,00284	0,00284
Wolframio (W)	0,00004	mg/L	0,00336	<0,00004	<0,00004	<0,00004	<0,00004
Zinc (Zn)	0,00004	mg/L	5,27	0,04521	0,05307	0,00578	0,00578

CONTROLES DE CALIDAD

Ensayos	Control	Caldo EC/A-1	Caldo EC	Agar mFC
Coliformes Termotolerantes (NMP/100 mL)	(+), E.coli	Con crecimiento	Con crecimiento	Con crecimiento
	(-), E.aerogenes	Sin crecimiento	Sin crecimiento	Sin crecimiento
	(-), Blanco	Sin crecimiento	Sin crecimiento	Sin crecimiento

Parámetros Microbiológicos

Ensayos	Control	Caldo Lauril	Caldo Brilla	Agar Mac Conkey	Agar nutritivo	Coloración Gram
Coliformes Totales (NMP/100 mL)	(+), E.coli	Con crecimiento	Con crecimiento	Con crecimiento	Con crecimiento	Gram negativo
	(-), S.aureus	Sin crecimiento	Sin crecimiento	Sin crecimiento	Sin crecimiento	Gram positivo
	(-), Blanco	Sin crecimiento	Sin crecimiento	Sin crecimiento	Sin crecimiento	---



AREQUIPA
Calle Teniente Rodríguez N° 1415
Miraflores - Arequipa
T. (054) 265572

CALLAO
Oficina Principal
Av. Santa Rosa 601, La Perla - Callao
T. (511) 319 9000

info@cerper.com - www.cerper.com

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE 003



Registro N° LE - 003

INFORME DE ENSAYO N° 2-00686/20

CONTROLES DE CALIDAD

Página 4/5

Metales por ICP-MS

Ensayos	BM < Límite Detección	LFB	Criterio de aceptación	LFM	LFMD	RPD	Criterio de aceptación
Aluminio (Al)	<0,003	95,57%	70-130%	N.A	N.A	N.A	≤ 20%
Antimonio (Sb)	<0,00007	97,73%	70-130%	N.A	N.A	N.A	≤ 20%
Arsénico (As)	<0,00003	93,12%	70-130%	N.A	N.A	N.A	≤ 20%
Bario (Ba)	<0,00007	96,38%	70-130%	N.A	N.A	N.A	≤ 20%
Berilio (Be)	<0,00001	93,81%	70-130%	N.A	N.A	N.A	≤ 20%
Bismuto (Bi)	<0,00005	105,19%	70-130%	N.A	N.A	N.A	≤ 20%
Boro (B)	<0,002	92,34%	70-130%	N.A	N.A	N.A	≤ 20%
Cadmio (Cd)	<0,00005	95,44%	70-130%	N.A	N.A	N.A	≤ 20%
Calcio (Ca)	<0,02	96,16%	70-130%	N.A	N.A	N.A	≤ 20%
Cobalto (Co)	<0,00004	92,87%	70-130%	N.A	N.A	N.A	≤ 20%
Cobre (Cu)	<0,00004	95,79%	70-130%	N.A	N.A	N.A	≤ 20%
Cromo (Cr)	<0,0003	93,95%	70-130%	N.A	N.A	N.A	≤ 20%
Estaño (Sn)	<0,00003	92,20%	70-130%	N.A	N.A	N.A	≤ 20%
Estroncio (Sr)	<0,00005	94,28%	70-130%	N.A	N.A	N.A	≤ 20%
Fosforo (P)	<0,02	100,87%	70-130%	N.A	N.A	N.A	≤ 20%
Hierro (Fe)	<0,00009	99,95%	70-130%	N.A	N.A	N.A	≤ 20%
Litio (Li)	<0,00005	93,87%	70-130%	N.A	N.A	N.A	≤ 20%
Magnesio (Mg)	<0,002	98,34%	70-130%	N.A	N.A	N.A	≤ 20%
Manganeso (Mn)	<0,00006	95,62%	70-130%	N.A	N.A	N.A	≤ 20%
Mercurio (Hg)	<0,000003	100,45%	70-130%	N.A	N.A	N.A	≤ 20%
Molibdeno (Mo)	<0,00004	92,87%	70-130%	N.A	N.A	N.A	≤ 20%
Níquel (Ni)	<0,00002	92,75%	70-130%	N.A	N.A	N.A	≤ 20%
Plata (Ag)	<0,00004	101,16%	70-130%	N.A	N.A	N.A	≤ 20%
Plomo (Pb)	<0,00004	95,37%	70-130%	N.A	N.A	N.A	≤ 20%
Potasio (K)	<0,02	98,91%	70-130%	N.A	N.A	N.A	≤ 20%
Selexio (Se)	<0,00006	96,40%	70-130%	N.A	N.A	N.A	≤ 20%
Silicio (Si)	<0,05	98,03%	70-130%	N.A	N.A	N.A	≤ 20%
Sodio (Na)	<0,003	99,73%	70-130%	N.A	N.A	N.A	≤ 20%
Talio (Tl)	<0,00003	95,78%	70-130%	N.A	N.A	N.A	≤ 20%
Telurio (Te)	<0,00006	93,41%	70-130%	N.A	N.A	N.A	≤ 20%
Titanio (Ti)	<0,0001	92,80%	70-130%	N.A	N.A	N.A	≤ 20%
Uranio (u)	<0,00004	95,03%	70-130%	N.A	N.A	N.A	≤ 20%
Vanadio (V)	<0,00003	93,45%	70-130%	N.A	N.A	N.A	≤ 20%
Wolframio (W)	<0,00004	98,82%	70-130%	N.A	N.A	N.A	≤ 20%
Zinc (Zn)	<0,00004	95,03%	70-130%	N.A	N.A	N.A	≤ 20%

BM: Blanco del Método
LFB: Blanco Fortificado de Laboratorio
LFM: Matriz Fortificada de Laboratorio
LFMD: Duplicado de Matriz Fortificada de Laboratorio
% RPD: Diferencia Porcentual Relativa



AREQUIPA
Calle Teniente Rodríguez N° 1415
Miraflores - Arequipa
T. (054) 265572

CALLAO
Oficina Principal
Av. Santa Rosa 601, La Perla - Callao
T. (511) 319 9000

info@cerper.com - www.cerper.com

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE 003



INFORME DE ENSAYO N° 2-00686/20

Página 5/5

MÉTODOS

Metales Totales por ICP-MS: ISO 17294-2. 2016. Water quality – Application of inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) – Part 2: Determination of selected elements including uranium isotopes

Coliformes Termotolerantes: SMEWW-APHA-AWWA-WEF.Part 9221 E1, 23 rd Ed.2017. Multiple-tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Thermotolerant (Fecal) Coliform procedure.

Coliformes Totales: SMEWW-APHA AWWA-WEF.Part 9221 B, 23 rd Ed.2017. Multiple-Tube Fermentation technique for Members of the Coliform group.Standard Total Coliform Fermentation Technique.


OBSERVACIONES

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER S.A.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Arequipa, 11 de mayo de 2020

CERTIFICACIONES DEL PERÚ S.A.


Lic. Eddie Mendoza Mamani
C.Q.P. N° 776
JEFE DEL LABORATORIO AREQUIPA

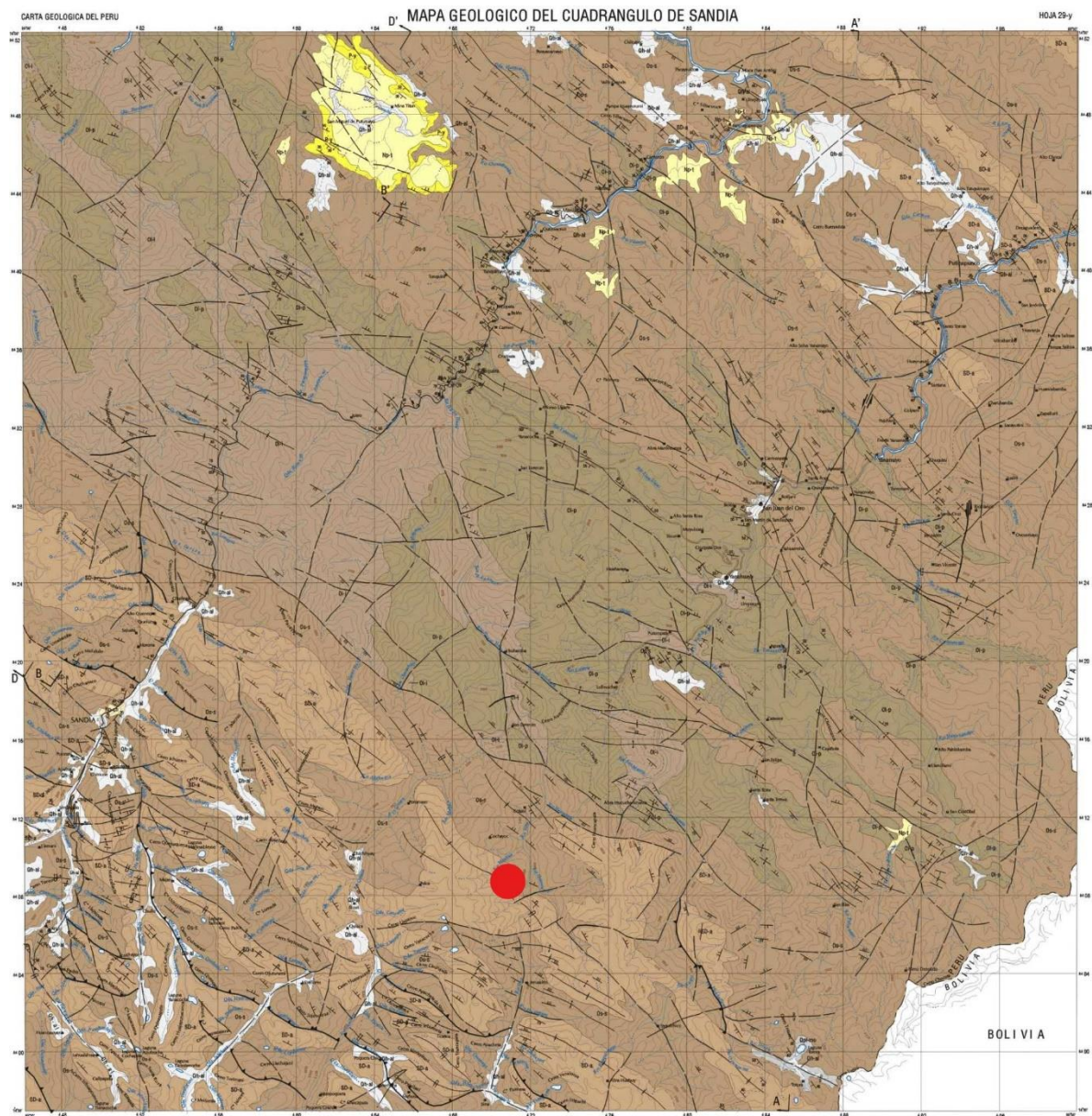
AREQUIPA
Calle Teniente Rodríguez N° 1415
Miraflores - Arequipa
T. (054) 265572

CALLAO
Oficina Principal
Av. Santa Rosa 601, La Perla - Callao
T. (511) 319 9000

info@cerper.com - www.cerper.com

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

ANEXO 3. Cuadrángulo de Sandia 29y (INGEMMET).



LEYENDA

EDIFICIO	SUBDIVISION	SIGLO	UNIDADES LITOSTRATIGRAFICAS
C	CUATERNARIO	HOLOCENO	Depositos Aluviales (Ch-v)
		PLEISTOCENO	Depositos Marinos (Op-m)
			Depositos Fluviales (Ch-cl)
M	MESOCENO	PALEOCENO	Superior (No-cl)
			Medio (No-l)
			Inferior (No-y)
			Fin Tercaria (No-a)
P	PERMIANO		Fin Anexas (SD-a)
			Fin Sandia (SD-s)
T	TRIASICO		Fin Purupata (D-p)
			Fin Ipan (D-i)

REPUBLICA DEL PERU
MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS
INSTITUTO GEOLOGICO MINERO Y METALURGICO
MAPA GEOLOGICO DEL CUADRANGULO DE SANDIA
DEPARTAMENTO DE PUNO
Por: Mabillo de la Cruz S.

ESCALA: 1:100 000
VERSION DIGITAL ACTUALIZADA A 2006

SIMBOLOGIA

- Ruedo y buzamiento de estratos
- Ruedo y buzamiento de estratos escarpados
- Contacto concordante
- Escarpamiento vertical
- Eje de anticlinal
- Eje de anticlinal escarpado
- Eje de anticlinal escarpado
- Plegamiento oblicuo
- Ruedo y buzamiento de pautas
- Ruedo y buzamiento de fallas
- Fallamiento con buzamiento concordante
- Fallamiento normal (D-levarata, D-romboides)
- Fallamiento de rumbo
- Fallamiento y desplazamiento
- Línea de sección
- Ruedo y buzamiento fotostereopareado
- Buzamiento suave (0° - 30°)
- Buzamiento moderado (30° - 50°)
- Buzamiento fuerte (50° - 90°)



ANEXO 4. Planos.

Plano N° 1: Ubicación Geográfica.

Plano N° 2: Topográfico.

Plano N° 3: Geológico.

Plano N° 4: Puntos de Monitoreo.

