



UNIVERSIDAD ANDINA
NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL



**NIVELES DE CONTAMINACIÓN AMBIENTAL POR MERCURIO
EN EL PROCESO DE OBTENCIÓN DEL ORO
ANTAHUILA RINCONADA ANANEA**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. GAYDI MAGALI CCALLO VILCA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL

JULIACA – PERÚ

2024



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

**NIVELES DE CONTAMINACIÓN AMBIENTAL POR MERCURIO
EN EL PROCESO DE OBTENCIÓN DEL ORO
ANTAHUILA RINCONADA ANANEA**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. GAYDI MAGALI CCALLO VILCA

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL**

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE


: _____
Dr. EFRAÍN PARILLO SOSA

PRIMER MIEMBRO


: _____
Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

SEGUNDO MIEMBRO


: _____
M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

ASESOR DE TESIS


: _____
Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN : CONTAMINACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL – P22



"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 1561-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 25 de noviembre del 2024

VISTO: El expediente N° 2024- 17177 presentado por el (la) Bachiller: **GAYDI MAGALI CCALLO VILCA** estudiante de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN**.

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bach. **GAYDI MAGALI CCALLO VILCA**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulado: **NIVELES DE CONTAMINACIÓN AMBIENTAL POR MERCURIO EN EL PROCESO DE OBTENCIÓN DEL ORO ANTAHUILA RINCONADA ANANEA**, la misma que pertenece a la línea de investigación **CONTAMINACION Y CALIDAD AMBIENTAL** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en concordancia con el dictamen de similitud.

De conformidad al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 24, Art. 28 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, la **NOMINACIÓN DE JURADOS** integrado por los siguientes docentes:

- * **Presidente** : Dr. EFRAIN PARILLO SOSA
- * **1er Miembro** : Mgr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES
- * **2do Miembro** : M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

ARTICULO SEGUNDO. - **RECONOCER** como asesor de la propuesta de investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, **Mgr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS**.

ARTICULO TERCERO. - **APROBAR**, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de el (la) bachiller: **GAYDI MAGALI CCALLO VILCA**; del informe final de la investigación (tesis) titulado: **NIVELES DE CONTAMINACIÓN AMBIENTAL POR MERCURIO EN EL PROCESO DE OBTENCIÓN DEL ORO ANTAHUILA RINCONADA ANANEA** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental**. de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : Martes 03 de diciembre del 2024
- * **HORA** : 8:00 a.m.
- * **LUGAR** : Aula 306 - Pabellón de Hidraulica

ARTÍCULO CUARTO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. Efraín Parillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo
interesado (a)



RESOLUCIÓN DECANAL N° 967-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 11 de setiembre del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU - 10623 por el señor (a): **GAYDI MAGALI CCALLO VILCA** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el PROVEIDO – N° 929- 2024-UI-FICP-UANCV/J, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACION (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 053 - 2024 del integrante del comité de investigación **EPISA** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **GAYDI MAGALI CCALLO VILCA**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulado: **NIVELES DE CONTAMINACIÓN AMBIENTAL POR MERCURIO EN EL PROCESO DE OBTENCIÓN DEL ORO ANTAHUILA RINCONADA ANANEA**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Mgr. Franz Joseph Barahona Perales** de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión del informe final de la investigación (borrador de tesis) formato N° 053 - 2024 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **NIVELES DE CONTAMINACIÓN AMBIENTAL POR MERCURIO EN EL PROCESO DE OBTENCIÓN DEL ORO ANTAHUILA RINCONADA ANANEA**, Correspondiente a la línea de investigación **CONTAMINACION Y CALIDAD AMBIENTAL**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducentes a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y estando a la opinión favorable del comité de investigación respecto al informe final de la investigación (borrador de tesis).

Estando, con la opinión favorable del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 27 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, el **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para la **REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN**, presentado por el señor (a): **GAYDI MAGALI CCALLO VILCA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental, con el Tema Titulado: **NIVELES DE CONTAMINACIÓN AMBIENTAL POR MERCURIO EN EL PROCESO DE OBTENCIÓN DEL ORO ANTAHUILA RINCONADA ANANEA** correspondiente a la línea de investigación **CONTAMINACION Y CALIDAD AMBIENTAL**, en virtud a los considerandos expuestos.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RATIFICAR como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a) **Mgr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS**.

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

.....
E. MILTON QUISEP HUANCA
DECANO
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

.....
Dr. Eirain Parillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo
interesado (a)

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 671-2024-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 19 de julio del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU- 07981, presentado el señor (a) **GAYDI MAGALI CCALLO VILCA** solicitando **APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** el **PROVEIDO - N° 650 -2024-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** formato N° 75 -2024 del integrante del comité de investigación **EPISA** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **GAYDI MAGALI CCALLO VILCA** ha presentado su propuesta de investigación Titulado: **NIVELES DE CONTAMINACIÓN AMBIENTAL POR MERCURIO EN EL PROCESO DE OBTENCIÓN DEL ORO ANTAHUILA RINCONADA ANANEA**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Mgtr. Franz Joseph Barahona Perales** de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión de la propuesta de investigación formato N° 75 -2024- aprobando la propuesta de investigación titulado: **NIVELES DE CONTAMINACIÓN AMBIENTAL POR MERCURIO EN EL PROCESO DE OBTENCIÓN DEL ORO ANTAHUILA RINCONADA ANANEA**.

Que, es requisito indispensable contar con un asesor docente ordinario y/o contratado de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras con un mínimo de cinco años de docencia, grado de doctor o magister y experiencia en la línea a investigar, o deberá estar acreditado por Resolución 0989-2022-UANCV-CU-R, quien asumirá como asesor de la propuesta de investigación, según el área o grado.

Estando, con la opinión favorable de la propuesta de investigación del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 25 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN**, presentado por el señor (a): **GAYDI MAGALI CCALLO VILCA**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental**, con el Tema Titulado: **NIVELES DE CONTAMINACIÓN AMBIENTAL POR MERCURIO EN EL PROCESO DE OBTENCIÓN DEL ORO ANTAHUILA RINCONADA ANANEA** correspondiente a la línea de investigación **CONTAMINACION Y CALIDAD AMBIENTAL**.

La misma que deberá proceder con la ejecución de la propuesta de Investigación aprobado de acuerdo a lo establecido en el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** de al (a la) docente **Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS**.

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURASDr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
C.I.P. 47790UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURASDr. Elfran Pujillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓNcc.
Archivo 2024
Interesado (a)



NIVELES DE CONTAMINACIÓN AMBIENTAL POR MERCURIO EN EL PROCESO DE OBTENCIÓN DEL ORO ANTAHUILA RINCONADA ANANEA

INFORME DE ORIGINALIDAD

24%

INDICE DE SIMILITUD

6%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

22%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	22%
2	repositorio.uancv.edu.pe Fuente de Internet	<1%
3	repository.javeriana.edu.co Fuente de Internet	<1%
4	repositorio.unsaac.edu.pe Fuente de Internet	<1%
5	repositorio.ug.edu.ec Fuente de Internet	<1%
6	alicia.concytec.gob.pe Fuente de Internet	<1%
7	revistas.unicordoba.edu.co Fuente de Internet	<1%
8	es.slideshare.net Fuente de Internet	<1%

**Metadatos complementarios**

Título de la Tesis	
NIVELES DE CONTAMINACIÓN AMBIENTAL POR MERCURIO EN EL PROCESO DE OBTENCIÓN DEL ORO ANTAHUILA RINCONADA ANANEA	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	GAYDI MAGALI CCALLO VILCA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	70411151
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0003-8772-5222
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	02383061
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0008-8660-8733
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	EFRAIN PARILLO SOSA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02416058
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02442876
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	01323821



Datos de investigación	
Línea de investigación	Contaminación y Calidad Ambiental – P22
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento.
Ubicación geográfica de la investigación	<p>País: Perú Departamento: Puno Provincia: San Antonio de Putina Distrito: Ananea Antahuila Rinconada Ananea Coordenadas: Latitud: -14.6333096 Longitud: -69.4507736 URL Maps https://maps.app.goo.gl/onADnQS8RcoT44er7</p> 
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Agosto 2024 – Noviembre 2024
URL de disciplinas OCDE https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html Librería	<p>Ingeniería ambiental https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.07.00</p> <p>Ciencias del medio ambiente https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.05.08</p>



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

[Handwritten Signature]
Dr. Efraim Parillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo GAYDI MAGALI CCALLO VILCA, identificado con DNI Nro. 70411151, en mi condición de egresado de:

- [X] Escuela Profesional
[] Programa de Segunda Especialidad,
[] Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

informo que he elaborado el/la [X] Tesis o [] Trabajo de Investigación, [] Trabajo Académico denominada:

NIVELES DE CONTAMINACIÓN AMBIENTAL POR MERCURIO EN EL PROCESO DE OBTENCIÓN DEL ORO ANTAHUILA RINCONADA ANANEA

Asesorado por: Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS

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.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Juliaca 06 de DICIEMBRE del 2024

Firma del Asesor (obligatoria)

Firma del Estudiante (obligatoria)



Huella



DEDICATORIA

Mi principal dedicación por mi tesis es a Dios, que me ha dado la fuerza que necesito para hacerlo.

A mi madre Salome Vilca y a mi hermana Ruth Ccallo por todo su amor y motivarme seguir adelante, a mis abuelos que me inculcaron los valores y a toda la familia de mi querida madre, a mi padrino Carmelo Huayta y mi madrina Norma Mamani por la ayuda incondicional en esta fase de mi vida.

Y, por último, a quienes no me tenían en gran estima; su forma de pensar me dio impulso.



AGRADECIMIENTO

Ante todo, doy gracias a Dios por conducido hasta aquí por el sendero de la felicidad.

Mis agradecimientos a la UANCV, con especial énfasis a la EPISA y su distinguido grupo de Docentes.

Expreso mi sincero agradecimiento, al querido M.SC Jesús Esteban Castillo Machaca por la orientación y el apoyo que hicieron posibles la presente investigación.

Agradezco a mi amiga Tefa por el gran apoyo incondicional, su paciencia incansable y sus valiosos consejos.



ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA..... xii

AGRADECIMIENTO..... xiii

ÍNDICE DE CONTENIDO xiv

ÍNDICE DE TABLAS xvii

ÍNDICE DE FIGURAS xix

RESUMEN..... xx

ABSTRACT..... xxi

INTRODUCCIÓN xxii

CAPITULO I..... 1

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 1

 1.1. Análisis de la situación problemática. 1

 1.2. Planteamiento del problema. 2

 1.2.1. Problema general 2

 1.2.2. Problemas específicos 2

 1.3. Objetivos de la investigación..... 2

 1.3.1. Objetivo general 2

 1.3.2. Objetivos específicos..... 2

 1.4. Justificación de la investigación 3

 1.4.1. Justificación Practica 3

 1.4.2. Justificación social 4

 1.4.3. Justificación ambiental 4

 1.4.4. Justificación Económica 5

 1.5. Hipótesis de la investigación 5



1.6. Variables	5
1.6.1. Variable en estudio	5
1.7. Operacionalización de variables	6
CAPITULO II	7
MARCO TEORICO	7
2.1. Antecedentes de la investigación	7
2.1.1. Antecedentes internacionales	7
2.1.2. Antecedentes nacionales	9
2.1.3. Antecedentes regionales	11
2.2. Bases teóricas	13
2.2.1. Contaminación ambiental	13
2.2.2. Tipos de contaminación	13
2.2.3. Mercurio	16
2.2.4. Propiedades físico - químicas del mercurio	18
2.2.5. El mercurio y sus formas químicas	19
2.2.6. Usos del mercurio	21
2.2.7. Toxicidad del mercurio	22
2.2.8. Efectos en el ambiente	25
2.2.9. Minería artesanal e informal a pequeña escala	25
2.3. Marco conceptual	27
2.3.1. Contaminación ambiental	27
2.3.2. Mercurio	27



2.3.3. Ecosistema	27
CAPITULO III.....	28
METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION.....	28
3.1. Diseño de investigación	28
3.2. Tipo de investigación	28
3.3. Ubicación del punto de muestreo.....	29
3.4. Procedimiento metodológico.....	30
3.4.1. Objetivo1: Determinar la concentración de mercurio en el agua en zonas adyacentes en la disposición de los relaves mineros de la empresa Antahuila	30
3.4.2. Objetivo2: Determinar la concentración de mercurio en el suelo en zonas adyacentes en la disposición de los relaves mineros de la empresa Antahuila	33
3.4.3. Objetivo3: Proponer una forma para minimizar las concentraciones de mercurio en suelo y agua para la empresa minera Antahuila Rinconada Ananea.....	34
3.5. Materiales y equipos.....	35
3.6. Técnicas e instrumentos	36
3.7. Población y muestra.....	36
3.7.1. Población.....	36
3.7.2. Muestra	37
CAPITULO IV	38
RESULTADOS Y DISCUSION.....	38



4.1. Resultados 38

4.1.1. Determinar la concentración de mercurio en el agua en zonas adyacentes a la disposición de los relaves mineros de la empresa minera Antahuila 38

Determinar la concentración de mercurio en el agua en zonas adyacentes en la disposición de los relaves mineros de la empresa Antahuila>Error! Marcador no definido.

4.1.2. Concentración de mercurio en el suelo en zonas adyacentes a la disposición de los relaves mineros de la empresa Antahuila 42

4.1.3. Proponer una forma para minimizar las concentraciones de mercurio en suelo y agua para la empresa minera Antahuila Rinconada Ananea..... 47

4.3. Discusiones..... 51

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 52

CONCLUSIONES 52

RECOMENDACIONES 55

BIBLIOGRAFÍA..... 56

ANEXOS..... 59

ÍNDICE DE TABLAS



Tabla 1 Operacionalización de variables.....	6
Tabla 2 Propiedades químicas del Mercurio.....	19
Tabla 3 Coordenadas de sitios de muestreo	30
Tabla 4 Concentracion de mercurio en pozas a la disposición de los relaves mineros de la empresa Antahuila.....	38
Tabla 5 Concentracion de mercurio en el suelo en zonas adyacentes a la disposición de los relaves mineros de la empresa Antahuila	42



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 El Mercurio	17
Figura 2 Minería artesanal.....	26
Figura 3 Ubicación de punto de muestreo.....	29
Figura 4 Toma de muestra en poza de relave.....	32
Figura 5 Muestras enviadas a laboratorio	32
Figura 6 Concentración del mercurio en la poza de disposición de los relaves mineros de la empresa Antahuila – A1	39
Figura 7 Concentración del mercurio en la poza de disposición de los relaves mineros de la empresa Antahuila – A2	40
Figura 8 Concentración del mercurio en la poza de disposición de los relaves mineros de la empresa Antahuila – A3	40
Figura 9 Concentración del mercurio en la poza de disposición de los relaves mineros de la empresa Antahuila – A4	41
Figura 10 Concentración de mercurio en el suelo adyacente de los relaves mineros de la empresa Antahuila – S1	43
Figura 11 Concentración de mercurio en el suelo adyacente de los relaves mineros de la empresa Antahuila – S2	44
Figura 12 Concentración de mercurio en el suelo adyacente de los relaves mineros de la empresa Antahuila – S3	45
Figura 13 Concentración de mercurio en el suelo adyacente de los relaves mineros de la empresa Antahuila – S4	46



RESUMEN

El estudio se enfocó en el mercurio en zonas mineras, por ende, la tiene la finalidad de estimar el contenido de mercurio en el agua y suelo en las zonas adyacentes de la empresa minero Antahuila Lunar de Oro Puno; en lo metodológico esta investigación se aplicó un diseño no experimental longitudinal, con un enfoque cuantitativo, para la toma de muestras hidricas y suelo se efectuó en 04 puntos con 2 repeticiones, una vez tomadas las muestras, estas fueron analizadas en el laboratorio. En los resultados: el contenido de mercurio en agua de la empresa Antahuila en la muestra 1 se obtuvo el valor promedio de contenido de mercurio de 0.01315 mg/l, mientras que en la segunda muestra el valor promedio de contenido de mercurio de 0.01125 mg/l, en la muestra 3 (A3) se observa la concentración de valor promedio de contenido de mercurio de 0.0199 mg/l; en la muestra 4 (A4) se observa el contenido de mercurio el valor promedio de contenido de mercurio de 0.02135 mg/l; el contenido de mercurio en suelo de la empresa Antahuila en la muestra 1 se obtuvo el valor promedio del contenido de Hg de 78.35 mg/kg, mientras que en la segunda muestra el valor promedio de contenido de mercurio de 89 mg/kg, en la muestra 3 (A3) se observa el contenido de valor promedio de contenido de mercurio de 82.55 mg/kg; en la muestra 4 (A4) se observa el contenido de mercurio el valor promedio del contenido de mercurio de 101.65 mg/kg

Palabras claves: Mercurio, relave, minería informal



ABSTRACT

The study focused on mercury in mining areas, therefore, it has the purpose of estimating the mercury substance in water and soil in the adjacent areas of the mining company Antahuila Lunar de Oro Puno; methodologically this research used a longitudinal non-experimental sketch, with a quantitative procedure, for the collection of water and soil samples was carried out in 04 points with 2 repetitions, once the samples were taken, they were analyzed in the laboratory. In the results: the mercury substance in water of the Antahuila company in sample 1 was obtained the mean value of mercury substance of 0.01315 mg/l, while in the second sample the mean value of mercury substance of 0.01125 mg/l, in sample 3 (A3) is observed the concentration of mercury content average value of 0.0199 mg/l; in sample 4 (A4) is observed the mercury substance the average value of mercury content of 0.02135 mg/l; in sample 4 (A4) is observed the mercury content the average value of mercury content of 0.02135 mg/l; the mercury content of 0.02135 mg/l is observed. 02135 mg/l; the mercury content in soil of the Antahuila company in sample 1 the mean value of Hg substance of 78.35 mg/kg was obtained, while in the second sample the average value of mercury content of 89 mg/kg, in sample 3 (A3) the mean value of mercury substance of 82.55 mg/kg is observed; in sample 4 (A4) the mean value of mercury substance of 101.65 mg/kg is observed; in sample 4 (A4) the mean value of mercury substance of 101.65 mg/kg is observed.

Keywords: Mercury, tailings, informal mining



INTRODUCCIÓN

En la minería de oro a nivel mundial y en pequeñas cantidades se emplean en grandes cantidades de mercurio con el objetivo de procesar el mineral, esto normalmente se hace en condiciones de alta peligrosidad y poca seguridad para el ecosistema, la demanda de mercurio dentro de las zonas donde se realiza esta actividad continúa creciendo, en particular debido a la alta valorización del oro. Además, la utilización del mercurio es normalmente la forma predominante y preferida de extraer oro en esta zona, puesto que se considera bastante simple de utilizar y no es costoso.

Un gran porcentaje de las operaciones mineras son informales y el territorio en que se desarrollan corresponde a áreas naturales, lo cual puede traducirse en una amenaza a zonas verdes, cuerpos de agua y organismos vivos, así como el hombre, por el uso de mercurio (Hg) y prácticamente eso es lo que se da en la rinconada Ananea. No obstante, la situación puede representar un importante perjuicio de salubridad pública, poseyendo en cuenta que el uso desmedido del mercurio, constituye una de las primordiales fuentes de contaminación de ecosistemas y exposición de los individuos, debido a su empleo desmedido en la producción del oro.

Los cuatro capítulos que componen el marco de esta investigación son los siguientes:

En el primer capítulo se incluye la parte introductiva, la problemática, la hipótesis, la justificación y la explicación de los objetivos del estudio.

En el segundo capítulo se desarrollan las demostraciones sobre el tema, las fuentes y las teorías que justifican el empeño.



El tercer capítulo desarrolla el procedimiento aplicado en este estudio, conteniendo la naturaleza y estructura del estudio, los instrumentos y técnicas, la selección demográfica y de la muestra, y los procedimientos de recogida de información.

Los resultados recogidos y el análisis correspondiente se presentan en el cuarto capítulo. Le siguen las conclusiones y sugerencias, así como la presentación de anexos.



CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Análisis de la situación problemática.

La contaminación ambiental por mercurio es un perjuicio grave que afecta a muchas regiones del mundo, incluyendo la región de Puno, donde se encuentra la empresa Antahuila ubicada en la Rinconada Ananea. El Hg es un metal elevadamente tóxico y consigue tener graves repercusiones en la salubridad humana, fundamentalmente en el sistema nervioso.

Un gran porcentaje de las operaciones mineras son informales y el territorio en que se desarrollan corresponde a áreas naturales, lo cual puede traducirse en una amenaza a zonas verdes, cuerpos de agua y organismos vivos, así como el hombre, por el uso de mercurio (Hg) y prácticamente eso es lo que se da en la Rinconada Ananea sector Antahuila. No obstante, la situación puede representar un importante perjuicio de salubridad pública, poseyendo en cuenta que el uso desmedido del mercurio, constituye una de las primordiales fuentes de



contaminación de ecosistemas y exposición de los individuos, debido a su empleo desmedido en la producción del oro.

1.2. Planteamiento del problema.

1.2.1. Problema general

¿Cuál es el nivel de contaminación ambiental por mercurio en el proceso de obtención del oro Antahuila Rinconada Ananea?

1.2.2. Problemas específicos

1. ¿Cuál será la concentración de mercurio en el agua en zonas adyacentes en la disposición de los relaves mineros de la empresa Antahuila?
2. ¿Cuál será la concentración de mercurio en el suelo en zonas adyacentes en la disposición de los relaves mineros de la empresa Antahuila?
3. ¿Cuál será la propuesta ideal para minimizar las concentraciones de mercurio en el proceso de obtención del oro de la empresa Antahuila?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Determinar el nivel de contaminación ambiental por mercurio en el proceso de obtención del oro de la empresa minera Antahuila Rinconada Ananea.

1.3.2. Objetivos específicos

1. Hallar la concentración de mercurio en el agua en zonas aledañas a la empresa minera Antahuila Rinconada Ananea.



2. Hallar la concentración de mercurio en el suelo en zonas aledañas a la empresa minera Antahuila Rinconada Ananea.
3. Proponer una forma para minimizar las concentraciones de mercurio en suelo y agua para la empresa minera Antahuila Rinconada Ananea.

1.4. Justificación de la investigación

1.4.1. Justificación Practica

Para realizar el estudio acerca del nivel de contaminación del medio ambiente por mercurio en el procedimiento de extraer oro que tiene como empresa minera la empresa Antahuila Rinconada Ananea, Puno, se origina por la necesidad de solucionar un impedimento ambiental de gran proporción y de urgente solución en la zona.

La contaminación del ambiente ambiente con mercurio es una cuestión que preocupa a nivel mundial, ya que este metal con una alta toxicidad y que puede tener consecuencias mortales para las personas y el ecosistema. En la zona específica de Puno, donde se hace la linaje de oro a través de la fundicion, se ha observado que el mercurio tiene una alta concentración en el ecosistema, to representa un peligro para la salubridad de los habitantes del area y también para la diversidad de la biota. Este estudio tiene una importancia fundamental para solucionar un inconveniente importante de contaminación del medio ambiente en la zona de Puno, proponer soluciones factibles y prácticas que van a poder ayudar significativamente a preservar el ecosistema y la salubridad de los habitantes de la región.



1.4.2. Justificación social

La razón social que subyace a este estudio es la consideración de que, la contaminación por mercurio afecta de modo directa el bienestar de los empleados de la compañía y de los habitantes del lugar, lo que puede dar parte a trastornos graves y hasta fatales. Además, la existencia de mercurio en el medio ambiente es posible que tenga consecuencias devastadoras en la variedad de la zona, dañando los recursos de agua y tierra, y afectando a los animales y la vegetación del lugar. La utilización de procedimientos para acortar las acumulaciones de Hg en el ecosistema de la compañía minera Antahuila Rinconada Ananea no sólo va a acortar la contaminación del medio ambiente, sino que además probará el empeño de la compañía en la sustentabilidad y el cuidado del ecosistema en donde opera. Esto tendrá un efecto positivo en la percepción que el público en general tiene de la compañía.

1.4.3. Justificación ambiental

La explicación del medioambiente de este estudio esta en base en la trascendencia de evitar los efectos dañinos del mercurio sobre el suelo y el agua y también en la necesidad de promover las prácticas sustentables en la minería a fin de garantizar la perdurabilidad a largo plazo. En consecuencia, es fundamental realizar un análisis para determinar la contaminación del medio ambiente por mercurio en el territorio de influencia de la compañía y proponer soluciones para recolectar el mercurio. Esta idea no solo ayudará a preservar el medioambiente y la salud de los individuos, sino que además dará una imagen más positiva de la compañía y su predisposición hacia la preservación del medioambiente.



1.4.4. Justificación Económica

La causa del estudio económica del trabajo se basa en el requerimiento de atender el perjuicio de la contaminación del ecosistema por mercurio en la industria minera, además, la polución por mercurio puede generar conflictos con las comunidades de la zona y afectar la buena reputación de la compañía minera, esto puede llevarnos a pérdidas económicas importantes debido a las multas, las interrupciones de la vía, las sanciones y las peticiones legales. En esta línea, la propuesta de mitigar el contenido de Hg en el suelo y en el agua para la compañía minera Antahuila Rinconada Ananea, representa una ocasión para disminuir los efectos ambientales, preservar la salud de los empleados y la comunidad, y disminuir los costos asociados a la contaminación por mercurio.

1.5. Hipótesis de la investigación

Por la naturaleza que presenta el estudio, ésta no lleva hipótesis.

1.6. Variables

1.6.1. Variable en estudio

- Contaminación en suelo y agua por mercurio



1.7. Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de variables.

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADOR	UNIDAD DE MEDIDA	METODOLOGÍA
Variable en estudio Contaminación ambiental por mercurio	Niveles de Concentración de mercurio en el agua	Concentración de mercurio en el suelo	mg/kg	Diseño de investigación No Experimental longitudinal.
		Concentración de mercurio en el agua	µg/L	
	Niveles de Concentración de mercurio en el suelo			Tipo de investigación Aplicada Enfoque cuantitativo



CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales

García (2015), Con el fin de conocer el grado de contaminación causado por el empleo de Hg en la minería de oro en esta area, se realizó un muestreo exploratorio de agua y sedimentos en las quebradas al area minera Pacarní-San Luis. Aunque los valores en el agua no exceden las directrices nacionales para su empleo como recurso para los humanos, los animales domésticos o el ganado, o para la preservación de plantas y animales, sí superan las normativas establecidas por la (EPA) Los sedimentos muestran indicios de contaminación que se extiende desde el area minera, lo que supone una gran amenaza para esta biota. Los grados de exhibición crónica de la vida hidrica.

En su artículo publicado Martínez et. al (2017) La degradabilidad de los ecosistemas producto de la minería aurífera informal es cierta en el area



minera de El Alacrán. A pesar de los importantes impactos ambientales causados por esta práctica, existe un desconocimiento sobre la problemática de la explotación y la contaminación por metales en las tierras agrícolas de la zona. La finalidad es evaluar la cantidad de polucion por Fe, cobre y mercurio en tierras para agricultura y su asociación con ciertas propiedades químicas del suelo por medio de una evaluacion multivariado. El lugar de la investigación fue una parcela de 1,4 ha en el arroyo Valdéz, 5km aguas abajo del aliviadero minero. Se arrebataron un total de veinticinco muestras de tierra con una densidad de 17,8 muestras/ha, que se dividieron entre regiones cultivadas y eriales. Los resultados indicaron concentraciones bajas de mercurio y concentraciones excesivas de hierro y cobre totales, lo que sugiere que los suelos agrícolas estaban contaminados con cobre, con valores de TCu superiores a todas las normas internacionales sobre valores máximos permitidos. Los valores de mercurio, en cambio, no sugerían contaminación alguna. Las formas totales y accesibles de las concentraciones metálicas de Fe y Cu en el suelo están reguladas por los parámetros químicos de pH, MO y ClCe. No hubo suficiente apoyo estadístico para distinguir entre varias poblaciones de suelo en base a las características químicas y los niveles de metales valorados. El informe presentado por (Forns Sant, 2020), la finalidad del estudio era analizar la cantidad de contaminación por Fe, cobre y mercurio en tierras agrícolas y su asociacion con determinadas propiedades químicas del suelo por medio de una evaluacion multivariante. El lugar de la investigación fue una parcela de 1,4 ha en el arroyo Valdéz, cinco kilómetros aguas abajo de los residuos mineros de El Alacrán. Se arrebataron un total de veinticinco muestras de tierra con una densidad de 17,8 muestras/ha, que se



repartieron entre las zonas cultivadas y las zonas baldías. Los resultados indicaron concentraciones bajas de mercurio y concentraciones excesivas de hierro y cobre totales, lo que sugiere que los suelos agrícolas estaban contaminados con cobre, con valores de TCu superiores a todas las normas internacionales sobre valores máximos permitidos. Los valores de mercurio, en cambio, no sugerían contaminación alguna. Las formas totales y accesibles de las concentraciones metálicas de Fe y Cu en el suelo están reguladas por los parámetros químicos de pH, MO y CICE. No hubo pruebas estadísticas suficientes para distinguir entre diversas poblaciones de suelo en función de las características químicas y los metales pesados evaluados.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Según Mejía (2016), Con el fin de conocer el nivel de contaminación del medio hídrico, se realizó un análisis de los metales (As), (CN), (Cd), (Cr), y (Hg) en su modo independiente en el río Zaña entre noviembre de 2014 y enero de 2015, cuando no hubo precipitaciones en la cuenca baja del Zaña. Para la cuantificación de metales Cd, As, y Cr se empleó el mecanismo estándar EPA Method 200.7. El método EPA 335.2 y el método EPA 245.7 se utilizaron para analizar CN total y Hg, respectivamente. Los resultados indican que los valores del contenido de los metales pesados examinados están inferior del umbral de cuantificación. En concreto, las concentraciones de cianuro ($ND < 0,005$ mg/L), cadmio y cromo ($ND < 0,002$ mg/L) arsénico ($ND < 0,008$ mg/L), y Hg ($ND < 0,0202$ mg/L) son no detectables (ND). Esto sugiere que, en estas condiciones, el medio acuático de la cuenca no está contaminado. Por el contrario, los contaminantes podrían encontrarse en el suelo, incluidos los sedimentos fluviales, y que los elementos físicos y la



vegetación también vivirían ejerciendo sus funciones depuradoras (atenuantes). Además, cumple con la normativa. Se aconseja efectuar el seguimiento durante las estaciones lluviosas debido a la posibilidad de que se produzcan resultados diferentes por el aumento del caudal y la movilidad de los materiales. También se deben realizar análisis de sedimentos para estimar el contenido de estos metales en el medio.

El informe presentado por Garcia & Zeta (2020). para análisis del grado de contaminación ambiental del agua. Se utilizó el procedimiento estándar EPA Method 200.7 para analizar los metales As, Cd y Cr. Los métodos EPA 335.2 y 245.7 se utilizaron para analizar el CN total y el Hg, respectivamente. Los resultados exhiben que el contenido de los metales examinados están por debajo como el arsénico ($ND < 0,008$ mg/L), el cianuro ($ND < 0,005$ mg/L), el Hg ($ND < 0.0002$ mg/L), el Cd y el Cr ($ND < 0,002$ mg/L) y. Esto indica que, en estas condiciones ambientales, no hay contaminación del medio acuático, y que estos contaminantes pudrían encontrarse en el medio edáfico (como los sedimentos fluviales), así como en los factores físicos y la vegetación. Además, cumple con las Normas. Se aconseja efectuar el seguimiento durante las estaciones lluviosas debido a la posibilidad de que se produzcan resultados diferentes por el aumento del caudal y la movilidad de los materiales. También se deben realizar análisis de sedimentos para estimar el contenido de estos metales en el medio.

En su trabajo de investigación (Delgado Pacheco, 2019), tenía por objeto evaluar los niveles de mercurio en suelos sometidos a amalgamación para extraer oro, así como en suelos no sometidos a amalgamación. Se



empleó un diseño estático de comparación de grupos. Según su premisa, existe una conexión entre el grado de contaminación de la tierra y la fundición con Hg para el recobro de oro. La población son todas las áreas. Se eligió al azar el Centro Poblado de Secocha mediante un muestreo por conglomerados. Asimismo, se seleccionó la zona de interés (0.6 Ha) por medio del muestreo por su detección, y se prefirieron los sitios de muestreo. La hipótesis que define el vínculo entre la severidad de contaminación del suelo y la amalgamación de mercurio para recuperar oro se acepta a partir de sus datos, aunque la asociación no sea estadísticamente significativa. En resumen, los datos muestran que se encuentran niveles sustanciales de mercurio (513,7712 mg/kg) cerca de la superficie en las zonas donde se efectúan operaciones de fundición. Estos niveles descienden con la profundidad, alcanzando 65,7253 mg/kg a 30 cm y 17,5234 a 60 cm. el contenido de Hg a nivel superficial en todas ellas supera los ECA, lo que se traduce en impactos ambientales significativos, incluyendo la pérdida de calidad de los suelos hasta el punto de ser inutilizables y daños a la salubridad de las personas.

2.1.3. Antecedentes regionales

El artículo presentado por Velasquez (2023), Identificar la contaminación por mercurio del agua en La Rinconada. Se empleó el método Bayes empírico multiácido; para la evaluación de laboratorio se empleó la prueba de mercurio total, y para medir la longitud de onda del mercurio (424,768 nm), también conocida como «punto isobéctico», se utilizó un espectrofotómetro de emisión atómica 4210 MP-AES de microondas y una



prueba ICP-AES para el plasma. Se empleó el análisis directo para aplicar el enfoque de digestión multiácido en sedimentos. Los resultados muestran valores por encima del MPL, horizontes comparables para el mercurio en el agua de $< 0,0001$ a $0,0099$ mg/L, un pH medio de 4,5, y niveles de oxígeno disuelto de $4,63 \pm 1,4$ mg/L, todo lo cual apoya la mala calidad del agua. Las concentraciones de Hg en los sedimentos oscilaron entre 1,24 y 27,08 mg/kg, sin variaciones perceptibles entre sitios o períodos de tiempo en meses. Como resultado, se encontró que el 60% de las muestras estaban por superior de los niveles máximos exigidos por CEQG y MINAM (2017). Los datos de acumulación confirmaron que la contaminación por mercurio de la microcuenca es significativa. Cuando se descubrieron disparidades sustanciales ($p < 0,05$), se empleó la prueba de Tukey para generar una predicción R con un valor de 88,31% y 87,16%, que coincide con el modelo sugerido.

El estudio presentado por Ccancapa (2015) Cuatro zonas conformaban el distrito de Ananea): la zona A, ubicada en la quebrada del C,P, Lunar de Oro; la zona B, situada en la zona de la quebrada del C.P.; la zona C, ubicada en la área media de las Pampas de Molino; y la zona D, ubicada en la entrada de la laguna de La Rinconada. «Evaluación la huella de la minería informal en el estado del agua y sedimentos de La Rinconada (Puno), con foco en la contaminación por mercurio» fue el objetivo declarado del estudio. Por esta razón, se recolectaron muestras de agua en 4 regiones designadas, y las muestras fueron examinadas utilizando la técnica de fluorescencia atómica EPA 245.2. Las concentraciones de mercurio fueron inferiores a los límites permitidos y estadísticamente paralelas entre áreas ($P > 0,05$) a $0,00014$ mg/l



en Lunar de Oro (A) y 0,00013 mg/l en Pampas de Molino (C). 05), la concentración de mercurio en diciembre fue de 65,63 mg/l, en enero de 78 y en marzo de 121,15 mg/l. En marzo, el contenido de Hg fue 0,00034 mg/l mayor que en los demás meses (P0,05). En diciembre, el contenido de Hg fue de 0,00005 mg/l, al igual que en enero.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Contaminación ambiental

La introducción de elementos, o la creación de contextos en el agua que influyan negativamente en su calidad para aplicaciones posteriores o en su función ecológica, se consideran ejemplos de contaminación. se exhibe agua limpia, todo ser vivo, mineral cuyo contenido dificulte los empleos útiles del agua se considera contaminación hídrica. Las clases de contaminantes que afectan a los recursos acuáticos proceden de entornos puntuales. En ocasiones son el resultado de procesos naturales, pero la actividad humana es la que más influye en el comportamiento natural de los recursos hídricos (Cancapa Salcedo, 2015)

2.2.2. Tipos de contaminación

La contaminación puede adoptar diversas maneras en base de su naturaleza inherente.

- a) **Contaminación del agua:** es la acumulación de uno o más contaminantes no solubles en agua que logren tener una enorme gama de efectos negativos, incluido un desequilibrio en la coexistencia de los individuos, la vida silvestre: y los vegetales.

Causas de la contaminación del agua:



Numerosas cosas pueden contaminar el agua. Puede llegar al agua directamente de instalaciones de tratamiento de aguas defectuosas o de residuos industriales tanto legítimos como ilícitos. Las fuentes de agua pueden verse perjudicadas por vertidos y fugas derivados de actividades de fracturación hidráulica (fracking) o de tuberías. Las tormentas, el viento y la eliminación descuidada de la basura, sobre todo de los residuos plásticos, pueden hacer que los desechos acaben en los cursos de agua. Núñez (2024). (Nunez, 2024)

Consecuencias de la contaminación del agua

Puede provocar daños ecológicos a largo plazo, envenenamiento de la fauna y problemas de salud para los seres antropicos. Una zona muerta o un área con bajo nivel de oxígeno se crea cuando el exceso de nutrientes, como el nitrógeno y el fósforo, procedentes de la escorrentía agrícola e industrial desborda los cursos de agua y fomenta el crecimiento de algas, que a su vez impiden que prosperen los peces y vida acuática. (Nunez, 2024)

Parámetros de la contaminación

Todos los métodos físicos, químicos y biológicos pueden utilizarse para cuantificar el grado de contaminación y, en consecuencia, el nivel de depuración natural; sin embargo, no existe ninguna métrica de referencia capaz de hacerlo. Se pueden realizar onitoreos de turbiedad, olor, color, fósforo, nitrógeno, materia orgánica, DBO, DQO, diferentes sustancias minerales, OD, bacterias y microorganismos, dependiendo del tipo de contaminantes y de los usos asignados al agua receptora (abastecimiento de población, pesca, baño, etc.) (Orellana, 2005)



- b) Contaminación del aire o atmosférica:** Es el cambio en los niveles comunes de gases que se exhiben en la atmósfera, como el óxido nitroso, el CO creado por la polución de las fábricas, los aerosoles, los gases peligrosos, etc., así como el cambio en la calidad del aire. El smog y el cambio climático son sus repercusiones directas. Las personas que padecen enfermedades pulmonares o asma pueden sufrir episodios, o exacerbaciones, debido a la contaminación atmosférica. estas enfermedades aumentan la probabilidad de padecer cáncer de pulmón, así como problemas cardíacos y vasculares (Carliño, Segura, & Iglesias, 2021)
- c) Contaminación del suelo:** La presencia de xenobióticos, o sustancias ajenas al cuerpo humano, u otras alteraciones del medio natural del suelo son las causas de la contaminación del suelo. Normalmente, las causas son la eliminación inadecuada de residuos, los pesticidas utilizados en la agricultura y las actividades industriales. Metales pesados como es el pb o el Hg, plaguicidas y otros contaminantes orgánicos persistentes, y medicamentos como los antibióticos utilizados para el manejo del ganado son los principales contaminantes que se sitúan en la tierra y el suelo, según el PNUMA (Nunez, 2024).

Todo lo que es líquido o sólido y extremadamente peligroso para la salud humana se considera suelo contaminado. El vidrio, las latas, los plásticos y otros materiales son las principales fuentes contaminantes del suelo. En la actualidad, los fertilizantes sintéticos, los herbicidas y los insecticidas son algunos de los productos utilizados en la agricultura que pueden contaminar el suelo. Aunque estos productos son beneficiosos, su uso excesivo puede modificar el suelo y disminuir la productividad. Los pesticidas de larga duración, por su parte, tienen



la capacidad de acumularse en las cadenas alimentarias, volviéndose peligrosos para las personas, acabar con las especies beneficiosas y perturbar el equilibrio natural. En específico, se sabe que el deterioro del suelo y la disminución del potencial de producción son consecuencia de la salinización del suelo provocada por un riego abundante y de baja calidad (Carliño, Segura, & Iglesias, 2021)

(Reportajes de la FAO, 2018) Además de su capacidad para producir, los suelos son importantes para mantener servicios ecosistémicos esenciales y garantizar la seguridad alimentaria..

2.2.3. Mercurio

Es un componente metálico con un número atómico de 80 que es líquido a presiones y temperaturas ordinarias. Antiguamente se conocía como Hydrargirium, de donde deriva su símbolo químico, Hg. Las fuentes renovables de Hg incluyen la evaporación de los océanos, los volcanes y la exhalación de gases geológicos: (Henry, 2000)

En la industria minera común y semiindustrial, el mercurio se emplea para extraer metales preciosos de vetas pétreas en virtud de su característica de aleación con otros metales. Disuelve el metal, y la amalgama que queda se calienta, se separa y el mercurio se evapora. A continuación, el mercurio se recoge mediante un método de condensación, dejando atrás el valioso metal. Los procesos de amalgamación, separación y condensación generan algunos residuos, ya que el Hg se pierde en manera líquida o de vapor y se vierte a la atmósfera. A pesar de ello, el método es muy sencillo y muy eficaz.

Lamentablemente, es un material peligroso, y su impacto en la salud viene determinado por seis variables principales.



Forma química del mercurio.

- Forma química del Hg.
- Cantidad.
- Edad de exposición: el grupo de edad más susceptible es de fetos.
- Tiempo de la exposición.
- Las vías de exposición incluyen la ingestión, el contacto dermico y la inhalación.
- Estado de salubridad de las personas expuestas (Boening, 1999).

Figura 1

El Mercurio



Nota: Extraído de (Historia Natural y Cultural del mercurio)

2.2.4. Propiedades físico - químicas del mercurio

El Hg es un metal de color plateado brillante que es líquido a temperatura normal, con puntos de fusión y ebullición de $-38,9^{\circ}\text{C}$ y $357,3^{\circ}\text{C}$, respectivamente. Su peso específico a 0°C es de $14,7\text{ g/cm}^3$. A razón su presión intensa de vapor ($154 \times 11\text{-}4\text{ Pa}$), el Hg metálico adecuadamente en condiciones ambientales, a 15°C , la manifestación en el aire consigue llegar hasta $0,015\text{ g/m}^3$, mientras que a 100°C puede llegar hasta $2,5\text{ g/m}^3$. Cuando el Hg está contemporáneo en la atmósfera, a menudo nos referimos a él como vapor de mercurio, y cuando es líquido, nos referimos a él como mercurio metálico. Las amalgamas son aleaciones formadas por mercurio metálico y una gran diversidad de metales, principalmente oro y plata. Debido a esta característica, es conveniente para la redención de oro (Monteagudo Montenegro, 2001)

$\Rightarrow 60\text{ mg/l} \rightarrow 20^{\circ}\text{C}$

$\Rightarrow 250\text{ mg/l} \rightarrow 50^{\circ}\text{C}$



⇒ 1100 mg/l → 90 °C

Tabla 2

Propiedades químicas del Mercurio.

Mercurio	
Número atómico	80
Valencia	1,2
Electronegatividad	1,9
Estado de oxidación	+2
Radio atómico (Å)	1,57
Radio covalente (Å)	1,49
Radio iónico (Å)	1,10
Masa atómica (g/mol)	200,59
Configuración electrónica	[Xe]4f14 5d10 6s2
Primer potencial de ionización (eV)	10,51
Punto de fusión (°C)	-38,9
Densidad (g/ml)	16,6
Punto de ebullición (°C)	357

2.2.5. El mercurio y sus formas químicas

Las consecuencias sanitarias concretas que pueden preverse para el mercurio dependen de su tipo químico. Según esta perspectiva, el mercurio existe en 3 formas químicas primarias: Hg elemental, metilmercurio y diversos compuestos orgánicos e inorgánicos de mercurio.

a) Metilmercurio



Es el acrónimo del catión monometilmercurio (II); esta molécula está formada por un grupo metilo (CH_3^-) mezclado a un ion mercuríco (Hg^{2+}) dando lugar a la sustancia química con la fórmula CH_3Hg^+ . Interactúa corridamente con aniones como el hidroxilo (OH^-), los nitratos (NO_3^-) y los cloruros (Cl^-), ya que es un ion positivo. Además, ejerce una fuerte atracción sobre los aniones que presentan azufre, concretamente el catión monometilmercurio (II) (CH_3Hg^+), creado al unirse un grupo metilo (CH_3^-) a un ion mercuríco (Hg^{2+}), reacciona con la cisteína, afectando las proteínas que contienen este aminoácido y creando enlaces covalentes para producir el compuesto químico CH_3Hg^+ . Al ser un ion positivo, interactúa con facilidad con aniones como el hidroxilo (OH^-), los nitratos (NO_3^-) y los cloruros (Cl^-). Además, muestra una poderosa atracción hacia las proteínas que contienen cisteína son atraídas por los aniones con azufre, especialmente los grupos tiol ($-\text{SH}$), formando enlaces covalentes. (Bishop, 2000)

b) El Mercurio elemental o metálico

Cuando se respira en manera de vapor, logrando ser absorbido por las parénquima pulmonares, tiene efectos nocivos para la salud. La exposición puede producirse cuando los objetos que contienen mercurio se degradan y liberan el elemento al aire, sobre todo en climas cálidos o en zonas interiores mal ventiladas, o cuando se derrama mercurio metálico. Del mismo modo, el calentamiento en entornos de escasa recuperabilidad tiene el potencial de producir vapores de Hg metálico. Las manifestaciones de intoxicación por dicho metal son muy similares a los de la intoxicación por metilmercurio e incluyen temblores, cambios neuromusculares (debilidad, atrofia muscular, espasmos),



insomnio, variaciones emocionales (irritabilidad, nerviosismo, variación de temperamento, introversión extrema), cefaleas, alteraciones sensoriales, réplicas nerviosas alteradas y déficit de rendimiento en ensayos de función cognitiva. Los niveles de exposición elevados pueden causar insuficiencia renal,.

c) Los compuestos de mercurio

Mercurio orgánico: Principalmente en forma de metilmercurio (CH_3Hg^+), está presente en el agua. El mercurio inorgánico puede metilarse directamente mediante un proceso químico o indirectamente a través de la actividad bacteriana. El componente orgánico de mercurio más prevalente en la cadena alimentaria es el metilmercurio (CH_3Hg^+). (Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición, 2023)

Los dos primeros tipos de mercurio son los más prevalentes; el primero suele ser indirecto, ya que el metilmercurio es ingerido por peces o moluscos, que son hábitats del material donde se bioacumula. (Varela Villegas & Mateus Solarte, 2012)

2.2.6. Usos del mercurio

El mercurio es una sustancia polivalente que existe desde hace siglos. A temperatura ambiente, es el único metal líquido. Presentan alta densidad y tensión de la superficie, se difunde y contrae constantemente en respuesta a las variaciones de temperatura y presión, y es un excelente conductor eléctrico. Además, tiene la capacidad de destruir gérmenes, incluidas enfermedades y otras plagas. Durante siglos, el mercurio elemental se ha utilizado:

- Para extraer oro y plata de las minas.



- Para ayudar en la síntesis de compuestos llamados cloroalcalinos.
- En manómetros, que cuantifican y regulan la presión.
- En termómetros.
- En amalgamas dentales. o En luces fluorescentes. o En interruptores eléctricos y electrónicos.

Los compuestos que contienen mercurio se han utilizado en pilas.

- Como biocidas, para suprimir o eliminar gérmenes, como en el caso de las pinturas, las semillas y la industria papelera.
- En medicamentos como antisépticos.
- Para su examen por un analista químico.
- Como catalizadores, para aumentar la productividad de otras reacciones químicas.
- En explosivos, detergentes, pigmentos y tintes (sobre todo en el pasado).

2.2.7. Toxicidad del mercurio

A continuación, hablaremos de los elementos de toxicidad que también son muy pertinentes para los escenarios de exposición ambiental que se asocian con dosis mínimas, exhibiciones crónicas y efectos en diferentes lugares de destino.

- Mercurio y carcinogénesis



evaluar los datos actualmente accesibles procedentes de estudios experimentales y epidemiológicos en humanos. La evaluación no encontró ensayos que cumplieran con los criterios establecidos que relacionen el Hg y sus componentes con el cáncer humano. Basándose en los datos recogidos utilizando animales de experimentación, se determinó que las pruebas para el metilmercurio son suficientes, las pruebas para el cloruro mercúrico son restringidas y las pruebas para la forma elemental son insuficientes. Sobre la base de estas evaluaciones, se obtiene una clasificación general, designando los elementos de metilmercurio como potencialmente carcinógenos para las personas (Grupo 2B) y las maneras inorgánicas como no carcinógenas para las personas (Grupo 3) (IARC, 1993)

- Inmunotoxicidad

También de sus incidencias sobre el sistema cerebral, algo adecuado definido en la toxicidad poblacional de este metal, el Hg ha sido implicado por sus incidencias en base a la función inmunológica, incluida la formación de enfermedades autoinmunes de tipo lúpico en modeladores animales. (WHO, 2012)

Debido a la citotoxicidad, esto puede conducir a un compromiso inespecífico del sistema inmunitario. Sin embargo, un gran número de estudios sólo han utilizado cloruro mercúrico, ignorando el uso de metilmercurio u otras especies orgánicas como el etilmercurio en medicamentos, que han demostrado tener una toxicocinética distinta y serían más relevantes para la exposición al medio ambiente. La inmunotoxicidad puede verse afectada por las transformaciones de estos compuestos de mercurio en el sistema biológico. Por ejemplo, el



metilmercurio puede absorberse y pasar al tejido, donde sufre una desmetilación gradual en los ganglios linfáticos. Esta etapa puede tener una correlación beneficiosa con la síntesis de autoanticuerpos.

- **Toxicidad reproductiva**

Todas las maneras químicas de Hg que se han administrado a ganados han demostrado ser tóxicas para reproducirse, ya sea la manera de abortos rápidos, muerte malformaciones, infertilidad, alteraciones del ciclo menstrual. Los mecanismos subyacentes a estos efectos no están claros (Schuurs, 1999)

- **Efectos cardiovasculares**

Numerosas investigaciones han demostrado una correlación con un mayor riesgo de arteriosclerosis, enfermedades coronarias e infarto de miocardio. Separar la importancia relativa de los ácidos grasos omega-3 de la ocupación de odontólogo -que contribuiría más Hg que el consumo de pescado marino- ha sido el objetivo de varias investigaciones. La exposición al mercurio se asoció a una presión arterial elevada en una investigación realizada en una comunidad indígena amazónica (Poulin & Gibb, 2008)

En los jóvenes también se han observado consecuencias cardiovasculares adversas. La medición de mercurio en la sangre del cordón umbilical a los 7 años de edad se asoció con el incremento de la presión y diastólica en los niños feroeses antes mencionados que estuvieron expuestos prenatalmente; sin embargo, este aumento no persistió a edades más avanzadas (Poulin & Gibb, 2008)



2.2.8. Efectos en el ambiente

Dado que el Hg es un elemento y no puede eliminarse ni convertirse en sustancias químicas menos peligrosas, una vez liberado en el medio ambiente, permanecerá allí en diversas formas y circulará por el aire, el agua, el suelo, los sedimentos y la biota. (gub.uy, 2012)

Las fugas de mercurio adoptan diversas formas en función de los tipos de fuentes y otras variables. El mercurio elemental gaseoso constituye la mayor parte de las emisiones a la atmósfera, y es extasiado a lugares distantes de las bases de emisión en todo el mundo. Las emisiones residuales están ligadas a partículas liberadas o existen como mercurio gaseoso, inorgánico e iónico (cloruro mercúrico, por ejemplo).

Estas formas pueden depositarse en tierra o en cuerpos acuáticos a distancias de unos 100 a 1000 kilómetros, y su vida útil en la atmósfera es más corta. Una vez acumulado, el Hg puede transformarse en metilmercurio (principalmente a través del metabolismo microbiano). (gub.uy, 2012)

2.2.9. Minería artesanal e informal a pequeña escala

Dentro de los rangos de potencial establecidos por las actuales restricciones legales a la minería, la minería artesanal se practica para la supervivencia que mantiene a una familia. Consiste en la extractiva y el procesamiento de minerales auríferos, excluidos los materiales de ingeniería y obra civil.

En las operaciones mineras de oro a pequeña escala se suelen utilizar enormes cantidades de Hg, a menudo en condiciones extremadamente arriesgadas y peligrosas desde el punto de vista ecológico, para procesar el



mineral. El empleo de Hg en la minería del oro está desaconsejado o incluso prohibido en muchos países.

La minería artesanal ¿económica que tiene lugar en yacimientos donde la minería tradicional no siempre es lucrativa o práctica. Utiliza tecnologías básicas que demuestran el enorme potencial de esta actividad para forjar trabajo, luchar contra la pobreza y aportar divisas y dinero de los impuestos a los países.

Además, como se cree que el mercurio tiene un precio razonable y es fácil de usar, suele ser la técnica dominante y favorita para extraer oro en esta industria (PNUMA, 2008)

Figura 2

Minería artesanal



2.3. Marco conceptual

2.3.1. Contaminación ambiental

Además, como se considera bastante económica y fácil de usar, la extracción con mercurio suele ser la técnica dominante y favorita para extraer oro en esta industria (Ayuda en Acción, 2023)

2.3.2. Mercurio

se refiere a cualquier aparición de sustancias potencialmente riesgosas en el medio ambiente que puedan poner en peligro la vida (español, 2001)

2.3.3. Ecosistema

Factores bióticos y abióticos que viven en una determinada comunidad terrestre o acuática estrechamente relacionada con su entorno (Camacho y Bitar, 2005)



CAPITULO III

METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

3.1. Diseño de investigación

Dado que la variable independiente no se modificará intencionadamente, este estudio aplicara un diseño de investigación longitudinal no experimental con una metodología cuantitativa. En su lugar, se observará el fenómeno a lo largo del tiempo, tal y como ocurre en su entorno natural, y después se analizará..

3.2. Tipo de investigación

El tipo que se realiza en este estudio es aplicativo, lo que significa que la investigación posterior se llevará a cabo empleando la metodología y los resultados anteriores de los estudios que se han realizado y permiten la separación de mercurio de los desechos de amalgamación.

En efecto, la finalidad de este estudio es producir informaciones y métodos que puedan ser utilizados inmediatamente para resolver una cuestión particular y apremiante.

3.3. Ubicación del sitio de muestreo

Figura 3

Ubicación de punto de muestreo



Nota: Extraído de Google Earth Pro

3.3.1. Puntos De Muestreo



Tabla 3

Coordenadas de sitios de muestreo

Código	Coordenadas	Fecha
A1	E: 451407.777 N: 8382162.11	31/08/2024
A2	E: 451380.77 N: 8382170.30	31/08/2024
A3	E: 451411.89 N: 8382180.89	31/08/2024
A4	E: 451382.18 N: 8382197.89	31/08/2024
S1	E: 451416.43 N: 8382182.68	31/08/2024
S2	E: 451384.92 N: 8382165.45	31/08/2024
S3	E: 451403.08 N: 8382184.73	31/08/2024
S4	E: 451383.63 N: 8382188.43	31/08/2024

3.4. Procedimiento metodológico

3.4.1. Objetivo1: Determinar la concentración de mercurio en el agua en zonas adyacentes en la disposición de los relaves mineros de la empresa Antahuila

Determinamos la posición de las muestras, luego realizamos la recolección de materiales que necesitó una verificación de lista. En la zona, se planificó con antelación la fabricación de los materiales para el laboratorio, se coordinó la movilidad pre arrendada, el Estrategia de ejecución:, la lista de chequeo, los formatos de campo, los equipos transportable, el mapa con las ubicaciones de las muestras, y las baterías de GPS con el fin de desplazar los objetos fundamentales para tomar una muestra.

a. Toma de muestra



La toma de muestra se efectuó empleando el guía de los “protocolos establecidos para evitar daños de las muestras desde su recolección hasta su análisis por ANA, incluyendo la cadena de custodia durante el transporte y la conservación en el laboratorio” (MINAM, 2010).

En donde se realizó lo siguiente:

- Utilizando los Epps correspondientes para la recogida de muestra, antes de realizar la toma de muestra para laboratorio se enjuaga el envase con agua destilada.
- Seguidamente se realiza la tomade muestra sin realizar movimientos bruscos para no remover sedimentos y siempre a la contraria del sentido del flujo
- Se realiza la toma de muestra en el envase, no llenándolo en su totalidad para así añadir el preservante.

Figura 4

Toma de muestra en poza de relave



- Seguidamente se realiza el rotulado de muestra teniendo en cuenta el nombre del proyectista, la hora, la fecha, las coordenadas.
- posteriormente se colocaron en un cooler bajo previa refrigeración, para evitar alterar la calidad inicial de las muestras.

Figura 5

Muestras enviadas a laboratorio





- Finalmente, las muestras fueron trasladadas al Laboratorio de Calidad Ambiental, para realizar sus correspondientes análisis.

3.4.2. Objetivo2: Determinar la concentración de mercurio en el suelo en zonas adyacentes en la disposición de los relaves mineros de la empresa Antahuila

a. Toma de muestra del suelo

Se tomaron las muestras de acuerdo con los protocolos de ANA para asegurar la cadena de custodia, el transporte adecuado al laboratorio y la conservación sin alteraciones en su composición (MINAM, 2010).

En donde se realizó lo siguiente:

- Se identifico los puntos de muestreo, se usó el GPS y cinta métrica para localizar y marcar los puntos de muestreo predefinidos.
- Se realizo la limpieza de la superficie del suelo de hojas, basura y otros materiales superficiales.
- Se determino la profundidad a la que se tomará la muestra (e.g., 0-15 cm, 15-30 cm, etc.). Las muestras superficiales suelen representar la exposición más relevante para el análisis de contaminantes.
- Se realizo la recogida de muestra insertando la barreta y pala en el suelo hasta la profundidad de 15 cm y luego se extrajo el suelo y se colocó en una superficie limpia.



- Se realizó la mezcla y división de muestras, en una lona de plástico limpia, se mezcló bien el suelo extraído de cada punto para obtener una muestra compuesta representativa. Se tomó una porción homogénea del suelo mezclado y se colocó en el contenedor de muestra debidamente etiquetadas.
- Finalmente, las muestras fueron trasladadas al Laboratorio de Calidad Ambiental, para realizar sus respectivos análisis.

3.4.3. Objetivo3: Proponer una forma para minimizar las concentraciones de mercurio en suelo y agua para la empresa minera Antahuila Rinconada Ananea

Una vez obtenidos los resultados del mercurio en la empresa minera Antahuila, se optó por plantear una propuesta para la recuperación del mercurio. En donde:

- **Colección de datos y caracterización del problema:** Se recopiló información sobre la situación actual en las pozas de relave de la empresa minera Antahuila, incluyendo los impactos ambientales y los requisitos legales y regulatorios.
- **Revisión de literatura y mejores prácticas:** Se efectuó una revisión completa de la literatura científica y técnica referente a la propuesta de recuperación de mercurio en las colas de amalgamación.
- **Evaluación de opciones de propuesta:** Se evaluó diversas opciones de propuestas que puedan ser aplicables a la situación específica de la empresa minera Antahuila, teniendo en cuenta factores como la eficacia,



los costos operativos y de capital, la viabilidad técnica y la disponibilidad de recursos.

- **Selección de la propuesta:** Basándonos en la evaluación de opciones, se seleccionó la propuesta más adecuada para la recuperación del mercurio en colas de amalgamación de la empresa minera Antahuila

3.5. Materiales y equipos

a. Materiales:

Los materiales que se usaron en este estudio fueron:

- Pipetas y buretas
- Matraz aforado.
- Vasos de precipitados
- Mandil.
- Frascos de plástico.
- Papel toalla.
- Guantes descartables.
- Frascos Erlenmeyer
- Cooler.
- Barra magnética.
- Espátulas.
- Bolsa de plástico
- Rotulador.
- Jarra de plástico.

b. Equipos e instrumentos:

- Agitador magnético
- Equipo multiparámetro portátil.
- Espectrofotómetro.
- Aparato fotográfico.
- GPS.
- Equipo de cómputo.

c. Reactivos e Insumos:

- Ácido Clorhídrico (HCl)



- Agua purificada.
- Muestra de agua.

3.6. Técnicas e instrumentos

Las técnicas utilizadas para la recabacion de datos en esta investigación fueron:

a. Identificación del área de estudio:

- Visita de campo al área de estudio.
- Descripción de los procesos.
- Registro de identificación de los sitios de monitoreo.

b. Monitoreo de agua y suelo:

- Toma de muestras en campo.

c. Análisis del agua y suelo superficial

- Se rellenaron los datos de campo y laboratorio en fichas de laboratorio.
- Todos los análisis se desarrollaron en el laboratorio de Calidad Ambiental de la UANCV.

3.7. Población y muestra

3.7.1. Población

Considerando la siguiente definición “La población y/o universo, o población objetivo, de una investigación incluye a todos los individuos u objetos sin excepción sobre los que se propone obtener información” (Hernández & Fernández, 2018). Para esta investigación se considera como población a todos los relaves en la empresa minera Antahuila



3.7.2. Muestra

Teniendo en cuenta que “La muestra es una parte de la población que se tiene en cuenta para una representación” (Hernández & Fernández, 2018).

Para la presente investigación las muestras la constituyen los 500 ml de relaves provenientes de colas de amalgamación de la empresa minera Antahuila

Las muestras se tomarán en cuatro relaves de la empresa Antahuila de amalgamación, de acuerdo con las directrices del laboratorio y el Procedimiento de control del estado del agua Superficiales ANA-2016, que señala los procedimientos a seguir para la toma de muestras básicas en zonas de impacto de las actividades mineras.



CAPITULO IV RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Resultados

4.1.1. Determinar la concentración de mercurio en el agua en zonas adyacentes a la disposición de los relaves mineros de la empresa minera Antahuila

a. Resultados de la concentración de mercurio las pozas de la empresa Antahuila:

Tabla 4

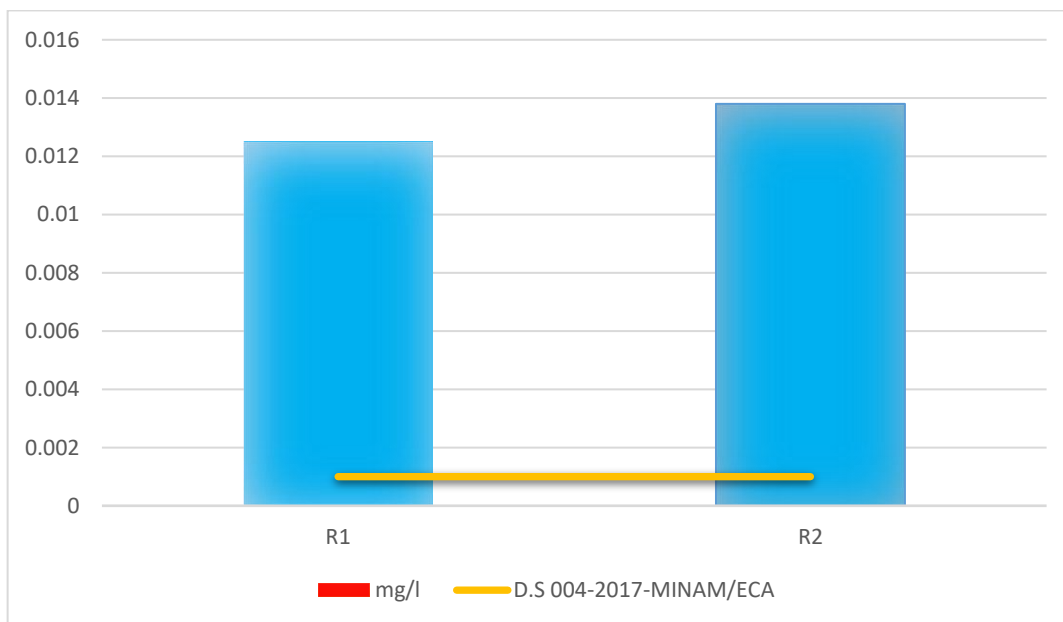
Concentración de mercurio en pozas a la disposición de los relaves mineros de la empresa Antahuila

Código	Mercurio mg/l	
	R1	R2
A1	0.0125	0.0138
A2	0.0105	0.012
A3	0.0187	0.0211
A4	0.0208	0.0219

En la tabla, se exhibe la manifestación de mercurio en las pozas de la disposición de los relaves mineros de la empresa minera Antahuila. En donde, se realizaron 02 repeticiones de cada muestra para obtener un resultado más óptimo, en la muestra 1 (A1) la primera repetición se observa la manifestación de mercurio en 0.0125 mg/l, mientras que en la segunda 0.0138 mg/l; en la muestra 2 (A2) se observa la manifestación de mercurio en 0.0105 mg/l, mientras que en la segunda 0.012 mg/l; en la muestra 3 (A3) se observa la manifestación de mercurio en 0.0187 mg/l, mientras que en la segunda 0.0211 mg/l; en la muestra 4 (A4) se observa la manifestación de mercurio en 0.0208 mg/l, mientras que en la segunda 0.0219 mg/l.

Figura 6

Concentración del mercurio en la poza de disposición de los relaves mineros de la empresa Antahuila – A1

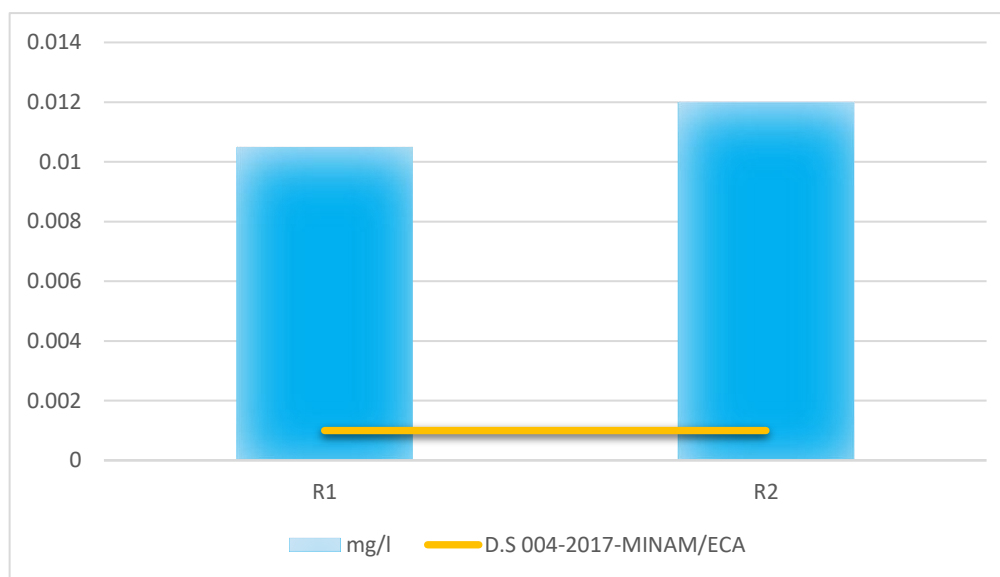


La figura, manifiesta la concentración del mercurio de la poza de disposición de los relaves mineros de la empresa Antahuila vs. el ECA agua. Observándose que en la muestra 1 (A1) la concentración de arsénico en la primera repetición

es de 0.0125 mg/l, mientras que en la segunda 0.0138 mg/l, estos valores se encuentran por encima de 0.001 mg/l cuyo valor es señalado por el D.S 004-2017- MINAM/ECA.

Figura 7

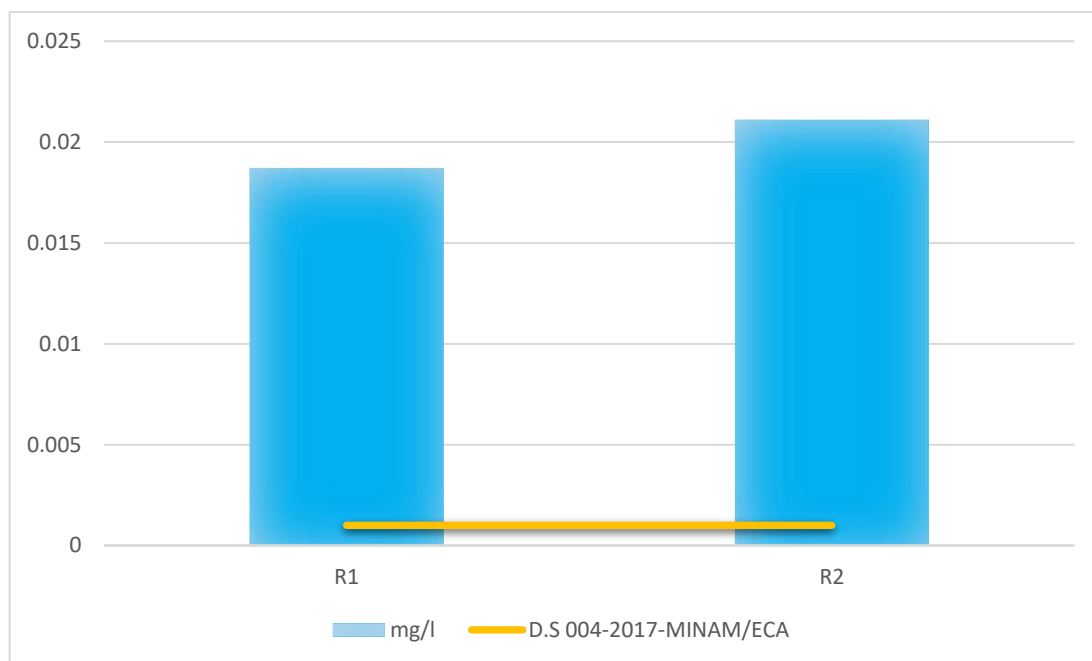
Concentración del mercurio en la poza de disposición de los relaves mineros de la empresa Antahuila – A2



La figura, manifiesta la concentración del mercurio de la poza de disposición de los relaves mineros de la empresa Antahuila vs. el ECA agua. Observándose que en la muestra 2 (A2) la concentración de arsénico en la primera repetición es de 0.0.105 mg/l, mientras que en la segunda 0.0120 mg/l, estos valores se encuentran por encima de 0.001 mg/l cuyo valor es fijado por el D.S 004-2017-MINAM/ECA.

Figura 8

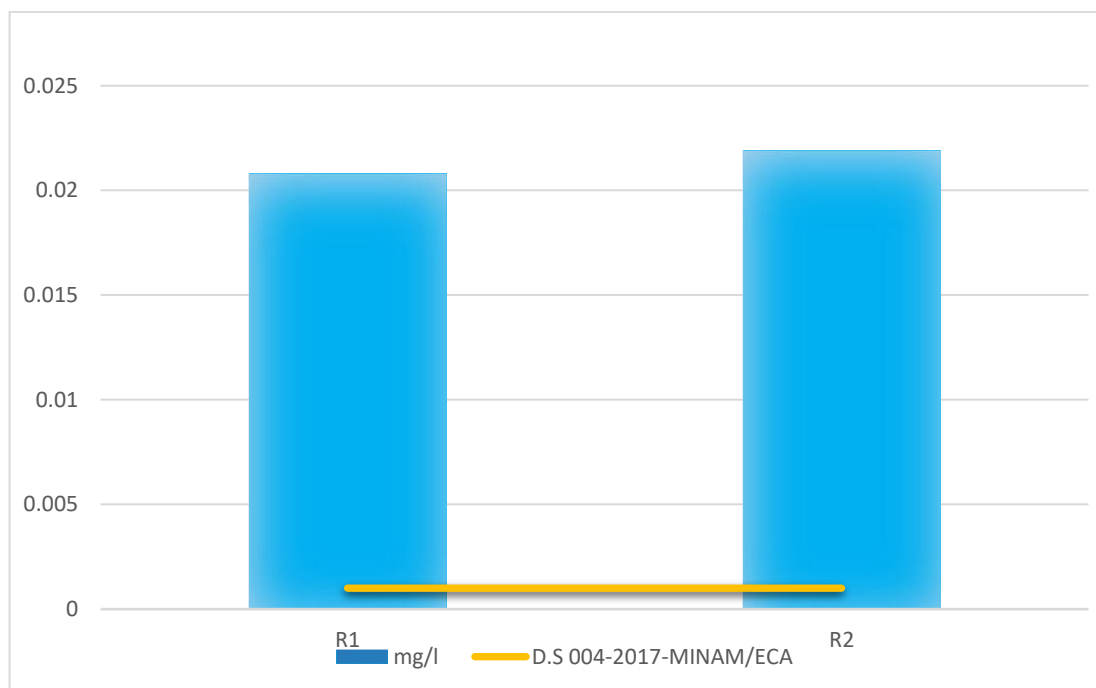
Concentración del mercurio en la poza de disposición de los relaves mineros de la empresa Antahuila – A3



La figura, manifiesta la concentración del mercurio de la poza de disposición de los relaves mineros de la empresa Antahuila vs. el ECA agua. Observándose que en la muestra 3 (A3) la concentración de arsénico en la primera repetición es de 0.0187 mg/l, mientras que en la segunda 0.0211 mg/l, estos valores se encuentran por encima de 0.001 mg/l cuyo valor es señalado por el D.S 004-2017- MINAM/ECA.

Figura 9

Concentración del mercurio en la poza de disposición de los relaves mineros de la empresa Antahuila – A4



La figura 9, evidencia la concentración del mercurio de la poza de disposición de los relaves mineros de la empresa Antahuila vs. el ECA agua. Observándose que en la muestra 4 (A4) la concentración de arsénico en la primera repetición es de 0.0208 mg/l, mientras que en la segunda 0.219 mg/l, estos valores se encuentran por encima de 0.001 mg/l cuyo valor es señalado por el D.S 004-2017- MINAM/ECA.

4.1.2. Concentración de mercurio en el suelo en zonas adyacentes a la disposición de los relaves mineros de la empresa Antahuila

Tabla 5

Concentración de mercurio en el suelo en zonas adyacentes a la disposición de los relaves mineros de la empresa Antahuila

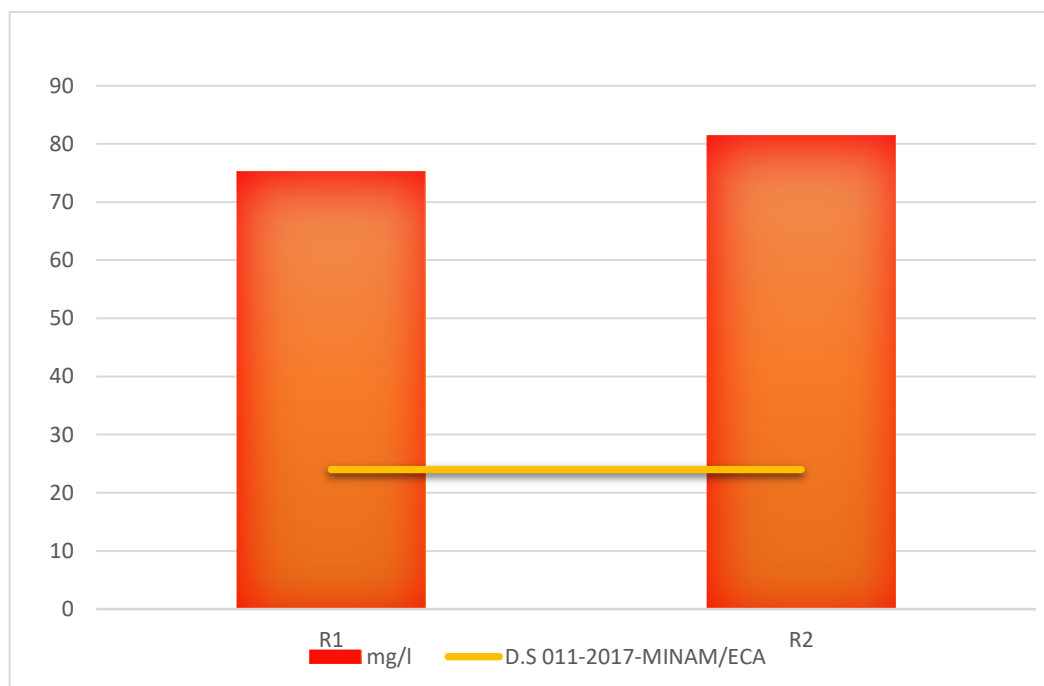


Código	Mercurio (mg/kg)	
	R1	R2
S1	75.3	81.4
S2	87.6	90.4
S3	79.2	85.9
S4	97.5	105.8

En la tabla, se observa la manifestación de mercurio en el suelo en zonas adyacentes a la disposición de los relaves mineros de la empresa minera Antahuila. En donde, se realizaron 02 repeticiones de cada muestra para obtener un resultado más óptimo, en la muestra 1 (S1) la primera repetición se observa el nivel de mercurio en 75.3 mg/kg, mientras que en la segunda 81.4 mg/kg; en la muestra 2 (S2) se observa el nivel de mercurio en 87.6 mg/kg, mientras que en la segunda 90.4 mg/kg; en la muestra 3 (S3) se observa el nivel de mercurio en 79.2 mg/kg, mientras que en la segunda 85.9 mg/kg; en la muestra 4 (S4) se observa el nivel de mercurio en 97.5 mg/kg, mientras que en la segunda 105.8 mg/kg.

Figura 10

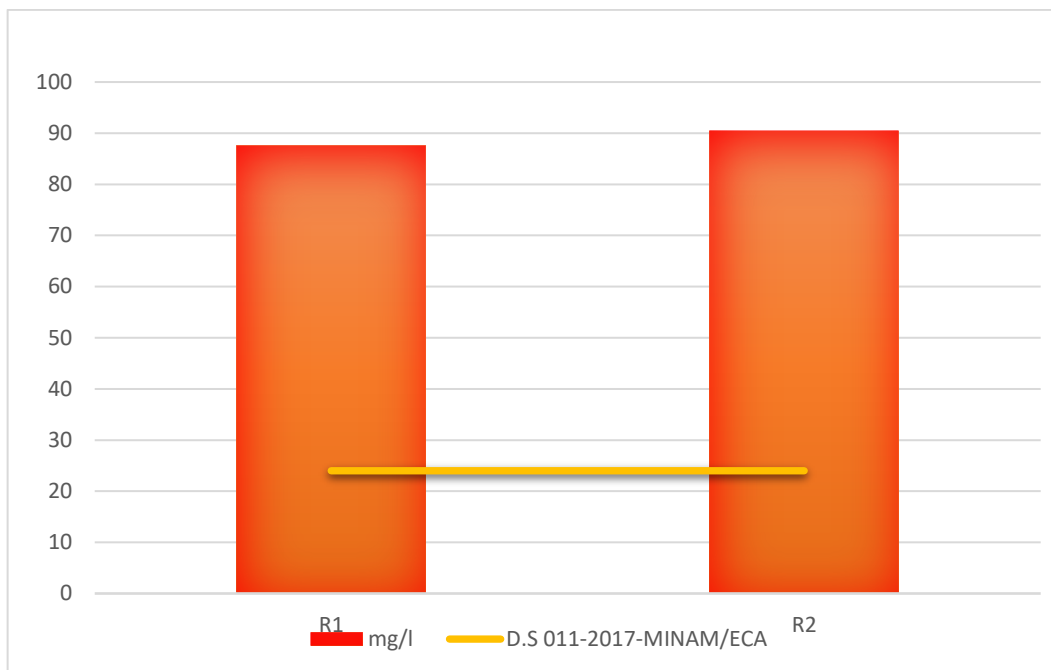
Concentración de mercurio en el suelo adyacente de los relaves mineros de la empresa Antahuila – S1



La figura 10 manifiesta la manifestación del mercurio en el suelo en zonas adyacentes a la disposición de los relaves mineros de la empresa Antahuila vs. el ECA suelo. Observándose que en la muestra 1 (S1) la concentración de arsénico en la primera repetición es de 75.3 mg/kg, mientras que en la segunda 81.4 mg/kg, estos valores se halla por debajo de 24 mg/kg cuyo valor es establecido por el D.S 011-2017- MINAM/ECA.

Figura 11

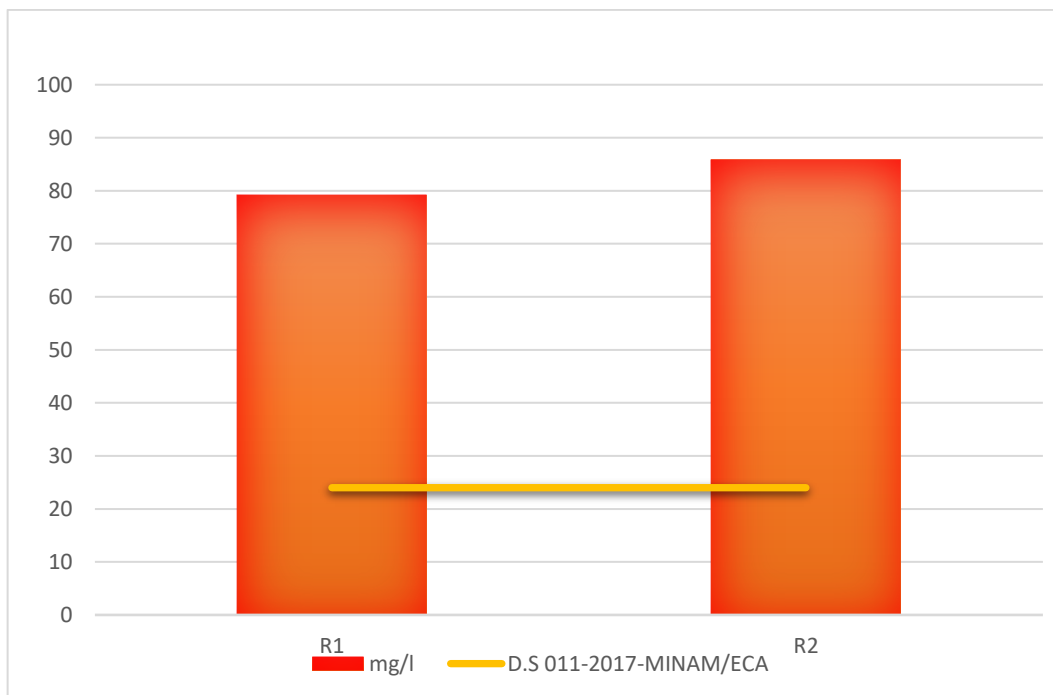
Concentración de mercurio en el suelo adyacente de los relaves mineros de la empresa Antahuila – S2



La figura11, manifiesta la manifestación del mercurio en el suelo en zonas adyacentes a la disposición de los relaves mineros de la empresa Antahuila vs. el ECA suelo. Observándose que en la muestra 2 (S2) la concentración de arsénico en la primera repetición es de 87.6 mg/kg, mientras que en la segunda 90.4 mg/kg, estos valores se halla por debajo de 24 mg/kg cuyo valor es establecido por el D.S 011-2017- MINAM/ECA.

Figura 12

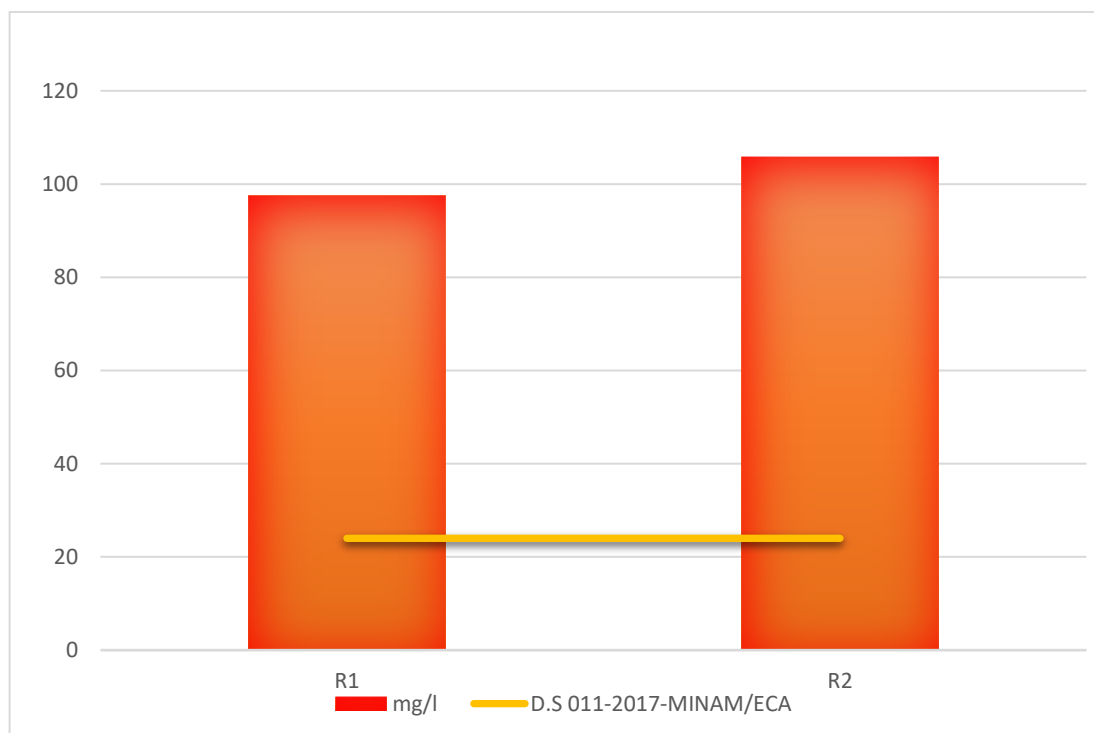
Concentración de mercurio en el suelo adyacente de los relaves mineros de la empresa Antahuila – S3



La figura 12, manifiesta la manifestación del mercurio en el suelo en zonas adyacentes a la disposición de los relaves mineros de la empresa Antahuila vs. el ECA suelo. Observándose que en la muestra 3 (S3) la concentración de arsénico en la primera repetición es de 79.2 mg/kg, mientras que en la segunda 85.9 mg/kg, estos valores se sitúan por debajo de 24 mg/kg cuyo valor es establecido por el D.S 011-2017- MINAM/ECA.

Figura 13

Concentración de mercurio en el suelo adyacente de los relaves mineros de la empresa Antahuila – S4



La figura 13, manifiesta la manifestación del mercurio en el suelo en zonas adyacentes a la disposición de los relaves mineros de la empresa Antahuila vs. el ECA suelo. Observándose que en la muestra 4 (S4) la concentración de arsénico en la primera repetición es de 97.5 mg/kg, mientras que en la segunda 105.8 mg/kg, estos valores se halla por debajo de 24 mg/kg cuyo valor es establecido por el D.S 011-2017- MINAM/ECA.

4.1.3. Proponer una forma para minimizar las concentraciones de mercurio en suelo y agua para la empresa minera Antahuila Rinconada Ananea

1. Diagnóstico Inicial:



a. Evaluación del Sitio

- **Identificación de áreas contaminadas:** Realizar un mapeo detallado de las áreas afectadas por el mercurio.

b. Estudio de Impacto Ambiental

- **Evaluación de riesgos:** Analizar los riesgos ambientales y de salud asociados con la manifestación de mercurio.
- **Identificación de fuentes y vías de exposición:** Determinar cómo se dispersa el mercurio en el entorno y las vías de exposición para la fauna, flora y seres humanos.

2. Tecnologías de Recuperación

a. Recuperación Física

- **Tamizado y clasificación:** Utilizar técnicas de tamizado para separar las partículas de mayor tamaño que puedan contener mercurio.
- **Concentración gravitacional:** Emplear mesas vibratorias o jigs para concentrar el mercurio libre y amalgamado.

b. Recuperación Química

- **Procesos de lixiviación:** Aplicar lixiviación con soluciones químicas específicas que permitan disolver el mercurio sin afectar otros componentes valiosos.



- **Extracción con solventes:** Utilizar solventes orgánicos que permitan extraer el mercurio de manera selectiva.

c. Métodos Biológicos

- **Biorremediación:** Introducir microorganismos que puedan metabolizar el mercurio y reducir su toxicidad.
- **Fitorremediación:** Plantar especies vegetales capaces de absorber y acumular mercurio en sus tejidos.

3. Implementación del Proceso

a. Diseño del Proceso

- **Desarrollo de un plan de recuperación:** Integrar las tecnologías seleccionadas en un proceso continuo y eficiente.
- **Diseño de planta piloto:** Crear una planta piloto para probar y optimizar las tecnologías antes de la implementación a gran escala.

b. Pruebas Piloto

- **Evaluación de la eficiencia:** Realizar pruebas piloto para determinar la eficiencia de recuperación de mercurio.
- **Optimización del proceso:** Ajustar parámetros operativos para maximizar la recuperación y minimizar costos.

4. Monitoreo y Evaluación

a. Monitoreo Ambiental

- **Establecimiento de puntos de control:** Definir puntos de muestreo en el suelo, agua y aire alrededor del sitio.



- **Programas de monitoreo continuo:** poner en marcha un programa de monitoreo regular para valorar la utilidad de las medidas de recuperación.

b. Evaluación de Impacto

- **Análisis de resultados:** Comparar los niveles de mercurio antes y después de la implementación de la propuesta.
- **Informes periódicos:** Generar informes detallados que documenten los avances y resultados del proceso de recuperación.

5. Capacitación y Sensibilización

a. Capacitación del Personal

- **Entrenamiento en tecnologías de recuperación:** Proveer capacitación a los trabajadores en el uso y mantenimiento de las tecnologías implementadas.
- **Prácticas de seguridad:** Instruir al personal sobre prácticas seguras para la manipulación y disposición de mercurio.

b. Sensibilización Comunitaria

- **Programas de educación ambiental:** Implementar iniciativas de aprendizaje comunitario. sobre los riesgos del mercurio y la importancia de su recuperación.



- **Participación comunitaria:** Involucrar a la comunidad en el asunto de monitoreo y toma de decisiones.

6. Cumplimiento Normativo y Financiamiento

a. Regulación y Normativas

- **Cumplimiento de leyes ambientales:** Asegurar que todas las actividades cumplan con las leyes y regulaciones ambientales vigentes.
- **Certificaciones y permisos:** Obtener las certificaciones y permisos necesarios para la implementación del proyecto.

b. Financiamiento

- **Identificación de fuentes de financiamiento:** Buscar financiamiento a través de fondos gubernamentales, organizaciones internacionales y asociaciones público-privadas.
- **Estructuración financiera:** Desarrollar un plan financiero que incluya costos de implementación, operación y mantenimiento del proyecto.

Esta propuesta proporciona un marco integral para la recuperación del mercurio en colas de amalgamación, abordando desde la evaluación inicial hasta la implementación y monitoreo continuo. La combinación de tecnologías físicas, químicas y biológicas, junto con un manejo adecuado de residuos y un fuerte componente de capacitación y sensibilización, garantizará un proceso eficaz y sostenible.

4.3. Discusiones

Con respecto a la manifestación de mercurio en los suelos adyacentes de la empresa minera Antahuila en nuestra investigación se encontró una



manifestación de mercurio en sedimentos con cantidades que varían desde 75.3 mg/kg que fue del Punto 1 (S1) y 105.8 mg/kg la manifestación mayor de mercurio que se da en el punto 4 (S4). Por otro lado, Velasquez (2023) en su investigación Los sedimentos ostentaron volúmenes de Hg de 1,24 mg/kg- 27,08 mg/kg, se observa también que los niveles de mercurio en los suelos adyacentes de la empresa minera Antahuila excede en lo establecido en el D.S 011-2017-MINAM/ECA.

Ccancapa (2015) Entre sus resultados obtenidos fueron: La concentración de mercurio en poblado Lunar de Oro (A) 0.00014 mg/l y en Pampas de Molino (C) fue 0.00013, así mismo en nuestra investigación en la muestra 1 se obtuvo el valor promedio de manifestación de mercurio de 0.01315 mg/l, mientras que en la segunda muestra el valor promedio de grados de mercurio de 0.01125 mg/l, en la muestra 3 (A3) se observa el nivel de valor promedio de nivel de mercurio de 0.0199 mg/l; en la muestra 4 (A4) se observa la nivel de mercurio el valor promedio de nivel de mercurio de 0.02135 mg/l

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

1. De los resultados se observa la concentración de mercurio en las pozas de la disposición de los relaves mineros de la empresa minera Antahuila. En donde, se realizaron 02 repeticiones de cada muestra para obtener un resultado más



optimo, en la muestra 1 (A1) la primera repetición se observa la manifestación de mercurio en 0.0125 mg/l, mientras que en la segunda 0.0138 mg/l; en la muestra 2 (A2) se observa la manifestación de mercurio en 0.0105 mg/l, mientras que en la segunda 0.012 mg/l; en la muestra 3 (A3) se observa la manifestación de mercurio en 0.0187 mg/l, mientras que en la segunda 0.0211 mg/l; en la muestra 4 (A4) se observa la manifestación de mercurio en 0.0208 mg/l, mientras que en la segunda 0.0219 mg/l.

2. De acuerdo a los resultados se observa la manifestación de mercurio en el suelo en zonas adyacentes a la disposición de los relaves mineros de la empresa minera Antahuila. En donde, se realizaron 02 repeticiones de cada muestra para obtener un resultado más optimo, en la muestra 1 (S1) la primera repetición se observa la manifestación de mercurio en 75.3 mg/kg, mientras que en la segunda 81.4 mg/kg; en la muestra 2 (S2) se observa la manifestación de mercurio en 87.6 mg/kg, mientras que en la segunda 90.4 mg/kg; en la muestra 3 (S3) se observa la manifestación de mercurio en 79.2 mg/kg, mientras que en la segunda 85.9 mg/kg; en la muestra 4 (S4) se observa la manifestación de mercurio en 97.5 mg/kg, mientras que en la segunda 105.8 mg/kg.
3. Según lo observado la propuesta para minimizar las manifestaciones de mercurio en suelo y agua para la empresa minera Antahuila Rinconada Ananea planteamiento de la propuesta para la recuperación del mercurio en Lunar de Oro, se llega a la conclusión que se planteó las siguientes tecnologías de recuperación: física está el tamizado y la concentración gravitacional, en la química se plantea el proceso de lixiviación y la extracción



de solvente y en la recuperación biología se plantea la biorremediación y fitorremediación.



RECOMENDACIONES

1. A los futuros investigadores es sugrible realizar estudios similares de las demás empresas minera, para así verificar el grado de contaminación del mercurio.
2. Se recomienda a las empresas mineras instalar canchas de relaves impermeables para así evitar los lixiviados de los metales pesados hacia los acuíferos.
3. Finalmente, A los futuros investigadores se les aconseja realizar proyectos de estudio de tipo experimental, para reducir el mercurio teniendo en cuenta las propuestas de las tecnologías de recuperación física, química y biológica planteados en la presente investigación.



BIBLIOGRAFÍA

Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición. (25 de Mayo de 2023).

Obtenido de <https://n9.cl/5br9t>

Ayuda en Acción. (23 de Enero de 2023). Obtenido de <https://n9.cl/f0xes>

Blesa, M., & Castro, G. (13 de Diciembre de 2015). *Historia Natural y Cultural del mercurio*. Argentina: Asociacion Argentina para el Progreso de las Ciencias. Obtenido de <https://n9.cl/p103k>

Boening, D. (1999). *Environmental Behavior and Consequences of Mercury*. A General Review. Chemosphere.

Delgado Pacheco, J. (2019). *Relación entre la extracción de oro mediante amalgamación con mercurio y la contaminación del suelo (Secocha, 2018)*. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa - Perú.

Forns Sant, P. (2020). *La explotación de oro en el río Mapiri: prácticas actuales y potenciales mejoras*. Escola Politècnica Superior d'Enginyeria de Manresa, Manresa.

García Gómez, A. G. (2015). *Evaluación del impacto de la liberación de mercurio en el sitio minero, Pacarní - San Luis departamento del Huila*. Universidad Politécnica de Cartagena. departamento de Huila: corporación Universitaria del Huila CORHUILA. doi: <https://shre.ink/bvl4>

Garcia Martinez, L. A., & Zeta Castro, J. L. (2020). *Evaluación del riesgo ambiental asociado a la minería artesanal con mercurio en el río Namballe*



e, *San Ignacio - Cajamarca*. Universidad María Auxiliadora. Cajamarca:
Universidad César Vallejo. Obtenido de
<https://hdl.handle.net/20.500.12692/57428>

Gray, J. E. (2015). *Mercury contamination and its spatial distribution in soil, water, mine waste, and air surrounding mercury mines in the Big Bend, Texas, USA. Environmental geochemistry and health, 37(1), 35-48.*

gub.uy. (2 de Mayo de 2012). Obtenido de <https://n9.cl/b28i7>

Hernández, R., & Fernández, C. (2018). *Metodología de la investigación*. Mexico: McGRAW-HILL.

IARC. (1993). *Beryllium and Cadmium Exposures in Glass Manufacturing: Assessing Carcinogenic Risks to Humans*.

Juliño Carliño, M., Ocaña Segura, F., & Concha Iglesias, J. (2021). Contaminación ambiental y su influencia en la salud. *Revista Nacional Científica Estudiantil-ReNaCientE, 2(1), 75 - 90.*

Lombardi, G. L.-M. (2012). *A Half-Millennium of Mercury Exposure and Evolutionary Adaptation. BioMed Research Internationa.*

Martínez, Z., González, M. S., Paternina, J., & Cantero, M. (2017). *Contaminación de suelos agrícolas por metales pesados, zona minera El Alacrán, Córdoba-Colombia*. Colombia: Universidad de Córdoba.
<https://shre.ink/bC4V>

Mejía Burgos, O. (2016). *Contaminación de agua por metales resultado de la actividad minera metálica en el río Zaña, Chiclayo- Lambayeque – Junio*



2014- Abril 2015. Chiclayo: Universidad de Lambayeque. Obtenido de
<https://shre.ink/bC4E>

MINAM. (2010). *MINISTERIO NACIONAL DE MEDIO AMBIENTE*.

Nunez, C. (25 de Abril de 2024). *National Geographic*. Obtenido de
<https://n9.cl/ry4zi>

Poulin, J., & Gibb, H. (2008). *Mercurio: Evaluación de la carga de morbilidad ambiental a nivel nacional y local*. Ginebra: Prüss-Üstün A. Serie Carga de Morbilidad Ambiental.

Reportajes de la FAO. (2 de Mayo de 2018). Obtenido de <https://n9.cl/vpty9q>

Rumbo Minero. (29 de Julio de 2014). *Expo Mina Peru 2024*. Obtenido de
<https://n9.cl/ipej0d>

Telmer, K. &. (2008). *Artisanal and Small-Scale Gold Mining: A GMP Presentation on Global Mercury Emissions and Knowledge Gaps, Rome*.

Velasquez Viza, O. A. (2023). *Determinación de la contaminación por mercurio en agua y sedimentos en el Centro Poblado la Rinconada – Puno*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano de Puno. Escuela de Posgrado. Obtenido de <https://shre.ink/bC4v>

WHO. (2012). *A Framework for Assessing Immunotoxicological Risks of Chemicals*. Organización mundial de la salud, Ottawa.



ANEXOS

ANEXO 1.

Panel fotográfico.



Fotografía 1. Toma de muestras para hallar la concentración de mercurio en el agua



Fotografía 2. Muestras de agua de la empresa minera Antahuila – Muestra 1



Fotografía 3. Muestras de agua de la empresa minera Antahuila – Muestra 2



Anexo 3: Resultados del análisis en laboratorio



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL
LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

RESULTADO DE ANALISIS - AGUAS

INFORME N° LCA099 - 2024

I. DATOS DEL SERVICIO

- 1.1. **Solicitante** : GAYDI MAGALY CCALLO VILCA
- 1.2. **Proyecto** : NIVELES DE CONTAMINACIÓN AMBIENTAL POR MERCURIO EN EL PROCESO DE OBTENCIÓN DEL ORO ANTAHUILA RINCONADA ANANEA

II. DATOS DEL ENSAYO

- 2.1. **Producto** : Suelos
- 2.2. **Numero de muestras** : 04
- 2.3. **Muestreado por** : Gaydi Magaly Ccallo Vilca
- 2.4. **Fecha de ensayo** : 02/09/2024
- 2.5. **Departamento** : Puno
- 2.6. **Provincia** : San Antonio de Putina
- 2.7. **Distrito** : Ananea
- 2.8. **Código, ubicación, fecha y hora de muestreo**

Código	Coordenadas	Fecha	Hora
A1	E: 451407.777 N: 8382162.11	31/08/2024	08:00
A2	E: 451380.77 N: 8382170.3	31/08/2024	08:30
A3	E: 451411.89 N: 8382180.89	31/08/2024	09:10
A4	E: 451382.18 N: 8382197.89	31/08/2024	09:30

III. RESULTADOS

N°	Código	Mercurio (mg/L)
1	A1	0.0125
2	A2	0.0105
3	A3	0.0187
4	A4	0.0208

IV. MÉTODO DE ENSAYO

Los parámetros fueron analizados de acuerdo a las recomendaciones de los Métodos normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWW.WEF.21th ed. 2005

Juliaca, 09 de setiembre del 2024

UNIVERSIDAD ANDINA
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

Mgto. Ing. Milton Quispe Huanca
CIP: 47790
JEFE LABORATORIO CALIDAD AMBIENTAL FICP

N°B.E.: 00297659

1

RESULTADO DE ANALISIS - AGUAS

INFORME N° LCA100 - 2024

I. DATOS DEL SERVICIO

- 1.1. **Solicitante** : GAYDI MAGALY CCALLO VILCA
1.2. **Proyecto** : NIVELES DE CONTAMINACIÓN AMBIENTAL POR MERCURIO EN EL PROCESO DE OBTENCIÓN DEL ORO ANTAHUILA RINCONADA ANANEA

II. DATOS DEL ENSAYO

- 2.1. **Producto** : Suelos
2.2. **Numero de muestras** : 04
2.3. **Muestreado por** : Gaydi Magaly Ccallo Vilca
2.4. **Fecha de ensayo** : 02/09/2024
2.5. **Departamento** : Puno
2.6. **Provincia** : San Antonio de Putina
2.7. **Distrito** : Ananea
2.8. **Código, ubicación, fecha y hora de muestreo**

Código	Coordenadas	Fecha	Hora
A1	E: 451407.777 N: 8382162.11	31/08/2024	08:00
A2	E: 451380.77 N: 8382170.3	31/08/2024	08:30
A3	E: 451411.89 N: 8382180.89	31/08/2024	09:10
A4	E: 451382.18 N: 8382197.89	31/08/2024	09:30

III. RESULTADOS

N°	Código	Mercurio (mg/L)
1	A1	0.0138
2	A2	0.0120
3	A3	0.0211
4	A4	0.0219

IV. MÉTODO DE ENSAYO

Los parámetros fueron analizados de acuerdo a las recomendaciones de los Métodos normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWW.WEF.21th ed. 2005

UNIVERSIDAD ANDINA
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
Mgtr. Ing. Milthon Quispe Huanca
CIP. 47790
JEFE LABORATORIO CALIDAD AMBIENTAL FICP

Juliaca, 09 de setiembre del 2024

N°B.E.: 00297659

2

RESULTADO DE ANALISIS - SUELOS

INFORME N° LCA016 - 2024

I. DATOS DEL SERVICIO

- 1.1. **Solicitante** : GAYDI MAGALY CCALLO VILCA
1.2. **Proyecto** : NIVELES DE CONTAMINACIÓN AMBIENTAL POR MERCURIO EN EL PROCESO DE OBTENCIÓN DEL ORO ANTAHUILA RINCONADA ANANEA

II. DATOS DEL ENSAYO

- 2.1. **Producto** : Suelos
2.2. **Numero de muestras** : 04
2.3. **Muestreado por** : Gaydi Magaly Ccallo Vilca
2.4. **Fecha de ensayo** : 02/09/2024
2.5. **Departamento** : Puno
2.6. **Provincia** : San Antonio de Putina
2.7. **Distrito** : Ananea
2.8. **Código, ubicación, fecha y hora de muestreo**

Código	Coordenadas	Fecha	Hora
S1	E: 451416.43 N: 8382182.68	31/08/2024	10:00
S2	E: 451384.92 N: 8382165.45	31/08/2024	11:20
S3	E: 451403.08 N: 8382184.73	31/08/2024	11:40
S4	E: 451383.63 N: 8382188.43	31/08/2024	12:00

III. RESULTADOS

N°	Código	Mercurio (mg/kg)
1	S1	75.3
2	S2	87.6
3	S3	79.2
4	S4	97.5

IV. MÉTODO DE ENSAYO

Los parámetros fueron analizados por método de digestión y Absorción Atómica

UNIVERSIDAD ANDINA
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
Mgtr. Ing. Milthon Quispe Huanca
CIP. 47790
JEFE LABORATORIO CALIDAD AMBIENTAL FICP

Juliaca, 09 de setiembre del 2024

N°B.E.: 00297659

1

RESULTADO DE ANALISIS - SUELOS

INFORME N° LCA017 - 2024

I. DATOS DEL SERVICIO

- 1.1. **Solicitante** : GAYDI MAGALY CCALLO VILCA
1.2. **Proyecto** : NIVELES DE CONTAMINACIÓN AMBIENTAL POR MERCURIO EN EL PROCESO DE OBTENCIÓN DEL ORO ANTAHUILA RINCONADA ANANEA

II. DATOS DEL ENSAYO

- 2.1. **Producto** : Suelos
2.2. **Numero de muestras** : 04
2.3. **Muestreado por** : Gaydi Magaly Ccallo Vilca
2.4. **Fecha de ensayo** : 02/09/2024
2.5. **Departamento** : Puno
2.6. **Provincia** : San Antonio de Putina
2.7. **Distrito** : Ananea
2.8. **Código, ubicación, fecha y hora de muestreo**

Código	Coordenadas	Fecha	Hora
S1	E: 451416.43 N: 8382182.68	31/08/2024	10:15
S2	E: 451384.92 N: 8382165.45	31/08/2024	11:30
S3	E: 451403.08 N: 8382184.73	31/08/2024	12:00
S4	E: 451383.63 N: 8382188.43	31/08/2024	12:20

III. RESULTADOS

N°	Código	Mercurio (mg/kg)
1	S1	81.4
2	S2	90.4
3	S3	85.9
4	S4	105.8

IV. MÉTODO DE ENSAYO

Los parámetros fueron analizados por método de digestión y Absorción Atómica

UNIVERSIDAD ANDINA
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

Mgr. Ing. Milton Quispe Huanca
CIP. 47790
JEFE LABORATORIO CALIDAD AMBIENTAL FICP

Juliaca, 09 de setiembre del 2024

N°B.E.: 00297659

2

Anexo 4: Otros

Estándares de Calidad Ambiental para Agua Se ha considerado conveniente realizar la comparación con DS N° 004 – 2017 – MINAM-ECA-para Agua.

Categoría 1: Poblacional y Recreacional

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

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

Estándares de Calidad Ambiental para Suelo Se ha considerado conveniente realizar la comparación con DS N° 011 – 2017 – MINAM-ECA-para suelo.

Parámetros en mg/kg PS ⁽²⁾	Usos del Suelo ⁽¹⁾			Métodos de ensayo ^{(7) y (8)}
	Suelo Agrícola ⁽³⁾	Suelo Residencial/ Parques ⁽⁴⁾	Suelo Comercial ⁽⁵⁾ / Industrial/ Extractivo ⁽⁶⁾	
ORGÁNICOS				
Hidrocarburos aromáticos volátiles				
Benceno	0,03	0,03	0,03	EPA 8260 ⁽⁹⁾ EPA 8021
Tolueno	0,37	0,37	0,37	EPA 8260 EPA 8021
Etilbenceno	0,082	0,082	0,082	EPA 8260 EPA 8021
Xilenos ⁽¹⁰⁾	11	11	11	EPA 8260 EPA 8021
Hidrocarburos poliaromáticos				
Naftaleno	0,1	0,6	22	EPA 8260 EPA 8021 EPA 8270
Benzo(a) pireno	0,1	0,7	0,7	EPA 8270
Hidrocarburos de Petróleo				
Fracción de hidrocarburos F1 ⁽¹¹⁾ (C6-C10)	200	200	500	EPA 8015
Fracción de hidrocarburos F2 ⁽¹²⁾ (>C10-C28)	1200	1200	5000	EPA 8015
Fracción de hidrocarburos F3 ⁽¹³⁾ (>C28-C40)	3000	3000	6000	EPA 8015
Compuestos Organoclorados				
Bifenilos policlorados - PCB ⁽¹⁴⁾	0,5	1,3	33	EPA 8082 EPA 8270
Tetracloroetileno	0,1	0,2	0,5	EPA 8260
Tricloroetileno	0,01	0,01	0,01	EPA 8260
INORGÁNICOS				
Arsénico	50	50	140	EPA 3050 EPA 3051
Bario total ⁽¹⁵⁾	750	500	2 000	EPA 3050 EPA 3051
Cadmio	1,4	10	22	EPA 3050 EPA 3051
Cromo total	**	400	1 000	EPA 3050 EPA 3051
Cromo VI	0,4	0,4	1,4	EPA 3060/ EPA 7199 ó DIN EN 15192 ⁽¹⁶⁾
Mercurio	6,6	6,6	24	EPA 7471 EPA 6020 ó 200.8
Plomo	70	140	800	EPA 3050 EPA 3051
Cianuro Libre	0,9	0,9	8	EPA 9013 SEMWW-AWWA-WEF 4500 CN F ⁽¹⁷⁾ ASTM D7237 y/b ISO 17690:2015



ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

AUTORIZACIÓN PARA LA INCORPORACIÓN DE LOS
TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN
EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UANCV

Formato digital

Fecha de entrega: 06/12/2024

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: GAYDI MAGALI CCALLO VILCA

Dirección: SALIDA COATA, JR HEROES MZ.B LT.9

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 70411151

Teléfono: 944066086 email: magaliccvilca@gmail.com

Nombres y Apellidos: _____

Dirección: _____

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: _____

Teléfono: _____ email: _____

Facultad y/o Escuela de Posgrado: INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Escuela Profesional o Mención: INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

Título o Grado Académico a optar: INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL

Asesor: Mgr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación Tesis Trabajo de Suficiencia Profesional Trabajo Académico

Título: NIVELES DE CONTAMINACION AMBIENTAL POR MERCURIO EN EL PROCESO DE
OBTENCION DEL ORO ANTAHUILA RINCONADA ANANEA

Palabras claves, (3 a 5 términos): MERCURIO, RELAVE, MINERIA INFORMAL

¿Esta obra se desarrolló en la UANCV ^{1, 2}?

2

¹ Indicar si su producción intelectual ha empleado recursos tales como, instalaciones, laboratorios, insumos, equipos, bases de datos, asesoría técnica por parte del personal de la UANCV, financiamiento, entré otros relacionados.

² Si su producción intelectual se desarrolló en la UANCV totalmente o parcialmente, deberá autorizar el depósito en el Repositorio de manera obligatoria.



2. Referencia de tesis:

Bachiller Título 2da Especialidad Maestría Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi tesis en el Repositorio Digital de la UANCV.

Con la autorización de depósito de mi producción Intelectual, otorgo a la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" una licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi producción intelectual (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Digital de tesis UANCV, colección de producción intelectual, entre otros, en el Perú y en el extranjero por el tiempo y veces que considere necesarias, y libres de remuneraciones.

En virtud de dicha licencia, la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" podrá reproducir mi producción intelectual en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que la producción intelectual es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicha producción intelectual no infringe derechos de autor de terceras personas.

La Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" consignará el nombre del y/o los autor(es) de la producción intelectual, y no le hará ninguna modificación más que la permitida en la licencia.

Autorizo su publicación (marque con una X)

Sí, autorizo que se deposite inmediatamente.
 Sí, autorizo que se deposite a partir de la fecha (d/m/a): _____
 No autorizo.

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

Si usted concede una licencia CREATIVE COMMONS sobre su producción intelectual, mantiene la titularidad de los derechos de autor de esta y, a la vez, permite que otras personas puedan reproducirla, comunicarla al público y distribuir ejemplares de esta, bajo las condiciones siguientes:

¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?

Sí: significa que usted permite la reproducción, distribución y comunicación pública de la producción intelectual incluso con fines comerciales.

No: significa que usted permite la reproducción, y comunicación pública de la producción intelectual, pero sin fines comerciales.

Sí autorizo
 No autorizo



Jurisdicción de su Licencia

Todas las licencias CREATIVE COMMONS son de ámbito mundial, sin embargo, usted puede elegir entre la opción "internacional" o una adaptada a su jurisdicción, como para el caso peruano.

La opción "internacional" emplea el lenguaje y la terminología de los tratados internacionales; en cambio, la adaptada a su jurisdicción, recoge las particularidades de la legislación peruana.

En consecuencia, **la opción "internacional" goza de una mayor eficacia a nivel mundial, gracias a que tiene jurisdicción neutral.** Mientras que la opción adaptada a la jurisdicción del Perú goza de una mayor eficacia ante los tribunales peruanos.

Internacional

Nacional

Línea de investigación: CONTAMINACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL - P22

Firma de Autor



huella digital

06 DE DICIEMBRE DEL 2024

Fecha

