



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA DE POSGRADO MAESTRÍA EN ECOLOGÍA



TESIS

CUANTIFICACIÓN DE METALES PESADOS Y FACTORES FÍSICOS DEL RIACHUELO ANANEA Y NORMAS LEGALES VULNERADAS POR LOS PASIVOS AMBIENTALES, DISTRITO DE ANANEA - PUNO

PRESENTADA POR:

JAVIER APAZA BENAVENTE

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

MAESTRO EN ECOLOGÍA

CON MENCIÓN EN ECOLOGÍA Y GESTIÓN AMBIENTAL

PUNO, PERÚ

2023

NOMBRE DEL TRABAJO

CUANTIFICACIÓN DE METALES PESADOS Y FACTORES FÍSICOS DEL RIACHUELO ANANEA Y NORMAS LEGALES VULNERADAS POR LOS PASIVOS AMBIENTALES, DISTRITO DE ANANEA - PUNO

AUTOR

JAVIER APAZA BENAVENTE

RECuento DE PALABRAS

20888 Words

RECuento DE CARACTERES

113809 Characters

RECuento DE PÁGINAS

82 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

3.0MB

FECHA DE ENTREGA

Dec 5, 2023 1:57 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Dec 5, 2023 1:58 PM GMT-5

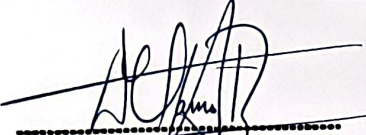
● **12% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base c

- 10% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 9% Base de datos de trabajos entregados
- 6% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossr

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 12 palabras)


Dr. Juan José Pauro Roque
Biólogo Dr. Sc.
PROF. ASOCIADO TC - FCCBB UNAP





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA DE POSGRADO MAESTRÍA EN ECOLOGÍA

TESIS

**CUANTIFICACIÓN DE METALES PESADOS Y FACTORES FÍSICOS DEL
RIACHUELO ANANEA Y NORMAS LEGALES VULNERADAS POR LOS
PASIVOS AMBIENTALES, DISTRITO DE ANANEA - PUNO**



PRESENTADA POR:

JAVIER APAZA BENAVENTE

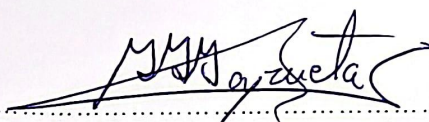
PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

MAESTRO EN ECOLOGÍA

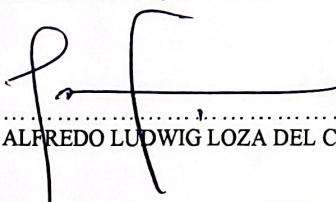
CON MENCIÓN ECOLOGÍA Y GESTIÓN AMBIENTAL

APROBADA POR EL JURADO SIGUIENTE:

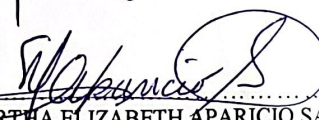
PRESIDENTE


.....
Dr. GILMAR GAMALJEL GOYZUETA CAMACHO

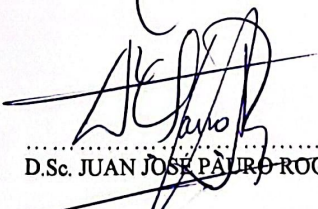
PRIMER MIEMBRO


.....
D.Sc. ALFREDO LUDWIG LOZA DEL CARPIO

SEGUNDO MIEMBRO


.....
Dra. MARTHA ELIZABETH APARICIO SAAVEDRA

ASESOR DE TESIS


.....
D.Sc. JUAN JOSÉ PALRO ROQUE

Puno, 20 de abril del 2023.

ÁREA: Ecología – Ecología y Gestión Ambiental

TEMA: Cuantificación de metales pesados y factores físicos del riachuelo Ananea y normas legales vulneradas por los pasivos ambientales, distrito de Ananea – puno.

LÍNEA: Recursos Naturales y Medio Ambiente - Calidad ambiental.



DEDICATORIA

A Dios por darme sabiduría y llenarme de fortaleza para seguir luchando por mis metas y poder alcanzarlas y finalmente este trabajo va dedicado a todas aquellas personas que luchan y persisten de pie por sus sueños y éxitos personales.

Es un sencillo gesto de agradecimiento dedicar este trabajo principalmente a mis padres por haberme dado la vida y mi familia por permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional y por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional.



AGRADECIMIENTOS

- A la Universidad Nacional del Altiplano de Puno, a la Facultad de Ciencias Biológicas, mis asesores y jurados, gracias a cada uno de ustedes por su paciencia, dedicación, apoyo incondicional y amistad
- Mi profundo agradecimiento a todas las autoridades por confiar en mí, abrirme las puertas y permitirme realizar todo el proceso investigativo.



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
ÍNDICE GENERAL	iii
ÍNDICE DE TABLAS	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
ÍNDICE DE ANEXOS	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	
REVISIÓN DE LITERATURA	
1.1 Marco teórico	3
1.1.1 Pasivo ambiental minero	3
1.1.2 Metales pesados	4
1.1.3 Legislación ambiental	6
1.1.4 Proyecto Minero San Antonio y María	8
1.2 Antecedentes	9
CAPÍTULO II	
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	
2.1 Identificación del problema	16
2.2 Enunciados del problema	17
2.2.1 Problema general	17
2.2.2 Problemas específicos	17
2.3 Justificación	18
2.4 Objetivos	19
2.4.1 Objetivo general	19
2.4.2 Objetivos específicos	19
2.5 Hipótesis	19
2.5.1 Hipótesis general	19
2.5.2 Hipótesis específicas	19

...



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Lugar de estudio	20
3.2 Población	21
3.3 Muestra	21
3.4 Método de investigación	22
3.4.1 Cuantificación de metales pesados y los parámetros físicos en el riachuelo Ananea en los pasivos ambientales del proyecto minero San Antonio y María, distrito de Ananea – Puno	22
3.4.2 Identificación de dispositivos legales vulnerados por los pasivos ambientales del proyecto minero San Antonio y María, Ananea – Puno.	25
3.5 Descripción detallada de métodos por objetivos específicos	26

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados	27
4.1.1 Metales, pH, temperatura y sólidos suspendidos totales en el riachuelo Ananea de los pasivos ambientales del proyecto minero San Antonio y María, Ananea – Puno.	27
4.1.2 Dispositivos legales vulnerados por los pasivos ambientales del proyecto minero San Antonio y María, Ananea – Puno	34
CONCLUSIONES	46
RECOMENDACIONES	47
BIBLIOGRAFÍA	48
ANEXOS	62



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
1. Coordenadas UTM de los puntos de muestreo de agua en el riachuelo Ananea	21
2. Procedimientos de determinación de metales pesados en muestras de agua del riachuelo Ananea	23
3. Procedimientos de determinación del pH en muestras de agua del riachuelo Ananea	24
4. Procedimientos de determinación de sólidos disueltos totales en muestras de agua del riachuelo Ananea	25
5. Valores de concentraciones de metales, pH, temperatura y sólidos suspendidos en muestras de agua del riachuelo Ananea en el Proyecto Minero San Antonio y María	28
6. Normas ambientales vulneradas por la presencia de los pasivos ambientales en el distrito de Ananea – Puno	71



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
1. Mapa de ubicación del riachuelo Ananea (círculo rojo) en el Pasivo Ambiental San Antonio y María, Ananea – Puno (INGENMET)	21
2. Valores de metales pesados y los parámetros fisicoquímicos determinados en el riachuelo Ananea en el Proyecto Minero San Antonio y María contrastados con el D. S. N° 004-2017, Categ. 3-D1 y Categ. 4 para sólidos suspendidos totales	30



ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
1. Informes de ensayos realizados a las muestras de agua en la empresa de análisis Laboratorios Analíticos del Sur de Arequipa	63
2. Tabla de normas ambientales	71



RESUMEN

Los pasivos ambientales producto del abandono y el retiro de un proyecto minero son fuentes de contaminación de ecosistemas acuáticos y terrestres, afectando seres vivos existentes en las zonas de influencia. **Los objetivos** fueron cuantificar metales pesados, los factores físicos en el riachuelo Ananea y establecer los dispositivos legales vulnerados por los pasivos ambientales del proyecto minero San Antonio y María, distrito de Ananea - Puno. **La metodología** inició con recolectar 2 muestras de agua al ingreso y salida del pasivo ambiental debidamente geo-referenciados, cumpliendo el Protocolo de muestreo recomendado en la Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA, los frascos rotulados fueron enviados a los Laboratorios Analíticos del Sur (Arequipa) para cuantificar de metales pesados y se realizó la revisión, el análisis e interpretación de los dispositivos legales vulnerados por los pasivos ambientales. **Los resultados fueron:** Los parámetros fisicoquímicos que superan las ECAs (D. S. N° 004-2017-MINAM) para agua fueron arsénico (0.1169 mg/L), hierro (22.9 mg/L), magnesio (10.14 mg/L), manganeso (0.4441 mg/L), bario (0.08868 mg/L), litio (0.04953 mg/L), temperatura (19.1 °C) y sólidos disueltos totales (758 mg/L); los dispositivos legales vulnerados fueron los Decretos Supremos 004-2017, 009-2014, 012-2009-MINAM, las Resoluciones Ministeriales 409-2014, 018-2012-MINAM, las Leyes 28611, 28090, 28271, 29338 y el Código Penal del Perú, afectando cuerpos acuáticos, terrestres, la diversidad biológica y la salud pública. **Se concluye** que el riachuelo Ananea no cumple los ECAs para agua categoría 3, siendo no apto para el riego de vegetales y bebida de animales, los pasivos ambientales mineros vulneran dispositivos legales del Perú.

Palabras clave: ECAs para suelo, normas ambientales, metales pesados, proyecto minero San Antonio y María.

The environmental liabilities resulting from the abandonment and removal of a mining project are important sources of contamination of aquatic and terrestrial ecosystems, affecting living beings in the areas of influence. In this sense, the objectives were to quantify heavy metals, the physical factors in the Ananea stream and establish the legal provisions violated by the environmental liabilities of the San Antonio y María mining project, district of Ananea - Puno. The methodology began with the collection of 2 water samples at the entrance and exit of the environmental liability geo-referenced by means of a GPS, complying with the Sampling Protocol of the National Water Authority and the Ministry of Agriculture and Irrigation of Peru (R. J. N° 010- 2016-ANA), the vials were labeled and sent to the company Laboratorios Analíticos del Sur in Arequipa for the quantification of heavy metals; on the other hand, the review, analysis and interpretation of the legal provisions violated by environmental liabilities was carried out. The results were: The physicochemical parameters that exceed the ECAs (D. S. N° 004-2017-MINAM) for water were arsenic (0.1169 mg/L), iron (22.9 mg/L), magnesium (10.14 mg/L), manganese (0.4441 mg/L), barium (0.08868 mg/L), lithium (0.04953 mg/L), temperature (19.1 °C) and total dissolved solids (758 mg/L); on the other hand, the violated legal provisions were Supreme Decrees 004-2017, 009-2014, 012-2009-MINAM, Ministerial Resolutions 409-2014, 018-2012-MINAM, Laws 28611, 28090, 28271, 29338 and the Penal Code of Peru, affecting aquatic and terrestrial bodies, biological diversity and public health. It is concluded that the Ananea stream does not meet the ECAs for category 3 water, being unsuitable for the irrigation of vegetables and animal drinking, the mining environmental liabilities violate legal provisions of Peru.

Keywords: ECAs for soil, environmental standards, heavy metals, San Antonio y María mining project.



Dr. Edmundo G. Moreno Terrazas
PROFESOR PRINCIPAL
UNA - PUNO

INTRODUCCIÓN

Los pasivos ambientales son considerados a las instalaciones, emisiones, depósitos de residuos producidos por la actividad minera, efluentes, ya sean inactivas o abandonadas y se instituyen en un riesgo constante y potencial en la salud pública, los ecosistemas y las propiedades privadas (Ley N° 28271, Ley que regula los pasivos ambientales de la actividad minera). Los pasivos ambientales mineros en los últimos años han ocasionado graves daños al ambiente, en razón de que vienen liberando principalmente contaminantes como los metales pesados, éstos al ingresar a los ecosistemas acuáticos y terrestres afectan a la diversidad biológica incluido al hombre presente en un área determinada.

La evaluación fisicoquímica de un cuerpo acuático como lo es el riachuelo Ananea presente en los pasivos ambientales del proyecto minero San Antonio y María, nos brinda valiosa información de la situación actual de otros ecosistemas acuáticos de las zonas donde existe la explotación minera, donde los parámetros para muestras de agua de agua para bebida de animales y riego de vegetales (ECAs, D. S. N° 004-2017-MINAM, categoría 3) son superados en varios parámetros evaluados, con lo se puede afirmar que los pasivos ambientales de la zona estudiada vienen alterando dichos ambientes, trayendo como consecuencia la disminución y extinción de especies dentro de la diversidad biológica, y la calidad ambiental para los pobladores de las zonas.

Por otro lado, luego de una revisión y análisis exhaustivo de la legislación ambiental, se determinó que muchos fueron los dispositivos vulnerados, a causa de la persistencia de los pasivos ambientales, que, a pesar de existir, muchas empresas mineras incumplen las normativas, dejando a su suerte los pasivos ambientales y las zonas de explotación, los cuales ulteriormente traen como consecuencia graves daños al ambiente y sus recursos bióticos.

En tal sentido, consideramos de vital importancia la presente investigación en razón de que brinda información de los parámetros fisicoquímicos de un cuerpo acuático (riachuelo Ananea) y de los dispositivos legales que son vulnerados en la Legislación Ambiental del Perú, ya que afecta directa e indirectamente a la población de la región Puno y al humedal del lago Titicaca, que es hasta donde llega los contaminantes de los pasivos ambientales.

La investigación se divide de la siguiente manera:



En el Capítulo I se menciona estudios previos, definiciones y antecedentes de diversos investigadores sobre estrategias de marketing en relación a los establecimientos farmacéuticos.

En el Capítulo II se desarrolla la problemática del tema de investigación, de cómo se relaciona estas estrategias en el desarrollo empresarial de los establecimientos, se establecen objetivos e hipótesis.

En el Capítulo III se menciona materiales y métodos utilizados para la investigación. Finalmente, en el Capítulo IV se desarrolla los resultados, se analiza el comportamiento de las variables e interpretación, las conclusiones según los objetivos planteados y las recomendaciones.

CAPÍTULO I

REVISIÓN DE LITERATURA

1.1 Marco teórico

1.1.1 Pasivo ambiental minero

La minería es una de las actividades humanas más dañinas en comparación a otras formas de perturbación ambiental (deforestación, desertificación, extinción de la biodiversidad, etc.), el efecto ambiental (impacto ambiental) es la modificación de una o más características físicas, químicas y biológicas o socio económicas, es decir, altera el modo de vida y la economía de la región en forma positiva (aspectos benéficos) y negativa (aspectos perjudiciales) o ambas simultáneamente. Generalmente, los contaminantes de la actividad minera afectan al aire, agua, suelo, altera y deterioro de paisajes (Miller, 1994). Las fuentes de contaminación ambiental en fundiciones y refineras mineras son: desechos líquidos, desechos gaseosos y desechos sólidos (López, 2000).

Los efluentes emitidos por la actividad minera hacia el aire y/o atmosfera son: polvo y gases. El polvo se produce durante las explosiones y concentraciones de minerales, las partículas en suspensión en el aire son potencialmente nocivas a la salud humana, en cambio, las partículas en sedimentación son perjudiciales a la vegetación y el agua. Los gases producidos en los procesos metalúrgicos son: dióxido de azufre (SO_2), cloro (Cl), ácido sulfúrico (H_2SO_4) gaseoso y los sulfuros. SO_2 , en las especies vegetales destruye sistemáticamente la clorofila e interrumpe la fotosíntesis, además, la planta registra hojas necrosadas con crecimiento interrumpida y muerte, en cambio, en animales están relacionados con irritaciones en el tracto digestivo y en hombre es a nivel de afecciones bronco pulmonares (González & Bergovist, 1986).

El impacto negativo más recalcitrante del SO₂ en la atmosfera es la transformación (sinergismo) en ácido sulfúrico (H₂SO₄) componente de la lluvia ácida que genera corrosión acelerada y atípica de estructuras metálicas, lesiones necróticas puntuales en tejidos vegetales (Odum, 1986).

1.1.2 Metales pesados

a. Definición

Los metales pesados, son elementos químicos cuyo peso específico es superior a 5 g/cm³ o tiene un número atómico por encima de 20, excluyendo metales alcalinos y elementos alcalinotérreos (Diez, 2008). Su presencia en la corteza terrestre es inferior al 0,1% y abraza dos grupos (Navarro *et al.*, 2007): (i) oligoelementos o micronutrientes, incluyen: As, B, Co, Cr, Cu, Mo, Mn, Ni, Se y Zn, estos, son necesarios en pequeñas cantidades para los organismos, pero, tóxicos si pasan los umbrales permisibles; (ii) sin función biológica conocida, son: Ba, Cd, Hg, Pb, Sb y Bi. Los metales pesados están presentes en el suelo como componentes naturales del mismo o como consecuencia de la actividad del hombre (Millán *et al.*, 2007).

El suelo es el medio más estático donde los metales pesados permanecen durante mucho tiempo y no pueden ser degradados, por cuya razón, una vez volcados el medio ambiente solo pueden distribuirse entre el aire-agua-suelo, a veces cambiando su estado de oxidación pueden incorporarse a los seres vivos (Vullo, 2003). Su persistencia, acumulación progresiva y/o transferencia a otros sistemas supone una amenaza para la salud humana y de los ecosistemas (Becerril *et al.*, 2007). Los niveles para considerar un suelo contaminado dependen del elemento en cuestión, uso del suelo y la legislación de cada país (Bernal *et al.*, 2007).

Los metales pesados presentes en los suelos no se comportan como elementos estáticamente inalterables, sino, la dinámica incluye cuatro vías (Navarro *et al.*, 2007): (i) movilización a las aguas superficiales o subterráneas, (ii) transferencia a la atmosfera por volatilización, (iii) absorción por las plantas e incorporación a las cadenas tróficas y (iv) retención de metales pesados en el suelo. La toxicidad de los metales pesados depende de la concentración, forma química y persistencia, generalmente, son muy peligrosos para los seres vivos por su elevada tendencia a la bioacumulación y la biomagnificación en las diferentes cadenas tróficas (Bernal *et*

al., 2007). Los efectos de un compuesto o de la mezcla de ellos pueden ser inocuos, letales o subletales, éstos últimos son perjudiciales para la población a nivel genético durante la formación de las gónadas reproductivas, en las células a nivel químico los metales pesados provocan fenómenos de estrés oxidativo (Navarro *et al.*, 2007).

Los metales pesados en los vegetales interfieren en los procesos enzimáticos y hormonales alterando adversamente la producción de la materia verde (Gonzales & Bergovist, 1986), en humanos, existen efectos teratogénicos, es decir, crean problemas en los tejidos reproductivos y existe un riesgo de exposición en útero (Navarro *et al.*, 2007).

b. Efectos ambientales de los pasivos ambientales

El establecimiento de PAM (pasivo ambiental minero) es altamente contaminante ambiental y excesivamente riesgoso contra la salud pública y de los animales, provocando merma de bienes y servicios ambientales. En las fontanas de aguas contaminadas, aires y suelos en sus contornos son validadas con contaminación PAMs. Indicado por la Ley General del Ambiente que precisa como deterioro ambiental “todo menoscabo material que sufre el ambiente y/o alguno de sus componentes, que puede ser causado contraviniendo o no disposición jurídica, y que genera efectos negativos actuales o potenciales” (artículo 142.2). Se entiende como sus componentes a los elementos físicos, químicos y biológicos de origen natural o antropogénico que, en forma individual o asociada, conforman el medio en el que se desarrolla la vida (Red Muqui, 2015).

En el Caso Espinar, la reducción de la producción de la agricultura, muerte de ganados vacunos de los campesinos y daños excesivas en la salud ocasionadas por la minería. Con el transcurso de los tiempos aún no se saben cuan cantidad desistió los animales y porqué, y el intervalo de la agricultura. Uno de los efectos es la pobreza, donde se hace difícil contar con un médico veterinario para alegar la muerte de un auquénido o también de un ovino; además uno de los efectos es la importancia del habla. En otras palabras, una evaluación cuantitativa y científica de un daño, así como la idea de que existe un Estado que establezca normas para su reparación, es algo ajeno a la experiencia de estas comunidades (Russi & Martínez, 2002).

En los pobladores de La Oroya se presentan niveles elevados de Plomo en la sangre debido a la contaminación del aire. El Plomo causa consecuencias en la salud humana que puede agravar a los pobladores debido a la acción metabólica y función celular que pueden ocasionar diversas patologías, tales como: disfunciones neuromusculares; problemas gastrointestinales; disminución de la vista, atención y memoria; depresión. La población más afectada por la presencia de plomo en la sangre es la infantil, ya que su sistema nervioso está en desarrollo; sufren también estas consecuencias las mujeres gestantes, ante los cambios que presentan en el metabolismo óseo, que hacen que el plomo acumulado en el hueso pueda pasar a la sangre y ser transmitido al niño en gestación a través de la placenta y la leche materna (Russi & Martínez, 2002).

1.1.3 Legislación ambiental

El análisis de las normas del derecho ambiental positivo peruano sobre el medio ambiente se fundamenta en: Constitución Política del Perú, Tratados Internacionales, Legislación General y Sectorial (Ministerio de Energía y Minas, 1993).

a. Constitución Política del Perú. Constituye el marco legal obligado de las regulaciones legales sobre el medio ambiente y los recursos naturales. La norma postula el derecho de la persona a habitar en un ambiente que sea ecológicamente equilibrado y adecuado para el desarrollo de la vida.

La constitución ha hecho recaer en el estado la función de evaluar y preservar los recursos naturales, fomentar su racional aprovechamiento y promover su industrialización para impulsar el desarrollo económico. El desarrollo equilibrado impone al Estado la obligación de prevenir y controlar la contaminación ambiental.

b. Tratados Internacionales. El Estado peruano reconoce los siguientes tratados internacionales: Convención sobre la Protección del Patrimonio Mundial, Cultural y Natural de la UNESCO; Convenio para la Protección del Medio Ambiente y la Zona Costera del Pacífico Sudeste.

c. Legislación General y Sectorial. Entre los compromisos ambientales de los generadores de residuos sólidos, dentro de la Gestión y Manejo de residuos

sólidos no municipales, se encuentran tipificados en el Decreto Legislativo 1278, con el siguiente detalle:

- **Ley General de Minería (Decreto Supremo N° 014-92-EM).** Instauro, que todo propietario de las empresas mineras está forzado a cumplir y ejecutar labores del acuerdo técnicos, sistémicas y metódicos que atribuyen al progreso de la acción cumpliendo las normativas de seguridad vigentes, saneamiento ambiental e higiene empleadas en minería industrial. La actividad del campo minero no debe generar daños a otras personas, en consecuencia, el dueño es sometido a indemnizar por daños que origine (Decreto Ley 17505 - Texto Único Ordenado de la Ley General de Minería).

En la Ley, se establecen regulaciones para detectar, evaluar y controlar agentes químicos (polvos, gases, vapores, humos, neblinas, etc.); fijando límites para los diferentes agentes contaminantes. Dentro de las obligaciones del titular determina que es responsabilidad por la emisión a la atmosfera de efluentes o disposición de desechos industriales que pueden causar molestias a la población o daños a la salud y propiedad, además, el titular de plantas minero-metalúrgicas está obligado a incluir en sus instalaciones equipos de control de contaminantes (Decreto Ley 17505 – Código Sanitario).

La Ley dispone, que los relaves de las plantas (residuos mineros) de beneficio de minerales no deben arrojarse a los causes de las aguas que son usados con fines agrícolas o domésticas, tampoco, se verterán en lagunas naturales. El agua de concentración de los relaves, plantas de precipitación, refinerías y plantas hidrometalúrgicas serán tratadas antes de su entrada al cause público (INAPMAS, 1995).

- **Decreto Supremo N° 004-2015-MINAM,** Estrategia Nacional de Humedales. Los humedales son ecosistemas muy valiosos de nuestro planeta, ya que provee recursos hídricos, la presencia de diversidad biológica y diversos ecosistemas a la sociedad, y constituirse de importancia socioeconómica para poblaciones indígenas y locales. En la superficie terrestre se cuenta con aproximadamente el 6% de humedal según la Convención Ramsar (Irán, 1971). El Perú en su territorio cuenta con humedales ubicados en las vertientes del Pacífico, del Atlántico y del

Titicaca, estimado en un tamaño aproximado de 8 millones de ha (ANA – MINAM, 2012).

Conforme a la Ley N° 28611 Ley General del Ambiente del artículo 9°, tiene la finalidad de perfeccionar la calidad de vivencia de la sociedad, afianzando la presencia del medio ambiente saludable, en un intervalo de viabilidad para el futuro, asimismo, los sostenibilidad del país que debe fomentar la prevención, protección, recuperación de ambientes, entre otros; la conservación y el beneficio sostenible de recursos nativos, esto se realiza de forma adecuada y comprometida con los derechos esenciales del ciudadano. El Plan Nacional del Ambiente, tiene las siguientes finalidades principales: 1) lograr el beneficio y mantenimiento sostenible del patrimonio natural de nuestro país, con equidad, eficiencia y bienestar público social primando la buena gestión de forma integral en referencia a los bienes naturales, 2) garantizar la mejora ambiental tanto para el desarrollo completo como salud de los individuos, asimismo, el control de afecciones del medio ambiente, recuperando ambientes destruidos y desarrollando una resiliencia, coeficiencia y limpio en el ecosistema. 3) fortalecer la soberanía ambiental y la Gestión Ambiental dentro de los niveles local, regional y nacional mediante la recomendaciones del Ministerio del Ambiente, promulgando y comprometiendo las acciones transectoriales en el medio ambiente, 4) trazar un mayor nivel de cultura ambiental y conciencia en nuestro país, con participación de la población; conforme a los pasos en la toma de decisiones para el mejoramiento del desarrollo sostenible. 5) alcanzar un alto nivel en los sectores tanto públicos como privados, mediante el desarrollo competitivo y ecoeficiente, resaltando los beneficios económicos, ambientales de forma internacional y nacional (Decreto Supremo N° 012-2009-MINAM).

1.1.4 Proyecto Minero San Antonio y María

El proyecto Minero San Antonio y María actualmente está paralizada, pero contó con operación minera formal con las concesiones Mineras de San Antonio de código N° 13000002Y01 y la Concesión Minera María de código N° 13000004Y02, tuvo una extensión total de 432.15 Has, donde el lavado del material aurífero se realizó en plantas gravimétricas artesanales comúnmente llamadas chutes (Pandia, 2019).

El Proyecto Minero San Antonio y María estuvo conformada por cinco cooperativas (Cooperativa Minera Santiago, Cooperativa Minera Halcón de Oro de Ananea Ltda,

Cooperativa Minera el Dorado de Ananea Ltda, Cooperativa Minera Estrella de Oro de Ananea Ltda., Cooperativa Minera San de Ananea Ltda.), la principal actividad fue la extracción de oro a tajo abierto con actividades de corte o arranque, carguío, transporte, tratamiento, lavado en chutes y recuperación metalúrgica por gravimetría, proceso de amalgamación, refogado y fundición (Pandía, 2019).

En el transcurso de la investigación se contrató personal técnico especializado como no especializado, para el cumplimiento de las diferentes etapas de explotación minera. Durante su funcionamiento se tuvo en consideración el respeto a los pobladores, las costumbres, al medio ambiente y las normas de convivencia que se administran en las comunidades, con la finalidad de no originar conflictos sociales y efectos negativos a la calidad de vida a los que tienen derecho los pobladores en las comunidades (Pandía, 2019).

El proyecto minero estuvo localizado en la región de Puno, provincia de San Antonio de Putina, distrito de Ananea y paraje Vizcachani, donde se presentó los siguientes puntos: fuerza laboral de 244 personales de la minería, tratamiento del metal 3,000 m³/día, ley de cabeza 2.5 mg Au/m³. La distancia desde la ciudad de Puno para el acceso al proyecto minero consta de 218 Km, con tiempo aproximado de 3:05 horas, gracias al mejoramiento de las vías de acceso. Existe dos rutas de acceso, la primera por la vía Juliaca, desvío Huancané, Huatasani, Putina, Quilca Punco, Ananea y Vizcachani; la segunda ruta es por Cojata y Crucero, Ananea, no siendo muy utilizadas debido al mal estado de las vías y la inseguridad de la zona (Pandía, 2019).

1.2 Antecedentes

Kirschbaum *et al.* (2012) en Salta (Argentina) manifiestan que los yacimientos componen los Pasivos Ambientales Mineros (PAM) y traen consigo impactos negativos en la calidad del agua, el aire y los suelos de los ecosistemas que los albergan, aportando metales pesados en aguas, sedimentos fluviales y suelos de la región. La infiltración de los metales en agua de lluvia genera óxidos de sulfuros, asimismo la descendencia del pH. La migración salina a la superficie retiene temporalmente los componentes de los metales pesados. La afección al medio ambiente proseguirá en el transcurso del tiempo mientras no se tome medidas de saneamiento y remediación del determinado espacio.

Medina & Montano (2014) en Ancash (Perú) afirman que en muestras del pasivo ambiental minero Alianza se determinó concentraciones de metales pesados en suelo, raíz y parte aérea del *Juncus* y *Cortaderia*, mediante el método Plasma de Acoplamiento Inductivo (ICP), calculando su factor de bioconcentración y traslocación en las dos especies. Los resultados manifiestan contenido de metales pesados absorbidos y trasladados en ambas plantas, destacando sus capacidades de tolerar y absorber metales pesados, siendo exclusivo de la especie e incluyente a la diversidad de la planta.

Castro (2015) con el propósito de determinar los factores que influyen en la vulneración de los derechos ambientales de los pobladores de la comunidad de Sacracancha del distrito de Huancavelica (Perú), por parte del Proyecto minero Nueva Norasofia, donde la mayoría de los encuestados considera que la minería influye negativamente en la vulneración de sus derechos ambientales y desde la opinión de los jueces penales del Distrito Judicial de Huancavelica, sede-central de naturaleza múltiple (Política, social y normativa), y del investigador se plantea modificar la Ley General del Ambiente y el Código Penal Peruano en materia de delitos de contaminación.

Orellana (2015) en Huancayo (Perú) manifiesta que la situación de los pasivos ambientales es bastante preocupante, por considerarlos fuentes de contaminación del suelo, el agua, el aire, causada por los relaves de la actividad minera y metalúrgica, que, al contacto con el agua y el suelo, alteran su composición natural, afectando la fauna, flora y población humana con riesgos a la salud. Los contenidos de cadmio, plomo y cromo en el ecosistema terrestre y los acuáticos superan las normas de calidad ambiental. El riesgo ambiental de un pasivo ambiental como los relaves es muy alto (78.0%); ante la salud pública es moderado.

Rodríguez (2016) en La Oroya (Perú) reporta que la actividad minera de la empresa Doe Run Perú y los efectos en el impacto del derecho a la salud en la ciudad de la Oroya, tiene como objetivo general analizar el impacto en la salud de los pobladores que generó la Empresa Doe Run Perú y la responsabilidad de la empresa en la defensa del derecho a la salud. Mediante las entrevistas a especialistas y expertos en campo se obtuvieron los datos para realizar el presente proyecto. En tal sentido la empresa Doe Run Perú debido a la escasez de responsabilidad ocasionó daños considerables en la Salud de la ciudadanía, afectando y vulnerando principalmente el derecho a la salud.

Castro & Sipion (2017) en Chiclayo (Perú) afirman que los conflictos socio ambientales en la minería, surgen por la confrontación de intereses entre el inversionista privado (concesionario), las comunidades campesinas (población civil) y el Estado. Por ende, el cuidado de recursos naturales contra actividades extractivas informales; la participación activa y organizada de comunidades nativas con el propósito de defender y evitar los recursos provenientes del medio ambiente en los conflictos sociales con la inversión privada y el cumplimiento de los derechos a la salud, vida y ambiente del individuo.

Palacios (2017) en Cerro de Pasco (Perú) afirman que durante décadas se ha venido realizando una inadecuada explotación minera que ha traído consigo la mortalidad y la extinción de seres bióticos, puesto que sus contaminantes han sido irreversibles para la flora y la fauna. Repercutió en la salubridad de la población, principalmente en niños de 0 a 5 años de edad, si se presenta altos niveles de metales en el organismo no se busca soluciones más adelante, es posible que se genere retardo mental y físico en adolescentes como en adultos estos por presenciar volúmenes máximos de minerales en el interior de organismo; promoviendo una política orientativa y educativa para el correcto uso de residuos minerales, el tratamiento y la prevención de las patologías afectantes de la salud. Aplicando la normativa sobre el derecho a la salud y el cumplimiento con el monitoreo juntamente a comisiones multisectoriales hacia las PAMAs.

Fiestas (2019) en Piura (Perú) mencionan que el Derecho Penal, permitiría afrontar figuras delictivas contra el medio ambiente, de las personas responsables de estos delitos, las penas y otras consecuencias jurídicas derivadas de la responsabilidad penal. Por otro lado, la aplicación de las leyes penales vacíos y carencias en realizaciones de proyectos de gestión, mencionado que no haya exigencia a la protección ambiental, desestimando la importancia del impacto social causando el operar ante las negligencias ambientales y sus causantes ciudadanos o empresas.

Ulloa (2019) en Ambato (Ecuador) menciona que los derechos de la Naturaleza en nuestro país; este proyecto conlleva una gran importancia ya que, si bien revestir a la naturaleza de derechos es relativamente nuevo en el Ecuador, es una responsabilidad para todos quienes formamos parte del mismo el conocer y defender estos derechos para así sentar precedentes en torno al cumplimiento y aplicación de dichos derechos señalados en nuestra carta magna. Desde otro ámbito se presencia que los derechos del medio ambiente si son pasados por alto por la minería ilegal, asimismo se menciona que es una completa

irresponsabilidad con la normativa que fiscaliza; por ello, el ecosistema se ve sumamente perjudicada junto a las comunidades vecinas a las zonas de dicha actividad.

Castillo (2019) en Madre de Dios (Perú) con el objetivo de determinar el impacto socioeconómico ambiental de la minería ilegal e informal en Madre de Dios como un estudio de diagnóstico, a fin de plantear estrategias legales viables para su formalización. La actividad minera origina beneficios y perjuicios en razón de que es una actividad económica informal e ilegal contraviniendo a la sociedad, a su economía y al ambiente natural, en razón de que origina daños y se requiere a corto plazo de plantear estrategias viables para solucionar este problema. Por otro lado, el Estado otorga concesiones mineras y las normas legales que deberían ser cumplidas para fortalecer la formalización de las empresas mineras, la fiscalización y su control, inclusive para remediar las zonas alteradas llegando a una sociedad sustentable.

Cahuana & Aduvire (2019) en el Perú consideran que los pasivos ambientales mineros son instalaciones, emisiones, efluentes, depósitos de residuos o restos emanados por arcaicas operaciones mineras que posteriormente fueron abandonadas y se constituyen en un riesgo permanente y potencial para la salud pública, el ecosistema y la propiedad privada, por ese motivo son principales fuentes de contaminación de elementos tóxicos, donde la movilización de metales pesados por los drenajes ácidos son liberados por la oxidación de sulfuros, lo cuales representan un riesgo potencial de depósito en los tejidos de las plantas presentes en las áreas de los pasivos ambientales mineros. Entre las alternativas de remediación de Pasivos Ambientales Mineros en Perú, se cuenta con la capacidad de bioacumulación de metales que poseen ciertas macrófitas inducidas por la presencia de metales en la columna de agua.

Pacheco (2019) afirma que Pasco (Perú) es un departamento que tiene amplia biodiversidad, el sector minero en la región, es una de las principales actividades históricamente. La contaminación ambiental que posee la región es debido a la presencia de pasivos ambientales quienes vienen afectando la calidad del agua y del aire que directa o indirectamente es ingerida por la población, debido a las actividades mineras. Por otro lado, reportan en menores de 12 años, encontraron niveles de plomo sanguíneo en valores de 41, 20 y 21 $\mu\text{g}/\text{dl}$, quienes son superados por los 10 $\mu\text{g}/\text{dl}$ que recomienda la OMS.

Muñoz *et al.* (2019) en Ancash (Perú) estudiaron el grado de tolerancia a metales pesados de hongos y bacterias aisladas de suelos con y sin rizósfera, con el propósito de conocer

su potencial para aplicaciones en biorremediación. Las muestras provenían del pasivo minero de Santa Rosa de Jangas. Las cepas de hongos con mejores índices de tolerancia fueron: *Fusarium temperatum* CTLM05 (Pb^{+2}), *Fusarium temperatum* CTLM08 (Zn^{+2}), *Fusarium oxysporum* CTLM18 (Ni^{+2} y Cd^{+2}), *Fusarium oxysporum* CTLM12 (Ag^{+1}), *Fusarium inflexum* CTLM22 (Cu^{+2}) y *Penicillium vanluykii* CTLM11 (Cr^{+6}). Las cepas de bacterias con mayores índices de tolerancia fueron *Bacillus licheniformis* SSR18 (Cd^{+2} , Ni^{+2} y Zn^{+2}), *Bacillus subtilis* SSR3 (Pb^{+2}), *Serratia* sp. SSR15 (Cu^{+2}), *Serratia* sp. SSR13 (Ag^{+1}) y *Bacillus cereus* SSR01 (Cr^{+6}). También reportan hongos con tolerancia mayor que las bacterias, pero los suelos del pasivo ambiental minero de Santa Rosa de Jangas ostentan una microbiota atrayente, que es probable posean mecanismos para su adaptación, su desarrollo y su crecimiento ante el contacto con los metales pesados, siendo potencialmente útiles en el desarrollo de biotecnologías de biorremediación.

Zapata (2019) en Piura (Perú) enfocó el contenido de metales pesados en vegetación cercana a una mina cerrada en la región Piura con el propósito de evaluar la contaminación por metales pesados en especies vegetales y proporcionar información para futuros estudios de monitoreo y evaluación de riesgo de zonas similares. Los resultados revelan elevadas concentraciones de los elementos metálicos aluminio, hierro y cobre. La absorción de metales pesados utilizando la vegetación endémica se constituyen en una alternativa ecológica para lograr la recuperación de suelos en ecosistemas contaminados por la minería.

Cuentas *et al.* (2019) en Puno (Perú) manifiestan que la minería, genera impactos ambientales y sociales no importa donde ocurra. En el pasado ordinariamente no se cumplía con la ejecución del cierre de mina y solo terminaban siendo abandonadas; originando los pasivos ambientales mineros (PAMs). Los resultados de las evaluaciones muestran que, el drenaje que discurre desde la rampa San Marcelo y la infiltración en la napa freática origina altos índices de probabilidad de ocurrencia, presentando consecuencias funestas respecto a la vida acuática, moderadas respecto a los seres vivos terrestres, baja respecto a las personas e insignificante en la agricultura y la ganadería.

Cenepo (2020) en San Martín (Perú) con el objetivo de determinar cómo se viene vulnerando el derecho de propiedad comunal reconocido en el Convenio 169 de la Organización Internacional del Trabajo (OIT) en las comunidades nativas del distrito de Chazuta, provincia y región de San Martín. Los resultados revelaron que las comunidades

nativas asentadas en el distrito de Chazuta el derecho de propiedad comunal está siendo perjudicado firmemente por la carencia de delimitación, titulación de sus territorios, demarcación y por los procesos de trabajo mediante las concesiones que les otorga el Estado.

Hernando (2020) en Lima (Perú) al analizar los principios del Derecho Ambiental, al configurar herramientas efectivas para garantizar el goce efectivo del derecho a un ambiente sano y equilibrado. Los principios y el Derecho Ambiental, poseen una reciente aparición, en ese sentido los operadores del derecho demandan de una mejora de los mismos para su mejor aplicación. Asimismo, ante la posible falta de desarrollo, el autor propone que el contenido que debe dar cada principio debe de responder a las situaciones que se presentaran en la actualidad.

García & Vásquez (2020) en Cajamarca (Perú) identificó especies vegetales con potencial para la remediación de suelos provenientes de pasivos ambientales mineros (PAM); entre las cuales, las más resaltantes fueron, *Paspalum bomplandianum* que presentó una mayor concentración de Al con 2844.6 mg/kg, *Lachemilla orbiculata* presentó mayor concentración de Mg con 1912.5 mg/kg, *Bidens triplinervia* presentó mayor concentración de Pb y Zn con 5842 mg/kg y 11514 mg/kg respectivamente, *Lupinus ballanus* tuvo mayor concentración de Cd con 287.3 mg/kg, *Cortaderia rudiusscula* Stapf. exhibió mayor contenido de As con un valor de 2 858 mg/kg, *Juncus articus* Willd. alcanzó mayor contenido de Mn con un valor de 1743 mg/kg y *Polylepis racemosa* logró la mayor concentración de Cu con una cifra de 4925.37 mg/kg. Asimismo, las especies vegetales según el tipo de fitorremediación que presentaron fueron catalogadas como fitoextractivas y fitoestabilizadoras.

Chira (2021) en Junín (Perú) evaluó la degradación química y su impacto en los suelos de la cuenca del río Mantaro, en el departamento de Junín- Perú, considerando que esta es producto de procesos, sean de carácter natural como antropogénico. Al confrontar los resultados de los análisis obtenidos en los ECA para suelos destinados al uso agrícola, los elementos As (50 ppm), Cd (0.9 ppm) y Pb (70 ppm), superaron ampliamente en algunos puntos de muestreo en As (649 ppm), Cd (16.9 ppm) y Pb (2021 ppm). La dispersión geoquímica en los suelos, de Pb, As, Hg y Cd estuvieron afines a la carga metálica del agua del río Mantaro, esto se debería a la minería polimetálica de la Oroya que contiene la presencia de pasivos ambientales mineros.



Casahuamán & Rodríguez (2021) determinaron el cambio de condiciones de los contratos de explotación minera, de manera unilateral, por parte del estado, generaría diversas consecuencias jurídicas. Se perturbaría la santidad contractual (artículo 62° de la Constitución Política del Perú), así como el principio de seguridad jurídica. Finalmente, se demanda que las secuelas jurídicas que podría cambiar el estado modificaría las condiciones de las transacciones de explotación de recursos mineros, que vulnerarían sus derechos, donde los contratos con características de ley se ven protegidos por la Constitución en su artículo 62° que trata de la intangibilidad de dichos contratos, lo cual concuerda con el principio de santidad contractual que otorga la inmutabilidad a los contratos.

CAPÍTULO II

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 Identificación del problema

El término “pasivo ambiental” tiene orígenes empresariales, en el balance de ejercicio de una empresa, el pasivo es el conjunto de deudas y gravámenes que disminuyen su activo. En tal sentido un pasivo ambiental es el conjunto de daños no compensados originados por una empresa minera causando alteraciones al ambiente durante el tiempo de explotación, en sus actividades cotidianas o a causa de un accidente e incluye las deudas pendientes a la comunidad donde realiza sus operaciones. Estas alteraciones muchas veces no son reconocidas por la jurisdicción vigente, en diversas oportunidades las leyes otorgan límites y a su vez prohibiciones que muchas veces no son respetados.

Por otro lado, la contaminación producida por la mina provoca no sólo graves daños a la salud (Herz, 2000), sino también la muerte de una parte del ganado de los campesinos, y reduce la productividad de la agricultura (ISAT, 2000). Estos pasivos ambientales no fueron compensados completamente, desconociéndose el número de animales muertos y sus causas, y los efectos originados en la agricultura, que no solo es causa de la pobreza, donde es difícil contratar a un profesional médico veterinario que realice la certificación de la muerte de un animal que puede ser una oveja o una alpaca, sino también debido a una diferencia en el lenguaje. En otras palabras, una evaluación cuantitativa y científica de un daño, así como la idea de que existe un Estado que establezca normas para su reparación, es algo ajeno a la experiencia de estas comunidades (Russi & Martínez, 2002).

La contaminación industrial, tecnológica, agropecuaria, minera y el uso indiscriminado de diversos fertilizantes químicos en el suelo con metales pesados, que se incorporan finalmente a ríos, a los vegetales, animales y alimentos, alteran la sostenibilidad de la

cadena trófica, provocando riesgos potenciales en la naturaleza y en la sociedad, debido a que originan serios problemas en la salud humana y animal (Waisberg *et al.*, 2013).

En el distrito de Ananea (provincia de San Antonio de Putina – región Puno), la actividad minera trae consigo efectos ambientales negativos abarca desde la etapa de exploración hasta la recuperación de metales, donde las fuentes de contaminación del agua y los suelos son los drenajes de minas subterráneas y superficiales, el agua de relave y el agua de los procesos metalúrgicos, por otro lado, el aire es contaminado por las partículas de polvo de metales pesados (sulfato de zinc, sulfato de cobre, dicromato de potasio) y reactivos químicos (cianuro de sodio) y los gases de la metalurgia extractiva y como consecuencia de ello incorporarse a las cadenas alimentarias de la especie humana y animal ocasionando intoxicaciones y secuelas de origen neurotóxico ambiental.

Ante ello se desconoce la magnitud del contenido y la cuantificación de metales pesados presentes en el riachuelo Ananea dentro del pasivo ambiental del proyecto minero San Antonio y María, Ananea, y la visible contaminación ambiental en la zona, se carece de un análisis e interpretación de normas vigentes que vienen siendo vulneradas tanto las relacionadas al ser humano, a la flora, a la fauna y al ambiente.

2.2 Enunciados del problema

2.2.1 Problema general

- ¿Qué concentración de metales pesados y parámetros físicos posee el riachuelo Ananea y qué dispositivos legales se vulneran por los pasivos ambientales en el distrito de Ananea - Puno?

2.2.2 Problemas específicos

- ¿Qué concentraciones presentan los metales pesados y los parámetros físicos en el riachuelo Ananea en los pasivos ambientales del proyecto minero San Antonio y María, distrito de Ananea - Puno?
- ¿Qué dispositivos legales en materia ambiental son vulneradas por los pasivos ambientales del proyecto minero San Antonio y María, Ananea - Puno?

2.3 Justificación

La contaminación minera trae consigo la alteración de los ecosistemas en la naturaleza, tales como los suelos, las aguas, las plantas en la zona de influencia directa del proyecto minero. En los suelos pueden alterarse sus parámetros fisicoquímicos, erosionándolos y hacerlos inservibles para el crecimiento de las plantas.

Ante estos desequilibrios ambientales, a nivel mundial se realizó la Cumbre de la Tierra con la finalidad de proteger el medio ambiente, los países de mundo se reúnen con la finalidad de encontrar acuerdos sobre el medio ambiente, cambio climático, desarrollo, biodiversidad y daño ambiental, la Cumbre de la Tierra de Estocolmo 1972 dio un paso al movimiento para lograr la protección del ser humano de los peligros ambientales que nosotros mismos originaron al generar las empresas mineras, a continuación la Cumbre de la Tierra de Rio de Janeiro 1992, donde la comunidad internacional consideró el reto de articular un tipo de desarrollo global que, sin disminuir la independencia a las decisiones nacionales, sería capaz de bosquejar parámetros comunes para lograr asegurar, colectivamente con el progreso económico, su bienestar social y el ambiental de la humanidad. Seguidamente, la Cumbre de la Tierra de Johannesburgo 2002, se abordó como tema principal el desarrollo sostenible y en una de las últimas Cumbres de la Tierra de Rio + 20 – 2012, tuvo como objetivo principal lograr un compromiso político y nuevo para el desarrollo sostenible entre los todos los países que concurren (Carruitero & Rojas, 2019).

La disposición de materiales y escombros residuales mineros que contienen metales pesados sobre los suelos es de mucho interés debido a sus implicancias ambientales. Los metales pesados no sólo tienen su origen en la contaminación antropogénica, sino que, también tiene un origen debido a la meteorización de las rocas, constituyendo la principal causa. Con mucha frecuencia los metales pesados se encuentran en el ambiente en forma iónica quienes se encuentran interactuando con la matriz del suelo; pero pueden moverse y alterar su forma química gracias a los cambios que se presentan como son las condiciones ambientales, como también el uso del suelo o su saturación.

Los metales pesados son elementos químicos no esenciales que poseen una amplia distribución y tienen muy conocidos debido a sus efectos altamente tóxicos en los seres vivos. En los últimos años su incremento se debió a la disponibilidad de los metales pesados gracias a la explotación minera. La liberación de estos elementos metálicos es un

tema de preocupación, debido al aumento de su biodisponibilidad y el riesgo toxicológico en la flora, fauna y la población que habita las zonas de los pasivos ambientales. En tal sentido, se plantea investigar la cuantificación de metales pesados, pH, temperatura y los sólidos suspendidos totales en muestras de agua en el riachuelo Ananea del proyecto minero San Antonio y María, así como también establecer si existe o no la vulneración de normas ambientales mineras, que vendrían afectando la salud pública de los habitantes de la zona, la flora, la fauna y el medio ambiente.

2.4 Objetivos

2.4.1 Objetivo general

- Cuantificar metales pesados y los parámetros físicos del riachuelo Ananea y establecer los dispositivos legales vulnerados en el distrito de Ananea - Puno.

2.4.2 Objetivos específicos

- Cuantificar metales pesados y los parámetros físicos en el riachuelo Ananea en los pasivos ambientales del proyecto minero San Antonio y María, distrito de Ananea - Puno.
- Identificar los dispositivos legales vulnerados por los pasivos ambientales del proyecto minero San Antonio y María, Ananea - Puno.

2.5 Hipótesis

2.5.1 Hipótesis general

- El contenido de metales pesados y los parámetros físicos en el riachuelo Ananea superan la normatividad vigente y vulnera las normas legales en el distrito de Ananea - Puno.

2.5.2 Hipótesis específicas

- Los metales pesados y los parámetros físicos en las muestras de agua del riachuelo Ananea de los pasivos ambientales del proyecto minero San Antonio y María, Ananea – Puno superan los valores de los Estándares de Calidad Ambiental para agua (D. S. 004-2017-MINAM).
- Los dispositivos legales son vulnerados por los pasivos ambientales del proyecto minero San Antonio y María, Ananea – Puno.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Lugar de estudio

El proyecto minero San Antonio y María, se encontró (ya que actualmente está paralizada) en el paraje denominado Morrena Vizcachani, en el distrito de Ananea, provincia de San Antonio de Putina, región Puno, comprendió un área de 432.15 Has, el cual estuvo constituido por cinco cooperativas mineras como son Cooperativa Minera Santiago, la Cooperativa Minera Halcón de Oro de Ananea Ltda, Cooperativa Minera el Dorado de Ananea Ltda, Cooperativa Minera Estrella de Oro de Ananea Ltda. y la Cooperativa Minera San de Ananea Ltda. Las muestras de agua colectadas y analizadas del riachuelo Ananea (Figura 1) está comprendida en el pasivo ambiental del lugar de estudio.

Según el estudio de campo y el mapa forestal peruano, el proyecto minero San Antonio y María presentó una cobertura vegetal correspondiente a la Tundra y Nival. Tundra debido a que posee una cobertura vegetal para uso agropecuario forestal muy limitado, en el que existe mayor prevalencia de pajonales alto andinos y las formaciones vegetales son muy dispersa. Posee una cobertura Nival, debido a que su potencial forestal es desprovisto de valor actual careciendo de potencial para ser aprovechado en el ámbito agropecuario forestal (Catacora, 2015).

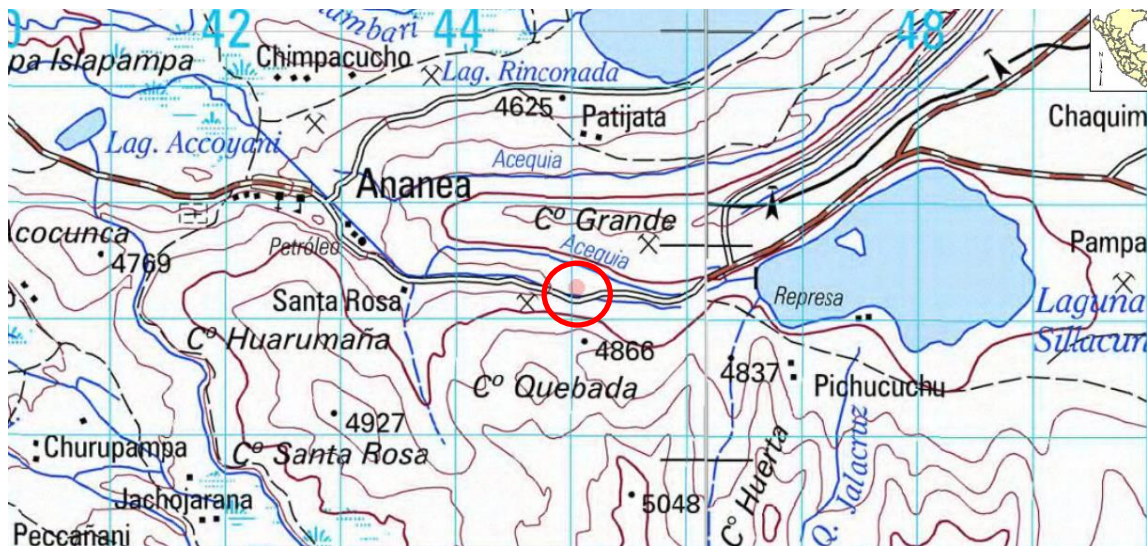


Figura 1. Mapa de ubicación del riachuelo Ananea (círculo rojo) en el Pasivo Ambiental San Antonio y María, Ananea – Puno (INGENMET).

Las coordenadas UTM de los puntos de muestreo de agua en el riachuelo Ananea fueron los siguientes (Tabla 1):

Tabla 1

Coordenadas UTM de los puntos de muestreo de agua en el riachuelo Ananea.

Muestra de agua	Norte	Este	Fecha de muestreo	Hora de muestreo
Ingreso	8376276	445042	29/09/20	14.00
Salida	8377629	442683	29/09/20	13.35

3.2 Población

No se ha trabajado con una Población en específico.

3.3 Muestra

La recolección de muestras de agua del riachuelo Ananea en los pasivos ambientales del Proyecto Minero San Antonio y María se realizó cumpliendo el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales (Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA)

3.4 Método de investigación

3.4.1 Cuantificación de metales pesados y los parámetros físicos en el riachuelo Ananea en los pasivos ambientales del proyecto minero San Antonio y María, distrito de Ananea – Puno

a. Muestreo de agua

La recolección de muestras de agua del riachuelo Ananea en los pasivos ambientales del Proyecto Minero San Antonio y María se realizó cumpliendo el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales (Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA), con los siguientes detalles:

- Los puntos de muestreo estuvieron ubicados al ingreso y salida del pasivo ambiental en el riachuelo Ananea en las coordenadas mencionadas en la Tabla 1.
- El riachuelo tuvo una profundidad de entre 40 cm (orilla) y de 80 cm (zona central) aproximadamente, con un caudal de 500 litros por segunda aproximadamente y un ancho de 3.5 m (observación in situ).
- El material para el muestreo de agua fue proporcionado por la empresa Laboratorios Analíticos del Sur, entre ellos el cooler, los frascos de plástico esterilizados, la cadena de custodia, las bolsas de hielo para refrigeración de las muestras de agua colectadas.
- Una vez ubicados en el lugar de muestreo, se evitó zonas de mezcla, se colectaron muestras puntuales, que consistió en la toma de una porción de agua en un punto para su análisis individual, según el protocolo del ANA, representa las condiciones y características de la composición original del cuerpo de agua para el punto de muestreo, el tiempo y la circunstancia del instante en que se realizó la recolección.
- Los frascos esterilizados fueron abiertos solo al momento del muestreo del agua, la colecta se realizó entre los 15 y 20 cm de profundidad, previamente se enjuagó 3 veces el recipiente con el agua del mismo riachuelo. La cantidad de agua colectada fue de $\frac{3}{4}$ partes de su volumen total, con la finalidad de que antes de su análisis se puede homogenizar la muestra. A continuación, se realizó el

rotulado y etiquetado, el llenado de la cadena de custodia, su disposición de las muestras en el cooler en condiciones de refrigeración para finalmente ser enviado por empresa de transporte hacia la ciudad de Arequipa al laboratorio acreditado.

b. Análisis de metales pesados, pH y sólidos disueltos totales

Los análisis de metales en las muestras de agua fueron realizados por la empresa acreditada “Laboratorios Analíticos del Sur” de la ciudad de Arequipa y en los informes de ensayos mencionan la realización de los siguientes métodos de ensayos acreditados utilizados:

- Cuantificación de metales pesados:

Tabla 2

Procedimientos de determinación de metales pesados en muestras de agua del riachuelo Ananea.

Código	Título	Rango
796	EPA 200.7 Determinación de metales pesados y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP – OES, Revisión 4.4. Arsénico (Método de Ensayo Acreditado).	0.0012-50 mg/L

Procedimiento general: Las muestras de agua fueron colocadas en vasos de precipitados de 250 ml, luego de adicionó 5 ml de una disolución de ácidos ($\text{HClO}_4:\text{H}_2\text{SO}_4$ - 7:1) y 15 ml de HNO_3 concentrado para que se realice la digestión sobre una plancha de calentamiento a $80\text{ }^\circ\text{C}$ hasta lograr la evaporación total de los ácidos. A continuación, se añadió 5 ml de HNO_3 concentrado nuevamente, calentándose hasta la aparición de sales húmedas. Seguidamente se trasvasó a frasco volumétrico de 25 ml, añadiendo una disolución de ácido nítrico con molaridad 0.7. Se preparó la curva de calibración certificado partiendo de una solución patrón con una concentración conocida de metales pesados y los estándares de calibración preparados con una solución de HNO_3 0.7 M. Los metales se

determinaron realizando las mediciones en el espectrómetro ICP-OES, cuyos resultados fueron emitidos en un software computacional para registrar los valores.

800	EPA 200.7 Determinación de metales pesados y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP – OES, Revisión 4.4. Mercurio (Método de Ensayo Acreditado).	0.00041-250 mg/L
-----	--	------------------

Se cumplió el mismo procedimiento que para arsénico.

802	EPA 200.7 Determinación de metales pesados y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP – OES, Revisión 4.4. (Método de Ensayo Acreditado).	0-2.5 mg/L
-----	---	------------

Se cumplió el mismo procedimiento que para arsénico y mercurio.

- Determinación del pH

Tabla 3

Procedimientos de determinación del pH en muestras de agua del riachuelo Ananea.

Código	Título	Rango
808	Determinación de pH en aguas SMEWW. 22rd Ed. 4500- H pH Part. B. Electrometric Method. (Método de Ensayo Acreditado).	0-14nidad de pH

Procedimiento general: se pesó 20 g de suelo seco y tamizado transfiriéndose a un vaso de 100 ml de agua destilada, se mantuvo en agitación vigorosa por 30 minutos, con el pHmetro previamente calibrado con soluciones 4.00, 7.00 y 10.00, se introdujo el electrodo en el vaso con la muestra y se procedió a registrar la lectura de pH (González, 2018).

- Determinación de sólidos disueltos totales

Tabla 4

Procedimientos de determinación de sólidos disueltos totales en muestras de agua del riachuelo Ananea.

Código	Título	Rango
846	Sólidos suspendidos totales en aguas SMEWW. 23rd Ed. Item 2540-Solids D. Total Suspended Solids Dried at 103-105 °C (Método de ensayo acreditado).	7.6-200000 mg/L

Procedimiento general: en el mismo vaso de precipitado utilizado para determinar el pH de la muestra suelo, se introdujo el electrodo del conductímetro, luego de que se estabilice la lectura en la pantalla del equipo, se realiza el registro de la conductividad.

Análisis estadístico

En razón de que un reducido número de muestreo en un laboratorio acreditado por INACAL (Laboratorios Analíticos del Sur), se realizó el análisis de los resultados de metales, pH y sólidos disueltos totales, no se realizó ningún análisis estadístico.

3.4.2 Identificación de dispositivos legales vulnerados por los pasivos ambientales del proyecto minero San Antonio y María, Ananea – Puno.

Una vez establecidos en la zona de estudio, en base a los resultados de los análisis de agua realizados en la investigación y las observaciones *in situ* se realizó el acopio de las normas ambientales para determinar su vulneración según los impactos en el medio físico, medio biótico y el componente socioeconómico. Previa la realización de los muestreos de suelo de las zonas de influencia directa e indirecta de los pasivos ambientales del proyecto minero San Antonio y María, Ananea - Puno, se realizó la observación *in situ* de las actividades realizadas, los procesos llevados por los operarios, los procesos de disposición de las pozas relaveras, entre otros aspectos, los cuales fueron descritos, se analizó e interpretó legalmente las faltas o delitos cometidos por los pasivos ambientales, mediante normas legales (leyes, decretos

supremos, resoluciones y el código penal), los cuales afectan a la población, la flora, la fauna y el medio ambiente (aire, agua y suelo) de la zona de estudio.

3.5 Descripción detallada de métodos por objetivos específicos

La evaluación fisicoquímica de un cuerpo acuático como lo es el riachuelo Ananea presente en los pasivos ambientales del proyecto minero San Antonio y María, nos brinda valiosa información de la situación actual de otros ecosistemas acuáticos de las zonas donde existe la explotación minera, donde los parámetros para muestras de agua de agua para bebida de animales y riego de vegetales (ECAs, D. S. N° 004-2017-MINAM, categoría 3) son superados en varios parámetros evaluados, con lo se puede afirmar que los pasivos ambientales de la zona estudiada vienen alterando dichos ambientes, trayendo como consecuencia la disminución y extinción de especies dentro de la diversidad biológica, y la calidad ambiental para los pobladores de las zonas.

Por otro lado, luego de una revisión y análisis exhaustivo de la legislación ambiental, se determinó que muchos fueron los dispositivos vulnerados, a causa de la persistencia de los pasivos ambientales, que, a pesar de existir, muchas empresas mineras incumplen las normativas, dejando a su suerte los pasivos ambientales y las zonas de explotación, los cuales ulteriormente traen como consecuencia graves daños al ambiente y sus recursos bióticos.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados

4.1.1 Metales, pH, temperatura y sólidos suspendidos totales en el riachuelo Ananea de los pasivos ambientales del proyecto minero San Antonio y María, Ananea – Puno.

En la Tabla 5, se presenta los resultados de los análisis de contenido de metales pesados en muestras de agua del riachuelo Ananea del Proyecto Minero San Antonio y María, el cual se ubica en la Intercuenca Ramis, el cual según la Resolución Jefatural N° 056-2018-ANA de clasificación de aguas continentales del Perú, está catalogado dentro de la Categoría 3 de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua (D. S. N° 004-2017-MINAM).

En los pasivos ambientales del Proyecto Minero San Antonio y María, las muestras de agua del riachuelo Ananea el único metal pesado que sobrepasó los valores ECAs para agua, fue el arsénico (0.1 mg/L), mientras que los restantes plomo (0.05 mg/L), níquel (0.2 mg/L), cobre (0.2 mg/L), cromo (0.1 mg/L), cobalto (0.05 mg/L), mercurio (0.001 mg/L) y cadmio (0.01 mg/L) no superaron los valores ECAs para agua; mientras que talio y estaño mencionados en la Tabla 1 no aplican a la categoría 3 de los ECAs.

Entre los otros metales evaluados en el riachuelo Ananea, las concentraciones de hierro (5.0 mg/L), magnesio (250 mg/L), bario (0.7 mg/L), litio (2.5 mg/L) superaron los valores ECAs para agua; pero los valores de aluminio (5 mg/L), boro (1 mg/L), selenio (0.02 mg/L) y berilio (0.1 mg/L) no lo superan. Asimismo, entre los únicos

parámetros fisicoquímicos, la temperatura del agua y los sólidos suspendidos totales superaron los valores de los ECAs para agua; y los valores del pH no lo superaron (Figura 2).

Tabla 5

Valores de concentraciones de metales, pH, temperatura y sólidos suspendidos en muestras de agua del riachuelo Ananea en el Proyecto Minero San Antonio y María.

Parámetros	Unid	Riachuelo Ananea		D. S. 004-2017, Categ. 3-D1	Situación
		Ingreso	Salida		
Metales pesados					
Zinc	mg/L	0.132800	0.099600	2.00	No supera ECA
Arsénico	mg/L	0.129200	0.116900	0.10	Supera ECA
Plomo	mg/L	0.038000	0.026900	0.05	No supera ECA
Níquel	mg/L	0.023300	0.018510	0.20	No supera ECA
Cobre	mg/L	0.023100	0.018100	0.20	No supera ECA
Cromo	mg/L	0.019330	0.015580	0.10	No supera ECA
Cobalto	mg/L	0.017244	0.012768	0.05	No supera ECA
Talio	mg/L	0.001300	0.001300	No aplica	
Estaño	mg/L	0.000850	0.000850	No aplica	
Mercurio	mg/L	0.000410	0.000410	0.001	No supera ECA
Cadmio	mg/L	0.000310	0.000230	0.01	No supera ECA
Otros metales					
Hierro	mg/L	32.70000 0	22.900000	5.00	Supera ECA
Óxido de silicio	mg/L	32.67000 0	26.230000	No aplica	
Aluminio	mg/L	22.00000 0	17.000000	5.00	Supera ECA
Magnesio	mg/L	10.08000 0	10.140000	250.00	No supera ECA
Calcio	mg/L	7.840000	10.400000	No aplica	
Potasio	mg/L	5.400000	4.930000	No aplica	
Sodio	mg/L	4.440000	4.640000	No aplica	
Manganeso	mg/L	0.584350	0.444170	0.20	Supera ECA

Fósforo	mg/L	0.439000	0.372800	No aplica	
Titanio	mg/L	0.299800	0.253060	No aplica	
Bario	mg/L	0.125810	0.088680	0.70	No supera ECA
Estroncio	mg/L	0.078300	0.000850	No aplica	
Litio	mg/L	0.059530	0.049530	2.50	No supera ECA
Vanadio	mg/L	0.030750	0.023740	No aplica	
Boro	mg/L	0.005300	0.005300	1.00	No supera ECA
Antimonio	mg/L	0.003030	0.003010	No aplica	
Plata	mg/L	0.002400	0.002400	No aplica	
Selenio	mg/L	0.002000	0.002000	0.02	No supera ECA
Berilio	mg/L	0.001668	0.001243	0.10	No supera ECA
Molibdeno	mg/L	0.000380	0.000380	No aplica	
Parámetros fisicoquímicos					
pH	Unid	7.30	7.50	6.5-8.5	No supera ECA
Temperatura	°C	19.0	19.1	Δ 3	Supera ECA
Sólidos suspendidos totales	mg/L	517	758	≤ 100*	Supera ECA

Fuente: Informe de Ensayo LAS01-AG-AC-20-00166 e Informe de Ensayo LAS01-AG-AC-20-00165 (Anexos).

* D. S. 004-2017, Categ. 4.

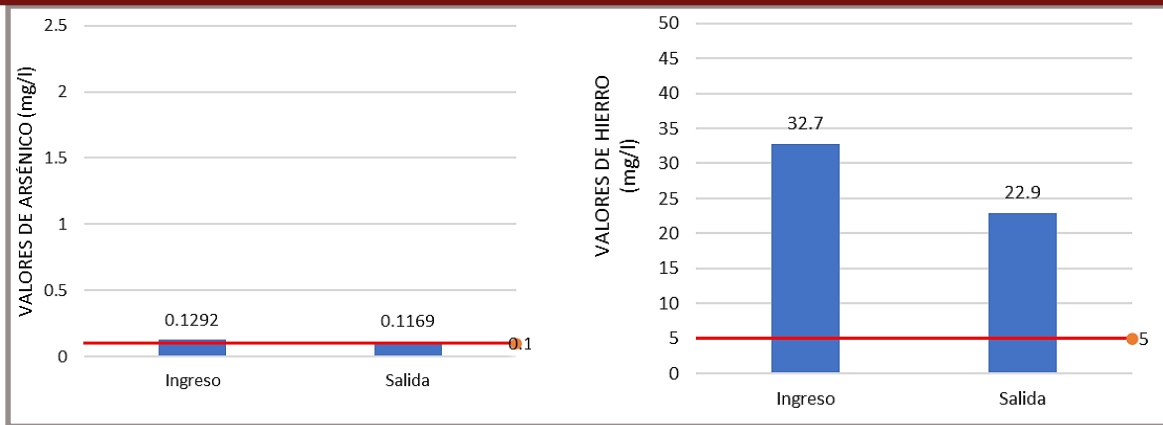


Figura 2. Representación de Arsénico y Hierro como valores representativos de los metales pesados y los parámetros fisicoquímicos determinados en el riachuelo Ananea en el Proyecto Minero San Antonio y María contrastados con el D. S. N° 004-2017, Categ. 3-D1 y Categ. 4 para sólidos suspendidos totales.

Como se observa en la Tabla 1 se observa que los niveles de arsénico son los únicos que superan los valores ECAs para agua, estos resultados fueron similares a los obtenidos por Romero *et al.* (2008), quienes en relaves de Ticapampa en Ancash (Perú) según el análisis geoquímico realizado posee valores críticos en cuanto a presencia y contenido de metales pesados. Por otro lado, Kirschbaum *et al.* (2012) en Salta (Argentina) sobre los 3,700 msnm los yacimientos de pasivos ambientales mineros, impactan de forma negativa la calidad de las aguas de los suelos y el aire de los ecosistemas adyacentes, y se constituyen en un aporte de metales pesados en agua, sedimentos fluviales y suelos, originándose la formación de óxidos de sulfuros y la disminución del pH del agua.

Los pasivos ambientales del Proyecto Minero San Antonio y María vienen contaminando no solo las fuentes de aguas sino también los ecosistemas edafológicos y el aire, tal como lo manifiesta Valles (2012) en Chihuahua (México) al reportar concentraciones de 11,942 mg/kg de arsénico, 19.43 mg/kg de cadmio, 373.00 mg/kg de cobre y 1,535.00 mg/kg de plomo en suelos en contacto con residuos peligrosos producto de la actividad minera e inclusive contaminar la flora presente en el pasivo ambiental, tal como confirma Medina y Montano (2014), quienes en Ancash (Perú) en el pasivo ambiental minero Alianza, encontraron metales pesados en suelo, raíz y parte aéreas de las plantas de los géneros *Juncus* y *Cortaderia*, aunque se destaca la capacidad de tolerar y absorber metales pesados.

El arsénico es el único metal pesado que sobrepasa los valores ECAs para agua en el riachuelo Ananea, como se conoce los ríos y tributarios desembocan en el río Ramis y posteriormente llegan al Lago Titicaca, por tal motivo es posible que el metal pesado afecte drásticamente la seguridad alimentaria y la salud pública (EFSA, 2015) y como las aguas del río Ramis están catalogadas dentro de la Categoría 3 de las ECAs para riego de vegetales, es posible su bioacumulación en cultivos andinos regados con aguas del río Ramis, tal como lo determinó Chen *et al.* (2013) al reportar la presencia de mercurio, plomo, arsénico, zinc, cadmio, cromo y níquel en lechuga, calabaza, repollo, papa y brócoli. De similar forma el río Ramis y muchos ríos aledaños anteriormente presentaban peces, los cuales poco a poco viniendo disminuyendo su población debido a la contaminación minera, esto corroborado por Li (2015) quienes encontraron metales en concentraciones variables en peces, leche y carne debido a la bioacumulación en sus tejidos y su movilidad dentro del ambiente mediante las fuentes hídricas.

Los metales pesados poseen una altísima toxicidad, su exposición prolongada a ellos y bioacumulación causa impactos en la salud pública, siendo variable según sea un metal o un metaloide, originando afecciones a los órganos vitales y muchas veces llegando a procesos cancerígenos (Nava & Méndez, 2011). En la investigación estuvieron elevados los valores de zinc y plomo, lo cual concuerda con Sánchez (2010), quienes en Japón reportaron la enfermedad Itai – Itai o osteoartritis el cual afecta al tejido óseo en la población asentada en las riberas del río Jintsu que poseía zinc, plomo y cobre en niveles elevados, que procedieron de vertimientos de las minas, y que al ser utilizados para riego afectó el consumo de arroz. De otra parte, Valdés (1999) en una población infantil en Coahuila (México) reportó envenenamiento por plomo, el cual procedía de actividades industriales que ingresaba este metal al agua y a la cadena trófica.

Las muestras de agua del riachuelo Ananea serían clasificadas como de alto riesgo, según lo reportado por Arnous *et al.* (2015), quienes manifiestan que la Organización Mundial de la Salud (OMS) estableció niveles de riesgo según la concentración de los metales en el agua de consumo humano y alimentos, y que en muchas partes del mundo se presentaron incrementos en la concentración de metales pesados por encima de los límites instituidos. En tal sentido, el arsénico que en la investigación posee valores superiores a los recomendados por los ECAs para agua (0.05 mg/L), constituye un riesgo de exposición a la población, a los animales, a las plantas y los ecosistemas terrestres, por lo tanto, se debe fortalecer los programas de saneamiento mediante tecnologías emergentes

como son la biotecnología y la nanotecnología, con la finalidad de desarrollar procesos y estrategias experimentales para detectar, cuantificar y remediar (González *et al.*, 2015).

Los metales pesados son elementos persistentes en el ambiente, vale decir que no pueden ser degradados, sean estos procesos biológicos o antropogénicos. Luego de ingresar a los ecosistemas acuáticos, los metales pesados reaccionan con otras sustancias químicas mediante los procesos biogeoquímicos (Martorell, 2010). La inhalación de polvo y el consumo de alimentos que contienen metales pesados, son las formas de contaminación humana más frecuentes, donde los efectos tóxicos dependerá del tipo de metal, su concentración y muchas veces la edad de la población (Reyes *et al.*, 2016). Un indicador de la contaminación minera en una zona específica se consideraría el contenido de metales pesados en un determinado alimento producido en la zona, tal como lo reporta Pacco (2018) en la región Puno (Perú), al cuantificar metales pesados en leche en vacas de la cuenca del río Llallimayo en la provincia de Melgar, quien reportó valores de 0.0256 mg/kg de plomo, 0.0022 mg/kg de mercurio y 0.0012 mg/kg de cadmio, los cuales superan los límites máximos permisibles para productos lácteos. De igual modo, Sáenz (2019) en leche cruda bovina de consumo humano de dos fundos Bella Unión y La Molina del valle de Cajamarca encontró promedios de arsénico con 0.019 ppm y cobre con 0.864 ppm sobrepasando los límites máximos permisibles (LMP) de la Norma Técnica Ecuatoriana (NTE), plomo con 0.016 ppm quienes sobrepasaron los LMP del Codex Alimentario de la Unión Europea (CAUE).

En la presente investigación los niveles de arsénico (As) superan los valores ECAs para agua, esto se debería a que es un elemento muy distribuido en la hidrosfera, atmósfera y en la biosfera, ya que químicamente posee cuatro estados de oxidación As (V), As (III), As (0) y As (-III), dichas propiedades hacen que tenga una amplia dispersión, siendo estas de origen orgánico e inorgánico. Las muestras de agua del riachuelo Ananea presentaría As (III), que son las de mayor toxicidad, en razón de que tiene una procedencia desde la reducción biológica de As (V), pueden circular en todo ecosistema natural por tiempo prolongado, por tanto, estaría presente en zonas cercanas a industrias con efluentes ricos en As (III) y en aguas geotermales (Smedley & Kinniburgh, 2002).

La población asentada en las proximidades de los proyectos mineros como el estudiado en la presente investigación estaría expuesta a una contaminación por As, que pesar de conocer que el As posee efectos toxicológicos no se conoce bien el proceso de

transferencia hacia los seres humanos (D'Ambrosio, 2005). La enfermedad más conocida es la arsenicosis o hidroarsenicismo crónico, caracterizada por elevadas concentraciones de As inorgánico que afecta la salud humana desencadenando problemas respiratorios, enfermedades gastrointestinales, cardiovasculares y procesos cancerígenos a la piel, vejiga y pulmón (Marruecos *et al.*, 1993).

Los pasivos ambientales mineros originan en los ambientes acuáticos la contaminación química por metales y elementos por meteorización química y contaminación física debido a las partículas finas que posee, el agua al discurrir por la superficie puede estar cargados de metales o sales procedentes del drenaje ácido de roca o de mina; por otro lado, arrastran material particulado por acción del viento que puede originar daño directo a la vegetación y por inhalación, ingestión o contacto dérmico afectar a las personas y animales (Cuentas *et al.*, 2019). Los elementos elevados en las muestras de agua del riachuelo Ananea son arsénico, hierro, aluminio, manganeso y sólidos suspendidos totales. En los humanos, el arsénico origina efectos inespecíficos como gastrointestinales (diarrea y dolor abdominal), hematológicos (anemia y leucopenia), hiperpigmentación con hiperqueratosis palmoplantar, hipertensión, enfermedad cardiovascular, efectos en los sistemas inmune, respiratorio, neuropatía periférica y efectos teratogénicos en animales (García, 2011), con efectos agudos o subagudos reversibles (ATSDR, 2007).

Por otro lado, la intoxicación aguda de hierro en los seres humanos origina alteraciones cardiovasculares como choque cardiogénico y vasodilatación (Vernon *et al.*, 1989), procesos gastrohepáticos con lesiones en la mucosa intestinal como úlceras, infartos de mucosa y necrosis (Tenenbein *et al.*, 1990), a nivel estomacal origina náuseas, vómitos, diarrea, sangrado de las vías digestivas (Manoguerra *et al.*, 2005.), a nivel del sistema nervioso causa daños a las neuronas y la glía. La toxicidad por aluminio, causa enfermedades óseas, hepatobiliares y anemia; a nivel cerebral origina la inhibición de enzimas y altera la estructura de proteínas, que llegarían a encefalopatías mortales, asimismo está relacionado con la enfermedad de Alzheimer, esclerosis, síndrome de Down y mal de Parkinson (Fernández, 2014).

El manganeso es un elemento traza que se necesita en bajas cantidades para el crecimiento y desarrollo humano, pero es un potente neurotóxico, acompañado de alteraciones motoras y cognitivas en adultos, con signos y síntomas similares a los de la enfermedad de Parkinson, se acumula en los huesos y se acumula en el hígado (Ramírez y Azcona,

2017). Otro parámetro que sobrepasó los límites permitidos fueron los valores de sólidos suspendidos totales, que es un indicador que está relacionada con la proporción de luz solar que atraviesa el cuerpo acuático, que es un de vital importancia para que se lleve a cabo la fotosíntesis por los organismos vegetales y mantener el oxígeno (Quispe, 2021) para la sobrevivencia de los organismos animales y zooplancton.

4.1.2 Dispositivos legales vulnerados por los pasivos ambientales del proyecto minero San Antonio y María, Ananea – Puno

Los dispositivos legales vulnerados a causa de los pasivos ambientales del proyecto minero San Antonio y María del distrito de Ananea, provincia de San Antonio de Putina, región Puno son:

- **En el Decreto Supremo N° 004-2015-MINAM**, Estrategia Nacional de Humedales.

El Decreto Supremo N° 004-2015-MINAM cuenta con un anexo denominado “Estrategia Nacional de Humedales”, donde se define como humedal a una superficie compuesta o saturada de agua, sea este natural o artificial, temporal o permanente, salobre, salado o dulce, que posee comunidades biológicas características y otorga beneficios a la sociedad, mejorando su economía, su salud y la calidad de vida de sus habitantes.

Ante ello los pasivos ambientales del proyecto minero San Antonio y María, según los resultados obtenidos en los riachuelos evaluados, los contenidos de arsénico, hierro, magnesio, manganeso, bario, litio y los parámetros fisicoquímicos como la temperatura y los sólidos suspendidos totales, superan las normas de los Estándares de Calidad Ambiental (ECAs) para la categoría 4 (Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM), con ello se afirma que se vendría incrementando estos valores en el río Crucero donde desembocan los riachuelos evaluados, y finalmente el río crucero quien obtiene nomenclaturas según las provincias que recorre, llega a verter su contenido al lago Titicaca, el cual es el humedal afectado.

Las alteraciones de los parámetros fisicoquímicos en el río Crucero se corroboran con el reporte de Salas et al. (2020), quienes reportan valores de pH mayores a 8.5, incumpliendo las regulaciones de la Organización Mundial de la Salud y que a pesar de que los metales en agua no exceden los estándares de calidad ambientales

nacionales ni internacionales, si se encuentran elevados en arsénico, cadmio y zinc en los sedimentos, atribuyendo a los proyectos de extracción minera situados en las cabeceras de cuenca como potenciales fuentes que vierten contaminantes.

Asimismo, en el anexo denominado “Estrategia Nacional de Humedales”, en su numeral VIII de retos para la gestión de los humedales en el Perú, manifiesta la carencia de: instrumentos para una gestión de los humedales, un marco normativo específico de gobernanza de humedales, una estandarización de indicadores cuantificables para monitorear y mejorar los humedales, información actual de los humedales, conocimiento de gestión de humedales por parte de los gobiernos regionales y locales, valoración económica de servicios ecosistemas humedales, de tecnologías de prevención de degradación de humedales y la participación de las poblaciones indígenas y locales.

El Perú es parte de la Convención Ramsar, posee instrumentos internacionales relativos a la gestión de los humedales, por lo tanto, cumple con los objetivos mencionados en su Plan Estratégico de Ramsar (2008), por otra parte, la gestión de los humedales está relacionada con ciertas metas del convenio de Diversidad Biológica (Plan Estratégico para la Diversidad Biológica, 2011-2020). A nivel nacional, los humedales se gestión mediante la Estrategia Nacional de Humedales (ENH), que posee como marco de planificación al Plan Nacional de Acción Ambiental (PLANAA), que enfatiza la conservación y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales cumpliendo con eficiencia, equidad y bienestar social (objetivo 1) y asegurar la calidad ambiental adecuada para velar por la salud y su desarrollo integral de sus habitantes, previniendo la alteración de ecosistemas, recuperando ambientes degradados y promover la gestión de riesgos ambientales y una producción limpia y ecoeficiente.

Esta normativa tipificada en la “Estrategia Nacional de Humedales”, no vendría cumpliéndose en razón de que los cuerpos de agua como fuente de vida para los seres vivos (plantas, animales y el hombre) estaría siendo alterado según los resultados de las evaluaciones de agua, por lo que no se puede asegurar una conservación y aprovechamiento de recursos naturales ni calidad ambiental para la población de la zona del distrito de Ananea.

La ENH también tiene un marco de planificación a nivel nacional a la Política y Estrategia Nacional de Recursos Hídricos (PENRH) que viene a ser el marco de referencia donde deben interactuar el sector público y el privado en el mantenimiento de los recursos hídricos del Perú para su preservación de la calidad de los recursos hídricos y el uso racional de estos recursos para un desarrollo sustentable. Como se presenta actualmente son muchos los estudios que reportan en la cuenca del Titicaca, la presencia de contaminantes orgánicos e inorgánicos procedentes de aguas residuales y efluentes mineros, que vienen afectando seriamente a los ríos de la región Puno y el Lago Titicaca.

Por otra parte, la ENH está relacionada con la Política Nacional Forestal y de Fauna Silvestre en su eje de política 2, que corresponde a la sostenibilidad; las líneas estratégicas 2 y 11 de la Estrategia Nacional sobre Cambio Climático (ENCC) que trata de la vulnerabilidad del país a este fenómeno natural; y la Estrategia Nacional de Diversidad Biológica – Plan de Acción Nacional 2014 – 2018 en sus objetivos 1 y 3, que manifiestan que debe de mejorarse el estado de la biodiversidad, manteniendo la integridad de los servicios ecosistémicos, reduciendo las presiones directas e indirectas para la diversidad biológica.

Como se presenta la ENH carece de normatividad rigurosa para la conservación del ambiente, sus recursos hídricos, su biodiversidad y la calidad ambiental para sus habitantes, por lo que el Ministerio del Ambiente, posee arduo trabajo en implementar políticas de conservación de los humedales y su normatividad correspondiente y específica.

- **Resolución Ministerial N° 409-2014-MINAM**, Guía de Valoración Económica del Patrimonio Natural.

El patrimonio natural lo conforma los elementos de la naturaleza y sus procesos naturales que se presentan en un espacio determinado, en ese sentido se incluye al suelo, el subsuelo, el aire, el agua, la diversidad biótica y ecosistémica, sus interrelaciones, su capacidad de reproducción y autosostenimiento (SPDA, 2009). Ante este concepto, el dispositivo legal Resolución Ministerial N° 409-2014-MINAM viene siendo vulnerado en razón de que la actividad minera altera los elementos de la naturaleza como el suelo, el aire, el agua y a la diversidad biológica, la presencia de ciertas alteraciones fisicoquímicas y metales elevados en las muestras

de agua incrementadas de acuerdo a las normas ECAs para agua son evidencias de los impactos que generaría en los suelos, los seres vivos acuáticos, los animales que beben el agua. Por otro lado, los movimientos de tierra ya que la empresa minera explotó el oro a tajo abierto, originaron la migración de ciertas formas de vida como aves y mamíferos a zonas alejadas del proyecto minero.

Los efectos negativos de los pasivos ambientales en el patrimonio natural son corroborados por Kirschbaum *et al.* (2012) quienes en Salta (Argentina) manifiestan que los Pasivos Ambientales Mineros (PAM) origina un impacto negativo en la calidad de las aguas, del agua y de los suelos de los ecosistemas, aportando principalmente metales pesados, además de que el agua de lluvia puede infiltrarse originando la oxidación de los sulfuros para reducir los valores del pH del sistema, afectando a las plantas que crecen en la zona. Por su parte, Medina & Montano (2014) en Ancash (Perú) reafirman que los pasivos ambientales mineros incrementan la presencia de metales pesados, tal como lo demostró al cuantificar en suelo, raíces y parte aérea de las plantas de los géneros *Juncus* y *Cortaderia*. Completando el impacto negativo que originan las mineras, Orellana (2015) en Huancayo (Perú) manifiesta que los pasivos ambientales son fuentes de contaminación del suelo, el agua y el aire, que son causadas por los relaves de la actividad minera y metalúrgica, alterando la composición natural, afectando la fauna, flora y población humana con riesgos a la salud, debido a las concentraciones de plomo, cadmio y cromo en suelo y agua que exceden los ECAs para agua con riesgos moderados para la salud de la población y alto para la calidad del medio y la seguridad de la población.

Los pasivos ambientales son deudas asociadas a la existencia de un daño ambiental ocasionado por las empresas minera, las deudas lo comprenden el costo de las obligaciones de remediación o mitigación medioambiental, las multas administrativas aplicables conforme a ley o las indemnizaciones por la afectación de intereses particulares o colectivos, así como deudas hacia la comunidad donde opera. En el Perú los pasivos de naturaleza minera son problemas de contaminación serios (Wong y Bernardo, 2018). Muchas empresas mineras no reconocen el impacto ambiental sobre los recursos naturales, que se generan por la sobreexplotación del recurso y muchas veces la sociedad y el Estado asumen los costos ambientales, por tal razón es importante valorar económicamente los costos ambientales en la actividad minera (Pulla *et al.*, 2018).

- **Decreto Supremo N° 009-2014-MINAM**, Estrategia Nacional de Diversidad Biológica al 2021 y su Plan de Acción 2014-2018.

A pesar de contar con escasos estudios de diversidad biológica en los pasivos ambientales del proyecto minero San Antonio y María, Catacora (2015) en su investigación en zonas contiguas a los pasivos ambientales menciona que la zona minera está ubicada en la zona de vida Nival Andina – Anpino subtropical, en razón de que se ubica entre los 4,300 y 5,000 msnm y a lo largo de la Cordillera de los Andes, la temperatura media anual mínima es 2.5 °C y la media anual máxima es de 3.2 °C, asimismo posee un relieve topográfico accidentado, ondulado y variado propio de los glaciares ya que se encuentra por debajo de la zona de vida Nival. Cerca de los límites inferiores de la zona de vida, se presenta un pastoreo intenso de la alpaca que consumen pastos naturales de corte pequeño, disperso y ralo, debido principalmente a la erosión del suelo. Entre la flora silvestre reporta un total de 34 especies dentro de 11 familias y 10 órdenes; entre la fauna se mencionan a 26 especies, clasificadas dentro de 15 familias y 9 órdenes; y entre los mamíferos a 10 especies, 5 familias y 4 órdenes.

Como se observa en el área de los pasivos ambientales del proyecto minero San Antonio y María existe gran diversidad biológica, que fueron afectados por las diferentes etapas de la explotación minera, debido al movimiento de tierras, explosiones y sus sonidos, presencia de polvo, entre otros factores. Lo cual es corroborado por Palacios (2017) quien afirma que una inadecuada explotación minera como lo estudiado en Cerro de Pasco (Perú) origina la mortalidad y consecuente extinción de formas de vida (flora y fauna), muchas veces de forma irreversible, repercutiendo en sus habitantes en especial en niños de 0 a 5 años, incrementando niveles de metales pesados en sus organismos, razón por la cual se debe exigir a las empresas mineras de adecuados manejos de residuos mineros para la promoción de la salud. De toda la diversidad biológica, las plantas que habitan en los pasivos ambientales podrían ser útiles para los procesos de remediación ambiental de metales pesados, ya que muchas plantas poseen la capacidad de bioacumularlos en sus tejidos, tal como lo reportan Zapata (2019) en Piura y García & Vásquez (2020) en Cajamarca.

Por tales motivos el Decreto Supremo N° 009-2014-MINAM, posee como objetivos estratégicos la conservación *in situ* de la diversidad biológica del Perú, manteniendo y conservando los ecosistemas naturales, mediante la recuperación y manejo ideal de especies amenazadas, mediante las poblaciones de la zona y los pueblos indígenas, en razón de que provee de bienes y servicios a los peruanos. Otro objetivo del dispositivo legal es incrementar el aporte de la diversidad biológica al abastecimiento nacional, fomentando el desarrollo de bionegocios para dar cumplimiento del Protocolo de Nagoya para acceder a los recursos genéticos y la distribución equitativa de los beneficios que logra su aprovechamiento. El tercer objetivo del dispositivo legal viene relacionado con la percepción ciudadana del valor que posee la biodiversidad, mediante las estrategias y mecanismos de comunicación y la educación ambiental. El cuarto objetivo se relaciona al fortalecimiento de las instituciones en los niveles gubernamentales y lograr una gestión eficaz y efectiva de la diversidad biológica. El quinto objetivo estratégico reconoce a la ciencia y tecnología para procesos de conservación y aprovechamiento sostenible de la diversidad biológica, de tal modo que se logre una adecuada toma de decisiones. El sexto objetivo estratégico de la norma legal, recomienda la gobernanza descentralizada de la diversidad biológica el cual debe realizarse mediante la participación intercultural, de género y de inclusión social, los cuales deben concatenarse con los diversos niveles de gobierno sea local, regional y nacional, cumpliendo con los tratados internacionales.

Para el cumplimiento de los objetivos estratégicos, el Plan de Acción Nacional de Diversidad Biológica 2014 – 2018, manifiesta la participación de las instituciones tales como el MINAM, MINAGRI, PRODUCE, SERNANP, SERFOR, Gobiernos Regionales y Locales, IMARPE, INIA, IIAP, Policía Nacional del Perú, Ministerio Público y las Universidades, ya que tienen la función de mejorar el estado actual de la biodiversidad, manteniendo los servicios ecosistémicos, relacionando la biodiversidad al desarrollo nacional para lograr la país una mayor competitividad, mediante la distribución equitativa de beneficios, organizado por todos los niveles de gobierno para una gestión sostenible de la biodiversidad.

Por otra parte, en las últimas décadas a nivel internacional se aprobaron varios instrumentos que indican obligaciones y principios básicos para que los países logren el desarrollo sostenible, entre ellos se citan a las cumbres de Estocolmo (1972) y de

Rio (1992), y entre los tratados ambientales el Convenio sobre la Diversidad Biológica, la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático y la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación, quienes son conocidos como las Convenciones de Rio (UICN, 2020).

- **Resolución Ministerial N° 018-2012-MINAM**, Directiva para fortalecer el desempeño de la gestión ambiental sectorial.

Un sistema de gestión ambiental controla las actividades y/o operaciones de una empresa, asimismo los productos y procesos que originan o habría la posibilidad de que originen impactos ambientales para posteriormente lograr su minimización (CONAM, 2003). Según Torres (2017) las causas de un impacto lo originan los productos y los procesos de una actividad industrial debido a que producen efectos potenciales en el medio ambiente, como son los cambios de la temperatura media en una laguna al recibir efluentes, el incremento de nitrógeno y fósforo por efecto de las aguas residuales y el incremento de metales pesado a los ríos, lagunas y/o ríos, entre otros ejemplos de impactos ambientales.

Ante la presencia de elevadas concentraciones de algunos metales, la temperatura y el contenido de sólidos disueltos totales en el riachuelo Ananea, se puede afirmar que los proyectos mineros San Antonio y María, no cumplieron con la gestión ambiental, en razón de que es una herramienta que controla dichos aspectos, en tal sentido se mitigan o eliminan los impactos. Estos resultados se podrían lograr si en caso se cumplirían con los sistemas de gestión ambiental formales como la ISO 14001 y el EMAS, o informales como el programa interno de cada empresa en la reducción de residuos, de tal forma que se logra reducir impactos con el medio ambiente (CAD, 2008). En tal sentido, toda empresa debe contar con un sistema de gestión ambiental, el cual posee especificaciones para controlar un componente ambiental, así como su cumplimiento legal (Roberts & Robinson, 2005).

La presencia de sustancias contaminantes no solo en los ecosistemas acuáticos sino también en los suelos de las zonas mineras con disminución o extinción de especies de seres vivos (plantas y animales), es un indicador de que no se tiene un control estricto de los instrumentos de gestión ambiental en las empresas mineras, por lo tanto, se viene vulnerando el Artículo 6° de la Resolución Ministerial N° 018-2012-MINAM, quien manifiesta que son las Autoridades Ambientales Sectoriales son las

que deben de remitir al Ministerio del Ambiente las resoluciones que conceden o deniegan las certificaciones ambientales, asimismo se viene vulnerando el artículo 1 literal e) del Decreto Legislativo N° 1078, donde se indica que toda empresa como la minera, debe de aplicar los Programas de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA), los Planes de Cierre, los Planes de Abandono, entre otros exigibles para iniciar, ejecutar o dar por terminado la actividad o proyecto de inversión.

- **Decreto Supremo N° 012-2009-MINAM**, Política Nacional del Ambiente.

La Política Nacional del Ambiente se estableció en el artículo 67° de la Constitución Política del Perú, y a la letra dice “El Estado determina la política nacional del ambiente. Promueve el uso sostenible de sus recursos naturales”, en tal sentido tiene concordancia con la legislación y las políticas públicas ambientales. Esta política se constituye en un instrumento de gestión muy importante para el desarrollo sostenible del Perú y fue formulada en base a la Declaración del Río sobre el Medio Ambiente y Desarrollo, los Objetivos del Milenio enunciados por la Organización de las Naciones Unidas (ONU), así como los tratados y declaraciones internacionales donde el Perú está suscrito en temas ambientales.

El Observatorio Ambiental de la Unión Europea (2010) afirma que la calidad ambiental es el conjunto de propiedades, variables o elementos del ambiente, donde el sistema ambiental tenga mérito suficiente como para ser conservado. Otro concepto de calidad ambiental viene a ser un conjunto de propiedades del sistema que crea un entorno óptimo y es susceptible de ser alterado en su estado natural, para ello se debe de conocer los factores que podrían afectar negativamente dicho estado (Eurofins, 2020).

En el Decreto Supremo N° 012-2009-MINAM, se considera que la calidad ambiental en el Perú fue afectada por las actividades extractivas y productivas principalmente debido a que no cumplieron con adecuadas medidas de manejo ambiental, y una mínima cultura ambiental que termina con la contaminación del agua, el suelo y el aire, donde la calidad del agua es el principal problema del país, lo cual no es ajeno a la realidad de los pasivos ambientales de los proyectos mineros San Antonio y María, donde el agua, los suelos, los animales, las plantas y el ser humano viene siendo afectado.

- **Ley N° 28611**, Ley General del Ambiente.

La zona minera donde se encuentran los pasivos ambientales de los proyectos mineros San Antonio y María, se encuentra erosionadas, tanto los cuerpos acuáticos, los suelos y el aire afectando a todas las formas de vida de dicho ambiente, ante ello se vulneran los artículos VIII y IX de los principios de la Ley General del Ambiente, que manifiesta que toda persona jurídica privada, debe cumplir con asumir el costo de daños que genera en el ambiente, es decir que la empresa debe hacerse cargo de los costos para prevenir, vigilar, restaurar, rehabilitar, reparar e inclusive compensar la protección del ambiente y sus componentes con impactos negativos.

En el artículo 25 de la Ley en mención, manifiesta que los Estudios de Impacto Ambiental, son instrumentos de gestión que describe una actividad, asimismo mencionan los efectos directos e indirectos previsibles sobre el ambiente sea físico y social, a corto o largo plazo, donde se indican también las medidas necesarias para mitigar o reducir el daño ambiental, por lo que este artículo del dispositivo legal también fue vulnerado. De similar forma el artículo 30 de la misma Ley, indica que los titulares de las actividades contaminantes, son las responsables de los planes de descontaminación y el tratamiento de los pasivos ambientales, lo cual no se viene cumpliendo y en la mayoría de casos los proyectos mineros abandonan los pasivos ambientales generando alteraciones en el medio ambiente.

- **Ley N° 28090**, Ley que regula el Cierre de Minas.

Un Plan de Cierre de Minas, se constituye en un instrumento de gestión ambiental de un proyecto minero, el cual cita las acciones técnicas y legales que deben cumplir el titular de actividad minera, con la finalidad de restablecer las áreas perturbadas por la actividad extractiva, que al final debe poseer las condiciones compatibles con un ecosistema sano y conveniente para conseguir la calidad de vida y la subsistencia del paisaje.

En el caso de los proyectos mineros San Antonio y María, no concluyeron con su ciclo de actividad minera planificada, por lo que fue suspendida por razones desconocidas, por lo tanto, esta Ley no aplicaría en esta investigación, pero se la menciona ya que debería de cumplir con el cierre de minas.

- **Ley N° 28271**, Ley que regula los pasivos ambientales de la actividad minera.

Esta Ley manifiesta que los titulares de la actividad minera son los responsables de los pasivos ambientales que dejaron, para ello deben de realizar estudios, obras y acciones destinados al control, la mitigación y la eliminación de los probables riesgos y efectos contaminantes que podría afectar a la población y los ecosistemas. Estos estudios deben cumplir con los límites máximos permisibles (LMP) o los estándares de calidad ambiental (ECA) que lo establecen las autoridades ambientales de su competencia, el cual debe ser aprobado por la Dirección General de Asuntos Ambientales Mineros del Ministerio de Energía y Minas, el cual debe contar con la opinión de los Ministerios de Agricultura y de Salud.

- **Ley N° 29338, Ley de Recursos Hídricos**

Esta Ley normaliza el uso y la gestión de los recursos hídricos e incluye el agua subterránea, superficial y continental, extendiéndose al agua marítima y atmosférica. En su artículo 80°, la Ley de Recursos Hídricos, a la letra dice que “Todo vertimiento de agua residual en una fuente natural de agua requiere de autorización de vertimiento, para cuyo efecto debe presentar el instrumento ambiental pertinente aprobado por la autoridad ambiental respectiva”. Esto significa que las empresas mineras deberían tener un control absoluto de sus efluentes que producen ya que muchos de ellos contienen metales pesados tóxicos con efectos negativos a los seres vivos de los ecosistemas acuáticos y terrestres, y su desemboque a un cuerpo natural de agua debe de contar con la autorización de la autoridad nacional competente, que en este caso sería la Autoridad Nacional del Agua (ANA).

En la realidad al observar *in situ* las zonas mineras del distrito de Ananea de la provincia de San Antonio de Putina, región Puno, se presenta gran cantidad de residuos mineros líquidos, los cuales originan la formación de pequeñas lagunas donde no existe vida alguna debido a los contaminantes producto de la actividad minera, entre ellos principalmente los metales pesados, ante ello las diversas empresas mineras establecidas han vulnerado este dispositivo legal (artículo 80° de la Ley de Recursos Hídricos) en razón de que se presume que sus vertimientos o efluentes no tienen las autorizaciones correspondientes, por lo que en el transcurrir del tiempo, se han originado ambientes contaminados con residuos mineros.

- **Código Penal del Perú**

La contaminación del ambiente se constituyen en un delito por tanto es penalizado, el cual está tipificado en el artículo 304 del Código Penal (Decreto Legislativo N° 635) que a la letra dice “El que, infringiendo leyes, reglamentos o límites máximos permisibles, provoque o realice descargas, emisiones, emisiones de gases tóxicos, emisiones de ruido, filtraciones, vertimientos o radiaciones contaminantes en la atmósfera, el suelo, el subsuelo, las aguas terrestres, marítimas o subterráneas, que cause o pueda causar perjuicio, alteración o daño grave al ambiente o sus componentes, la calidad ambiental o la salud ambiental, será reprimido con pena privativa de libertad no menor de cuatro años ni mayor de seis años y con cien a seiscientos días-multa”. Eso quiere decir que todas las empresas mineras asentadas en el distrito de Ananea, antiguas, en actividad, o con actividad suspendida como es el caso del proyecto minero San Antonio y María, deben de recibir la sanción correspondiente en razón de que vulneran este dispositivo legal, debido a que sus vertimientos originan alteraciones graves en el suelo, el subsuelo, las aguas terrestres, entre otros ecosistemas.

Como se manifestó anteriormente, estos vertimientos llegan finalmente al lago Titicaca, pero en su trayecto origina la contaminación de los ríos y suelos debido a que se realizan los riegos de pastizales y/o cultivos de pan llevar con aguas contaminadas con metales pesados principalmente, e indirectamente los seres humanos venimos siendo contaminados ya que se consume leche, productos lácteos y carne de animales que consumen agua contaminada o consumen forrajes regados con aguas contaminadas, y que toda enfermedad en los humanos producto de los metales pesados tiene un proceso crónico, debido a que dichos contaminantes se bioacumulan en el transcurrir del tiempo en diversos tejidos humanos como son los huesos, los dientes, el hígado, los cabellos, los riñones entre otros órganos.

Ante todos estos dispositivos legales vulnerados, se plantea que los estudios ambientales presentados por las empresas mineras como instrumentos de gestión ambiental, deberían de ser estrictamente revisados por personal especialista ya que existiría indicios y/o evidencias de contaminación ambiental, degradándose los cuerpos acuáticos, los suelos y llegando a afecta a toda forma de vida como la flora, la fauna y el mismo ser humano. Por otro lado, las empresas mineras al momento de concluir sus operaciones, los ambientes explotados deberían ser evaluados estrictamente por la autoridad ambiental competente, los cuales deberían de cumplir



con los límites máximos permisibles y los estándares de calidad ambiental para agua y suelos, para así disminuir los efectos de los pasivos ambientales.

CONCLUSIONES

- El riachuelo Ananea presente en los pasivos ambientales del proyecto minero San Antonio y María del distrito de Ananea, provincia de San Antonio de Putina, región Puno, presentaron valores de arsénico (0.10 mg/l), hierro (5.00 mg/L), magnesio (250.00 mg/L), manganeso (0.20 mg/L), bario (0.70 mg/L), litio (2.50 mg/L), temperatura (19.0 °C) y sólidos suspendidos totales (≤ 100 mg/L) por encima de los valores recomendados en los Estándares de Calidad Ambiental para agua (D. S. N° 004-2017.MINAM), en la categoría 3, por tanto no son aptas para el riego de vegetales y bebida de animales.
- Los dispositivos legales vulnerados por los pasivos ambientales del proyecto minero San Antonio y María, en el distrito de Ananea, provincia de San Antonio de Putina, región Puno fueron: el Decreto Supremo N° 004-2015-MINAM, Resolución Ministerial N° 409-2014-MINAM, Decreto Supremo N° 009-2014-MINAM, Resolución Ministerial N° 018-2012-MINAM, Decreto Supremo N° 012-2009-MINAM, Ley N° 28611, Ley N° 28090, Ley N° 28271, Ley N° 29338 y el Código Penal del Perú, todos relacionados con la protección de los ecosistemas acuáticos, terrestres, la diversidad biológica y la salud pública.



RECOMENDACIONES

- Realizar trabajos de investigación sobre tecnologías ambientales para la remoción de metales y sólidos suspendidos totales en los ecosistemas acuáticos y terrestres presentes en las zonas mineras de la región Puno.
- Realizar un seguimiento estricto del cumplimiento de los dispositivos legales por parte de las autoridades ambientales competentes, respetando las características iniciales de los cuerpos de agua, terrestres, diversidad biológica y la salud pública.

BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, M. (2007). *Determinación de metales pesados en suelos agrícolas del Valle del Mezquital, Hgo.* [Tesis de Licenciado en Biología. Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo]. México. 101 p.
- Almagro, L., Segura, A., Pedreño, M., & Bernal, M. (2015). Tolerancia y acumulación de metales pesados y As en diferentes especies de *Cistus* L. *Anales de Biología*. 37, 143 – 153.
- Amabilis, L., Siebe, Ch., Moeller, G., & Duran, M. (2016). Remoción de mercurio por *Phragmites australis* empleada como barrera biológica en humedales artificiales inoculados con cepas tolerantes a metales pesados. *Rev. Int. Contaminación Ambiental*. 32 (1), 47 – 53.
- ANA – MINAGRI, Autoridad Nacional del Agua – Ministerio de Agricultura y Riego. (2016). Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales (Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA. Editorial Gráfica Industrial Alarcón S. R. L. Lima – Perú. 86 p. Recuperado de: <https://www.ana.gob.pe/publicaciones/protocolo-nacional-para-el-monitoreo-de-la-calidad-de-los-recursos-hidricos-0>.
- Arenas, A., Marcó, L., & Torres, G. (2011). Evaluación de la planta *Lemna minor* como biorremediadora de aguas contaminadas con mercurio. *ACI*. 2 (3), 1 – 11.
- Arnous, M., & Hassan, M. (2015). Heavy metals risk assessment in water and bottom sediments of the eastern part of Lake Manzala, Egypt, based on remote sensing and GIS. *Arabian Journal of Geosciences*. 8 (10), 7899 – 7918. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s12517-014-1763-6>.
- ATSDR, Agency for Toxic Substances and Disease Registry. (2007). Toxicological Profile for Arsenic. En: ATSDR's Toxicological Profiles. Atlanta (GA).
- Barceló, J., & Poschenrieder, C. (2003). Phytoremediation: principles and perspectives. *Contributions to Science*. p. 333 – 344.
- Becerril, J., Barrutia, O., García, J., Hernández, A., Olano, J., & Garbisu, C. (2007). Especies nativas de suelos contaminados por metales: aspectos ecofisiológicos y su uso en fitorremediación. *Rev. Ecosistemas*, 1 - 5.
- Bernal, M., Clement, R., Vásquez, S., & Walker, D. (2007). Aplicación de la fitorremediación a los suelos contaminados por metales pesados en Aznalcóllar. *Rev. Ecosistemas*, 1 - 12.

- Cabrera, F., Clemente, L., Díaz, E., López, R., & Murillo, M. (1999). Heavy metals pollution of soil affected by the Guadamar toxic flood. *Sci. Total Environ.* 2242: 117-129.
- CAD, Corporación Americana de Desarrollo – Perú. (2008). Universidad Nacional Agraria la Molina; Curso de Especialización Profesional Auditoria de los Sistemas de Gestión Ambiental, “Norma Internacional ISO 14000 – 14001:2004”. Fundamentos e Interpretación de los Sistemas de Gestión Ambiental ISO 14001:2004” Modulo III. Pág. 07. Arequipa.
- Cahuana, L., & Aduvire, O. (2019). Bioacumulación de metales pesados en tejidos de vegetación acuática y terrestre evaluados en áreas donde existen pasivos ambientales mineros en el Perú. *Rev. de Medio Ambiente Minero y Minería.* 4(2), 19-36. Recuperado de: http://www.scielo.org.bo/pdf/mamym/v4n2/v4n2_a02.pdf.
- Campuzano, S., Mejía, D., Madero, C., & Pabón, P. (2015). Determinación de la calidad microbiológica y sanitaria de alimentos preparados vendidos en la vía pública de la ciudad de Bogotá D.C. *Rev. Nova,* 13(23), 81–92. DOI <https://doi.org/10.22490/24629448.1708>.
- Carruitero, F., & Rojas, V. (2019). Fundamentos de Derecho y Gestión Ambiental. Ediciones Jurídicas AC. Gráficos Campo Imagen SAC. Lima – Perú. 1166 p.
- Casahuamán, M., & Rodríguez, G. (2021). *Consecuencias Jurídicas de que el Estado Peruano cambie unilateralmente las condiciones de los contratos de explotación minera.* [Tesis de Abogado. Facultad de Derecho y Ciencias Políticas, Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo. Cajamarca – Perú]. 108 p. Recuperado de: <http://repositorio.upagu.edu.pe/bitstream/handle/UPAGU/1884/INFORME%20FINAL%20CASAHUAM%C3%81N-RODR%C3%8DGUEZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Castillo, A. (2019). *Impacto socioeconómico ambiental de la minería ilegal e informal y estrategias legales viables para su formalización en Madre de Dios – 2017.* [Tesis de Doctor en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. Escuela Universitaria de Post Grado, Universidad Nacional Federico Villarreal. Lima – Perú]. 126 p. Recuperado de: http://repositorio.unfv.edu.pe/bitstream/handle/UNFV/3541/UNFV_CASTILLO_NEYRA_ALBERTO_EDGARDO_DOCTORADO_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Castro, M., & Sipion, M. (2017). *Régimen eficaz de la concesión minera para la adecuada explotación de los recursos minerales frente a los conflictos sociales.*

- [Tesis de Abogado. Facultad de Derecho, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo. Chiclayo – Perú]. 81 p. Recuperado de: https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/921/3/TL_CastroCoronadoMiguel_SipionEcanMedalith.pdf.
- Castro, P. (2015). *Vulneración de los derechos ambientales por la minería “Nueva Nora Sofía”, en el distrito de Huancavelica, durante el año 2013*. [Tesis de Abogado. Facultad de Derecho y Ciencias Políticas, Universidad Nacional de Huancavelica. Perú]. 135 p. Recuperado de: <https://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/547/TP%20-%20UNH%20DERECHO%200035.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Catacora, G. (2015). *Evaluación de impacto ambiental de la cooperativa minera Señor de Ananea*. [Tesis de Ingeniero Metalurgista. Facultad de Ingeniería Geológica e Ingeniería Metalúrgica, Universidad Nacional del Altiplano. Puno – Perú]. 143 p. Recuperado de: http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/1900/Catacora_Cahuana_Guillermo_Felix.pdf?sequence=1.
- Cenepo, B. (2020). *El derecho de propiedad comunal en el marco del Convenio 169 de la Organización Internacional del Trabajo (OIT) en las comunidades nativas del distrito de Chazuta, provincia y región de San Martín*. [Tesis de Abogado. Facultad de Derecho y Ciencias Políticas. Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto. Perú]. 81 p. Recuperado de: <http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/3871/DERECHO%20-%20Basilio%20Cenepo%20Mozombite.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Chávez, L. (2014). *Fitorremediación con especies en suelos contaminados por plomo*. [Tesis para optar el título de Ingeniero Ambiental. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima – Perú]. 114.
- Chen, Y. (2013). Accumulation and health risk of heavy metals in vegetables from harmless and organic vegetable production systems of China. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoenv.2013.09.037>.
- Chira, J. (2021). Dispersión geoquímica de metales pesados y su impacto en los suelos de la cuenca del río Mantaro, departamento de Junín – Perú. *Rev. Inst. Investig. Fac. Minas Metal. Cienc. Geograf.* 24 (47), 47-56. Recuperado de: <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/20643>

- Concepción, A., & Fuentes, R. (2011). Fitorremediación de suelos contaminados con metales pesados. *Bio. Era.*, 10 - 14.
- Consejo Nacional del Ambiente CONAM, (2003) Guía de gestión ambiental sectorial, CONAM, Perú.
- CooperAcción. (2000), Problemas y necesidades para el desarrollo sustentable en comunidades campesinas afectadas por la minería.
- Couselo, J., Corredorio, E., Vieitez, A., & Ballester, A. (2010). Aplicación del cultivo *in vitro* de tejidos vegetales en estudios de fitorremediación. *Rev. Real Academia Galega de Ciencias*, 77 - 87.
- Cristeche, E., & Penna, J. (2008) Métodos de valoración económica de los servicios ambientales. Estudios socioeconómicos de la sustentabilidad de los sistemas de producción y recursos naturales. ISSN 1851 – 6955. Recuperado de: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-metodos_doc_03.pdf.
- Cuentas, M., Velásquez O., Arizaca A. & Huisa F. (2019). Evaluación de riesgos de pasivos ambientales mineros en la comunidad de Condoraque – Puno. *Rev. de Medio Ambiente Minero y Minería*. 4(2), 42-57. Recuperado de: http://www.scielo.org.bo/pdf/mamym/v4n2/v4n2_a04.pdf.
- D’Ambrosio, C. (2005). *Arsénico en aguas: origen, movilidad y tratamiento*. Evaluación y selección de tecnologías disponibles para remoción de arsénico. 123–136.
- Decreto Legislativo N° 1013. Ley de creación del Ministerio del Ambiente. Lima 25 de junio de 2008. 25 p.
- Decreto Legislativo N° 1278. (22/12/2016). Decreto Legislativo que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos. Normas Legales del Diario Oficial El Peruano. Lima – Perú. 35 p.
- Decreto Ley 17505 (03/06/1992). Texto Único Ordenado de la Ley General de Minería. Normas Legales del Diario Oficial El Peruano. Lima – Perú. 68 p.
- Decreto Supremo 002-2013-MINAM (2014). Estándares de Calidad Ambiental – ECA – para suelo. Normas Legales del Diario Oficial El Peruano. Lima – Perú. 39 p.
- Decreto Supremo 014-2017-MINAM. (21/12/2017). Aprueban Reglamento del Decreto Legislativo N° 1278, Decreto Legislativo que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos. Normas Legales del Diario Oficial El Peruano. Lima – Perú. p. 18 – 49.

- Decreto Supremo N° 004-2015-MINAM. Estrategia Nacional de Humedales. Normas Legales del Diario Oficial El Peruano. Sábado 24 de enero de 2015. Lima – Perú. 54 p.
- Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y disposiciones complementarias. Normas Legales del Diario Oficial El Peruano. Lima – Perú. p. 10-19.
- Decreto Supremo N° 008-2005-PCM. Reglamento de la Ley N° 28245. Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental. Lima 28 de enero del 2005. 27 p.
- Decreto Supremo N° 009-2014-MINAM. Estrategia Nacional de Diversidad Biológica al 2021 y su Plan de Acción 2014-2018. Normas Legales del Diario Oficial El Peruano. Jueves 6 de noviembre de 2014. Lima – Perú. 54 p.
- Decreto Supremo N° 012-2009-MINAM. Política Nacional del Ambiente. Lima 22 de mayo de 2009. 25 p.
- Decreto Supremo N° 409-2014-MINAM. Guía de Valoración Económica del Patrimonio Natural. Normas Legales del Diario Oficial El Peruano. Lima 29 de diciembre de 2014. Lima – Perú. 54 p.
- Diez, F. (2008). *Fitorremediación de suelos contaminados con metales pesados: evaluación de plantas tolerantes y optimización del proceso mediante prácticas agronómicas*. [Tesis Doctoral. Universidad Santiago de Compostela. España.].
- Eapen, S., & D'sousa, S. (2005). Prospects of genetic engineering of plants for phytoremediation of toxic metals. *Biotechnology Advances*, 97 - 114.
- EFSA, European Food Safety Authority. (2015). Recuperado de: <http://www.efsa.europa.eu/en/topics/topic/metals>.
- Equas, A. (2000). *Evaluación ambiental aire, agua y suelos. Área de influencia de las operaciones mineras de BHP Tintaya S.A.* Espinar – Cusco.
- Eurofins. (2020). *Factores que intervienen en la calidad ambiental*. Recuperado de: <https://envira.es/es/factores-calidad-ambiental/>.
- Fernández, R. (2014). Aluminio: ingestión, absorción, excreción y toxicidad. *Rev. Costarr. Salud Pública*. 23: 113-118. Recuperado de: <https://www.scielo.sa.cr/pdf/rcsp/v23n2/art03v23n2.pdf>.
- Fiestas, A. (2019). *Los delitos de minería ilegal y delitos contra los recursos naturales*. [Tesis de Abogado. Facultad de Derecho y Ciencias Políticas, Universidad Nacional de Piura. Perú]. 93 p. Recuperado de:

- <https://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/UNP/2139/DER-FIE-SAL-2019.PDF?sequence=1&isAllowed=y>.
- Foy, P. (2018). *Tratado de Derecho Ambiental Peruano. Una lectura del Derecho Ambiental desde la Ley General del Ambiente. Tomos I.* Pacífico Editorres SAC. Lima – Perú. 927 p.
- García, M., & Vásquez, M. (2020). *Identificación de especies vegetales con potencial para la remediación de suelos provenientes de pasivos ambientales mineros.* [Tesis de Ing. Ambiental. Facultad de Ingeniería, Universidad Privada del Norte. Cajamarca – Perú]. 63 p. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/23983>.
- García, S. (2011). *Hidroarsenicismo Crónico Regional Endémico HACRE: Módulo de Capacitación.* 1ra edición. Buenos Aires: Ministerio de Salud de la Nación, Programa Nacional de Prevención y Control de las Intoxicaciones. 60 p. <https://bancos.salud.gov.ar/sites/default/files/2020-10/03-%202011-HACRE-modulo-capacitacion.pdf>.
- González, S., & Bergovist, E. (1986). El impacto de emisiones de gases y otros productos desde chimeneas de fundiciones de minerales sobre las actividades agropecuarias. *Rev. Amb. y Des.*, 117 - 122.
- González, E., Marrugo J. & Martínez V. (2015). *El problema de Contaminación por Mercurio. Nanotecnología: Retos y Posibilidades para Medición y Remediación.* Red Colombiana de Nanociencia y Nanotecnología.
- González, J. (2018). Determinación de pH en muestras de suelo. *Prácticas de Química Ambiental.* Departamento de Ciencias Ambientales. Universidad de Guanajuato. México. 4 p. Recuperado de: <https://nodo.ugto.mx/wp-content/uploads/2018/07/Determinaci%C3%B3n-de-pH-del-suelo.pdf>.
- Guerrero, M., & Pinedo, V. (2016). Contaminación del suelo en la zona minera de Rasgatá Bajo (Tausa) Modelo Conceptual. *Revista Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 57 - 74.
- GWW. (2005). *Guía para ejecutar proyectos de monitoreo de agua con participación comunitaria.* Auburn AL. 39 p.
- Hernando, E. (2020). *El desarrollo de los principios del derecho ambiental por el tribunal constitucional y su efectividad para el respeto del derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado.* [Tesis de Maestro en Derecho Constitucional. Facultad de Derecho, Universidad de San Martín de Porres. Lima – Perú]. 120 p. Recuperado de:

- https://repositorio.usmp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12727/6981/c%C3%A1rdenas_vrf.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Herz, R. (2000). Litigating environmental abuses under the Alien Tort Claims Act: a practical assessment. *Virginia Journal of International Law*. 40, 545.
- INAPMAS, Instituto Nacional de Protección del Medio Ambiente para la Salud. (1995). Compendio de Legislación Ambiental Peruana. Tomo I. Agencia para el Desarrollo Internacional. Lima – Perú. 136 p.
- ISAT, Instituto Salud y Trabajo, 2000, Evaluación de niveles de plomo y factores de exposición en gestantes y niños menores de 3 años de la ciudad de La Oroya, Lima: Consorcio UNES.
- Kirschbaum, A., Murray J., Arnosio M., Tonda R. & Cacciabue L. (2012). Pasivos ambientales mineros en el noroeste de Argentina: aspectos mineralógicos, geoquímicos y consecuencias ambientales. *Rev. Mexicana de Ciencias Geológicas*. 29 (1), 248-264. Recuperado de: <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmcg/v29n1/v29n1a17.pdf>.
- Lebeau, T., Braud, A., & Jezequel, K. (2008). Performance of bioaugmentation - assisted phytoextraction applied to metal contaminated soils: a review. *Environ. Pollution*, 497 - 522.
- Ley N° 26821. Ley orgánica para el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales. Lima 25 de junio de 1997. 10 p.
- Ley N° 28545. Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental. Lima 4 de junio de 2004. 14 p.
- Ley N° 28611. Ley General del Ambiente. Normas Legales del Diario Oficial El Peruano. Lima sábado 15 de octubre de 2005. 20 p.
- Li, N. (2015). Concentration and transportation of heavy metals in vegetables and risk assessment of human exposure to bioaccessible heavy metals in soil near a waste-incinerator site, South China. *Science of the Total Environment*, 521-522, 44–151. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.03.081>.
- López, F. (2000). *Impacto ambiental de la minería en el desarrollo rural de las comunidades afectadas en el Perú*. Seminario Internacional. Bogotá – Colombia.
- Manoguerra, A., Erdman, A., Booze L., Christianson, G., Wax, P., Scharman, J., et al. (2005). Iron ingestion: an evidence-based consensus guideline for out-of-hospital management. *Clin Toxicol*. 43 (6), 553-570.

- Marruecos, L., Nogué, S. & Nolla, J. (1993). Toxicología clínica. Barcelona. Springer-Verlag Ibérica.
- Martorell, J. (2010). *Biodisponibilidad de metales pesados en dos ecosistemas acuáticos de la costa Suratlántica andaluza afectados por Contaminación difusa*. [Tesis Doctoral Universidad de Cádiz].
- Medina, K., & Montano, Y. (2014). *Determinación del factor de bioconcentración y traslocación de metales pesados en el Juncus arcticus Willd. y Cortaderia rudiusscula Stapf, de áreas contaminadas con el pasivo ambiental minero Alianza – Ancash 2013*. [Tesis de Ing. Ambiental, Facultad de Ciencias del Ambiente, Universidad Nacional “Santiago Antúnez de Mayolo”. Huaraz – Ancash]. 149 p.
- Medina, K., & Montano, Y. (2014). *Determinación del factor de bioconcentración y traslocación de metales pesados en el Juncus arcticus Willd. y Cortaderia rudiusscula Stapf, de áreas contaminadas con el pasivo ambiental minero Alianza – Ancash 2013*. [Tesis de Ing. Ambiental. Facultad de Ciencias del Ambiente, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. Ancash – Perú]. 149 p.
Recuperado de:
https://biorem.univie.ac.at/fileadmin/user_upload/p_biorem/education/research/publications/Theses/Proyecto_Medina_y_Montano_2014.pdf.
- Ministerio de Energía y Minas. (1993). Minería y medio ambiente. Lima - Perú: Instituto de Estudios Económicos Mineros - IDEM.
- Miranda, N. (2012). Tecnología de aguas y control de calidad. Puno – Perú. Texto Universitario. Facultad de Ingeniería Química, Universidad Nacional del Altiplano. Puno - Perú
- Muñoz, L., Olivera, P., Santillán, M., & Tamaríz, C. (2019). Microorganismos tolerantes a metales pesados del pasivo minero Santa Rosa, Jangas (Perú). *Rev. Peruana de Biología*. 26 (1), 109-118. Recuperado de:
<http://www.scielo.org.pe/pdf/rpb/v26n1/a13v26n1.pdf>.
- Nava, C., & Méndez, M. (2011). Efectos neurotóxicos de metales pesados (cadmio, plomo, arsénico y talio). *Archivos de Neurociencias*. 16 (3), 140 – 147.
- Navarro, J., Aguilar, J., & López, J. (2007). Aspectos bioquímicos y genéticos de la tolerancia y acumulación de metales pesados en plantas. *Rev. Ecosistemas*, 1 - 14.
- Observatorio Ambiental de la Unión Europea (2010). Concepto de Calidad Ambiental. Recuperado de: <http://www.observatorio-camaravalladolid.com/>.
- Odum, E. (1986). Ecología. México: Nueva Editorial Interamericana.

- Orellana, E. (2015). Riesgo ambiental por pasivo de relaves de la ex planta metalúrgica de Yauris, Huancayo. *Rev. Convicciones*. 26-35. Recuperado de: <https://revistas.uncp.edu.pe/index.php/convicciones/article/view/102>
- Osorio, J., & Correa, F. (2004). Valoración económica de costos ambientales: Marco conceptual y métodos de estimación. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=165013657006>.
- Pacco, D. (2018). *Determinación de metales pesados en leche y pelo de vacas de la cuenca del río Llallimayo Melgar – Puno*. [Tesis de Médico Veterinario y Zootecnista. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnica, Universidad Nacional del Altiplano. Puno – Perú]. 83 p. Recuperado de: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/9269>.
- Pacheco, K. (2019). *Determinación de los niveles de concentración de plomo en la sangre y problemas en la salud en el poblador del distrito de Chaupimarca, provincia y región Pasco, año 2018*. [Tesis de Ing. Ambiental. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. Cerro de Pasco – Perú]. 101 p. Recuperado de: http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/1000/1/T026_73669987_T.pdf.
- Padilla, J., Ramírez, E., Barra, R., & Barreto, J. (2009). Niveles de concentración de metales pesados en especies vegetales emergentes en el pasivo minero ambiental de Ticapampa, Catac, Huaraz, Perú. *Rev. de Investigación Aporte Santiaguino Ingeniería e Innovación*. 2 (1), 21-26. Recuperado de: http://revistas.unasam.edu.pe/index.php/Aporte_Santiaguino/article/view/372/344.
- Palacios, E. (2017). *Sistema de explotación minera en la ciudad de Cerro de Pasco y la vulneración del derecho a la salud en niños de 0 a 5 años*. [Tesis de Magíster en Derecho con mención en Derecho Constitucional y Derechos Humanos. Facultad de Derecho y Ciencia Política, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima – Perú]. 204 p. Recuperado de: https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/6756/Palacios_ce.pdf?sequence=2&isAllowed=y.
- Pandia, P. (2019). *Implementación del sistema de gestión de seguridad y salud ocupacional en el proyecto minero San Antonio y María basado en el D. S. N° 024-2016-EM y D. S. N° 023-2017-EM*. [Tesis de Magíster Scientiae en Ing. Química, mención Seguridad Industrial y Ambiental. Escuela de Posgrado, Universidad

- Nacional del Altiplano. Puno – Perú]. 132 p. Recuperado de:
<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/11953>.
- Pearce, D. (1990). *An Economic Approach to Saving the Tropical Forests*. University of Oxford and Oxford Economic Research Associates. Londres.
- Plan Estratégico de Ramsar para 2009 – 2015, adoptado por la Resolución X.1 (2008) y ajustado para el trienio 2013 – 2015 por la Resolución XI.3 (2012). Recuperado de:
<http://archive.ramsar.org/pdf/strat-plan-2009-s-adj.pdf>.
- Plan Estratégico para la Diversidad Biológica (2011-2020) y las metas de Aichi: “Viviendo en armonía con la naturaleza”. Recuperado de:
<http://www.cbd.int/doc/strategic-plan/2011-2020/Aichi-Targets-ES.pdf>.
- Puga S., Sosa, M., Lebgue, T., Quintana, C. & Campos, A. (2006). Contaminación por metales pesados en suelo provocada por la industria minera. *Rev. Ecología Aplicada*. 5 (1,2), 149 – 155.
- Pulla, M., Esparza, F. & Esparza, S. (2018): Costos en el impacto ambiental de la explotación y evaluación de recursos minerales. Una aproximación teórica, *Revista Caribeña de Ciencias Sociales* (febrero 2018). Recuperado de:
www.eumed.net/2/rev/caribe/2018/02/explotacion-recursos-minerales.html.
- Quispe, E. (2021). Remoción de sólidos suspendidos para mejorar la calidad de agua superficial en el sector Pampilla de la cuenca Azángaro, Ananea 2021. Tesis de Ing. Ambiental. Facultad de Ingeniería, Universidad Continental. Huancayo – Perú. Recuperado de:
https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/11356/1/IV_FIN_10_7_TE_Quispe_Quispe_2021.pdf.
- Ramírez, O. (2010). Problemática y estudio del ambiente. UNAD. Recuperado de:
http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358001/Material_didactico/identificacin_del_tema_ficha_tcnica.html.
- Ramírez, R. & Azcona, M. (2017). Efectos tóxicos del manganeso. *Rev. Esp. Méd. Quir.* 22, 71-5. Recuperado de: <https://www.medigraphic.com/pdfs/quirurgicas/rmq-2017/rmq172d.pdf>.
- Red Muqui. (2015). Los pasivos ambientales mineros: diagnósticos y propuestas. Centro de Cultura Popular Labor, Derechos Humanos y Medio Ambiente – Puno, Grufides. Lima – Perú. 66 p. Recuperado de: <https://muqui.org/wp-content/uploads/2019/11/pasivosambientales2015.pdf>.

- Resolución Jefatural N° 056-2018-ANA. Aprobación de la clasificación de los Cuerpos de Agua Continentales Superficiales. Normas Legales del Perú. Lima – Perú. 32 p.
- Resolución Ministerial N° 018-2012-MINAM. Directiva para fortalecer el desempeño de la gestión ambiental sectorial. Lima 27 de enero de 2012. 7 p.
- Resolución Ministerial N° 306-2020-EF/41. Aprobación de la Directiva N° 002-2020-EF/41.02 “Disposiciones y procedimiento para la gestión de dispositivos legales de carácter general que son tramitados en el Ministerio de Economía y Finanzas”. Lima, 28 de octubre de 2020. 5 p.
- Reyes, Y., Vergara, I., Torres, O., Díaz, M., & González, E. (2016). Contaminación por metales pesados: implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria. *Revista Ingeniería, Investigación y Desarrollo*. 16 (2), 66-77. https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ingenieria_sogamoso/article/view/5447
- Roberts, H., & Robinson, G. (2005). ISO 14001. Environmental Management System: Manual de Sistemas de Gestión Ambiental.
- Rodríguez, A., Pacheco, N., Cárdenas, J., Tovar, J., Martínez, V. & Acosta, I. (2017). Bioadsorción de cromo (VI) en solución acuosa por la Biomasa de amaranto (*Amaranthus caudatus*). *Avances en Ciencias e Ingeniería*. 8 (2), 11 – 20.
- Rodríguez, M. (2016). *La actividad minera de la empresa Doe Run Perú y los efectos en los impactos del derecho a la salud en la ciudad de la Oroya*. [Tesis de Abogada. Facultad de Derecho, Universidad César Vallejo. Lima – Perú]. Recuperado de: [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/2029/Rodr% c3% adguez_MMR.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/2029/Rodr%c3%adguez_MMR.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
- Romero, A., Flores, S., & Medina, R. (2008). Estudio de metales pesados en el relave abandonado de Ticapampa. *Revista del Instituto de Investigaciones FIGMMG*. Vol. 11 (22), 13-16. Recuperado de: <https://app.ingemmet.gob.pe/biblioteca/pdf/RFIGMMG-22-1.pdf>.
- Ruíz, E., & Armienta, M. (2012). Acumulación de arsénico y metales pesados en maíz en suelos cercanos a jales o residuos mineros. *Rev. Int. Contam. Ambie.* 28 (2), 103 – 117.
- Russi, D., & Martínez, J. (2002). Los pasivos ambientales. Iconos. *Revista de Ciencias Sociales*. N° 15: 123-131. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=50901513>.
- Saad, I., Castillo, J., & Rebolledo, D. (2009). Fitorremediación: estudio de inteligencia tecnológica competitiva. México: Universidad Nacional Autónoma de México.

- Sáenz, L. (2019). *Presencia de metales pesados en la leche de consumo humano en el Valle de Cajamarca*. [Tesis de Doctor en Ciencias. Escuela de Posgrado, Universidad Nacional de Cajamarca. Perú]. 106 p. Recuperado de: <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/3377/PRESENCIA%20DE%20METALES%20PESADOS%20EN%20LA%20LECHE%20DE%20CONSUMO%20HUMANO%20EN%20EL%20VALLE%20DE%20CAJAMARCA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Salas, D., Hermoza, M., & Salas, D. (2020). Distribución de metales pesados y metaloides en aguas superficiales y sedimentos del río Crucero, Perú. *Revista Boliviana de Química*. 37 (4), 185-193. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/journal/4263/426365221001/html/>.
- Sánchez, C. (2010). Perfil sociodemográfico y epidemiológico de la población expuesta a la contaminación por mercurio, plomo y cadmio, ubicada en la vereda Manuel Sur del municipio de Ricaurte y los barrios Brisas del Bogotá y La Victoria del municipio de Girardot. *Investig. Enferm.* 12 (2), 93–116.
- Sande, P. (2002). *Estudio del contenido en fósforo y sólidos en suspensión de aguas superficiales en pequeñas cuencas*. [Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. Universidad de A Coruña]. 148 p.
- Shah, K., & Nongkynrih, J. (2007). Metal hyperaccumulation and bioremediation. *Biología Plantarum*, 648 - 634.
- Smedley, L., & Kinniburgh, G. (2002). A review of the source, behaviour and distribution of arsenic in natural waters. *Applied Geochemistry*. 17 (5), 517–568. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0883-2927\(02\)00018-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0883-2927(02)00018-5).
- Solís F., Sahagún, J., Villanueva, C., Colinas, M., & García, M. (2012). Distribución de biomasa y acumulación de plomo en calabacita (*Cucurbita pepo* L.) cultivada en suelo contaminado. *Revista Chapingo Serie Horticultura*. 18 (2), 197–205.
- SPDA, Sociedad Peruana de Derecho Ambiental. (2009). Manual de Capacitación: “Manual explicativo de tus derechos y deberes ambientales”. Editorial Lerma Gómez E.I.R.L. Lima – Perú. 33 p. Recuperado de: <https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/sinia/archivos/public/docs/331.pdf>
- Tejeda L., Tejeda, C., Marimón, W., & Villabona, A. (2014). Estudio de modificación química y física de biomasa (*Citrus sinensis* y *Musa paradisiaca*) para la adsorción de metales pesados en solución. *Revista Luna Azul*. 39, 124 – 142.

- Tenenbein, M., Littman, C. & Stimpson, R. (1990). Gastrointestinal pathology in adult iron overdose. *J Toxicol Clin Toxicol.* 28 (3), 311-320.
- Torres, O. (2017). *Determinación de aspectos y riesgos ambientales generados por una empresa extractora de mineral U. E. A. Exploraciones Andinas S. A. C. Puquio, Lucanas, Ayacucho.* [Tesis de Ing. Ambiental. Facultad de Ingeniería de Procesos, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Arequipa – Perú]. 145 p. Recuperado de: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/5967/AMtoroo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Torrigo, C. (2008). *Daño ambiental como causal para la extinción de la concesión minera. Tesis de Licenciatura en Derecho.* [Facultad de Derecho y Ciencias Políticas, Universidad Mayor de San Andrés. La Paz – Bolivia]. 251 p. Recuperado de: <https://repositorio.umsa.bo/xmlui/bitstream/handle/123456789/13255/T3477.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- UICN. (2022). Integrar las metas de biodiversidad de Aichi en los objetivos de desarrollo sostenible. Serie Notas de Política: Objetivos de Desarrollo Sostenible – 1. Recuperado de: https://www.iucn.org/sites/dev/files/import/downloads/aichi_targets_brief_spanish.pdf.
- Ulloa, K. (2019). *La minería ilegal y la vulneración de los derechos de la naturaleza.* [Tesis de Abogada. Facultad de Jurisprudencia y Ciencias Sociales, Universidad Técnica de Ambato. Ecuador]. 65 p. Recuperado de: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/30494/1/FJCS-DE-1115.pdf>.
- Valdés, F. (1999). La contaminación por metales pesados en Torreón, Coahuila, México. Texas Center for Policy Studies, Primera ed. Recuperado de: <http://www.texascenter.org/publications/torreon.pdf>.
- Valencia, J., Rodríguez, J., Arias, J. & Castaño, J. (2017). Valoración de los servicios ecosistémicos de investigación y educación como insumo para la toma de decisiones desde la perspectiva de la gestión del riesgo y el cambio climático. *Revista Luna Azul.* Julio - Diciembre. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=321753629003>.
- Valles, E. (2012). *Identificación de sitios contaminados: concentración de metales y metaloides en el poblado de Santa Bárbara, Chihuahua.* [Tesis de Maestro en

- Ciencia y Tecnología Ambiental. División de Estudios de Posgrado, Centro de Investigación en Materiales Avanzados. Chihuahua – México]. 72 p. Recuperado de:
- <https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/828/1/Eliseo%20Valles%20Espinoza%20Maestr%C3%ADa%20en%20ciencia%20y%20tecnolog%C3%ADa%20ambiental.pdf>.
- Velásquez, M. (2017). *Metales en suelos explotados por la pequeña minería aurífera aluvial en Madre de Dios, Perú*. [Tesis de Magíster Scientiae en Suelos. Maestría en suelos, Escuela de Posgrado, Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima – Perú]. 150 p.
- Vernon, D., Banner, W. & Dean, J. (1989). Hemodynamic effects of experimental iron poisoning. *Ann Emerg Med.* 18 (8), 863-866.
- Vullo, D. (2003). Microorganismos y metales pesados: una interacción en beneficio del medio ambiente. *Rev. Química Viva*, 93 - 104.
- Waisberg, M., Joseph, P., Hale, B., & Beyersmann, D. (2013). Molecular and celular mechanisms of cadmium carcinogenesis. *Toxicology.* 3 (4), 95 – 117.
- Wong, B., & Bernardo, A. (2018). Estimaciones de pasivos ambientales para acrecentar la contabilidad tridimensional y la sostenibilidad integral en las empresas mineras. *Revista de Investigación Valdizana*, ISSN: 1995-445X. Versión Digital. <https://doi.org/10.33554/riv.12.4.155>.
- Zapata, J. (2019). *Contenido de metales pesados en vegetación alrededor de una mina cerrada en la región Piura*. [Tesis de Ingeniero Industrial y de Sistemas. Facultad de Ingeniería, Universidad de Piura. Piura – Perú]. 92 p. Recuperado de: https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/4052/ING_627.pdf.



ANEXOS

Anexo 1. Informes de ensayos realizados a las muestras de agua en la empresa de análisis Laboratorios Analíticos del Sur de Arequipa.



Laboratorios Analíticos del Sur

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
LA DIRECCIÓN DE ACREDITACIÓN DEL
INACAL CON REGISTRO N° LE-050**



INACAL
DA - Perú
Laboratorio de Ensayos
Acreditado
Registro N° LE - 050

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-20-00165
Fecha de emisión: 12/10/2020

Página 1 de 4

Señores : PROYECTO ROCK SOLID
Dirección : JR. RAMON CASTILLA S/N, DISTRITO DE ANANEA, PROVINCIA. SAN ANTONIO DE PUTINA, DEPARTAMENTO DE PUNO
Atención : ABG. JAVIER APAZA BENAVENTE
Proyecto : PROYECTO ROCK SOLID

PROTOCOLO DE MUESTREO
Muestreo realizado por : Cliente : ABG. JAVIER APAZA BENAVENTE
Registro de muestreo : 101-20
Fecha de recepción : 30/09/2020
Fecha de ensayo : 30/09/2020
Procedimiento Aplicado : Muestreo por el cliente
Nro de muestras : 1

Cod. Interno L.A.S.	(c) Nombre de muestra	(c) Matriz de la muestra	(c) Zona, Urb, AAHH/Dist/Prov/Depart.	(c) Punto de muestreo y/o coordenadas	(c) Fecha de inicio de muestreo	(c) Hora de inicio de muestreo
AG20000482	RIACHUELO ANANEA SALIDA DEL PROYECTO SAN ANTONIO Y MARIA	Agua Residual - Agua Residual Industrial	ANANEA / SAN ANTONIO DE PUTINA / PUNO	N:8377629 E:442683	29/09/2020	13:35

(c) - datos proporcionados por el cliente. El laboratorio no se responsabiliza técnica ni legalmente por esta información.

Condiciones de recepción de la muestra
Cooler refrigerado

Observacion
-


Laboratorios Analíticos del Sur E.L.R.L.
Omar A. Juárez Soto
Gerente de Operaciones
M. Sc. In (Química Analítica) CIP 114428

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.
* <Valor numérico> = Límite de detección del método, * <Valor Numérico> = Límite de cuantificación del método.
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. Los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada.
Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento anula.

Parque Industrial Rio Seco C - 1 Cerro Colorado - Arequipa - Perú
Teléfono (054) 443294 Fax (054) 444582 www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

N° 12331



Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
LA DIRECCIÓN DE ACREDITACIÓN DEL
INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Registro N° LE - 050

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-20-00165

Fecha de emisión: 12/10/2020

Página 2 de 4

RESULTADOS DE ENSAYO FISICO QUIMICO

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	796		800		802									
		As	Hg	Ag	Al	B	Ba	Be	Ca	Cd	Co	Cr			
		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	
AG20000482	RIACHUELO ANAÑEA SALIDA DEL PROYECTO SAN ANTONIO Y MARIA	0,1189	≤0,00041	≤0,0024	17,0	≤0,0053	0,08868	0,001243	10,4	0,00023	0,012758	0,01558			

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	802											
		Cu	Fe	K	Li	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	P	Pb	Sb
		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
AG20000482	RIACHUELO ANAÑEA SALIDA DEL PROYECTO SAN ANTONIO Y MARIA	0,0181	22,9	4,93	0,04963	10,14	0,44417	≤0,00038	4,64	0,01851	0,3728	0,0269	0,00301

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	802							808		846	
		Se	SiO ₂	Sn	Sr	Ti	Tl	V	Zn	pH	T	SST
		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	Unidad de pH	°C	mg/L
AG20000482	RIACHUELO ANAÑEA SALIDA DEL PROYECTO SAN ANTONIO Y MARIA	≤0,002	26,23	≤0,00085	0,0925	0,25306	≤0,0013	0,02374	0,0996	7,50	19,1	758

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Omar A. Juárez Soto
Gerente de Operaciones
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

"Los ensayos acreditados del presente informe/certificado al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento mutuo de los miembros firmantes de IAAC e iLAC"

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

"<Valor numérico" = Límite de detección del método, "<Valor Numérico" = Límite de cuantificación del método.

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. Los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada.

Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Parque Industrial Río Seco C - 1 Cerro Colorado - Arequipa - Perú
Teléfono (054) 443294 Fax (054) 444582 www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

Nº 12332



Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
LA DIRECCIÓN DE ACREDITACIÓN DEL
INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Registro N° LE - 050

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-20-00165

Fecha de emisión: 12/10/2020

Página 3 de 4

RESULTADOS DE ENSAYO MICROBIOLÓGICOS

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	872
		Coliformes Fecal NMP/100 mL
AG20000482	RIACHUELO ANANEA SALIDA DEL PROYECTO SAN ANTONIO Y MARIA	140

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
José A. Ortiz Condori
Microbiología
Biólogo C.B.P. 13052

"Los ensayos acreditados del presente informe/certificado al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"

(* Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

*<Valor numérico> = Límite de detección del método, *<Valor Numérico> = Límite de cuantificación del método.

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. Los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada.

Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Parque Industrial Río Seco C - 1 Cerro Colorado - Arequipa - Perú
Teléfono (054) 443294 Fax (054) 444582 www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

N° 12333



Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
LA DIRECCIÓN DE ACREDITACIÓN DEL
INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Registro N° LE - 050

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-20-00165

Fecha de emisión: 12/10/2020

Página 4 de 4

MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS

Código	Título	Rango
796	EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. Arsénico (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[^a 0.0012 - 50] mg/L
800	EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. Mercurio (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[^a 0.00041 - 250] mg/L
802	EPA 200.7 Determinación de metales Totales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[- 2.5] mg/L
808	Determinación de pH en aguas SMEWW. 22 th Ed.4500-H pH Part.B. Electrometric Method. (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[- 14] Unidad de pH
346	Sólidos Suspendidos Totales en aguas SMEWW. 23rd Ed. Item 2540-Solids D. Total Suspended Solids Dried at 103 - 105 °C (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[^a 7.6 - 200000] mg/L
872	Numeración de Coliformes Fecales (NMP). SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part-9221 E-1, 23rd Ed. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group . Fecal Coliform Procedures(EC Medium) (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[^a 1.8 -] NMP/100 mL

^a : Límite detección

^b : Límite de cuantificación

----- Fin del informe -----

Omar A. Juárez Soto
Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Omar A. Juárez Soto
Gerente de Operaciones
M. Sc. Ingeniero Ambiental CIP 114426

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

^a<Valor numérico> = Límite de detección del método, ^b<Valor Numérico> = Límite de cuantificación del método.

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. Los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada.

Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Parque Industrial Río Seco C - 1 Cerro Colorado - Arequipa - Perú
Teléfono (054) 443294 Fax (054) 444582 www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

N° 12334



Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
LA DIRECCIÓN DE ACREDITACIÓN DEL
INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Registro N° LE - 050

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-20-00166

Fecha de emisión: 12/10/2020

Página 1 de 4

Señores : PROYECTO ROCK SOLID
Dirección : JR. RAMON CASTILLA S/N, DISTRITO DE ANANEA, PROVINCIA. SAN ANTONIO DE PUTINA, DEPARTAMENTO DE PUNO
Atención : ABG. JAVIER APAZA BENAVENTE
Proyecto : PROYECTO ROCK SOLID

PROTOCOLO DE MUESTREO

Muestreo realizado por : Cliente : ABG. JAVIER APAZA BENAVENTE
Registro de muestreo : 101-20
Procedimiento Aplicado : Muestreado por el cliente

Fecha de recepción : 30/09/2020
Fecha de ensayo : 30/09/2020
Nro de muestras : 1

Cod. Interno L.A.S	(c) Nombre de muestra	(c) Matriz de la muestra	(c) Zona, Urb, AAHH/Dist/Prov/Depart.	(c) Punto de muestreo y/o coordenadas	(c) Fecha de inicio de muestreo	(c) Hora de inicio de muestreo
AG20000483	RIACHUELO ANANEA INGRESO DEL PROYECTO SAN ANTONIO Y MARIA	Agua Residual - Agua Residual Industrial	ANANEA / SAN ANTONIO DE PUTINA / PUNO	N:8376276 E:445042	29/09/2020	14:00

(c) : datos proporcionados por el cliente. El laboratorio no se responsabiliza técnica ni legalmente por esta información.

Condiciones de recepción de la muestra

Cooler refrigerado

Observación

-

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Omar A. Juárez Soto
Gerente de Operaciones
M. G. Inscrito N° 114426

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

*<Valor numérico> = Limite de detección del método, *<Valor Numérico> = Limite de cuantificación del método.

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. Los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada.

Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Parque Industrial Río Seco C - 1 Cerro Colorado - Arequipa - Perú
Teléfono (054) 443294 Fax (054) 444582 www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

N° 12327



Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
LA DIRECCIÓN DE ACREDITACIÓN DEL
INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Registro N° LE - 050

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-20-00166

Fecha de emisión: 12/10/2020

Página 2 de 4

RESULTADOS DE ENSAYO FISICO QUIMICO

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	796	800	802								
		As	Hg	Ag	Al	B	Ba	Be	Ca	Cd	Co	Cr
		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
AG20000483	RIACHUELO ANAÑEA INGRESO DEL PROYECTO SAN ANTONIO Y MARIA	0,1292	<0,00041	<0,0024	22,0	<0,0053	0,12581	0,001668	7,84	0,00031	0,017244	0,01933

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	802											
		Cu	Fe	K	Li	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	P	Pb	Sb
		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
AG20000483	RIACHUELO ANAÑEA INGRESO DEL PROYECTO SAN ANTONIO Y MARIA	0,0231	32,7	5,40	0,05953	10,08	0,58435	<0,00038	4,44	0,02330	0,4390	0,0380	0,00303

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	802								808		846
		Se	SiO2	Sn	Sr	Ti	Tl	V	Zn	pH	T	SST
		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	Unidad de pH	°C	mg/L
AG20000483	RIACHUELO ANAÑEA INGRESO DEL PROYECTO SAN ANTONIO Y MARIA	<0,002	32,67	<0,00085	0,0783	0,29980	<0,0013	0,03075	0,1328	7,30	19,0	517

(Handwritten signature)
Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Omar A. Juárez Soto
Gerente de Operaciones
M. 33. Reg. N° 114426

"Los ensayos acreditados del presente informe/certificado al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

*<Valor numérico> = Límite de detección del método, *<Valor Numérico> = Límite de cuantificación del método.

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. Los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada.

Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Parque Industrial Río Seco C - 1 Cerro Colorado - Arequipa - Perú
Teléfono (054) 443294 Fax (054) 444582 www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

N° 12328



Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
LA DIRECCIÓN DE ACREDITACIÓN DEL
INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Registro N° LE - 050

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-20-00166

Fecha de emisión: 12/10/2020

Página 3 de 4

RESULTADOS DE ENSAYO MICROBIOLÓGICOS

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	872
		Coliformes Fecal NMP/100 mL
AG20000483	RIACHUELO ANANEA INGRESO DEL PROYECTO SAN ANTONIO Y MARIA	540

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
José A. Ortiz Condori
Microbiología
Biólogo C.B.P. 13052

"Los ensayos acreditados del presente informe/certificado al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

*<Valor numérico> = Límite de detección del método, *<Valor Numérico> = Límite de cuantificación del método.

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. Los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada.

Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Parque Industrial Río Seco C - 1 Cerro Colorado - Arequipa - Perú
Teléfono (054) 443294 Fax (054) 444582 www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

N° 12329



Laboratorios Analíticos del Sur

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
LA DIRECCIÓN DE ACREDITACIÓN DEL
INACAL CON REGISTRO N° LE-050



Registro N° LE - 050

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-AC-20-00166

Fecha de emisión: 12/10/2020

Página 4 de 4

MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS

Código	Título	Rango
796	EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. Arsénico (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[^b 0.0012 - 50] mg/L
800	EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. Mercurio (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[^b 0.00041 - 250] mg/L
802	EPA 200.7 Determinación de metales Totales y elementos traza en agua y aguas residuales por ICP -OES, Revisión 4.4. (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[- 2.5] mg/L
808	Determinación de pH en aguas SMEWW. 22 th Ed 4500-H pH Part B. Electrometric Method. (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[- 14] Unidad de pH
846	Sólidos Suspendidos Totales en aguas SMEWW. 23rd Ed. Item 2540-Solids D. Total Suspended Solids Dried at 103 - 105 °C (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[^b 7.6 - 200000] mg/L
872	Numeración de Coliformes Fecales (NMP); SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part-9221 E-1, 23rd Ed. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group , Fecal Coliform Procedures(EC Medium) (MÉTODO DE ENSAYO ACREDITADO)	[^b 1.6 -] NMP/100 mL

^a : Límite de detección ^b : Límite de cuantificación

----- Fin del informe -----

(Firma)
Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.
Omar A. Juárez Soto
Gerente de Operaciones
M. Sc. Ingeniería Química CIP 114426

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

^a<Valor numérico> = Límite de detección del método, ^b<Valor Numérico> = Límite de cuantificación del método.

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. Los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada.

Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Parque Industrial Rio Seco C - 1 Cerro Colorado - Arequipa - Perú
Teléfono (054) 443294 Fax (054) 444582 www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

N° 12330

Anexo 2. Tabla de normas ambientales

Tabla 6

Normas ambientales vulneradas por la presencia de los pasivos ambientales en el distrito de Ananea – Puno.

Norma legal	Título de la norma legal
Decreto Supremo N° 004-2015-MINAM	Estrategia Nacional de Humedales
Resolución Ministerial N° 409-2014-MINAM	Guía de Valoración Económica del Patrimonio Natural
Decreto Supremo N° 009-2014-MINAM	Estrategia Nacional de Diversidad Biológica al 2021 y su Plan de Acción 2014-2018
Resolución Ministerial N° 018-2012-MINAM	Directiva para fortalecer el desempeño de la gestión ambiental sectorial
Decreto Supremo N° 012-2009-MINAM	Política Nacional del Ambiente
Ley N° 28611	Ley General del Ambiente
Ley N° 28090	Ley que regula el Cierre de Minas.
Ley N° 28271	Ley que regula los pasivos ambientales de la actividad minera.
Ley N° 29338	Ley de Recursos Hídricos.
Código Penal del Perú	Delitos de contaminación.



Universidad Nacional
del Altiplano Puno



Vicerrectorado
de Investigación



Repositorio
Institucional

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo **JAVIER APAZA BENAVENTE**, identificado con DNI N° 40376528, en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado.

MAESTRIA EN ECOLOGÍA CON MENCIÓN EN ECOLOGÍA Y GESTIÓN AMBIENTAL

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

“CUANTIFICACIÓN DE METALES PESADOS Y FACTORES FÍSICOS DEL RIACHUELO ANANEA Y NORMAS LEGALES VULNERADAS POR LOS PASIVOS AMBIENTALES, DISTRITO DE ANANEA - PUNO”

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 14 de noviembre del 2023

FIRMA (obligatoria)



Huella



Universidad Nacional
del Altiplano Puno



VRI
Vicerrectorado
de Investigación



Repositorio
Institucional

AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo **JAVIER APAZA BENAVENTE**, identificado con DNI N° 40376528 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado.

MAESTRIA EN ECOLOGÍA CON MENCIÓN EN ECOLOGÍA Y GESTIÓN AMBIENTAL

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

CUANTIFICACIÓN DE METALES PESADOS Y FACTORES FÍSICOS DEL RIACHUELO ANANEA Y NORMAS LEGALES VULNERADAS POR LOS PASIVOS AMBIENTALES, DISTRITO DE ANANEA – PUNO.

para la obtención de Grado, Título Profesional o Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los “Contenidos”) que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 14 de noviembre del 2023

FIRMA (obligatoria)



Huella