



**UNIVERSIDAD ANDINA**

**NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL**



**CONTAMINACIÓN AMBIENTAL POR MERCURIO Y PROPUESTA  
DE RECUPERACIÓN DE MERCURIO EN COLAS DE  
AMALGAMACIÓN INVERSIONES JHOALICON  
LUNAR DE ORO PUNO**

**TESIS PRESENTADA POR:**

**Bach. TIFFANY VANESA RUIZ DE LA VEGA CANCHARI**

**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**

**CONTAMINACIÓN AMBIENTAL POR MERCURIO Y PROPUESTA  
DE RECUPERACIÓN DE MERCURIO EN COLAS DE  
AMALGAMACIÓN INVERSIONES JHOALICON  
LUNAR DE ORO PUNO**

**TESIS PRESENTADA POR:**

**Bach. TIFFANY VANESA RUIZ DE LA VEGA CANCHARI**

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

**APROBADA POR EL JURADO REVISOR:**

**PRESIDENTE**

:

Dr. EFRAIN PARILLO SOSA

**PRIMER MIEMBRO**

:

Mgr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

**SEGUNDO MIEMBRO**

:

MSc. JESUS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

**ASESOR DE TESIS**

:

Dr. MILTHON QUISPE HUANCA

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN** : CONTAMINACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL – P22



**RESOLUCIÓN DECANAL N° 1221-2024-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 04 de octubre del 2024

**VISTO:** El expediente N° 2024- 13439 presentado por el (la) Bachiller: **TIFFANY VANESA RUIZ DE LA VEGA CANCHARI** 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. **TIFFANY VANESA RUIZ DE LA VEGA CANCHARI**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulado: **CONTAMINACIÓN AMBIENTAL POR MERCURIO Y PROPUESTA DE RECUPERACIÓN DE MERCURIO EN COLAS DE AMALGAMACIÓN INVERSIONES JHOALICON LUNAR DE ORO PUNO**, 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** : Mgtr. 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, **Dr. MILTHON QUISPE HUANCA.**

**ARTICULO TERCERO . - APROBAR**, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de el (la) bachiller: **TIFFANY VANESA RUIZ DE LA VEGA CANCHARI**; del informe final de la investigación (tesis) titulado: **CONTAMINACIÓN AMBIENTAL POR MERCURIO Y PROPUESTA DE RECUPERACIÓN DE MERCURIO EN COLAS DE AMALGAMACIÓN INVERSIONES JHOALICON LUNAR DE ORO PUNO**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental.** de acuerdo al siguiente detalle:

- \* **FECHA** : Viernes 11 de octubre del 2024
- \* **HORA** : 10:00 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.

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS  
  
Dr. MILTHON QUISPE HUANCA  
DECANO  
CIP. 47790

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

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° 767-2024-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 12 de agosto del 2024

**VISTO:** El expediente N° 2024-CU - 08573 por el señor (a): **TIFFANY VANESA RUIZ DE LA VEGA CANCHARI** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el PROVEIDO – N° 789 - 2024-UI-FICP-UANCV/J, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 037 - 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): **TIFFANY VANESA RUIZ DE LA VEGA CANCHARI**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) **Titulado: CONTAMINACIÓN AMBIENTAL POR MERCURIO Y PROPUESTA DE RECUPERACIÓN DE MERCURIO EN COLAS DE AMALGAMACIÓN INVERSIONES JHOALICON LUNAR DE ORO PUNO**, 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 del informe final de la investigación (borrador de tesis) formato N° 037 - 2024 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) **titulado: CONTAMINACIÓN AMBIENTAL POR MERCURIO Y PROPUESTA DE RECUPERACIÓN DE MERCURIO EN COLAS DE AMALGAMACIÓN INVERSIONES JHOALICON LUNAR DE ORO PUNO**, 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 mérito 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): **TIFFANY VANESA RUIZ DE LA VEGA CANCHARI**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental, con el Tema **Titulado: CONTAMINACIÓN AMBIENTAL POR MERCURIO Y PROPUESTA DE RECUPERACIÓN DE MERCURIO EN COLAS DE AMALGAMACIÓN INVERSIONES JHOALICON LUNAR DE ORO PUNO** 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) la, **Dr. MILTHON QUISPE HUANCA**.

**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 PURAS

Dr. MILTHON QUISPE HUANCA  
DECANO  
CIP. 47790



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

Dr. Efraín Pajillo Sosa  
DIRECTOR  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.  
Archivo  
interesado (a)



**RESOLUCIÓN DECANAL N° 437-2024-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 11 de junio del 2024

**VISTO:** El expediente N° 2024-CU- 4913, presentado el o (la) Bachiller **TIFFANY VANESA RUIZ DE LA VEGA CANCHARI** solicitando **APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** el **PROVEIDO - N° 388 -2024-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** formato N° 51 -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 o (la) Bachiller: **TIFFANY VANESA RUIZ DE LA VEGA CANCHARI** ha presentado su propuesta de investigación Titulado: **CONTAMINACIÓN AMBIENTAL POR MERCURIO Y PROPUESTA DE RECUPERACIÓN DE MERCURIO EN COLAS DE AMALGAMACIÓN INVERSIONES JHOALICON LUNAR DE ORO PUNO**, 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° 51 -2024- aprobando la propuesta de investigación titulado: **CONTAMINACIÓN AMBIENTAL POR MERCURIO Y PROPUESTA DE RECUPERACIÓN DE MERCURIO EN COLAS DE AMALGAMACIÓN INVERSIONES JHOALICON LUNAR DE ORO PUNO**.

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 o (la) Bachiller: **TIFFANY VANESA RUIZ DE LA VEGA CANCHARI**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental**, con el Tema Titulado: **CONTAMINACIÓN AMBIENTAL POR MERCURIO Y PROPUESTA DE RECUPERACIÓN DE MERCURIO EN COLAS DE AMALGAMACIÓN INVERSIONES JHOALICON LUNAR DE ORO PUNO** 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 **Dr. MILTHON QUISPE HUANCA**.

**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 PURAS

Dr. MILTHON QUISPE HUANCA  
DECANO  
CIP. 47790



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

Dr. Eirain Paríto Sosa  
DIRECTOR  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.  
Archivo 2024  
Interesado (s)



## CONTAMINACIÓN AMBIENTAL POR MERCURIO Y PROPOSITA DE RECUPERACIÓN DE MERCURIO EN COLAS DE AMALGAMACIÓN INVERSIONES JHOALICON LUNAR DE ORO PUNO

### INFORME DE ORIGINALIDAD

18%

INDICE DE SIMILITUD

15%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

8%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	4%
2	<a href="http://www.fao.org">www.fao.org</a> Fuente de Internet	1%
3	<a href="http://www.dol.gov">www.dol.gov</a> Fuente de Internet	1%
4	<a href="http://repositorio.unap.edu.pe">repositorio.unap.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
5	<a href="http://repositorio.unsa.edu.pe">repositorio.unsa.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
6	<a href="http://repositorio.uancv.edu.pe">repositorio.uancv.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
7	<a href="http://repositorio.upct.es">repositorio.upct.es</a> Fuente de Internet	1%



### Metadatos complementarios

Título de la Tesis	
<b>CONTAMINACIÓN AMBIENTAL POR MERCURIO Y PROPUESTA DE RECUPERACIÓN DE MERCURIO EN COLAS DE AMALGAMACIÓN INVERSIONES JHOALICON LUNAR DE ORO PUNO</b>	
<b>Datos de autor</b>	
Nombres y apellidos	TIFFANY VANESA RUIZ DE LA VEGA CANCHARI
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	45599186
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0009-0004-1650-442X">https://orcid.org/0009-0004-1650-442X</a>
<b>Datos de asesor</b>	
Nombres y apellidos	MILTHON QUISPE HUANCA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	02424528
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0000-0002-4219-1007">https://orcid.org/0000-0002-4219-1007</a>
<b>Datos del jurado</b>	
<b>Presidente del jurado</b>	
Nombres y apellidos	EFRAIN PARILLO SOSA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02416058
<b>Miembro del jurado 1</b>	
Nombres y apellidos	FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02442876
<b>Miembro del jurado 2</b>	
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><b>País:</b> Perú  <b>Departamento:</b> Puno  <b>Provincia:</b> San Antonio de Putina  <b>Distrito:</b> Ananea  <b>Ciudad:</b> La Rinconada  <b>Centro Poblado:</b> Cerro Lunar de Oro  <b>Coordenadas:</b>  <b>Latitud:</b> 15°48'68"S  <b>Longitud:</b> 70°13'15"O  <b>URL Maps:</b>  <a href="https://www.google.com/maps/d/edit?mid=1L7P4QqGohjD4PRhvUBEs0S2IZrdtvcw&amp;usp=sharing">https://www.google.com/maps/d/edit?mid=1L7P4QqGohjD4PRhvUBEs0S2IZrdtvcw&amp;usp=sharing</a></p> 
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Junio 2024 – Octubre 2024
URL de disciplinas OCDE <a href="https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html">https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html</a> Librería	<p><b>Ingeniería ambiental</b>  <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.07.00">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.07.00</a></p> <p><b>Ciencias del medio ambiente</b>  <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.05.08">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.05.08</a></p>

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CUSCO  
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PUNO  
 DIRECTOR  
 Dr. Efraín Paredón Soza  
 DIRECTOR  
 UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



### DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo TIFFANY VANESA RUIZ DE LA VEGA CANCHARI, identificado con DNI Nro. 45599186, en mi condición de egresado de:

- Escuela Profesional**
- Programa de Segunda Especialidad,**
- Programa de Maestría o Doctorado**

INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL

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

“ CONTAMINACIÓN AMBIENTAL POR MERCURIO Y PROPUESTA DE RECUPERACIÓN DE MERCURIO EN COLAS DE AMALGAMACIÓN INVERSIONES JHOALICON LUNAR DE ORO PUNO ”

Asesorado por: Dr. MILTHON QUISPE HUANCA

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copla 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 17 de OCTUBRE del 2024

Firma del Asesor

Firma del Estudiante



Huella



## DEDICATORIA

Al origen de todo, quien me ha proporcionado la fuerza para avanzar.

A mi amado padre en el cielo, gracias por ser mi inspiración y por ser mi mayor motivación para alcanzar mis metas académicas.



## AGRADECIMIENTO

Agradezco dios, por guiarme y permitir cumplir mis objetivos.

Agradezco a la UANCV, especialmente a la ISA y a sus educativos, tal como al equipo del Recinto de condición Ambiental - EPISA - UANCV, por su apoyo y ayuda en el transcurso del desarrollo de mi Proyecto.

Agradezco a jurado por sus excelentes recomendaciones y contribuciones.

A mi director de tesis por su orientación y revés en la finalización de este estudio.



## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA ..... iii

AGRADECIMIENTO ..... iv

ÍNDICE GENERAL ..... v

ÍNDICE DE TABLAS ..... ix

ÍNDICE DE FIGURAS ..... x

RESUMEN ..... xi

ABSTRACT .....xii

INTRODUCCIÓN .....xiii

### CAPÍTULO I

#### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Análisis de la situación problemática. .... 1

1.2. Planteamiento del problema. .... 3

    1.2.1. Problema general ..... 3

    1.2.2. Problemas específicos ..... 3

1.3. Objetivos de la investigación ..... 3

    1.3.1. Objetivo general ..... 3

    1.3.2. Objetivos específicos ..... 3

1.4. Justificación de la investigación ..... 4

    1.4.1. Justificación Practica..... 4

    1.4.2. Justificación social ..... 5

    1.4.3. Justificación ambiental ..... 5

    1.4.4. Justificación Económica..... 6

1.5. Hipótesis de la investigación ..... 7

1.6. Variables ..... 7



1.6.1. Variable en estudio .....	7
1.7. Operacionalización de variables.....	8

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación .....	9
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	9
2.1.2. Antecedentes nacionales.....	14
2.1.3. Antecedentes regionales.....	19
2.2. Bases teóricas .....	21
2.2.1. Contaminación ambiental.....	21
2.2.2. Tipos de contaminación .....	22
2.2.3. Mercurio .....	27
2.2.4. Propiedades físico - químicas del mercurio.....	28
2.2.5. Tipos de mercurio .....	31
2.2.6. Fuentes de liberación de Mercurio.....	34
2.2.7. Usos del mercurio .....	35
2.2.8. Efectos sobre la salud.....	36
2.2.9. Efectos en el ambiente.....	38
2.2.10. Manejo seguro del mercurio .....	39
2.2.11. Minería del oro artesanal y en pequeña escala.....	42
2.2.12. Uso del mercurio en la minería del oro artesanal y en pequeña escala.....	43
2.2.13. Amalgamación .....	46
2.2.14. Procesos aplicados de amalgamación .....	47
2.2.15. Métodos de amalgamación:.....	49



2.2.16. Colas de amalgamación .....	50
2.2.17. Límites máximos permisibles de Hg en Perú. ....	51
2.3. Marco conceptual.....	51
2.3.1. Contaminación ambiental.....	51
2.3.2. Mercurio .....	52
2.3.3. Amalgamación .....	52
2.3.4. Colas de amalgamación.....	52

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Diseño de investigación .....	53
3.2. Tipo de investigación .....	53
3.3. Diseño estadístico.....	53
3.4. Procedimiento metodológico.....	54
3.4.1. Objetivo1: Hallar la concentración de mercurio en las colas de amalgamación de la empresa Inversiones Jhoalicon.....	54
3.4.2. Objetivo2: Hallar la concentración de mercurio en el agua y suelo en zonas adyacentes a la disposición de los relaves mineros de la empresa Inversiones Jhoalicon .....	57
3.4.3. Objetivo3: Plantear la propuesta para la recuperación del mercurio en colas de amalgamación de la empresa Inversiones Jhoalicon Lunar de Oro.....	60
3.5. Materiales y equipos .....	61
3.6. Técnicas e instrumentos .....	62
3.7. Población y muestra .....	63
3.7.1. Población.....	63



3.7.2. Muestra ..... 63

**CAPÍTULO IV**

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

4.1. Resultados ..... 65

4.1.1. Concentración de mercurio en las colas de amalgamación de la empresa Inversiones Jhoalicon. .... 65

4.1.2. Concentración de mercurio en el agua y suelo en zonas adyacentes a la disposición de los relaves mineros de la empresa Inversiones Jhoalicon. .... 67

4.1.3. Propuesta para la recuperación del mercurio en colas de amalgamación de la empresa Inversiones Jhoalicon Lunar de Oro. .... 71

4.2. Discusiones ..... 78

CONCLUSIONES..... 82

RECOMENDACIONES ..... 83

BIBLIOGRAFÍA ..... 84

ANEXOS..... 88



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables de la presente investigación.....	8
Tabla 2 Propiedades químicas del Mercurio.....	29
Tabla 3 Concentracion de mercurio en las colas de amalgamación de la empresa Inversiones Jhoalicon, Lunar de Oro.....	65
Tabla 4 Concentracion de mercurio en el suelo en zonas adyacentes a la disposición de los relaves mineros de la empresa Inversiones Jhoalicon.....	67
Tabla 5 Concentracion de mercurio en el agua en zonas adyacentes a la disposición de los relaves mineros de la empresa Inversiones Jhoalicon.....	69
Tabla 6 Prueba para una muestra, concentración de mercurio en el agua en comparación con ECA.....	76
Tabla 7 Prueba para una muestra, concentración de mercurio en el suelo en comparación con ECA.....	78



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 El Mercurio.....	27
Figura 2 Ciclo de vida del mercurio.....	35
Figura 3 Afluente de color rojizo producto del lavado de oro usando mercurio.	39
Figura 4 Retorta. ....	40
Figura 5 Hidro separador o elutriador. ....	41
Figura 6 Trampas de mercurio.....	42
Figura 7 Amalgama de oro y mercurio.....	44
Figura 8 Quema de amalgama. ....	45
Figura 9 Tambor rotatorio. ....	48
Figura 10 <i>Concentración promedio del mercurio en las colas de amalgamación de la empresa Inversiones Jhoalicon, Lunar de Oro.</i> ....	66
Figura 11 <i>Concentración promedio del mercurio en el suelo en zonas adyacentes a la disposición de los relaves mineros de la empresa Inversiones Jhoalicon VS el ECA suelo.</i> .....	68
Figura 12 <i>Concentración promedio del mercurio en el agua en zonas adyacentes a la disposición de los relaves mineros de la empresa Inversiones Jhoalicon VS el ECA agua.</i> ....	70
Figura 13 Comparación de las concentraciones de mercurio en el agua en comparación con ECA.....	76
Figura 14 Comparación de las concentraciones de mercurio en el suelo en comparación con ECA.....	77



## RESUMEN

Este estudio se dedicó al mercurio en zonas mineras. El objetivo fue determinar las reuniones de Hg en el agua y el suelo, así como encontrar la mejor solución para el recobro de Hg en los residuos de amalgamación de la empresa Inversiones Jhoalicon Lunar de Oro Puno. En cuanto al metodológico, se esgrimió un diseño no experimental longitudinal con un enfoque cuantitativo, realizando la toma de muestreos de agua y suelo en 02 ubicaciones, se empleó el EPP apropiado y se registraron los ejes. Posteriormente, se ejecutó el control en cada punto, limpiando el recipiente al menos en 2 ocasiones. Estos muestreos fueron desarrollados en el recinto de Condiciones Ambientales de la UANCV. Obteniendo las sucesivas derivaciones: La reunión de Hg en las colas de amalgamaciones de la empresa Inversiones Jhoalicon se encontró una reunión de mercurio promedio de 11.28 mg/L en la M-1 y un valor de 10.34 mg/L en el M-2; en el suelo se encontró una reunión del mercurio de 3.26 mg/kg en la M-3 y 3.29 mg/kg en la M-4; estos valores se encuentran por debajo del D.S 011-2017- MINAM/ECA; en el H<sub>2</sub>O se encontró una reunión de 0.048 mg/L en la M-5 y 0.042 mg/L en la M-6; estos valores estos valores exceden el DS 004-2017- MINAM/ECA. Por último, se planteó las siguientes tecnologías de recuperación: física está el tamizado y la reunión 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.

**Palabras clave:** Mercurio, amalgamación, propuesta y recuperación.



## ABSTRACT

This study was dedicated to mercury in mining areas. The objective was to determine the meetings of Hg in water and soil, as well as to find the best solution for the recovery of Hg in the amalgamation residues of the company Inversiones Jhoalicon Lunar de Oro Puno. Regarding the methodology, a longitudinal non-experimental design with a quantitative approach was used, carrying out water and soil sampling in 02 locations, using the appropriate PPE and recording the axes. Subsequently, the control was executed at each point, cleaning the container at least 2 times. These samplings were carried out at the UANCV's Environmental Conditions area. Obtaining the successive derivations: Hg gathering in the amalgamation tails of the company Inversiones Jhoalicon an average mercury gathering of 11.28 mg/L was found in the M-1 and a value of 10.34 mg/L in the M-2; in the soil a mercury gathering of 3.26 mg/kg in M-3 and 3.29 mg/kg in M-4; these values are below the D.S 011-2017- MINAM/ECA; in H<sub>2</sub>O a meeting of 0.048 mg/L was found in M-5 and 0.042 mg/L in M-6; these values these values exceed the DS 004-2017- MINAM/ECA. Finally, the following recovery technologies were raised: physical is the sieving and gravitational gathering, in the chemical is raised the leaching process and solvent extraction and in the biological recovery is raised bioremediation and phytoremediation.

**Keywords:** Mercury, amalgamation, proposal and recovery.



## INTRODUCCIÓN

La polución ambiental por mercurio es un problema cada vez más preocupante en diversas regiones del mundo, incluyendo la región de Puno en Perú. La actividad minera informal y artesanal, como la amalgamación de oro, ha sido identificada como una de las primordiales fuentes de manifestación de Hg en el ambiente.

En la minería de pequeña escala y artesanal para la extracción de oro, se suelen emplear grandes cantidades de Hg para enjuiciar el mineral, frecuentemente en contextos perjudiciales y muy inseguras para el entorno. La demanda de Hg en las patrias que practican esta diligencia sigue creciendo, principalmente por el aumento en el precio del oro. Asimismo, la usanza de mercurio es habitualmente el método preferido y predominante para extraer oro en este sector debido a su facilidad de uso y bajo costo.

Los mineros artesanales llevan a cabo estas diligencias para procesar el mineral, empleando mercurio en distintas fases del proceso. En el curso de apartamiento del Hg de la amalgama para adquirir oro comercial, se aplican temple superiores a 360°C. El procedimiento consiste en quemar la amalgama en contacto directo con un hachón, liberando vapores de Hg al entorno. En numerosas ocasiones, este proceso se realiza en las viviendas de los trabajadores, lo que provoca impactos negativos en la salubridad humana y daños ambientales significativos.

Desde esta perspectiva, el actual estudio tiene como fin examinar la polución ambiental por mercurio en las colas de amalgamación de la empresa Inversiones Jhoalicon Lunar de Oro en Puno, y proponer estrategias de



recuperación de mercurio para mitigar su impacto negativo en el entorno.

Mediante la implementación de medidas adecuadas, se pretende contribuir al amparo del ambiente y la salubridad de la población local.

Los cuatro capítulos que componen el marco del presente estudio son los siguientes:

En el primer capítulo se incluyen el planteamiento de la cuestión, la introducción al problema, la hipótesis, la justificación y el razonamiento que esbozan los objetivos del estudio.

En el segundo capítulo se desarrollan la tesis, las referencias de la investigación y los fundamentos teóricos que sustentan este trabajo.

El diseño y el tipo de estudio, las herramientas y técnicas, la selección demográfica y de la muestra, las metodologías y los procedimientos de recogida de información se abordan en el tercer capítulo, en el que también se describe la metodología utilizada en esta investigación.

Las derivaciones resultantes y sus correspondientes análisis se presentan en el cuarto capítulo. A continuación, se comentan la presentación de los anexos y las conclusiones y sugerencias que siguen.



## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1. Análisis de la situación problemática.

La economía del distrito se fundamenta en diligencias extractivas, especialmente en la explotación de oro, realizada principalmente de forma artesanal. La minería artesanal en la región provoca un notable flujo migratorio hacia otras partes del país, lo que resulta muy beneficioso para la economía local. La minería clandestina está presente en la región, siendo los sitios más relevantes donde se extrae ilegalmente el metal los centros poblados de Lunar de Oro y La Rinconada, ambos situados en el distrito de Ananea. En respuesta a esta problemática, el Orden Legislativo N° 1099 declara como de requerimiento público, interés natural y de realización preferente las medidas para combatir la minería clandestina en la región de Puno. (INGEMMET, 2021).

Aunque la minería impulsa las inversiones en el país, ciertos sectores que operan bajo la apariencia de micro y pequeña minería han devastado los recursos renovables en el principio de la cuenca Ramis. La diligencia ilegal ha provocado la muerte de 58 mil cabecillas de ganado en los últimos 10 años en la cuenca del afluente Ramis, debido a la ingesta de H<sub>2</sub>O polucionada con residuos y Hg provenientes de la minería no regulada. Igualmente, aproximadamente 100 mil mineros han optado por la extracción de oro como una



alternativa laboral para subsistir, mientras que un pequeño sector ha hallado una oportunidad de enriquecimiento en la minería no regulada, a expensas de la polución de los recursos hídricos y sin contribuir fiscalmente al Estado. Con el fin de controlar mejor la diligencia ilegal, el gobierno inició el proceso de formalización; no obstante, este avanza lentamente y enfrenta numerosas limitaciones. (Rumbo Minero, 2014)

La polución ambiental por mercurio es una problemática grave que afecta a muchas regiones del mundo, incluyendo la región de Puno, donde se encuentra la empresa Inversiones Jhoalicon Lunar de Oro. El mercurio es un metal sólido extremadamente venenoso que puede causar efectos severos en la salubridad humana, particularmente en el sistema nervioso y en el progreso fetal.

Estas colas contienen altas concentraciones de mercurio que pueden destilar a la superficie y al H<sub>2</sub>O, polucionando el entorno y poniendo en peligro la salubridad de los individuos que residen en la zona.

Para tocar esta problemática, es preciso efectuar medidas efectivas de recuperación de mercurio en las colas de amalgamación. Una propuesta para lograr esto es la ejecución de un sistema de procesamiento de aguas remanentes que permita separar y recuperar el mercurio de manera segura, evitando su liberación al medio ambiente. Además, se deberían implementar medidas de gestión de restos sólidos para el manejo adecuado de las colas de amalgamación, evitando su disposición inadecuada en vertederos o áreas abiertas.

Es fundamental que se realicen inversiones en tecnologías y capacitación del personal para implementar medidas de recuperación de mercurio de manera efectiva y verisímil.



## **1.2. Planteamiento del problema.**

### **1.2.1. Problema general**

¿Qué concentraciones de mercurio estarán afectando al medio ambiente y cuál será la propuesta más adecuada para recuperar de mercurio en colas de amalgamación de la empresa Inversiones Jhoalicon Lunar de Oro Puno?

### **1.2.2. Problemas específicos**

1. ¿Cuál será la concentración de mercurio en las colas de amalgamación de la empresa Inversiones Jhoalicon?
2. ¿Cuál será el contenido de mercurio en el agua y suelo en zonas adyacentes en la disposición de los relaves mineros de la empresa Inversiones Jhoalicon?
3. ¿Cuál será la propuesta ideal para la recuperación del mercurio en colas de amalgamación de la empresa Inversiones Jhoalicon Lunar de Oro?

## **1.3. Objetivos de la investigación**

### **1.3.1. Objetivo general**

Determinar el contenido de mercurio en el agua y suelo identificando la mejor propuesta para recuperar mercurio en colas de amalgamación de la empresa Inversiones Jhoalicon Lunar de Oro Puno.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

1. Hallar la concentración de mercurio en las colas de amalgamación de la empresa Inversiones Jhoalicon.



2. Hallar la concentración de mercurio en el agua y suelo en zonas adyacentes a la disposición de los relaves mineros de la empresa Inversiones Jhoalicon.
3. Plantear la propuesta para la recuperación del mercurio en colas de amalgamación de la empresa Inversiones Jhoalicon Lunar de Oro.

## **1.4. Justificación de la investigación**

### **1.4.1. Justificación Practica**

La razón práctica para el estudio sobre polución ambiental por mercurio y propuesta de recuperación de mercurio en colas de amalgamación en Inversiones Jhoalicon Lunar de Oro, Puno, radica en la necesidad de abordar un problema ambiental grave y urgente en la región. La polución ambiental por mercurio es un argumento de intranquilidad a nivel mundial, ya que este metal pesado es altamente tóxico y puede tener incidencias devastadores en la salubridad humana y en los ambientes. En el caso determinado de la región de Puno, donde se lleva a cabo las extracciones de oro por medio de la amalgamación, se ha identificado que existe una alta presencia de mercurio en el aire, la superficie y el H<sub>2</sub>O, lo que simboliza un peligro para la salubridad de la población local y para la biodiversidad.

Por otro lado, la propuesta de recuperación de mercurio en las ligas de amalgamaciones en Inversiones Jhoalicon Lunar de Oro, Puno, busca no solo mitigar los impactos negativos de la polución por mercurio, sino también promover destrezas más razonables y responsables en la fabricación minera de la zona. En resumen, esta investigación es de vital importancia para abordar un problema urgente de polución ambiental en la región de Puno, proponiendo



soluciones concretas y prácticas que pueden contribuir significativamente al amparo del ambiente y la salubridad de la población local.

#### **1.4.2. Justificación social**

La razón social para este estudio se basa considerando que, la polución por mercurio afecta directamente la salubridad de los laboradores de la compañía y de la urbe cercana, lo que puede derivar en enfermedades graves e incluso fatales. Además, la existencia de mercurio en el ambiente puede poseer efectos devastadores en la biodiversidad local, contaminando cuerpos de H<sub>2</sub>O y suelos, y afectando a la fauna y la flora del sitio. Esto repercute en la condición de existencia de las personas que penden de estos recursos naturales para su sustento y también en la viabilidad de actividades económicas como la pesca y la agricultura.

Por otro lado, la ejecución de medidas para el recobro de mercurio en las colas de amalgamación no solo contribuirá a reducir la polución ambiental, sino que también demostrará el adeudo de la compañía con las sostenibilidades y el cuidado del entorno en el que opera. Esto generará un impacto positivo en la percepción que la comunidad tiene sobre la empresa, mejorando las relaciones con los pobladores y fortaleciendo la responsabilidad social corporativa.

#### **1.4.3. Justificación ambiental**

La fundamentación ecológica de este estudio reside en la importancia de mitigar los impactos negativos del mercurio en el ambiente y originar prácticas garantes en la industria minera para garantizar la sostenibilidad a largo plazo.



Por tanto, es necesario ejecutar un estudio para evaluar la polución ambiental por el mercurio en el área de incidencia de la compañía y plantear soluciones de recuperación del mercurio contenido en las colas de amalgamación. Esta propuesta no solo contribuirá al amparo del ambiente y la salubridad de los individuos, sino que también permitirá optimizar la imagen de la compañía y su compromiso con la sostenibilidad ambiental.

#### **1.4.4. Justificación Económica**

radica en la transcendencia de abordar la problematización de la polución ambiental por el mercurio en la actividad minera de la organización Inversiones Jhoalicon Lunar de Oro en Puno.

La polución por mercurio posee impactos perjudiciales en el entorno, la salubridad humana y la riqueza local. La ostentación a elevados niveles del mercurio puede provocar peligrosos problemas de salubridad, como perjuicios neurológicos y reproductivos, así como impactar en la fauna y flora del ecosistema circundante.

Además, la polución por mercurio puede generar conflictos con las comunidades locales y afectar la reputación de la empresa minera, lo que puede conducir a pérdidas económicas significativas debido a multas, sanciones y demandas legales.

En este sentido, la propuesta de recuperación del mercurio en las colas de amalgamaciones de la empresa Inversiones Jhoalicon Lunar de Oro representa una oportunidad para reducir los impactos ambientales, mejorar la salubridad de los laboradores y la comunidad, y acortar los costos asociados a la polución por el mercurio.



Además, la implementación de medidas de recuperación del mercurio puede generar beneficios económicos adicionales, como la venta del mercurio recuperado como productos básicos para otras industrias, tal como mejoras en la imagen colectiva de la compañía, la cual puede atraer a inversores y consumidores conscientes del medio ambiente.

## 1.5. Hipótesis de la investigación

### Hipótesis general.

Las concentraciones de mercurio en el agua y suelo identificando la mejor propuesta para recuperar mercurio en colas de amalgamación de la empresa Inversiones Jhoalicon Lunar serán significativas.

### Hipótesis específica

La concentración de mercurio en las colas de amalgamación de la empresa Inversiones Jhoalicon es significativa.

La concentración de mercurio en el agua y suelo en zonas adyacentes a la disposición de los relaves mineros de la empresa Inversiones Jhoalicon es significativa.

## 1.6. Variables

### 1.6.1. Variable en estudio

#### Variable independiente.

Concentración de mercurio

#### Variable dependiente

Contaminación de mercurio en agua y suelo



1.7. Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de variables de la presente investigación.

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADOR	UNIDAD DE MEDIDA	METODOLOGÍA
<b>Variable en estudio</b>	Niveles de Concentración de mercurio	Concentración de mercurio	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Diseño de investigación No Experimental longitudinal.
Independiente concentración de mercurio	Niveles de Concentración de mercurio en el agua	Concentración de mercurio en el agua	$\mu\text{g}/\text{L}$	
Dependiente Contaminación ambiental por mercurio en agua y suelo	Niveles de Concentración de mercurio en el suelo	Concentración de mercurio en el suelo	mg/kg	Tipo de investigación Aplicada
	Parámetros fisicoquímicos	pH	und. pH	Enfoque cuantitativo
		Temperatura	$^{\circ}\text{C}$	



## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes de la investigación

##### 2.1.1. Antecedentes internacionales

En su estudio (Terán Mita, 2021), denominada “Valoración de los impactos circunstancial de la extracción de oro a chica escala en el ANMIN-Apolobamba (Bolivia)”, con el fin primordial de “detectar los efectos ecológicos de minería de oro filoniana a escala reducida sobre los componentes abióticos (terrenos, sedimentaciones y desechos) y bióticos (flora originaria) en ANMIN-Apolobamba”. Con este fin, escogió 2 mutualidades mineras de oro particularmente características por su localización en áreas de elevada diligencia minera, a saber: Rayo Rojo y Virgen del Rosario. En cada asociación minera, se definieron 2 áreas: una contigua a las diligencias de procesamientos del mineral y/o la extracción del oro, conteniendo la quema de las amalgamaciones, que podría llamarse area minera; y otra separada de estas combates, que se podría considerar zona de control. En cada área, identificó perfiles representativos de suelos, recolectó muestras de suelos de superficies y profundos, tal como materiales vegetales, y posteriormente, recogió muestreos de restos mineros y sedimentaciones. Generalmente, los metales totales no descubrieron discrepancias significativas entre las superficies de superficies y profundos ni en



relación con la cercanía a las áreas mineras, lo que propone que estos metales podrán tener un principio geogénico. Además, identificó un aumento de Hg en la superficie en las áreas mineras, lo que sugiere una degradación seguida de Hg. Asimismo, encontró elevados niveles de arsénico total, soluble y biodisponible en las cercanías del área minera, posiblemente asociados con la existencia de restos ricos en arsenopirita. Los niveles de MO y arcilla podrían influir en las reuniones de zinc y cadmio biodisponibles, en tanto que el pH de la superficie está relacionado con la conducta del arsénico, Hg y cobre. En términos generales, los metales solubles demostraron ser en gran medida independientes, sin reciprocidades significativas con las características químicas y físicas de la superficie. Se evaluó el comprendido y la especiación del arsénico en los muestreos de superficie rizosférico y no rizosférico, recolectadas en las 2 asociaciones estudiadas, para comprender su destino y los peligros ambientales asociados con los acopios de este metal. El promedio de arsénico total en las superficies no rizosféricas y rizosféricas fluctuó entre 13 y 64 mg kg<sup>-1</sup> a zona de la raíz mostró valores al menos duplicados del comprendido de arsénico comparado con la superficie no rizosférica. Dado que las manifestaciones y liberaciones de Hg en las diligencias mineras extracción de oro en pequeñas proporciones se concentran y se acumulan en vegetaciones, suelos y corporaciones de H<sub>2</sub>O, se investigó el traspaso de Hg de la superficie a las vegetaciones para prever el posible acopio de Hg en el ganado camélido cerca de las áreas mineras auríferas estudiadas. El nivel promedio de Hg en los suelos fluctúa entre 0,5 y 48,6 mg Hg kg<sup>-1</sup> (de 5 a 60 veces mayor en cotejo con las superficies de la zona de control) y superó los valores de informe de los suelos en ciertas patrias europeos. Las reuniones de Hg en hojas y raíces variaron de



0,6 a 18 y 0,2 a 28,3 mg Hg kg<sup>-1</sup>, proporcionalmente. Los elevados niveles de Hg en Poaceae y Rosaceae podrían incrementar el acopio de Hg en la cadena trófica, dado que los camélidos dependen completamente de estas plantas correajes y, a su vez, estos animales son las primordiales fuentes de carne para la urbe minera de esas regiones, quienes están en mayor peligro si se usan ciertas de las especies ensayadas con fines terapéuticos.

En su artículo publicado (Fernández Villalobos, 2019) teniendo como fin “detallar los métodos de exposiciones al Hg en individuos que laboran en la minería artesanal de oro, en las Juntas de Abangares, Costa Rica, 2015-2016”. Dentro de los métodos y los materiales, se implementó un cuestionario para identificar componentes de peligro. Asimismo, se empleó una lista de verificación para examinar los procesos de minería artesanal de oro. Posteriormente, se llevó a cabo las mediciones de niveles de Hg en el aire en los sitios de labor para determinar las reuniones de Hg a las que estaban expuestos los individuos. Los hallazgos arrojaron los siguientes resultados: En el transcurso el proceso de quema se liberaba vapor de Hg, conjuntamente, se identificaron elementos de peligro que aumentan la probabilidad de inoculación por Hg debido a la falta de equipo de amparo personal apropiado en el transcurso la diligencia minera. Como terminaciones, se señala que los individuos que laboran en minería artesanal de oro emplean tecnología que no cumple con los estándares precisos para reducir los peligros, fundamentalmente en el caso de la retorta y su capacidad para prevenir la fuga de Hg. Esto se debe a que se comprobó las exposiciones al Hg durante el proceso de combustión, a pesar de la usanza de la retorta. Esta exposición es 2.5 veces superior al límite autorizado como OSHA. Para una jornada de trabajo de 8 h, los valores deberían ser mínimas o iguales



a  $0.1 \text{ mg/m}^3$  de vapor de Hg. Sin embargo, dadas los contextos en las que se realizaron las mediciones, con un valor de  $1 \text{ mg/m}^3$  de vaho de Hg durante la quema, se crea una exposición de  $0.25 \text{ mg/m}^3$ , excediendo el límite establecido por OSHA.

El informe presentado por (Forns Sant, 2020) titulado "La extracción de oro en el afluyente Mapiri: método actual y perfeccionamientos posibles", con el propósito principal de examinar el método de extracción y proceso del yacimiento de oro aluvial del afluyente Mapiri en el departamento de La Paz (Bolivia). Además, buscó fomentar la conciencia sobre los riesgos laborales, ambientales y de salud asociados con esta forma de minería artesanal, así como apoyar la promoción de un sistema de sostenibilidad mercantil y ecológica en la minería aurífera artesanal. Con este fin, se describió y midió el oro en las diferentes etapas de la extracción, conjuntamente de establecer la reunión de Hg en las aguas del afluyente Mapiri a su paso por las asociaciones y durante el proceso del mineral. Las derivaciones mostraron que en las cooperativas de Milagros de Choropampa y Yanato se llevaban a cabo procesos de recuperación de oro ineficaces debido a un deficiente diseño del método de extracción. El mayor porcentaje de oro se encontró en el rango de 500 a  $150 \mu\text{m}$ , con un 91.7% en el caso de Milagros de Choropampa y un 99.7% en Yanato. El oro de partículas finas ( $D_p < 90 \mu\text{m}$ ) constituye un pequeño porcentaje de la carga. Sin embargo, una cantidad significativa del oro presente en los sedimentos procesados se pierde, acumulándose en los desechos después de pasar por la canaleta. En cuanto a la polución por mercurio en las aguas, no se superan los límites legales establecidos, aunque se sabe que no hay peces en los ríos debido a la polución. Se debería eliminar el uso de mercurio, ya que, además de causar polución



ambiental y riesgos para la salud, el Convenio de Minamata establece que a partir de 2022 su utilización y comercialización estarán prohibidas en la mayoría de los sectores industriales, incluido el minero.

El artículo presentado por (Rocha y Caballero, 2018) se enfocó en analizar las reuniones de Hg-t en muestreos de tierra superficial de San Martín de Loba, al sur de Bolívar (Colombia), y en establecer el grado de polución en la superficie. Se utilizaron 202 muestreos de suelo superficial recolectadas en San Martín de Loba. Las reuniones de Hg-t se determinaron mediante atomización espectroscopía de absorción atómica y electrotérmica. Los resultados indicaron que las reuniones de Hg-t transformaron de 0.002 a 23.84  $\mu\text{g/g}$ , con un valor promedio de  $3.40 \pm 0.36 \mu\text{g/g}$ , que es levemente superior al promedio global para Hg en suelos. Del mismo modo, el índice de geo-acumulación (Igeo) para la superficie mostró valores mayores a 5, señalando una polución severa (Clase 6) en el 17% de los muestreos, en tanto que el 70% correspondió a la Clase 5 (polución fuerte a extrema). En conclusión, se determinó que la jurisdicción de San Martín de Loba puede discurrir un área altamente polucionada con altos niveles de Hg. La tecnología empleada para la extracción de oro durante los procesos de amalgamaciones causa un elevado nivel de polución por Hg en la zona minera. Así, las derivaciones muestran que elevados niveles de Hg existentes en el acceso del municipio, cerca de las minas, tanto en las abandonadas como en las aún operativas, así como en tiendas de oro, entre otros lugares. Consiguientemente, se deben considerar métodos alternos de extracciones para disminuir los niveles de Hg que podrían librar al ambiente y afectar la salubridad humana.



## 2.1.2. Antecedentes nacionales

Como Vega (2017) en su estudio denominada "Análisis de los niveles de Hg y demás metales que impactan la salubridad en la concesión minera Pierina XXI durante los procesos de legalización de la minería no autorizada", el propósito principal fue examinar el Hg y demás metales existentes en el superficie y el H<sub>2</sub>O para evaluar el impacto de estos compendios en la salubridad debido a la minería no autorizada, llevada a cabo en la concesión minera Pierina XXI, situada en la zona conocida como "Ramos - Balcón" en el Distrito de Pozuzo, Provincia de Oxapampa - Pasco. El estudio se ejecutó esgrimiendo un enfoque no experimental, pues se centró en analizar el suelo y el H<sub>2</sub>O sin alterar las variables independientes. Se realizaron visitas de campo previas a el área afectada, y se llevaron a cabo 58 encuestas a mineros no autorizados entre el 07 y el 10 de enero de 2016. Además, las derivaciones de la valoración de Hg y demás metales en la concesión minera Pierina XXI indicaron que las medidas con mayor riesgo para la salud de los mineros ilegales están en el suelo. Los niveles de metales en el suelo superaron las normas de condición ambiental, como el arsénico con 3608.41 mg/kg y 2062.92 mg/kg; cromo con 1.68 mg/kg, 5.10 mg/kg, 1.69 mg/kg, y mercurio con 27.72 mg/kg, lo que resulta nociva para la salubridad humana y causa las degradaciones del ecosistema en la concesión minera Pierina XXI.

El informe presentado por (Flores Maquera & Coa Huaricallo, 2023), El propósito establecido fue identificar si las reuniones de Hg en las cisternas de H<sub>2</sub>O potable disponibles para ingesta en el centro poblado "La Rinconada" exceden los niveles máximos permitidos según las normas de la OMS/MINAM. Utilizaron un enfoque de tipo cuantitativo para la investigación, con una



estructura cuasiexperimental y un nivel de estudio inferencial y descriptivo; recolectaron muestreos de los depósitos de H<sub>2</sub>O para la ingesta de los habitantes en 4 áreas del Centro Poblado La Rinconada (Tres de Mayo, Riticucho, San Jorge, San Francisco), tomando 10 muestras por área para su estudio. Entre los hallazgos en los estudios de los niveles de Hg, se encontró que en el sitio de Riticucho los valores fueron de 0.00001 y 0.00021 mg/L, en San Jorge de 0.00557 y 0.0002 mg/L, en San Francisco de 0.00008 y 0.00002mg/L, y en 3 de mayo de 0.00008 y 0.00001 mg/L. Concluyeron que en el 82.89% de los muestreos, la reunión de mercurio está por debajo de los LMP por la OMS/MINAM. En consecuencia, no se encontraron discrepancias relevantes en los niveles de Hg en las cisternas de H<sub>2</sub>O.

De acuerdo con el artículo publicado por (Torre Ureta, y otros, 2022), titulado "Opciones para reemplazar y disminuir la usanza de Hg en la minería artesanal de Madre de Dios", donde su propósito fue examinar, sintetizar y evaluar la pesquisa aprovechable sobre métodos para sustituir y reducir la usanza de Hg en la minería artesanal. La investigación llevada a cabo fue de tipo básica y exploratoria, empleando un enfoque cualitativo y una revisión metodología. Entre los hallazgos se encontraron: la aplicación de técnicas gravitacionales, la flotación por espuma, el método de cianuración, el empleo de bórax, las fusiones con preprocesamiento bórax y ácido nítrico, la usanza de retorta en el proceso de tostación y la máquina ECO-100V. Llegan a la conclusión de que hay opciones para reemplazar y sustituir la usanza del Hg en la extracción de oro en la minería artesanal y de chica escala, destacando las técnicas gravimétricas como alternativas, ya que su tecnología facilita la disminución de impactos ambientales. Sin embargo, surgen dificultades en su



aplicación, como los altos costos que deben cubrir la Dirección Nacional y las comunidades que practican la minería artesanal.

El trabajo de investigación presentado por (Ramos Roman, 2022) titulado "Análisis de la condición del H<sub>2</sub>O en el afluente Chanquillo, en áreas afectadas por diligencias mineras, distrito de Gorgor, Cajatambo - 2021", con el propósito de llevar a cabo el estudio de la condición del H<sub>2</sub>O del afluente Chanquillo, situado en una zona presumida por la minería en el distrito de Gorgor en 2021. Se utilizó una metodología descriptiva y de corte transversal. Los parámetros muestreados se ajustan a la resolución jefatural N° -010 -2016 ANA, ejecutando una muestra simple de H<sub>2</sub>O de superficie en 3 puntos seleccionados, tomando en cuenta los puntos de control del EIA del Proyecto Minero Candelaria 2012. Entre las derivaciones obtenidos para evaluar la condición del H<sub>2</sub>O del afluente Chanquillo, se encontraron: Cianuro total = 0.013 mg/L, pH= 6.5, Mercurio= 0.001 mg/L, Arsénico = 0.008 mg/L, Arsénico= 0.13, Cadmio= 0.0004 mg/L, Cromo= 0.0008 mg/L, Zinc = 0.03 mg/L, Cobre= 0.03 mg/L, Plomo = 0.006 mg/L, Mercurio= 0.001 mg/L, Grasas y Aceites = 0.5 mg/L. Se concluyó que, de los 10 medidas valorados de la condición del H<sub>2</sub>O del afluente Chanquillo, todos ostentan valores por abajo de los límites de condición ambiental establecidos. No obstante, en cuanto a las reuniones de Hg (un parámetro inorgánico), se registraron valores idénticos a los del patrón de condición ambiental para H<sub>2</sub>O, lo que implicaría un peligro si se sobrepasa ese límite colindante a lo dañino.

La investigación presentada por (Peña Contreras, 2022) su propósito principal fue establecer la colocación y la cabida de adsorción del Hg en la superficie. Utilizó una investigación exploratoria con un enfoque descriptivo. Para ello, estudió un área de 20 km<sup>2</sup>, realizando un control en 2 estaciones del año



(pluviosa y seca); esgrimió la Guía para el muestreo de superficies del MINAM (2014), aplicando una muestra en forma de Rejilla Circular, consiguiendo 4 Cuadrantes (D, C, B y A), cada uno con 8 divisiones, y extrajo un total de 33 muestreos de suelo; para los análisis físico-químicos se recolectaron 17 muestreos de suelo. Los muestreos vegetales se recogieron de acuerdo con la Guía de Relación de vegetación y flora del MINAM (2015), logrando un total de 11 muestreos durante la temporada de lluvias y 10 muestras en la estación seca. La reunión de Hg en los muestreos de superficie y flora se analizó en recinto esgrimiendo el método de Adsorción Atómica; y la cabida de adsorción se determinó mediante la fórmula de la Isoterma de Langmuir. Los resultados mostraron que la distribución de la reunión de Hg en la superficie de la zona de estudio es desigual, a causa del continuo movimiento de la superficie, llevado a cabo periódicamente por los mineros locales. La reunión media de Hg en la superficie fue de 1.4 mg/kg durante la temporada de aguaceros y de 2.3 mg/kg en la temporada seca. Aunque los niveles de Hg en la zona de estudio no superan las Normas de condición Ambiental señalados por el Ministerio del Ambiente, sí exceden los límites del PNUMA. Además, se notó que la cabida de absorción ( $q$ ) de la superficie está íntimamente vinculada con la reunión de Hg; o sea, a mayor reunión de Hg, menor es la cabida del suelo para adsorberlo, de forma conforme. Por cada mol de Hg, la habilidad de la superficie para captar Hg reduce en  $7.13775 \times 10^{-9} q$ . Al determinar la extensión y reunión del mercurio en el suelo afectado por la diligencia minera, se encontró que la zona de estudio muestra una comercialización irregular tanto en la temporada de aguaceros como en la temporada seca, con valores que varían entre 0.6 mg/kg y 4.5 mg/kg de Hg en la superficie. La reunión de Hg en esta zona no excede los LMP por el



MINAM, pero sí los del PNUMA. Al correlacionar las propiedades químicas y físicas con la reunión de Hg en la superficie, se descubrió que las propiedades físico-químicas de la superficie influyen en la cabida de adsorción del Hg y en su distribución en la superficie. Entre las particularidades más importantes que afectan la adhesión y colocación del Hg en el ecosistema se encuentran la textura de la superficie, el pH, la Conductividad Eléctrica, la Humedad, el Fósforo y la Materia Orgánica. Al medir la reunión de Hg en la vegetación de la zona de estudio, se observó que supera los niveles de condición ambiental establecidos por la Comisión de la Unión Europea como el Reglamento (UE) 2018/73. El promedio de reunión de Hg en los muestreos desarrolladas fue de 1.0 mg/kg durante el tiempo de aguaceros y de 2.9 mg/kg en la temporada seca. Posteriormente, al correlacionar la reunión de mercurio en las plantas con la de la superficie, se observó que esto depende de las propiedades físico-químicas del suelo, la cuantía de MO y las conductividades eléctricas presentes. Se detecta una transferencia ligera de Hg de la superficie a las vegetaciones, siendo más significativa durante la temporada seca.

En su trabajo de investigación (Delgado Pacheco, 2019), tuvo como finalidad examinar las reuniones de Hg tanto en superficies en la que se ejecuta la amalgamación para la recuperación de oro como en suelos donde no se efectúan dichas actividades. Empleó un diseño de cotejo con conjunto estático. Su hipótesis propone una conexión entre las amalgamaciones con Hg para la obtención de oro y el nivel de polución de la superficie. La muestra incluyó los diversos sectores o áreas de la MAPE en la Región Arequipa. Por medio del muestreo de lotes, eligió al azar el Centro Poblado de Secocha. Conjuntamente, conforme a la Guía de Muestra de Superficie (R.M. N° 085-2014-MINAM), se



delimitó la zona de interés (0,5 Ha) por medio de muestreo preliminar, y seleccionó los puntos de muestra (unidades de estudios). Sus hallazgos corroboran la conexión entre las amalgamaciones con Hg para extraer oro y el nivel de polución de la superficie, y, por ende, se admite la hipótesis que lo explica, no obstante, esta asociación no es estadísticamente relevante. Como conclusión señala que en las áreas en la que se realizan diligencias de amalgamación, se detectan elevadas reuniones de Hg en la superficie (513,7712 mg/kg), las cuales reducen a medida que se profundiza: 66,8647 mg/kg a 30 cm y 18,3643 mg/kg a 60 cm. En los diversos de ellos superan los límites de condición ambiental para la superficie (D.S. N° 011-2017-MINAM), generando, consiguientemente, importantes impactos ambientales, como la degradación de la superficie hasta el punto de hacerlo inservible, así como el perjuicio para la salubridad de los individuos, dado que la reunión de Hg en la superficie sobrepasa 77 veces el Estándar de condición Ambiental nacional.

### 2.1.3. Antecedentes regionales

El artículo presentado por los autores (Novoa y Huisa, 2022), titulado "Impactos en ecosistemas debido a la existencia de metales solidos en la minería artesanal en Puno". La finalidad del estudio fue asemejar la existencia de metales solidos generados por la minería artesanal en Sandia, Carabaya y San Antonio de Putina Se analizaron 7 muestreos específicas de H<sub>2</sub>O cercanas a las actividades en las 3 provincias, valoradas con un equipo de espectrometrías de plasma (ICP); además, se analizaron 10 muestreos en el centro poblado La Rinconada usando un equipo Milestone DM 80 especializado en la detección de Hg. En el primer conjunto, se encontraron niveles de aluminio (Al) entre 7,79 y



66,2 mg/L; cromo (Cr) en un muestreo con 0,12 mg/L; hierro (Fe) en un rango de 36,1 a 281 mg/L; Hg en niveles de 0,0158 a 0,1302 mg/L; Mn de 0,4004 a 6,5093 mg/L y Ni con valores de 0,2278 a 1,2149 mg/L. De 6 muestreos, 5 muestran metales que exceden los límites de condición ambiental para regadío y consumo animal. En La Rinconada, en la que trabajan más de 400 contratistas y viven cerca de 30,000 personas, los análisis revelaron reuniones de mercurio que oscilan entre 0,0013 y 0,0188 mg/l, superiores a los límites permitidos según las normativas nacionales e internacionales. Las derivaciones evidencian los efectos adversos para ecosistemas y la salubridad de los individuos en las áreas circundantes.

El artículo presentado por (Cuentas Alvarado & Velarde Ochoa, 2019), siendo su objetivo "Establecer las mermas de Hg durante las fases de amalgamaciones y fundición". Para esto, efectuaron un arqueo de masa de mercurio en 6 quimbaletes y 5 molinos, analizando 6 muestras en cada dispositivo. Las derivaciones muestran que las mermas de Hg (derramadas al ambiente) en los molinos varían entre 6 y 9 g de Hg por cada 1 g de oro recuperado; mientras que en los 'quimbaletes', las pérdidas fluctúan entre 5 y 17 g de Hg por cada 1 g de oro obtenido.

El estudio presentado por (Ccancapa Salcedo, 2015) llevó a cabo el estudio en Ananea, en el centro poblado La Rinconada, abarcando 4 áreas: A en la quebrada del centro poblado Lunar de Oro, B en la zona baja del barranco del poblado La Rinconada, C en la sección media de Pampas de Molino, y D en la entrada de la laguna Rinconada. El propósito del análisis fue 'analizar la polución por mercurio en aguas de superficies y sedimentaciones en La Rinconada, provocada por la minería informal (C.P. La Rinconada-Puno)'. Para ello, se



tomaron muestreos de H<sub>2</sub>O de superficie y sedimentaciones en las 4 áreas indicadas, las cuales fueron evaluadas mediante el método de fluorescencia atómica EPA 245.3 en el recinto de condición Ambiental de la UMSA en La Paz, Bolivia. Entre los hallazgos se encontraron: La reunión de Hg en las aguas de superficies de la Rinconada fue: en el arroyo del área urbana Lunar de Oro (A) 0.00014 mg/l, en el arroyo del área urbana la Rinconada (B) 0.00018, en Pampas de Molino (C) 0.00013 y en la entrada de la laguna Rinconada (D) 0.00015 mg/l. Los bienes resultaron ser inferiores a los LP y estadísticamente parecidas entre las localidades ( $P > 0.05$ ), en diciembre, el nivel de Hg fue 0.00005 mg/l, al igual que en enero, mientras que en marzo fue 0.00035 mg/l, siendo mayor al de los demás meses ( $P > 0.05$ ). En diciembre, la reunión de Hg fue 64.75 mg/l, en enero 78 mg/l y en marzo 118.75 mg/l. En las aguas de superficies de la Rinconada, el pH fue ácido, con valores que iban de 3.4 a 3.48 unidades. El temple del H<sub>2</sub>O cambió de 5.9 a 6.4 °C a causa de la altitud, los SDT fueron de 693.3 a 713.4 mg/l, con los valores más altos en el área superior del efluente. La turbidez se ubicó entre 24.3 y 140.3 UNT, el OD fluctuó entre 2.27 y 3.28 mg/l, y las conductividades eléctricas varió de 1366.67 a 1403.3  $\mu$ S/cm.

## 2.2. Bases teóricas

### 2.2.1. Contaminación ambiental

Se precisa polución ambiental como la adición al entorno de sustancias perjudiciales en cualquier forma y de origen biológico, físico o químico que sean dañinas para la salubridad de seres humanos, animales y vegetales. (Serkonten, s.f.)



La polución ambiental es un anómalo que impacta de manera seguida e indirecta la salubridad de los individuos. No solo perjudica la salubridad humana, sino que también perturba el equilibrio de ecosistemas. En términos generales, tanto los individuos como los animales silvestres están aventurados a combinaciones de más de 2 sustancias nocivas. Este empalme con poluciones peligrosos puede ocurrir en el transcurso la fabricación, colocación o uso de productos como fármacos, suministros, productos de limpieza, pesticidas, plaguicidas, fórmulas industriales y artículos domésticos, o bien cuando estos se eliminan en el entorno. (Juliño Carliño, Ocaña Segura, & Concha Iglesias, 2021)

## 2.2.2. Tipos de contaminación

Según su tipo, la polución se manifiesta de diversas maneras, siendo:

- a) Contaminación del aire o atmosférica:** Es la modificación de la condición del corriente en la atmósfera y el cambio en los niveles normales de gases presentes en el aire, como el óxido nitroso y el monóxido de carbono, que se origina por el humazo de las industrias, gases nocivos, pulverizaciones, entre otros. Sus consecuencias inmediatas incluyen la formación de smog y el calentamiento global. La polución del aire puede causar males como episodios agudos en individuos con asma o padecimientos respiratorias. Estas afecciones elevan el peligro de problemas cardíacos y de vasos sanguíneos, y pueden incrementar la probabilidad de desarrollar cáncer de pulmón. (Juliño Carliño, Ocaña Segura, & Concha Iglesias, 2021)
- b) Contaminación del agua:** Se define como la acopio de una o más sustancias ajenas al H<sub>2</sub>O que pueden provocar múltiples consecuencias, incluyendo el

desbalance en la existencia de los seres vivientes (animales, plantas y personas)(Argentina.gob.ar, s.f.)

### **Causas de la contaminación del agua:**

La polución del H<sub>2</sub>O puede originarse de múltiples fuentes. Puede ingresar al H<sub>2</sub>O derechamente, ya sea por medio de descargas ilegales y legales de fábricas, como, por ejemplo, o de instalaciones de procesamiento de H<sub>2</sub>O deficientes. Las descargas y las filtraciones de las conducciones o las diligencias de fracking pueden deteriorar los recursos hídricos. El viento, las tempestades y el vertido de residuos, fundamentalmente plásticos, asimismo pueden arrastrar restos a los cuerpos de H<sub>2</sub>O. (Nunez, 2024)

### **Consecuencias de la contaminación del agua**

La polución del H<sub>2</sub>O puede causar problemáticas de salubridad en los seres humanos, intoxicación de los animales y perjuicios en el ecosistema a largo plazo. Cuando el escurrimiento campesina e industrial llena los cursos de H<sub>2</sub>O con una abundancia de nutrimentos, como fósforo y nitrógeno, tiende a fomentar el crecimiento de algas, que a su vez crean áreas muertas o zonas con bajo contenido de oxígeno en el que los peces y demás formas de existencia acuática no pueden sobrevivir. (Nunez, 2024)

### **Parámetros de la contaminación**

El nivel de polución y, por ende, el de saneamiento nativo puede ser evaluado de manera física, química y biológica, pero ninguna sola medición puede proporcionarlo en su totalidad. Dependiendo de la naturaleza de las sustancias poluciones y del uso previsto del H<sub>2</sub>O receptora (como abastecimiento de poblaciones, natación, pesca, etc.), se pueden realizar mediciones de turbidez, olor, color, nitrógeno, DBO, fósforo, OD, materia



orgánica, DQO, diversos minerales, microorganismos y bacterias. (Orellana, 2005)

**c) Contaminación del suelo:** La polución de la superficie es provocada por la existencia de sustancias químicas xenobióticas (extranjeras al organismo humano) u otras alteraciones en el entorno nativo de la superficie. Generalmente, es ocasionada por la diligencia industrial, los productos químicos agrícolas o la disposición incorrecta de residuos. Según el PNUMA, las primordiales poluciones del terreno y la superficie son los metales sólidos, como el mercurio y el plomo; los pesticidas y demás poluciones orgánicas persistentes, así como los productos boticarios, como antibióticos empleados en la ganadería. (Nunez, 2024).

La polución de la superficie son todos los compendios líquidos o sólidos que son muy perjudiciales para la salubridad del hombre. Los primordiales responsables de la polución de la superficie son: los vidrios, los plásticos, las latas, etc. Al presente, en la agricultura se utilizan ciertos bienes que pueden ser causa de polución de la superficie, entre ellos, fertilizantes sintéticos, insecticidas y herbicidas. No obstante, son rentables para la agronomía, si se esgrimen en abundancia, provocan variaciones en la superficie y disminuyen la producción. Por otro lado, los plaguicidas de larga duración consiguen acumularse en las cadenas alimenticias y ser tóxicos para las personas, eliminar especies beneficiosas y desestabilizar el equilibrio nativo. Como, por ejemplo, sabemos que la salinización de la superficie, a causa del riego intenso de baja condición, causa el baldón del terreno y la pérdida de la cabida de producción. (Carliño y Concha, 2021)



(Reportajes de la FAO, 2018) Los terrenos deben ser examinados y apreciados por su cabida de producir, tal como por su contribución al mantenimiento de servicios ecológicos esenciales y a la seguridad alimenticia. He aquí ciertos motivos por los que la polución de la superficie no puede subestimarse:

- 1) La contaminación del suelo afecta a todos los ámbitos. Los suministros que consumimos, el H<sub>2</sub>O que ingerimos, el aire que inhalamos, nuestra salubridad y la de todos los organismos del planeta dependen de una superficie saludable. La cuantía de nutrimentos en los tejidos de un vegetal está derechamente relacionada con el contenido de nutrimentos de la superficie y su cabida para intercambiar nutrimentos y H<sub>2</sub>O con las raíces de ese vegetal.
- 2) La contaminación del suelo es invisible. Actualmente, un tercio de nuestros terrenos están medianamente o severamente deteriorados a causa de la erosión, la merma de carbono orgánico, la compactación, la salinización, la acidificación y la polución química. Se requieren alrededor de 1,000 años para desarrollar 1 cm de capa superficial de suelo fértil, lo que indica que no podremos generar más superficie en el transcurso de nuestras existencias. La tierra que observamos es toda la que está disponible. No obstante, las superficies están bajo aún más presión a causa de la polución. La tasa presente de deterioro de la superficie pone en peligro la cabida de las futuras procreaciones para satisfacer sus escaseces más esenciales.
- 3) La contaminación del suelo impacta en su aptitud para filtrar. Las superficies funcionan como un amortiguador y un filtro para las poluciones. Sin embargo, la capacidad del suelo para enfrentar estas presiones es limitadas. Si se



excede la cabida de la superficie para resguardarnos, las poluciones se filtrarán (y se filtran) a demás elementos del medio ambiente, como la cadena alimentaria.

- 4) La contaminación del suelo pone en peligro la seguridad alimentaria al disminuir tanto el rendimiento como la calidad de los cultivos. Provisiones seguros, alimenticios y de alta condición solo pueden causar si nuestras superficies permanecen saludables. Y si no lo están, no lograremos generar suficientes provisiones para conseguir el #Hambre Cero.
- 5) La contaminación del suelo puede surgir debido a prácticas agrícolas incorrectas. Las prácticas agrícolas no sostenibles disminuyen la MO de la superficie, afectando su cabida para descomponer las poluciones orgánicas. Esto incrementa el peligro de que los poluciones se libren al entorno. En diversas naciones, la producción agrícola intensa ha consumido los terrenos, situando en riesgo nuestra cabida para conservar la producción en estas regiones en el futuro. Consiguientemente, las técnicas de producción agrícola sostenible han adquirido importancia. esenciales para volver la tendencia a las degradaciones de la superficie y asegurar la seguridad alimenticia presente y futura a nivel universal.
- 6) La contaminación del suelo puede representar una amenaza para nuestra salud. Una parte considerable de los antibióticos –esgrimidos extensamente en la agricultura y en la atención de la salubridad humana– se libran en el medio ambiente después de ser defecados por el organismo que los recibió. Estos antibióticos pueden penetrar en las superficies y propagarse en el medio ambiente. Esto provoca la aparición de bacterias resistentes a los antimicrobianos, disminuyendo la efectividad de los antibióticos. Cada año,

alrededor de 700,000 fallecimientos se relacionan con bacterias que son resistentes a los antimicrobianos. Para el año 2050, si no se soluciona la problemática, la resistencia a los antimicrobianos provocará más muertes que el cáncer y poseerá un costo global superior al volumen presente de la economía universal.

### 2.2.3. Mercurio

El Hg es un mecanismo químico identificado por su simbología Hg y su número atómico 80 en la TP. Es un metal en estado líquido a temperatura ambiente y fue empleado auténticamente en desemejantes aplicaciones a causa de sus particularidades únicas. El mercurio pertenece al grupo de los metales de transición, y es el único metal que se presenta en forma líquida a temperatura y presiones normales. Su denominación procede del dios romano Hg, acreditado por su rapidez y movilidad, que se asimila a la fluidez del metal líquido. (Qi quimica industrial.cl, s.f.)

#### Figura 1

*El Mercurio.*



*Nota:* Extraído de (Univision, 2013)



El Hg se libra al aire a través de fuentes nativos como incendios forestales, vahos de la superficie, rocas, cuerpos de H<sub>2</sub>O y manifestaciones volcánicas, así como por diligencias humanas como procesos de amalgamación en la extracción y recuperación de oro en la minería, rotura de equipos de mediciones que contienen Hg, equipos médicos, odontológicos, farmacéuticos, químicos, agroquímicos, de bocetos, de álcalis y cloruros (potasa y sosa cáustica), barómetros y termómetros, industria papelera, lámparas y baterías, conservantes de maderas, pirometalurgia de Zn, Pb, Cd, y fuentes coligadas a la generación de energía como la quema de gas, petróleo y carbón, así como la ignición de basura y restos industriales, entre otros. (Ministerio de Energía y Minas, 2007)

#### **2.2.4. Propiedades físico - químicas del mercurio**

El Hg es un metal radiante de tono plateado, que a temperatura ambiente se halla en estado líquido: su punto de fusión es de  $-38.9^{\circ}\text{C}$  y su punto de ebullición es de  $357.3^{\circ}\text{C}$ . Su densidad es de  $13.6\text{ g/cm}^3$  (a  $0^{\circ}\text{C}$ ). A causa de su elevada presión de vapor ( $163 \times 10^{-3}\text{ Pa}$ ), el Hg metálico se vaporiza corridamente a temple ambiente: a  $20^{\circ}\text{C}$  su concentración en el aire puede llegar hasta  $0.014\text{ g/m}^3$ , y a  $100^{\circ}\text{C}$  hasta  $2.4\text{ g/m}^3$ . Usualmente se menciona el vapor de mercurio al referirse al Hg básico está existente en la atmósfera, o Hg metálico cuando se encuentra en su estado líquido. Muchos metales, especialmente oro y plata, constituyen aleaciones con el Hg metálico, conocidas como amalgamas. Esta propiedad lo hace valioso para la extracción de oro en la minería artesanal. (Proyecto GAMA, s.f.)

La capacidad de disolución del mercurio en H<sub>2</sub>O está altamente influenciada por el temple:



⇒ 60 mg/l → 20 °C

⇒ 250 mg/l → 50 °C

⇒ 1100 mg/l → 90 °C

**Tabla 2**

*Propiedades químicas del Mercurio.*

<b>Mercurio</b>	
<b>Número atómico</b>	80
<b>Valencia</b>	1,2
<b>Estado de oxidación</b>	+2
<b>Electronegatividad</b>	1,9
<b>Radio covalente (Å)</b>	1,49
<b>Radio iónico (Å)</b>	1,10
<b>Radio atómico (Å)</b>	1,57
<b>Configuración electrónica</b>	[Xe]4f145d106s2
<b>Primer potencial de ionización (eV)</b>	10,51
<b>Masa atómica (g/mol)</b>	200,59
<b>Densidad (g/ml)</b>	18,6
<b>Punto de ebullición (°C)</b>	357
<b>Punto de fusión (°C)</b>	-38,9
<b>Descubridor</b>	Los antiguos

*Nota:* Tabla referenciada de (Lenntech, s.f.)

### a) Compuestos orgánicos del Mercurio

(Proyecto GAMA, s.f.) El Hg metálico asimismo se deslía en ácidos orgánicos, y los compuestos inorgánicos de Hg (especialmente aquellos con halógenos) es



posible la formación de compuestos orgánicos de mercurio al reaccionar con sustancias orgánicas. En estos compuestos orgánicos, el Hg usualmente forma uniones covalentes con el carbono. Para fines prácticos, estos compuestos se agrupan en:

- Hg ariloides (fenilmercurio, etc.)
- Hg alcaloides (metilmercurio, etilmercurio, etc.)
- Diuréticos de Hg.

Los cationes de Hg orgánicos reaccionan corridamente con compuestos biológicamente importantes, fundamentalmente con grupos de sulfatos acuosos. Estos complejos atraviesan tegumentos biológicos con disposición. La alta toxicidad de ciertos compuestos orgánicos de mercurio (por ejemplo, metilmercurio), y su conducta descontrolada en el ecosistema han captado la atención de los expertos en salubridad y ecología.

## b) Compuestos inorgánicos

(Proyecto GAMA, s.f.) El Hg metálico se diluye fácilmente en ácido nítrico y H<sub>2</sub>O regia; en menor medida y solo a altas temperaturas en ácido clorhídrico y en ácido sulfúrico, constituyendo sales de Hg. El Hg, conjuntamente de su forma metálica Hg<sup>0</sup>, puede presentarse en forma de iones Hg<sup>1+</sup> y Hg<sup>2+</sup>. Los compuestos inorgánicos de Hg se pueden clasificar en las siguientes categorías:

- óxidos: HgO
- sulfuros: HgS
- cianuros y tiocianatos Hg (SCN)<sub>2</sub>, etc.
- compuestos con halógenos: Hg<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>, HgCl<sub>2</sub>, HgF<sub>2</sub>, HgBr<sub>2</sub>, etc.
- Sulfatos, nitratos: Hg<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, Hg<sub>2</sub> (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, HgSO<sub>4</sub>, etc.



Los compuestos inorgánicos distintos son químicamente inseguros y, por lo tanto, funcionan como una etapa intermedia en la alineación de compuestos orgánicos.

### 2.2.5. Tipos de mercurio

Puede manifestarse de 3 formas diferentes: Hg metálico o elemental ( $Hg^0$ ), Hg orgánico y Hg inorgánico ( $Hg^+$  y  $Hg^{++}$ ).

- a) **El mercurio metálico o elemental ( $Hg^0$ ):** Es altamente volátil, por consiguiente, se halla principalmente en el aire, en el que puede mantenerse durante hasta 2 años. (Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición, 2023)

El vaho de Hg básico es la forma dominante del Hg en la atmósfera. Una chica porción se adhiere a corpúsculos y es liberada con el polvo en la corriente. Consiguientemente, la reunión de Hg hallada en los materiales particulados no indica la exposición al Hg por infiltración, siendo necesario calcular o apreciar mediante modelos la reunión de Hg elemental en la corriente. El Hg se combina con demás compendios, como oxígeno, azufre u cloro, para formar agregados inorgánicos de Hg o "sales," que suelen presentarse como cristales blancos o polvos. El Hg asimismo se une con carbono para constituir compuestos orgánicos de Hg. El Hg básico posee una larga permanencia en la atmósfera y, consiguientemente, puede ser trasladado a grandes distancias antes de ser transfigurado y acumulado como  $Hg^{2+}$  a través de procesos secos o húmedos. Las exposiciones al Hg elemental generalmente se asocian con la inhalación de vahos de Hg, dado que aproximadamente el 80%



del metal se absorbe en los pulmones y pasa al sistema circulatorio. Los efectos más significativos para la valoración de las exposiciones a Hg0 son cambios en las funciones pulmonares en el caso de exposición aguda y problemas en el sistema nervioso central y daño renal en el caso de exposiciones crónicas. (SINIA, s.f.)

- b) El mercurio inorgánico (Hg<sup>+</sup> y Hg<sup>++</sup>):** Se halla primariamente en la superficie a causa de la disminución del Hg básica y su acumulación en sedimentaciones y H<sub>2</sub>O, tal como a la emancipación nativa de las rocas que forman parte de la corteza terrenal y a diligencias humanas. (Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición, 2023)

El término Hg inorgánico hace referencia a una amplia variedad de compuestos de Hg e contiene formas de Hg en los estados de enmohecimiento 1 y 2. Por lo general, cuando el Hg fundamental reacciona con oxígeno, cloruro o sulfuro en el ambiente, tiende a formar compuestos en el estado de enmohecimiento 2 (Hg<sup>2+</sup>). Dado que la fuente de la polución es el Hg elemental y con base en las derivaciones de las pruebas de lixiviaciones (TCLP), se puede ultimar que la proporción de Hg inorgánico en la superficie es reducida. La principal vía de exposición al Hg inorgánico es la ingestión de superficie, H<sub>2</sub>O, polvo y alimentos polucionados. La ingestión mediante la inhalación de Hg inorgánico pende de la dimensión de las partículas y de las solubilidades de los compuestos de Hg. La EPA de EE.UU. (US EPA 2004) sugirió un componente de absorción gastrointestinal del 7% para el Hg inorgánico, basado en la absorción de cloruro de Hg y demás sales solubles de Hg



en el tracto digestivo. Los efectos principales importantes para evaluar la exposición a compuestos de Hg inorgánico son alteraciones en las funciones pulmonares en caso de exposiciones agudas, y en el sistema nervioso central y perjuicios renales en caso de exposición crónica. El Hg inorgánico, especialmente el cloruro de Hg, puede provocar perjuicios al sistema nervioso central. El cloruro de Hg ha sido catalogado por la US EPA como latentemente cancerígeno. (SINIA, s.f.)

- c) **El mercurio orgánico:** Se halla en el H<sub>2</sub>O, primariamente como metilmercurio (CH<sub>3</sub>Hg<sup>+</sup>). La conversión de mercurio inorgánico en metilmercurio ocurre mediante reacciones químicas directas o a través de la acción bacteriana. El metilmercurio (CH<sub>3</sub>Hg<sup>+</sup>) es el compuesto orgánico de Hg más prevalente en la cadena alimenticia (Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición, 2023)

El metilmercurio es una forma orgánica de Hg que frecuentemente se utiliza como el principal representante de los compuestos organometálicos de Hg en el ambiente. Existen pruebas de una elevada vulnerabilidad de embriones y fetos a la exposición a esta toxina. El sistema nervioso central es el más presumido en caso de exposiciones al metilmercurio, asimismo de los daños en los riñones, el hígado, los pulmones y los sistemas cardiovasculares. El metilmercurio está categorizado por la US EPA y la IARC (Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer) como latentemente carcinogénico para los seres humanos, aunque el mecanismo de carcinogenicidad no juzga ser



genotóxico, lo que sugiere que se podría establecer un paralelismo umbral seguro para valorar efectos adversos para la salubridad. (SINIA, s.f.)

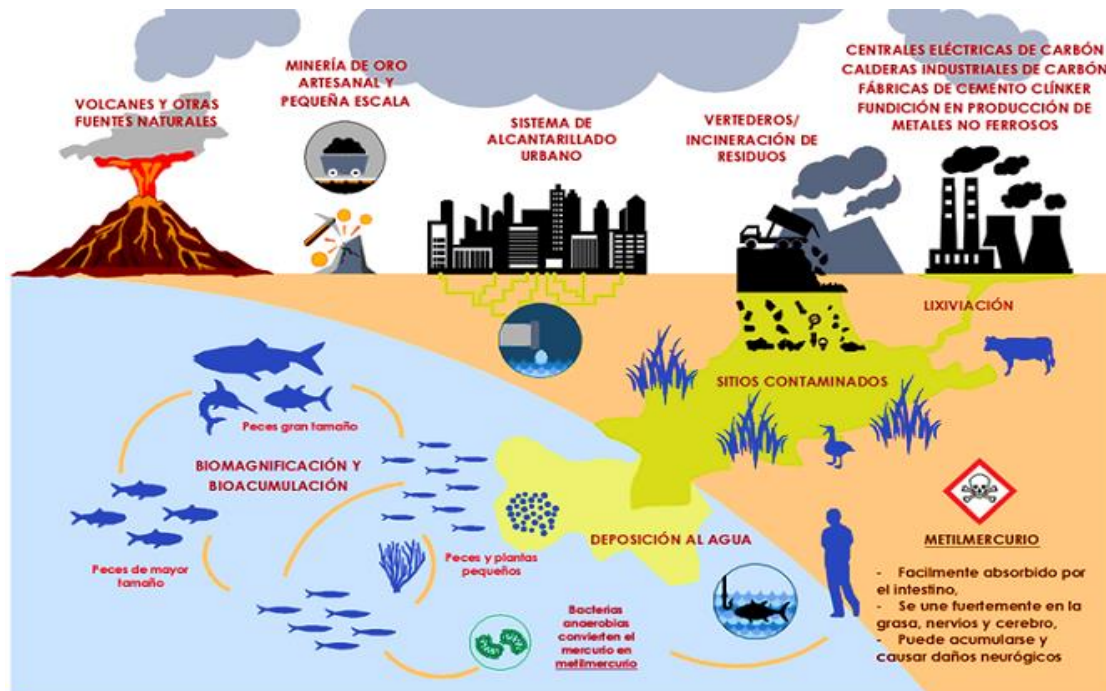
#### 2.2.6. Fuentes de liberación de Mercurio

Según (Línea Verde, s.f.) se tienen las siguientes fuentes de liberación:

- a) **Fuentes naturales:** Emisiones resultantes de la liberación natural del mercurio presente en la corteza terrenal, como la diligencia volcánica o las erosiones de los peñascos.
- b) **Emisiones provenientes de las industrias cloro alcalinas,** las fabricaciones de papel, dispositivos médicos (esfingomanómetros, termómetros, amalgamas dentales, bujías), lámparas fluorescentes, plantas de cemento, faros de automóviles, procesamiento de residuos, vertederos, termostatos, cremación y bocetos
- c) **Liberaciones históricas** de Hg causadas por actividades humanas, almacenadas en superficies, sedimentaciones, cuerpos de H<sub>2</sub>O, basureros y acopios de residuos, que se reemiten a la atmósfera constituyendo parte de los ciclos biogeoquímicos.
- d) **La quema de desechos médicos** se encuentra en el cuarto puesto entre las primordiales fuentes de polución por Hg. Los hospitales aportan alrededor del 4-5% del total de Hg existente en las aguas remanentes.

Figura 2

Ciclo de vida del mercurio.



Nota: Obtenido de (Ministerio para la Transición Ecológica y el reto demográfico, s.f.)

### 2.2.7. Usos del mercurio

(Green Facst, s.f.) El mercurio es un elemento multifuncional conocido desde hace milenios. Es el metal solamente presente en estado líquido a la temperatura común. Es un excelente mentor eléctrico, posee elevada densidad y grandes tensiones de superficies, se propaga y constriñe uniformemente con las variaciones de presión y temperatura, y puede eliminar microbios, como patógenos y demás plagas. El Hg elemental ha sido esgrimido:

- Para obtener oro y plata de las minas (a lo largo de siglos).
- Para asistir en la fabricación de productos químicos de cloro-álcali.
- En medidores de presión, que cuantifican y regulan la presión.



- En interruptores electrónicos y eléctricos.
- En termómetros.
- En amalgamas dentales.
- En lámparas fluorescentes.

Los compuestos de Hg han sido empleados:

- En pilas.
- Como agentes antimicrobianos, para controlar o eliminar microorganismos, por ejemplo, en la industria papelera, en pinturas o en semillas.
- Como desinfectantes en productos farmacéuticos.
- Para análisis químicos.
- Como aceleradores, para optimizar la producción de otras sustancias químicas.
- En colorantes y tintes, limpiadores y explosivos (especialmente en épocas anteriores).

### 2.2.8. Efectos sobre la salud

(gub.uy, 2012) Al ser un metal líquido que se evapora a temple ambiente, hay un peligro constante de exposiciones por inhalación. Conjuntamente, debido a su biotransformación, demás compuestos (como el metilmercurio) pueden entrar al organismo por diversas vías: digestiva y dérmica. Es un metal no esencial para el cuerpo humano y, en elevadas reuniones, puede provocar envenenamientos tanto leves como graves. En cuantías comparativamente pequeñas y de forma recurrente, puede provocar problemáticas o efectos en la salubridad. Estos efectos pueden ser crónicos o agudos, dependiendo de la



cantidad y la duración de las exposiciones, los contextos y la ruta de exposición, tal como del momento en la existencia en que se produce la exposición.

Los vahos de Hg metálico y sus agregados inorgánicos o orgánicos son sumamente tóxicos, fundamentalmente para el sistema nervioso en desarrollo. Las exposiciones en la morada y en el lugar de labor pueden causar problemas de salubridad.

Se han observado alteraciones neurológicas y de comportamiento en personas tras la inhalación de vapores de Hg elemental (inestabilidad emocional, temblores, merma de memoria, insomnio, dolores de cabeza y trastornos neuromusculares). También se han identificado efectos en los riñones y en la glándula tiroides.

Las sales de Hg, particularmente las inorgánicas, son muy vejatorias para las mucosas y la piel y, en ostentaciones a grandes dosis, pueden producir síntomas neurológicos.

A nivel global se han registrado varios incidentes de contaminación ambiental y alimentaria que provocaron intoxicaciones masivas debido a las exposiciones a compuestos de Hg: Minamata - Japón (contaminación de peces en la bahía con metil Hg), Irán y Irak (trigo contaminado con pesticida mercurial), Guatemala (granos contaminados).

La salubridad de los trabajadores mineros se ve gravemente comprometida cuando aspiran vaho de Hg liberado en el transcurso del calentamiento de las amalgamas al aire libre. Estas exposiciones pueden ser dañinas para el sistema nervioso e inmunológico, los pulmones, el aparato digestivo y los riñones, con derivaciones que a veces pueden ser fatales. Se han detectado alteraciones neurológicas y conductuales en personas tras la infiltración de vaho de Hg



elemental. Entre los síntomas se hallan temblores, inestabilidades emocionales, insomnio, merma de memoria, alteraciones en el sistema neuromuscular y cefaleas (Instituto Nacional de Salud, 2012).

### 2.2.9. Efectos en el ambiente

(gub.uy, 2012) Como el Hg es un elemento, no se descompone ni se transforma en sustancias menos perjudiciales, por lo que, una vez liberado, permanece en el entorno, donde se desplaza a través del aire, el H<sub>2</sub>O, las sedimentaciones, la superficie y los organismos vivos en desemejantes formas.

La manera en que se libra el Hg varía según las fuentes y otros factores. La mayor parte de las emisiones al aire se presenta como Hg fundamental en estado gaseoso, que es trasladado globalmente hacia regiones alejadas de las fuentes emisoras. Las emisiones sobrantes se producen en forma de Hg gaseoso, iónico, inorgánico (como el cloruro de Hg) o en partículas dispersas.

Estas formas poseen una existencia más corta en el aire y pueden ser depositadas en suelos o corporaciones de H<sub>2</sub>O a distancias de entre 100 y 1000 Km. Una vez precipitado, el Hg puede transformarse (primariamente por acción de microorganismos) y convertirse en metilmercurio.

Asimismo, las reuniones de mercurio en el H<sub>2</sub>O aumentan cuando los valores de pH están entre 5 y 7, a causa de la movilización del Hg en la superficie. El metilmercurio con el tiempo se acumula en niveles más altos, conmoviendo a los peces y a los animales que ingesta esta sustancia. Las aves y los mamíferos que consumen peces suelen estar más arriesgados al metilmercurio que demás animales de los ecosistemas marítimos. De manera similar, los depredadores también corren peligro, ya que el mercurio se bioacumula en las entidades por

medio de la cadena alimentaria marítima, en un fenómeno conocido como biomagnificación, lo que provoca que los depredadores se intoxiquen debido a una mayor reunión de mercurio en sus cuerpos. (Bedoya & Venero, 2022)

### Figura 3

*Afluente de color rojizo producto del lavado de oro usando mercurio.*



*Nota: Figura referenciada de (Arriaza, 2023)*

#### 2.2.10. Manejo seguro del mercurio

(Bertran, 2017) No obstante, el Hg facilita las extracciones eficaz y económica del oro en la minería artesanal y de pequeña escala, es aconsejable disminuir la cuantía esgrimida en el procesamiento del mineral, para restar los peligros para la salubridad y el ambiente, además de evitar el gasto adicional asociado con el uso excesivo de Hg. Para ello, existen herramientas que deben emplearse para asegurar una gestión segura y disminuir al mínimo la cuantía de este metal.

- a) **Retorta**: Es un dispositivo esgrimido para calentar la amalgama con el objetivo de que el Hg se evapore y se aparte del oro, para que posteriormente, por medio de un proceso de congelación, se concentre y pueda ser reutilizado en la actividad minera.

**Figura 4***Retorta.*

Reside en una bandeja diminuta de metal, típicamente acero o hierro, sellada con otra bandeja igual instalada al revés. Ciertos modelos pueden tener un tubo de los mismos materiales en la parte superior con una corriente hacia abajo para facilitar la condensación del mercurio y su separación del oro. Lo esencial de este sistema es la estanqueidad de la bandeja en la que se emplea calor para evitar la fuga del gas. Además, es crucial instalar una trampa de plástico reforzado en la entrada del tubo para prevenir fugas y explosiones debidas a la rápida evaporación del H<sub>2</sub>O.

**b) Hidro separador:** El hidro separador o elutriador es un dispositivo con forma de cono invertido que utiliza un flujo de H<sub>2</sub>O empinada para separar el mineral triturado de las amalgamas mediante métodos gravimétricos, y descarga el mineral a través de una abertura lateral mientras retiene las amalgamas en el fondo.

**Figura 5**

*Hidro separador o elutriador.*



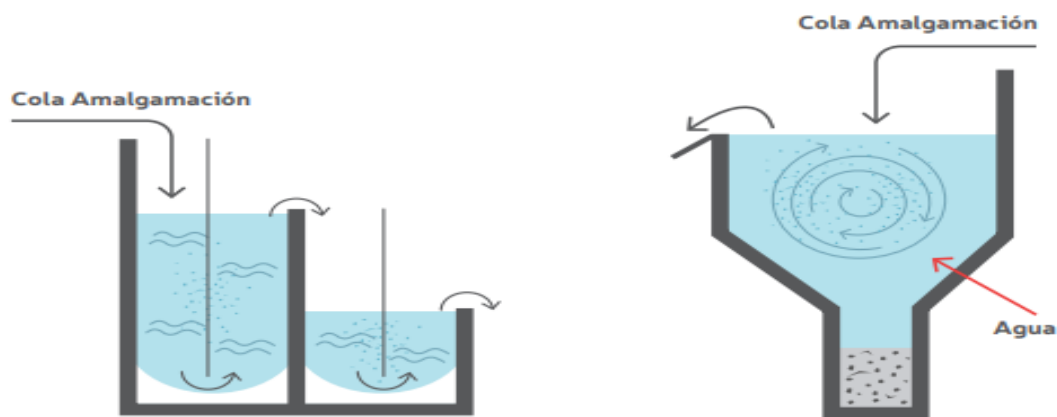
*Nota:* Modelos de hidro separadores

Este dispositivo está compuesto por diferentes contenedores metálicos: el principal se encuentra en el centro (cono), es chico y tiene una abertura en forma de cono invertido en la parte inferior. Este contenedor está rodeado por otro cono más grande que facilita el ingreso del mineral para prevenir derrames en el cono céntrico. Ambos conos están ubicados dentro de un contenedor más grande con base plana y una tubería lateral (corona). Debajo de la salida del cono central se halla un tubo conectado a una trampa para recoger el Hg regenerado y a un tubo más delgado para la entrada de H<sub>2</sub>O a presión. Por abajo del dispositivo se dirige un chorro de H<sub>2</sub>O a presiones para librar el Hg pescado en el mineral triturado que entra por el cono central en dirección opuesta. El mineral se desplaza por desbordamiento en el cono más grande y cae en la corona, para posteriormente salir por la abertura lateral. El Hg recuperado procede hasta el fondo a través de la salida del cono central y pasa por el tubo hacia el colector. Es fundamental controlar la presión del H<sub>2</sub>O que entra por abajo del elutriador para evitar la pérdida de Hg por desbordamiento en el cono más amplio.

c) **Trampa de mercurio:** Se esgrime para grandes cantidades de H<sub>2</sub>O en procesos perpetuos de extracción minera. Reside en una entrada de mineral, H<sub>2</sub>O, Hg y amalgama provenientes de la descarga seguida del molino, que se afronta en sentido opuesto a un flujo de H<sub>2</sub>O a presión. Este flujo provoca que los minerales menos densos y el H<sub>2</sub>O salgan por la parte prócer, mientras que el material más sólido queda retenido en el fondo del cono.

**Figura 6**

*Trampas de mercurio.*



*Nota:* Modelos de trampa de mercurio

Estos dispositivos operan en sedimentaciones con recolección en la base. Asimismo, pueden ser conductos revestidos con goma áspera o tela densa. Ciertos contienen chorros y laberintos de H<sub>2</sub>O a contracorriente para liberar el Hg atrapado en la espesa capa de materiales finos.

### 2.2.11. Minería del oro artesanal y en pequeña escala

La minería artesanal y de chica escala del oro son las extracciones de minerales, principalmente el oro, llevada a cabo por mineros que operan en explotaciones medianas o pequeñas, empleando métodos rudimentarios.



Se suelen utilizar métodos simples, con inversiones económicas reducidas. Frecuentemente, se emplea Hg para apartar el metal del mineral.

En la minería artesanal y de chica escala para la extracción de oro, se utilizan frecuentemente grandiosas cuantías de Hg para procesar el mineral, a menudo en contextos extremadamente inseguras y perjudiciales para el ambiente. En diversas naciones, se desaconseja o inclusive se impide la usanza de Hg en las extracciones de oro.

No obstante, las demandas de Hg en las naciones en la que se lleva a cabo esta diligencia siguen en aumento, principalmente a causa del incremento del costo del oro.

Asimismo, la usanza de Hg es comúnmente el método predominante y predilecto para la extracción de oro en esta zona, pues se piensa suficientemente fácil de emplear y no es costoso. (PNUMA, 2008)

## **2.2.12. Uso del mercurio en la minería del oro artesanal y en pequeña escala.**

El Hg se esgrime para separar y extraer el oro de las peñascos o minerales en los que se halla. El Hg se combina con el oro, constituyendo una amalgama que proporciona su apartamiento del peñasco, arena y nuevo material. Subsiguientemente, se calienta la amalgama para que el Hg se vaporice y quede solo el oro. (PNUMA, 2008)

Se emplean diversas técnicas que libran diferentes cuantías de Hg. Siendo:

**a) Amalgamación de todo el mineral:** En este procedimiento se incorpora Hg a todo el mineral a lo largo de la trituración, lavado y molienda. Este es la

usanza más polucionante del Hg. En diversos casos, solo el 10% del Hg agregado a una batea o a un barril (en el caso de las amalgamaciones manuales) se concierta con el oro para formar la amalgama. El remanente (el 90%) es sobrante y debe ser eliminado y reciclado, o se libera en el ambiente. Cuando se amalgama todos los minerales, se emiten elevados niveles de Hg que se dispersan en el entorno local y causan graves problemáticas de salubridad por exposiciones, tanto para los mineros como para el resto de la población. Los estudios realizados en distintos lugares. en la que se practica las amalgamaciones completas del mineral muestran los niveles más elevados de Hg en la superficie, los peces y las sedimentaciones.

### Figura 7

*Amalgama de oro y mercurio.*



*Nota: Obtenido de (F E C Y T · Ciencia e Innovación, 2018)*

- b) Concentración gravimétrica o “cribado”:** La clasificación (o separación por gravedad) de los materiales que sujetan oro es un método altamente frecuente. El oro se agrupa junto a partículas de mayor densidad en la batea, mientras que el H<sub>2</sub>O arrastra los corpúsculos más ligeros. Prontamente, se incorpora Hg al reunido para amalgamar o unir los corpúsculos finos de oro.

Este método es más eficiente que amalgamar el mineral en su totalidad. Entre el 10% y el 15% del Hg perdido en las minerías artesanales y a chica escala se debe a este procedimiento.

- c) **Quemado de la amalgama:** Los trabajadores asimismo irritan la amalgama para extraer el oro. Las amalgamas se colocan en una pala o recipiente metálico y se quema derechamente sobre el fuego, al aire libre. Cuando esto se ejecuta sin un condensador, los vahos de Hg se liberan al ambiente y son inhalados por sus familias, los mineros y otras individuos cercanas. Esta diligencia produce manifestaciones de mercurio en la atmósfera de aproximadamente 300 toneladas métricas por año en todo el globo (GMP, 2006). Los condensadores pueden capturar el vaho de Hg, impidiendo que se libere al aire y disminuyendo los peligros para la salubridad de los mineros, sus comunidades y sus familias. Los condensadores representan una tecnología bastante simple que admite recuperar una gran parte del Hg vaporizado de la amalgama.

### Figura 8

*Quema de amalgama.*



*Nota: Imagen referenciada de (Carrillo Rojas, 2012)*



- d) **Plancha de amalgamación:** Se esgrime para el recobro de oro fino. Tras la molienda, la mezcla de H<sub>2</sub>O y mineral se pasa por medio de estas placas, que están hechas de cobre o de una combinación de zinc y cobre, asimismo de una capa de plata sobre la cual se emplea Hg o amalgama para capturar el oro. De forma periódica, es necesario añadir mercurio a la placa para que el proceso sea eficaz. Los trabajadores encargados de este procedimiento están expuestos a un elevado peligro, pues, al aplicar Hg a las placas, este se vaporiza, y si se inhala, el bracero puede sufrir envenenamiento. (Somos Tesoro, 2017)

### 2.2.13. Amalgamación

Considerando a (Ichavautis Nuñez, 2014) Indica que se emplea cuando los metales están libres o cuando se dispone de una reunión de elevada pureza derivado de procesos de reunión gravimétricas o flotaciones, y se procede con los procesos de amalgamaciones, que implica poner en contacto los minerales con el Hg líquido para formar la amalgama.

La técnica de amalgamaciones se basa en la menor tensión de superficie de la interfaz oro-Hg en comparación con la de oro-H<sub>2</sub>O, lo que facilita la mezcla de ambos metales en lo que se denomina "amalgama", que puede variar a partir del compuesto AuHg<sub>2</sub> hasta AuHg.

Las limitaciones en su utilización no solo se deben a la emancipación del metal, sino asimismo a las granulometrías y la existencia de poluciones, como ciertos sulfuros solubles en H<sub>2</sub>O o reactivos de grafía hidrofóbico. Su manejo es peligroso y solicita mucha mano de obra, lo que ha provocado que el sistema haya perdido importancia. Generalmente, este proceso se lleva a



cabo cuando el mineral arrancado tiene una elevada reunión (más de 2 gramos por tonelada). Sin embargo, si la reunión es baja, el mineral se muele en molinos de bolas intermitentes con una cabida de 200 a 400 kg (7 a 15 toneladas) y operados por motores separados. La molienda se efectúa comúnmente en seco, no para conservar H<sub>2</sub>O, sino para proporcionar su descarga y manejo, y fundamentalmente para sortear que parte del mineral se adhiera a bolas del molino y las paredes, dado que el mismo molino es utilizado por distintos mineros a lo largo del día.

En el transcurso del proceso de amalgamaciones, se derrocha entre 20 y 400 gramos de Hg por tonelada de mineral, con un promedio de 65 g/tonelada, lo que corresponde a 2.2 kg/TM o 0.22%. Esta cuantía de Hg perdido se acumula en los relaves, que será relevante para este estudio.

#### **2.2.14. Procesos aplicados de amalgamación**

(Proyecto GAMA, s.f.) Las amalgamaciones se aplican tanto en la minería artesanal principal (de filones o vetas) como en la minería artesanal aluvial. Se pueden distinguir 2 tipologías de técnicas primordiales:

##### **1) Amalgamación en "circuito abierto"**

Esto implica que todo el material que contiene oro se pone en contacto con el Hg en un flujo constante de pulpa. Es imposible recuperar todo el mercurio en forma de amalgama; una parte de él, ya sea como metal libre (gotas o corpúsculos muy pequeñas) o como amalgama (corpúsculos pequeñas o flóculos), se pierde con los residuos, polucionado una gran cuantía de material.

## 2) Amalgamación de concentrados (o amalgamación en "circuito cerrado")

Esto implica que solamente una fracción de los materiales procesados (un "concentrado", usualmente obtenido por métodos gravimétricos) entra en empalme con el Hg en un entorno parcialmente o completamente sellado, en la que las amalgamaciones ocurren sin liberar ninguna parte de la pulpa (por ejemplo, en un tambor amalgamador).

### Figura 9

*Tambor rotatorio.*



Nota: Figura referenciada de (Hentschel, 2019)

Para finalizar los procesos, las amalgamaciones deben continuar con los siguientes procedimientos:

- ❖ Apartamiento amalgama / minerales acompañantes
- ❖ Apartamiento Hg libre / amalgama
- ❖ Apartamiento oro / amalgama.



### 2.2.15. Métodos de amalgamación:

Citando a (Bertran, 2017), indica que para lograrlo se utilizan diversos métodos, ciertos de los cuales liberan mayor cuantía de Hg al entorno que demás, incluyendo:

- **Amalgamación en la molienda:** Se utiliza el Hg en toda la piedra en el transcurso la trituración. Este procedimiento es altamente polucionante, dado que únicamente una fracción del Hg se combina con el oro, mientras que el resteo se desperdicia, puesto que parte del Hg permanece en los residuos, y si no se implementa un método adecuado, acaban directamente en el entorno.
- **Concentración gravimétrica o cribado:** Este es un procedimiento que emplea la iniciación de la gravedad. Debido a su mayor densidad que el H<sub>2</sub>O, el oro se deposita en el base del recipiente o batea, al igual que demás corpúsculos solidos como la arena. A esta mezcla se le añade Hg para agrupar los corpúsculos de oro.
- **Plancha de amalgamación:** Se emplea para el recobro de oro fino. Después de la trituración, la mezcolanza de H<sub>2</sub>O y mineral se pasa por medio de estas placas, fabricadas de cobre o de una mezcla de cobre y zinc, con una capa de plata aplicada Hg o amalgama, para capturar el oro. Es necesario añadir mercurio a la placa de manera periódica para que el proceso sea efectivo. Los trabajadores responsables de este proceso enfrentan un alto riesgo, ya que, al aplicar mercurio a las planchas, éste se vaporiza y, si se inhala, el bracero puede sufrir intoxicación.
- **Quemado de la amalgama:** los mineros irritan la amalgama para extraer el oro. En ciertas ocasiones, llevan a cabo este proceso a la corriente libre, lo



cual provoca que el vaho de Hg se libere en el aire y sea aspirado por los laboradores.

### 2.2.16. Colas de amalgamación

(Proyecto GAMA, s.f.) Los residuos de amalgamación siempre contienen mercurio, en diferentes cantidades. Hay dos opciones de intervención:

- Depositarlas debidamente
- Limpiarlas.

Las dos opciones son prácticamente imposibles de implementar en los residuos de amalgamaciones en circuitos francos bajo los contextos de la minería artesanal. La cuantía de residuos para una chica mina de oro primaria en una maniobra típica (en Bolivia: molino de bolas 3'x 4', en Venezuela y Brasil: molino de martillos, en Ecuador: Trapiche) con una cabida media de 20t/d asciende a aproximadamente 6.000 t anuales. Una chica mina aluvial, por ejemplo, con un bombillo de grava de 5" que procesa aproximadamente 100m<sup>3</sup>/d de material aurífero, genera 30.000m<sup>3</sup> de residuos en un año. Aunque existen métodos para limpiar los residuos contaminados con mercurio, es improbable que una chica mina ejecute este lavado.

La edificación de un depósito seguro para los residuos de prereunión contaminados (con corteza de HDPE, sobre una capilla de arcilla impenetrable, etc.) resulta poco factible para la minería en pequeña escala debido a su alto costo. Además, la gestión de un dique de colas solicita un considerable discernimiento técnico y envuelve numerosos riesgos. Para residuos de amalgamaciones de agregados de demás volúmenes:



Los agregados gravimétricos que se amalgaman en "circuito cerrado" son, para la misma cabida de la mina (20 t/h para una mina primaria y 100 m<sup>3</sup>/d para una mina aluvial), solo entre 10 y 50 kg diarios. La cantidad total acumulada llega a 3-15 t anuales. Dado que la mayoría son minerales densos (con una densidad promedio en forma de arena suelta de 2-3 t/m<sup>3</sup>), se trata de un máximo de aproximadamente 10 m<sup>3</sup> por año. Este volumen de material polucionado puede ser depositado de forma segura o limpiado. A menudo se puede manifestar a los mineros que estos materiales todavía contienen cuantías significativas de oro; de este modo, se puede motivar para que sea acopiado en un sitio seguro para su procesamiento futuro. Así, también se conserva la posibilidad de una reprocesamiento futura con métodos de descontaminación.

### **2.2.17. Límites máximos permisibles de Hg en Perú.**

Uno de los semblantes cruciales en la evaluación del estudio es analizar la reunión promedio de Hg en los muestreos. Normalmente, estas reuniones superan ampliamente los LMP, que son de 0.001-0.002 mg/L para el H<sub>2</sub>O (OS 002-2008 ECAs) (OS 002-2008 ECAs). (Ministerio del Ambiente, 2008)

## **2.3. Marco conceptual**

### **2.3.1. Contaminación ambiental**

Hace referencia a cualquier presencia de sustancias dañinas en el entorno que, por lo tanto, puedan ser perjudiciales para los organismos vivos. (Ayuda en Acción, 2023)



### **2.3.2. Mercurio**

El Hg es un metal sólido único, el único que permanece líquido bajo condiciones normales. Debido a su volatilidad, puede ser trasladado a largas distancias una vez que se libera al aire en forma de vapor. (Ministerio para la Transición Ecológica y el reto demográfico, s.f.)

### **2.3.3. Amalgamación**

Es el método empleado para apartar y extirpar el oro de los peñascos en las que está presente. (Somos Tesoro, 2017)

### **2.3.4. Colas de amalgamación**

Después de llevar a cabo los procesos de amalgamaciones, el resto final, conocido como "colas de amalgamaciones", suele contener oro, amalgamas y Hg que no se recupera en su totalidad, por lo cual debe ser sometido a un proceso ulterior de disposición o cianuración final apropiada. (Somos Tesoro, 2017)



## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1. Diseño de investigación

Para el actual estudio se empleará un diseño de estudio no experimental longitudinal, con un enfoque cuantitativo, ya que no se alterará intencionalmente la variable independiente y se observará el fenómeno, así como ocurre en su entorno nativo a lo largo del tiempo, para luego analizarlo.

#### 3.2. Tipo de investigación

El actual estudio es un tipo aplicada, pues se llevará a cabo con base en metodologías y conocimientos previos de investigaciones anteriores que permitan recuperar mercurio en los residuos de amalgamación.

Por lo tanto, esta investigación busca generar conocimientos y técnicas que puedan aplicarse directamente para abordar un problema real y específico.

#### 3.3. Diseño estadístico

##### T STUDEN

Se realiza una prueba en la muestra para determinar si su media difiere de manera significativa de un valor específico o de una media conocida, que sirve como referencia. Esta prueba se basa en la teoría de la inferencia

estadística, que permite hacer afirmaciones sobre una población a partir de una muestra. El proceso implica calcular el valor t (o z, dependiendo del tamaño de la muestra y si se conoce la desviación estándar de la población) mediante la fórmula  $t = \frac{\bar{X} - \mu}{\frac{S}{\sqrt{n}}}$ , donde  $\bar{X}$  es la media de la muestra,  $\mu$  es el valor hipotético

de la media, s es la desviación estándar de la muestra y n es el tamaño de la muestra. El valor t se compara con el valor crítico de una distribución t con n-1 grados de libertad, a un nivel de significancia determinado, para determinar si la diferencia observada entre la media de la muestra y el valor hipotético es estadísticamente significativa. Esta prueba es útil para evaluar hipótesis y hacer conclusiones sobre el comportamiento de una población basándose en una muestra representativa. (Gosset, 1908).

### 3.4. Procedimiento metodológico

#### 3.4.1. Objetivo1: Hallar la concentración de mercurio en las colas de amalgamación de la empresa Inversiones Jhoalicon

Una vez establecidos los puntos de muestreo, se comenzó con el preparativo del material ineludible para la recolección de muestras, por lo que se tuvo que revisar una lista de verificación. Se prepararon con anticipación los materiales de recinto, se coordinó el traslado alquilado, se elaboró una técnica de labor, se preparó la lista de chequeo, los formatos de campo (fichas de campo), aparatos portátiles, mapas con los puntos de muestreo, y baterías de GPS, con el fin de asegurar la disponibilidad de los diversos elementos ineludibles para realizar la toma de muestreos.



## a. Toma de muestra

La recolección de muestreos se efectuó siguiendo los “protocolos determinados para la toma de muestreos y la cadena de custodia para el traslado al recinto, aseverando su subsistencia y impidiendo cambios en su constitución como ANA” (MINAM, 2010).

En donde se realizó lo siguiente:

- Vestido con el equipo adecuado, como botas o zapatos de seguridad, chaleco, guantes, casco y mascarilla, se comenzó con la medición del temple en el lugar.
- Primero se ejecutó el enjuague del envase a utilizar en el muestreo como mínimo en dos ocasiones.
- Luego de enjuagar los frascos, se ejecutó la toma de muestreos en los residuos de amalgamación sin remover los sedimentos y en dirección opuesta al flujo.
- Durante el llenado del recipiente para las muestras compuestas, no se completó toda la ampolla; se depuso un 1 % de espacio libre para el preservante necesario.
- Luego de ello, se llevó a cabo el etiquetado de cada frasco, asignando a cada muestra la siguiente pesquisa: número de muestreo, fecha, hora de recolección, denominación de la provincia, denominación, distrito y referencia del sitio de recolección, y finalmente, la denominación del recolector.
- Subsiguientemente, los muestreos se colocaron en una nevera refrigerada para evitar modificar la condición original de las muestras.



- Posteriormente, los muestreos fueron enviadas al Recinto de condición Ambiental de la EPISA de la UANCV para efectuar los estudios proporcionados.

## **b. Análisis de la concentración del Mercurio**

Para detectar la existencia de Hg, se esgrimió el método de espectrofotometrías. A continuación, se detallan los procedimientos estándar para llevar a cabo este análisis en el recinto:

- **Preparación de muestras:** Las muestras recolectadas de los residuos de amalgamación se filtraron para excluir corpúsculos sólidas y demás materiales que pudieran afectar el estudio. Posteriormente, los muestreos filtrados se acidificaron para mantener el mercurio en su forma fácil.
- **Calibración del espectrofotómetro:** Precedentemente de ejecutar el estudio de los muestreos, se ajustó el espectrofotómetro usando soluciones estándar de mercurio con reuniones acreditadas. Esto posibilita la creación de una curva de calibración que corresponde las absorbancias medida por los espectrofotómetros con la concentración de mercurio en la muestra.
- **Preparación de reactivos:** Se prepararon reactivos requeridos para el estudio.
- **Análisis de muestras:** Se colocaron los muestreos preparados en cubetas de vidrio o cuarzo apropiadas para los espectrofotómetros y se registró las absorbancias de cada muestra a una longitud de frecuencia específica, usualmente en la categoría de 510-520 nm.

## **c. Trabajo en gabinete**

Una vez emanados las derivaciones del recinto, se llevó a cabo la interpretación de los datos: utilizando la curva de calibraciones previamente determinada para



transformar las lecturas de absorbancia de los muestreos en reuniones de mercurio en mg/L (MI por L). Luego, se organizaron los datos en el programa Microsoft Excel, con el fin de asemejar, mediante gráficos y tablas, los paralelismos de reunión de Hg.

### **3.4.2. Objetivo2: Hallar la concentración de mercurio en el agua y suelo en zonas adyacentes a la disposición de los relaves mineros de la empresa Inversiones Jhoalicon**

De igual forma que en el ítem 3.3.1. se comenzó con la preparación del instrumento apropiado para la toma de muestras razón por la que fue necesario verificar con la lista de chequeo (Check List).

#### **a. Toma de muestra del agua**

La toma de muestreo se efectuó manejando el guía de los "Normas establecidos para la toma de muestreo y la cadena de resguardo para el traslado hasta el recinto para su preservación y que no tolere reformas en su constitución por ANA" (MINAM, 2010).

En donde se realizó lo siguiente:

- Usando la indumentaria adecuada como son los zapatos de seguridad o botas, chaleco, casco, guantes y cubre boca, se comenzó con la presa del temple in situ.
- Primero se ejecutó el enjuague del envase a utilizar.
- A continuación, cuando los recipientes se limpiaron, se provino con la muestra del H<sub>2</sub>O en zonas adyacentes a la disposición de los relaves mineros de la empresa Inversiones Jhoalicon.



- Durante el llenado en el envase para las muestras compuestas, no se rellenó todo el recipiente se depuso 1 % de espacio vacante para el preservante proporcionado.
- Posteriormente de eso, se provino al etiquetado de cada frasco, en la que la muestra fue marcada con la siguiente información: número de muestreo, hora de recopilación, fecha, nombre de la provincia, distrito, referencia y nombre del sitio de la recopilación; por último, la denominación del recopilador.
- Posteriormente de ello los muestreos se ubicaron en un refrigerador bajo previa refrigeración, con la intención de no turbar la condición originaria de los muestreos.
- Últimamente, los muestreos fueron trasladadas al Centro de Condiciones Ambientales de EPISA de la UANCV, para realizar sus pertinentes análisis.

## **b. Muestreo del suelo**

Se realizo los siguientes pasos:

- 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 de superficies.
- Se determino la profundidad a la que se tomará la muestra (e.g., 0-15 cm, 15-30 cm, etc.). Las muestras de superficies suelen representar la exposición más relevante para el análisis de poluciones.
- Se realizo la recogida de muestra insertando la barreta y pala en la superficie 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, los muestreos fueron trasladados al Centro de condiciones Ambiental de EPISA y Ambiental de la UANCV, para realizar sus pertinentes análisis.

### c. Análisis de la concentración del Mercurio

Para identificar la existencia de Hg, se empleó la técnica de espectrofotometría. Posteriormente, se describen los procedimientos comunes para ejecutar este análisis en el recinto:

- **Preparación de muestras:** Las muestras recolectadas del H<sub>2</sub>O adyacente a la disposición de relaves mineros fueron infiltradas para suprimir moléculas sólidas y demás material que puedan obstruir con el estudio. A continuación, los muestreos filtrados se acidifican para mantener el mercurio en una forma soluble.
- **Calibración del espectrofotómetro:** Previo al inicio del estudio de los muestreos, se ajustó el espectrofotómetro usando soluciones estándar de mercurio con concentraciones conocidas. Esto facilita la creación de una curva de calibraciones que vincula la absorbancia registrada por el espectrofotómetro con la concentración de mercurio en la muestra.
- **Preparación de reactivos:** Se elaboraron los reactivos requeridos para el estudio.
- **Análisis de muestras:** Se colocaron los muestreos dispuestos en frascos de vidrio o cuarzo apropiados para el espectrofotómetro y se determinó las



absorbancias de cada muestra a una longitud de onda determinada, típicamente en el intervalo de 510-520 nm.

#### **d. Trabajo en gabinete**

Una vez conseguidos los resultados del recinto, se realizó la interpretación de derivaciones: Usando la curva de calibraciones anticipadamente establecida para transformar las lecturas de absorbancia de los muestreos en concentraciones de Hg en mg/L (ml por l). Prontamente, se organizaron los datos en el SME, con el propósito de determinar, mediante gráficos y tablas, los niveles de concentración de mercurio; posteriormente, se cotejaron estos datos con los valores especificados por las normativas del ECA para H<sub>2</sub>O y suelo.

#### **3.4.3. Objetivo3: Plantear la propuesta para la recuperación del mercurio en colas de amalgamación de la empresa Inversiones Jhoalicon Lunar de Oro.**

Una vez obtenida los resultados del mercurio en colas de amalgamación de la empresa Inversiones Jhoalicon Lunar de Oro, se optó plantear una propuesta para la recuperación del mercurio. En la que, para ello se poseyó lo siguiente en consideración:

- Recopilación de datos y determinación de la problemática: Se compilo pesquisa sobre la situación actual en las colas de amalgamación de la empresa Inversiones Jhoalicon Lunar de Oro, incluyendo los impactos circunstanciales y los requerimientos regulatorios y legales.
- **Revisión de literatura y mejores prácticas:** Se ejecutó una revisión exhaustiva de la técnica y lenguaje científica concerniente con la propuesta para la recuperación del mercurio en colas de amalgamación.



- **Evaluación de opciones de propuesta:** Se valoró desemejantes elecciones de propuestas que puedan ser adaptables a las situaciones específicas de la de la empresa Inversiones Jhoalicon Lunar de Oro, teniendo en cuenta factores como la eficacia, los costos de capital y operativos, las disponibilidades de recursos y las viabilidades técnicas.
- **Selección de la propuesta:** Centrándonos en la valoración de opciones, se eligió la propuesta más adecuada para el rescate del mercurio en colas de amalgamación de la empresa Inversiones Jhoalicon Lunar de Oro.

### 3.5. Materiales y equipos

Los materiales, dispositivos y sustancias usadas en este estudio fueron:

#### a. Materiales:

En esta investigación se utilizaron los materiales siguientes:

- Vasos de precipitados
- Matraz aforado.
- Mandil.
- Jarra de plástico.
- Agitador magnético
- Pipetas y buretas
- Barra magnética.
- Cooler.
- Frascos Erlenmeyer.
- Espátulas.
- Frascos de plástico.
- Papel toalla.



- Bolsa de plástico
- Rotulador.
- Guantes descartables.

#### **b. Equipos e instrumentos:**

- Espectrofotómetro.
- Equipo multiparámetro portátil.
- GPS.
- Equipo de cómputo.
- Cámara fotográfica.

#### **c. Reactivos e Insumos:**

- H<sub>2</sub>O destilada.
- Ácido Clorhídrico (HCl)
- Muestreo de agua.

### **3.6. Técnicas e instrumentos**

Las técnicas de recopilación de datos en este estudio, se realizó a través de:

#### **a. Identificación del área de estudio:**

- Reconocimiento de campo de la zona de estudio.
- Descripciones de los procesos.
- Registro de identificación de los pts de monitoreo.

#### **b. Monitoreo de agua y suelo:**

- Toma de muestreos en campo.

#### **c. Análisis del agua y suelo superficial**



- Se rellenaron los datos de campo y recinto en fichas de recinto.
- Todos los análisis se desarrollaron en el recinto de condiciones Ambientales de la UANCV.

Asimismo, en los procedimientos metodológicos se esgrimió los siguientes instrumentos:

- Fichas de laboratorio.
- Fichas de Recolección de datos (cadena de custodia).

### **3.7. Población y muestra**

#### **3.7.1. Población**

Considerando la siguiente definición “La población y/o universo es la agrupación de individuos u objetos de los que se apetece conocer algo en un estudio” (Hernández & Fernández, 2018). Para este estudio se considera como población a todos los relaves en colas de amalgamación de la empresa Inversiones Jhoalicon Lunar de Oro Puno

#### **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 Inversiones Jhoalicon Lunar de Oro Puno.

Las muestras serán tomadas en 6 relaves provenientes de colas de amalgamación de la empresa Inversiones Jhoalicon Lunar de Oro Puno y conforme al Control de Normas de condición de Aguas de superficies ANA -2016



en el cual se muestran los lineamientos y pautas a perseguir para la toma de muestreo simple en zonas de influencia de la diligencia minera, tal como los lineamientos del Recinto.

El sitio de los puntos de muestra se describe posteriormente.

### Tabla 3

*Puntos de muestreo de la investigación.*

Punto de Muestreo	Coordenadas UTM	
M-1	N: 8383109	E: 451630
M-2	N: 8383109	E: 451630
M-3	N: 8383109	E: 451630
M-4	N: 8383042	E: 451630
M-5	N: 8383042	E: 451624
M-6	N: 8383042	E: 451624

*Nota:* Identificación aleatoria y por conveniencia de los puntos de muestreo



## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Resultados

##### 4.1.1. Concentración de mercurio en las colas de amalgamación de la empresa Inversiones Jhoalicon.

En las colas de amalgamación de la empresa minera Inversiones Jhoalicon, los principales productos son residuos de mercurio, materiales no valiosos del mineral (ganga), y en algunos casos, pequeñas cantidades de metales preciosos que no se recuperaron durante el proceso de amalgamación.

Es por ello, que es necesario conocer la reunión de Hg en las colas de amalgamación de la empresa Inversiones Jhoalicon, Lunar de Oro. En donde a continuación se enseñan los resultados conseguidos de mercurio:

**Tabla 3**

*Concentración de mercurio en las colas de amalgamación de la empresa Inversiones Jhoalicon, Lunar de Oro.*

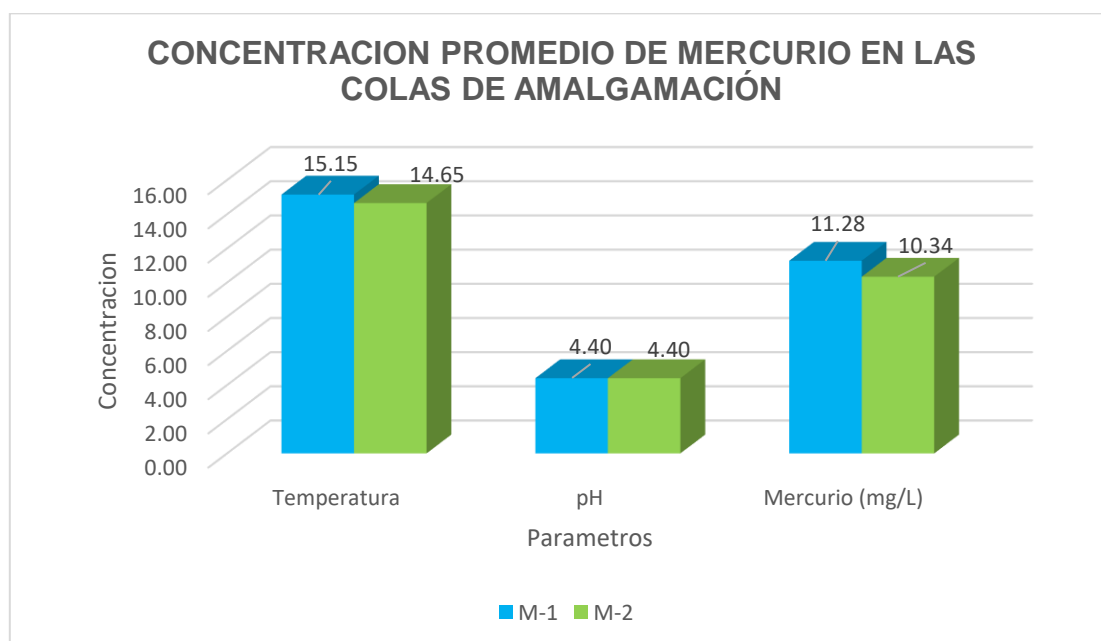
Código	Temperatura		pH		Mercurio (mg/L)	
	R1	R2	R1	R2	R1	R2
M-1	15.1	15.2	4.42	4.38	11.225	11.325
M-2	14.9	14.4	4.39	4.41	10.324	10.354

*Nota:* Mercurio en colas de amalgamación

En la tabla 3, se observa las reuniones de Hg en las colas de amalgamación de la empresa Inversiones Jhoalicon, Lunar de Oro. En donde, se realizaron 02 repeticiones en cada muestra para obtener un resultado más óptimo, en la muestra 1 (M-1) se observa las siguientes reuniones de mercurio: En el R1 una reunión de 11.225 mg/L y en la R2 una reunión de 11.325 mg/L; y en la muestra 2 (M-2) se observa las siguientes reuniones de mercurio: En el R1 una reunión de 10.324 mg/L y en la R2 una reunión de 10.354 mg/L. Por otro lado, podemos observar que este recurso hídrico en las colas de amalgamación de la empresa Inversiones Jhoalicon son acidas.

### Figura 10

*Concentración promedio del mercurio en las colas de amalgamación de la empresa Inversiones Jhoalicon, Lunar de Oro.*



*Nota:* Promedio de las concentraciones de mercurio

Se puede ver en la figura 10 los promedios de los parámetros analizados en las colas de amalgamación de la empresa Inversiones Jhoalicon, Lunar de

Oro. En donde, se observa lo siguiente: temple en la M-1 se observa un valor de 15.15 y en la M-2 se observa un valor de 14.65, el potencial de hidrogeno en la M-1 y M-2 se observa un valor de 4.40 y para la reunión de mercurio se observa 11.28 mg/L en la M-1 y un valor de 10.34 mg/L en el M-2.

#### 4.1.2. Concentración de mercurio en el agua y suelo en zonas adyacentes a la disposición de los relaves mineros de la empresa Inversiones Jhoalicon.

Posteriormente, se muestran los cuadros semejantes de las reuniones de Hg en el H<sub>2</sub>O y suelo en zonas adyacentes a la disposición de los relaves mineros de la empresa Inversiones Jhoalicon, asimismo, se muestran los datos empañados in situ, cuyas derivaciones de estudio conseguidos por el recinto fueron cotejados con los máximos niveles admisibles del ECA, proporcionadas, así como se describe a continuación.

##### a. Resultados de la concentración de mercurio en el suelo:

**Tabla 4**

*Concentración de mercurio en el suelo en zonas adyacentes a la disposición de los relaves mineros de la empresa Inversiones Jhoalicon.*

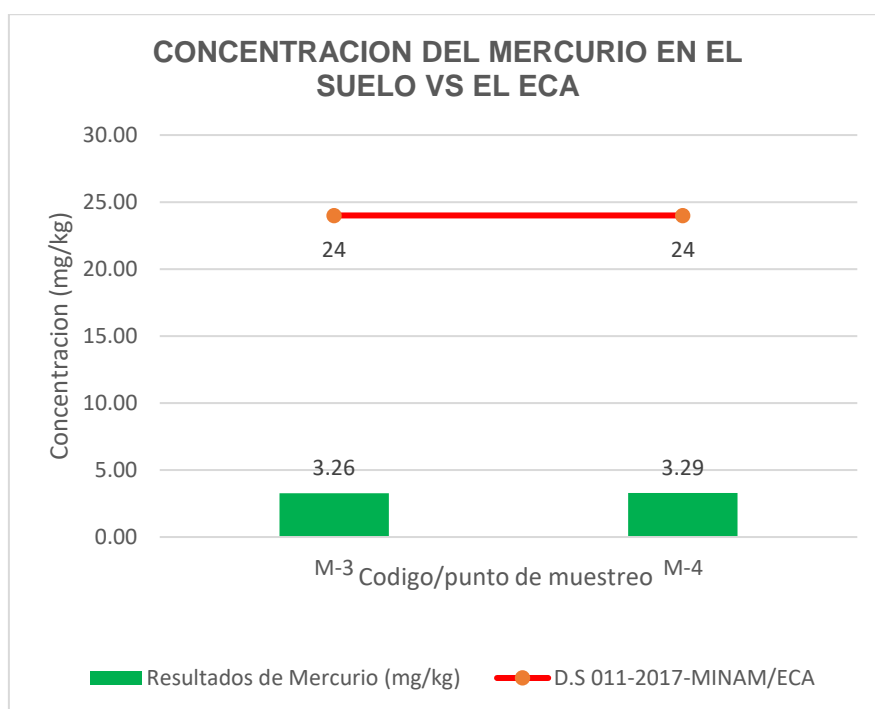
Código	Temperatura		pH		Mercurio (mg/kg)	
	R1	R2	R1	R2	R1	R2
M-3	15.2	15.7	4.40	4.37	3.249	3.275
M-4	13.6	13.5	4.36	4.56	3.284	3.302

En la tabla 4, se observa la reunión de Hg en la superficie en zonas adyacentes a la disposición de los relaves mineros de la empresa Inversiones Jhoalicon. En donde, se realizaron 02 repeticiones en cada muestra para obtener

un resultado más óptimo, en la muestra 3 (M-3) se observa las siguientes reuniones de mercurio: En el R1 una reunión de 3.249 mg/kg y en la R2 una reunión de 3.275 mg/kg; y en la muestra 4 (M-4) se observa las siguientes reuniones de mercurio: En la R1 una reunión de 3.284 mg/kg y en la R2 una reunión de 3.302 mg/kg. Por otro lado, podemos observar que estos suelos en las zonas adyacentes a la disposición de los relaves mineros de la empresa Inversiones Jhoalicon son suelos muy ácidos observándose una reunión de pH menores de 5.0.

### Figura 11

*Concentración promedio del mercurio en el suelo en zonas adyacentes a la disposición de los relaves mineros de la empresa Inversiones Jhoalicon VS el ECA suelo.*



*Nota:* ECA suelo de acuerdo al DS 011 2017 - MINAM

En la figura 11, se observa la reunión promedio del Hg en la superficie en zonas adyacentes a la disposición de los relaves mineros de la empresa Inversiones Jhoalicon VS el ECA suelo. Observándose que en la M-3 se tiene una reunión de Hg promedio de 3.26 mg/kg y en la M-4 se tiene una reunión de Hg promedio de 3.29 mg/kg; estos valores se hallan por debajo de 24 mg/kg cuyo valor es establecido por el D.S 011-2017- MINAM/ECA.

#### b. Resultados de la concentración de mercurio en el agua:

**Tabla 5**

*Concentración de mercurio en el agua en zonas adyacentes a la disposición de los relaves mineros de la empresa Inversiones Jhoalicon.*

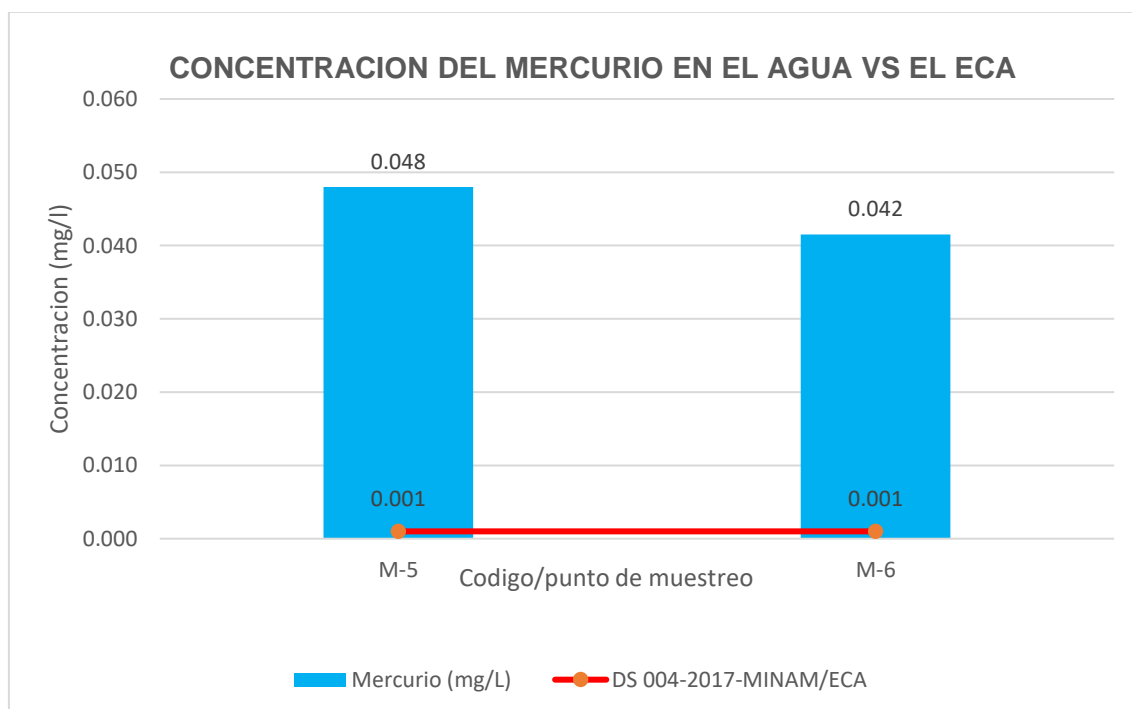
Código	Temperatura		pH		Mercurio (mg/l)	
	R1	R2	R1	R2	R1	R2
M-5	13.2	13.4	5.68	5.21	0.045	0.051
M-6	13.4	13.7	5.48	5.42	0.035	0.048

*Nota:* Mercurio en zonas adyacentes

En la tabla 5, se observa la reunión de Hg en el H<sub>2</sub>O en zonas adyacentes a la disposición de los relaves mineros de la empresa Inversiones Jhoalicon. En donde, se realizaron 02 repeticiones en cada muestra para obtener un resultado más óptimo, en la muestra 5 (M-5) se observa las siguientes reuniones de mercurio: En el R1 una reunión de 0.045 mg/L y en la R2 una reunión de 0.051 mg/L; y en la muestra 6 (M-6) se observa las siguientes reuniones de mercurio: En la R1 una reunión de 0.035 mg/L y en la R2 una reunión de 0.048 mg/L. Por otro lado, podemos observar que las aguas en zonas adyacentes a la disposición de los relaves mineros de la empresa Inversiones Jhoalicon son aguas ácidas.

**Figura 12**

*Concentración promedio del mercurio en el agua en zonas adyacentes a la disposición de los relaves mineros de la empresa Inversiones Jhoalicon VS el ECA agua.*



*Nota:* ECA agua de acuerdo al DS 004 2017 - MINAM

Se puede ver en la figura 12 la reunión promedio del Hg en el H<sub>2</sub>O en zonas adyacentes a la disposición de los relaves mineros de la empresa Inversiones Jhoalicon VS el ECA H<sub>2</sub>O. Observándose que en la M-5 se tiene una reunión de Hg promedio de 0.048 mg/L y en la M-6 se tiene una reunión de Hg promedio de 0.042 mg/L; estos valores encontrados exceden el valor establecido de 0.001 mg/L por el DS 004-2017- MINAM/ECA.



### 4.1.3. Propuesta para la recuperación del mercurio en colas de amalgamación de la empresa Inversiones Jhoalicon Lunar de Oro.

La recuperación del Hg en colas de amalgamación de la empresa minera Inversiones Jhoalicon Lunar de Oro es crucial tanto para la defensa del medio ambiente como para la salud pública. A continuación, se presenta una propuesta detallada para este proceso:

#### 1. Diagnóstico Inicial:

##### a. Evaluación del Sitio

- **Identificación de áreas contaminadas:** Realizar un mapeo detallado de las áreas afectadas por colas de amalgamación.
- **Caracterización de las colas:** Determinar la reunión de Hg y otros metales presentes en las colas mediante análisis químicos.

##### b. Estudio de Impacto Ambiental

- **Evaluación de riesgos:** Analizar los peligros ambientales y de salubridad coligados con la polución por Hg.
- **Identificación de fuentes y vías de exposición:** Determinar cómo se dispersa el Hg 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 Hg libre y amalgamado.

## b. Recuperación Química

- **Procesos de lixiviación:** Aplicar lixiviación con soluciones químicas específicas que permitan disolver el Hg sin afectar otros componentes valiosos.
- **Extracción con solventes:** Utilizar solventes orgánicos que permitan extraer el Hg de manera selectiva.

## c. Métodos Biológicos

- **Biorremediación:** Introducir microorganismos que puedan metabolizar el Hg y reducir su toxicidad.
- **Fitorremediación:** Plantar especies vegetales capaces de absorber y acumular Hg 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. Manejo de Residuos

##### a. Tratamiento de Residuos Sólidos

- **Estabilización y solidificación:** Aplicar técnicas para estabilizar los residuos y evitar la lixiviación de mercurio.
- **Disposición segura:** Almacenar los residuos tratados en celdas de seguridad diseñadas para prevenir filtraciones.

##### b. Tratamiento de Aguas Residuales

- **Sistemas de tratamiento:** Implementar sistemas de procesamiento de aguas remanentes que incluyan filtros de carbón activado, precipitación química y biorreactores.
- **Monitoreo continuo:** Establecer un sistema de monitoreo para garantizar que los efluentes tratados cumplan con las normativas ambientales.

#### 5. Monitoreo y Evaluación

##### a. Monitoreo Ambiental

- **Establecimiento de puntos de control:** Definir pts de muestra en el suelo, H<sub>2</sub>O y aire alrededor del sitio.
- **Programas de monitoreo continuo:** instaurar un programa de control regular para examinar la seguridad de las medidas de recuperación.



## b. Evaluación de Impacto

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

## 6. 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 programas de instrucción para la corporación sobre los riesgos del Hg y la importancia de su recuperación.
- **Participación comunitaria:** Involucrar a la población en los procesos de monitoreo y toma de decisiones.

## 7. Cumplimiento Normativo y Financiamiento

### a. Regulación y Normativas

- **Cumplimiento de leyes ambientales:** Asegurar que todas las actividades cumplan con las regulaciones y las leyes 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 Hg 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 empleo adecuado de residuos y un fuerte componente de capacitación y sensibilización, garantizará un proceso eficaz y sostenible.

## Resultado de la Prueba de Hipótesis

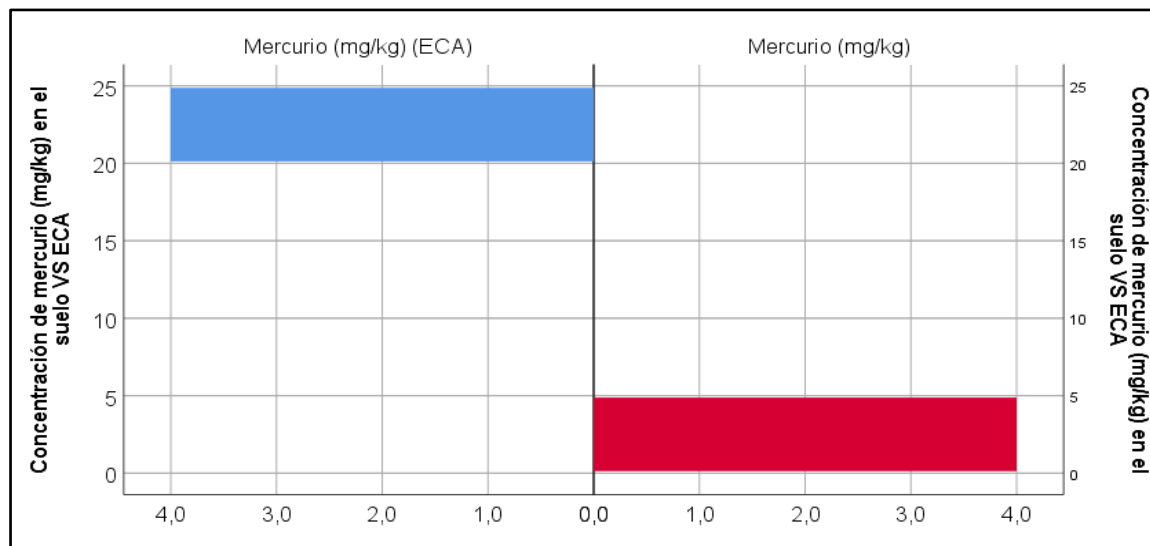
### a) Planteamiento de la hipótesis estadística

**H<sub>0</sub>:** La concentración de mercurio en el agua en zonas adyacentes a la disposición de los relaves mineros de la empresa Inversiones Jhoalicon es significativamente mayor a la normatividad de 24 mg/kg

**H<sub>a</sub>:** La concentración de mercurio en el agua en zonas adyacentes a la disposición de los relaves mineros de la empresa Inversiones Jhoalicon es significativamente menor superior a la normatividad de 24 mg/kg

**Figura 13**

Comparación de las concentraciones de mercurio en el agua en comparación con ECA.



**Tabla 6**

Prueba para una muestra, concentración de mercurio en el agua en comparación con ECA.

	Valor de prueba = 24					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Concentración de mercurio (mg/kg) en el suelo VS ECA	-2,646	7	0,033	-10,363500	-19,62582	-1,10118

En la tabla se evidencia los resultados de la prueba para una muestra, el valor t calculado es -2,646 con un valor de significancia bilateral de 0,033. Esto indica que existe evidencia estadísticamente significativa para rechazar la H0 a un nivel de significancia del 5%. La diferencia de medias reportada es de -10,3635 mg/kg, con un intervalo de confianza del 95% que varía entre -19,6258

y -1,10118 mg/kg. Estos resultados indican que la manifestación de mercurio en el agua en las zonas estudiadas es significativamente menor que el límite normativo, lo que apoya la hipótesis alternativa de que la concentración está por debajo del estándar establecido.

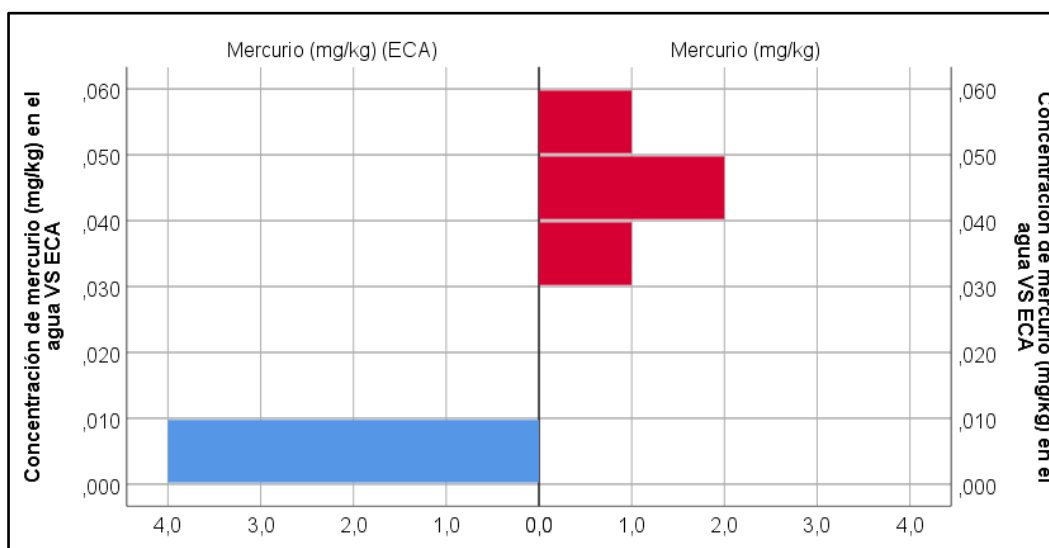
## b) Planteamiento de la hipótesis estadística

**H<sub>0</sub>:** La concentración de mercurio en el suelo en zonas adyacentes a la disposición de los relaves mineros de la empresa Inversiones Jhoalicon es significativamente menor a la normatividad de 0.001 mg/kg

**H<sub>a</sub>:** La concentración de mercurio en el suelo en zonas adyacentes a la disposición de los relaves mineros de la empresa Inversiones Jhoalicon es significativamente mayor superior a la normatividad de 0.001 mg/kg

### Figura 14

*Comparación de las concentraciones de mercurio en el suelo en comparación con ECA.*



**Tabla 7**

*Prueba para una muestra, concentración de mercurio en el suelo en comparación con ECA.*

	Valor de prueba = 0.001					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Concentración de mercurio (mg/kg) en el agua VS ECA	2,597	7	0,036	0,021875	0,00196	0,04179

Según la tabla 7 evidencia, el valor t calculado es 2,597 con un valor de significancia bilateral de 0,036. Esto indica que hay evidencia estadísticamente significativa para rechazar la H0 a un nivel de significancia del 5%. La diferencia de medias es de 0,021875 mg/kg, con un intervalo de confianza del 95% que oscila entre 0,00196 y 0,04179 mg/kg. Estos resultados sugieren que la concentración de mercurio en el suelo es significativamente mayor que el límite normativo, apoyando la hipótesis alternativa de que la concentración excede el estándar establecido.

#### 4.2. Discusiones

Con respecto a la reunión de Hg en las colas de amalgamación de la empresa Inversiones Jhoalicon, en nuestra investigación se encontró una reunión de Hg promedio de 11.28 mg/L en la M-1 y un valor de 10.34 mg/L en el M-2. Por otro lado, Pazmiño y Muñoz, (2014) en su investigación encontró reuniones de Hg en los sólidos de las colas un valor de 28,58 mg/kg. En resumen, la alta reunión de Hg en las colas de amalgamación en empresas mineras se



debe a varios factores relacionados con los procesos de extracciones de oro por medio de amalgamación, así como: uso extensivo de Hg: En la minería artesanal y de chica escala, se emplea Hg para formar amalgamas con el oro. Parte del Hg no se recupera durante este proceso y queda en las colas (residuos) de amalgamación; procesos de separación incompletos: Durante el apartamiento del oro de la amalgama, no todo el Hg es recuperado debido a técnicas inadecuadas o falta de equipos apropiados, lo que deja una cantidad considerable de Hg en los residuos y la falta de mantenimiento y control: La incorrección de mantenimiento adecuado e inspección de los procesos de amalgamación puede llevar a pérdidas de Hg en las colas. Esto es común en operaciones mineras pequeñas con recursos limitados.

Con respecto a la reunión de Hg en el H<sub>2</sub>O y suelo en zonas adyacentes a la disposición de los relaves mineros de la empresa Inversiones Jhoalicon, en nuestra investigación la reunión de Hg en el suelo se encontró una reunión de 3.26 mg/kg en la M-3 y 3.29 mg/kg en la M-4; estos valores se hallan por abajo de 24 mg/kg cuyo valor es determinado por el D.S 011-2017- MINAM/ECA. Con respecto a la reunión de Hg en el H<sub>2</sub>O se encontró una reunión de 0.048 mg/L en la M-5 y 0.042 mg/L en la M-6; estos valores estos valores encontrados exceden el valor establecido de 0.001 mg/L por el DS 004-2017- MINAM/ECA. De acuerdo a Según Vega (2017) en su trabajo de investigación titulada "Valoración de la reunión de Hg y demás metales que conmueven a la salubridad en las concesiones mineras Pierina XXI en los procesos de formalizaciones de la minería ilegal" se encontró el Hg en el suelo con una reunión de 27.72 mg/kg siendo perjudiciales para la salubridad de los individuos y degradaciones del ecosistema de las concesiones mineras Pierina XXI y una reunión de Hg en el



H<sub>2</sub>O de <0.0006 valor que no excede el DS 004-2017- MINAM/ECA. En nuestra investigación podemos observar mayor reunión de Hg en el H<sub>2</sub>O y una alta reunión de este metal cerca de zonas mineras como se presente en esta investigación se debe principalmente al uso de Hg en la extracción de oro, la emancipación de Hg durante la quema de amalgamas, y la lixiviación de minerales que contienen mercurio. Estos procesos contaminan ríos y lagos, aumentando su reunión en el H<sub>2</sub>O y afectando tanto a la salud humana como a los ecosistemas acuáticos.

Con respecto a la propuesta para la recuperación del Hg en colas de amalgamación de la empresa Inversiones Jhoalicon Lunar de Oro, en nuestro proyecto se planteó las siguientes tecnologías de recuperación: física está el tamizado y la reunión 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. Sin embargo, Torre, (2022) en su estudio de investigación titulada "Disyuntivas de sustituciones y disminución de la usanza de Hg en la minería artesanal de Madre de Dios", planteo el uso de las técnicas gravitacionales, la flotación espumante, el proceso de cianuración, la usanza del bórax, la fusión con preprocesamiento ácido nítrico y bórax, la usanza de retorta en los procesos de refogado y la máquina ECO-100V. Podemos indicar que en ambas investigación las propuestas varían, sin embargo, si hay dilemas para suplantar y suplir el usanza del Hg para la producción del oro en la minería pequeña y artesanal, mostrándose como dilema las técnicas gravimétricas, cuya tecnología admite la disminución de impactos ambientales. En caso de nuestra investigación plantea recobrar el Hg en las en colas de amalgamaciones de la empresa Inversiones Jhoalicon Lunar de Oro, el cual tiene una sucesión de



beneficios como la disminución de la polución ambiental, al recuperar el mercurio, se reduce la cuantía de Hg liberado en el ambiente, disminuyendo así la polución del suelo y del H<sub>2</sub>O y protegiendo los ecosistemas locales y mejora de la salud pública, ya que menos Hg en el medio ambiente significa menor riesgo de exposición para las comunidades locales. La exposición al Hg puede producir graves problemáticas de salubridad, conteniendo daños neurológicos y renales. En resumen, la recuperación del Hg no solo protege la salubridad pública y el ambiente, sino que además ofrece beneficios económicos y de cumplimiento normativo para las empresas mineras.



## CONCLUSIONES

- PRIMERA:** De los resultados de la reunión de Hg en las colas de amalgamación de la empresa Inversiones Jhoalicon, se llegó a obtener el Hg promedio de 11.28 mg/L en la M-1 y un valor de 10.34 mg/L en el M-2.
- SEGUNDA:** De acuerdo, la reunión de Hg en el H<sub>2</sub>O y suelo en zonas adyacentes a la disposición de los relaves mineros de la empresa Inversiones Jhoalicon, se concluye que se encontró una reunión de 3.26 mg/kg en la M-3 y 3.29 mg/kg en la M-4; estos valores se hallan por abajo de 24 mg/kg cuyo valor es determinado por el D.S 011-2017- MINAM/ECA. Con respecto a la reunión de Hg en el H<sub>2</sub>O se encontró una reunión de 0.048 mg/L en la M-5 y 0.042 mg/L en la M-6; estos valores encontrados exceden el valor establecido de 0.001 mg/L por el DS 004-2017- MINAM/ECA.
- TERCERA:** Según el planteamiento de la propuesta para el recobro del Hg en colas de amalgamaciones de la empresa Inversiones Jhoalicon Lunar de Oro, se llega a la conclusión que se planteó las siguientes tecnologías de recuperación: física está el tamizado y la reunión 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

- PRIMERA:** A los futuros investigadores se les sugiere llevar a cabo estudios similares en diferentes estaciones del año, incrementar el número de puntos de control de H<sub>2</sub>O, superficie y aire, lo que facilitará la realización de predicciones precisas, más detalladas y la representación de demás posibles escenarios ambientales, así como valorar la extensión del impacto de la fuente en términos de espacio y tiempo. Esto permitirá conocer el grado de contaminación ambiental correspondiente.
- SEGUNDA:** A los futuros investigadores se les recomienda realizar proyectos de investigación de tipo experimental, para reducir el Hg teniendo en cuenta las propuestas de las tecnologías de recuperación física, química y biológica planteados en la presente investigación.
- TERCERA:** Por último, se recomienda a futuros tesisistas explorar sustancias o nuevas tecnologías menos tóxicos que puedan sustituir o reducir el impacto de en la obtención del oro, en beneficio de la salubridad de los mineros y del ambiente.

## BIBLIOGRAFÍA

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

Obtenido de <https://shre.ink/D23m>

*Argentina.gob.ar.* (s.f.). Obtenido de <https://shre.ink/D2jP>

Arriaza, M. (2 de Mayo de 2023). *El Pais.* Obtenido de <https://shre.ink/D2jY>

*Ayuda en Acción.* (23 de Enero de 2023). Obtenido de <https://shre.ink/D2j6>

*Bedoya & Venero.* (15 de Noviembre de 2022). Obtenido de <https://bedoyayvenero.com/efectos-de-las-emisiones-de-mercurio-en-el-medio-ambiente-y-la-salud/>

Bertran, Y. (2017). *Guía para el manejo responsable y alternativas de eliminación del mercurio en ambientes de trabajo del sector minero.* Colombia: Alianza por la Minería Responsable.

Carrillo Rojas, G. (Enero de 2012). *ResearchGate.* Obtenido de <https://shre.ink/D2jJ>

Ccancapa Salcedo, Y. R. (2015). *Contaminación del agua superficial y sedimentos por mercurio en La Rinconada, originado por la minería informal (Ananea- Puno).* Universidad Nacional del Altiplano, Puno - Perú.

Cuentas Alvarado, M., & Velarde Ochoa, J. (2019). Uso de mercurio en la Rinconada - Puno. *Revista de Medio Ambiente y Minería*, 4(1), 27 - 34.

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

*F E C Y T · Ciencia e Innovación.* (21 de Junio de 2018). Obtenido de <https://www.facebook.com/watch/?v=1942446119119186>



- Fernández Villalobos, N. (2019). La exposición al mercurio en individuos que laboran en la minería artesanal de oro, Costa Rica, 2015-2016. *Población y Salud en Mesoamérica*, 17(1).
- Flores Maquera, D., & Coa Huaricallo, L. (2023). *Determinación de los niveles de mercurio en los reservorios de agua de consumo humano comercializados en el Centro Poblado La Rinconada, Ananea - Puno, 2022*. Universidad María Auxiliadora, Lima - Perú.
- Forns Sant, P. (2020). *La explotación del oro en el río Mapiri: sistema actual y mejoras*. Escola Politècnica Superior d'Enginyeria de Manresa, Manresa.
- Hentschel, T. (2019). *Manual de tecnologías limpias para el sector aurífero*. Proyecto Better Gold Initiative BGI y la Fundación MEDMIN.
- Hernández, R., & Fernández, C. (2018). *Metodología de la investigación*. Mexico: McGRAW-HILL.
- Ichavautis Nuñez, A. (2014). *Recuperación de mercurio y oro de las colas de amalgamación en la minería*. Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo - Perú.
- INGEMMET. (2021). *Actividad minera artesanal en la Región Puno*. Lima, Perú.
- Instituto Nacional de Salud. (2012). *Contaminación con mercurio por la actividad minera*. Biomédica.
- 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.
- MINAM. (2010). *MINISTERIO NACIONAL DE MEDIO AMBIENTE*.



- Ministerio de Energía y Minas. (2007). *Producción mas limpia en la minería del oro en Colombia. Mercurio, Cianuro y otras sustancias*. Bogotá: Scripto Impresores S.A. Obtenido de <https://shre.ink/D2jN>
- Ministerio del Ambiente. (2008). *Aprueban los estadanres nacionales de calidad ambiental para agua*. Obtenido de <https://shre.ink/D2jE>
- Ministerio para la Transición Ecológica y el reto demográfico. (s.f.). Obtenido de <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/productos-quimicos/mercurio.html>
- Novoa Villa, H. H., Arizaca Avalos, A., & Huisa Mamani, F. (2022). Efectos en los ecosistemas por presencia de metales pesados en la actividad minera de pequeña escala en Puno. *Revista de Investigaciones Altoandinas – Journal of High Andean Research*, 24(3), 182 - 189.
- Nunez, C. (25 de Abril de 2024). *National Geographic*. Obtenido de <https://shre.ink/D2jR>
- Orellana, J. (2005). *Contaminación*.
- Pazmiño, I., & Muñoz, G. (2014). *Evaluación de un proceso de beneficio de minerales por amalgamación: Afectaciones al rendimiento*. Quito - Ecuador.
- PNUMA. (2008). *El uso del mercurio en la minería del oro artesanal y en pequeña escala*. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Nairobi - Kenya. Obtenido de <https://shre.ink/D2jz>
- Ramos Roman, L. (2022). *Evaluación de calidad de agua del rio Chanquillo, en zona de influencia por actividades mineras, distrito de Gorgor, Cajatambo- 2021*. Universidad Nacional José Faustino Sanchez Carrión, Hucaho - Perú.



- Reportajes de la FAO.* (2 de Mayo de 2018). Obtenido de <https://shre.ink/D2jy>
- Rocha Roman, L., Olivero Verbel, J., & Caballero Gallardo, K. (2018). Impacto de la minería del oro asociado con la contaminación por mercurio en suelo superficial de San Martín de Loba, sur de Bolívar (Colombia). *Rev. Int. Contam. Ambie.*, 34(1), 93 - 102.
- Rumbo Minero. (29 de Julio de 2014). *Expo Mina Peru 2024*. Obtenido de <https://shre.ink/D2ji>
- Serkonten.* (s.f.). Obtenido de <https://phsserkonten.com/contaminacion-ambiental/>
- Somos Tesoro. (2017). *Guía para el manejo responsable y alternativas de eliminación del mercurio en ambientes de trabajo del sector minero*. Envigado – Colombia: Alianza por la Minería Responsable.
- Terán Mita, T. (2021). *Evaluación de los efectos ambientales de la minería aurífera a pequeña escala en el ANMIN-Apolobamba (Bolivia)*. Universidad Politécnica de Cartagena, Cartagena.
- Torre Ureta, P., Hurtado Ramírez, L., Dextre Minaya, J., Porles Gutti, L., Rujel Rubio, E., & Medina Benavides, A. (2022). Alternativas de sustitución y reducción del uso de mercurio en la minería artesanal de Madre de Dios. *Revista del Instituto de investigación de la Facultad de minas, metalurgia y ciencias geográficas*, 25(50), 281 - 288.
- Vega Janampa, E. (2017). *Evaluación de la concentración de mercurio y otros metales que afectan a la salud en la concesión minera Pierina XXI en el proceso de formalización de la minería ilegal*. Cerro de Pasco – Perú. Obtenido de <https://shre.ink/D2jZ>



# ANEXOS

## ANEXO 1

Panel fotográfico.



**Fotografía 1.** Toma de muestras para hallar la concentración de mercurio en las colas de amalgamación de la empresa Inversiones Jhoalicon.



**Fotografía 2.** Toma de muestras para estimar la concentración del mercurio en el suelo.



**Fotografía 3.** Toma de muestras para estimar el contenido del mercurio en el agua.



**Fotografía 4.** Determinación de los parámetros in situ en el agua.

## ANEXO 2

## Resultados del análisis en laboratorio



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

**RESULTADO DE ANALISIS - AGUAS**

INFORME N° LCA047 - 2024

**I. DATOS DEL SERVICIO**

- 1.1. **Solicitante** : Tiffany Vanesa Ruiz de la Vega Canchari  
1.2. **Proyecto** : CONTAMINACIÓN AMBIENTAL POR MERCURIO Y PROPUESTA DE RECUPERACIÓN DE MERCURIO EN COLAS DE AMALGAMACIÓN INVERSIONES JHOALICON LUNAR DE ORO PUNO

**II. DATOS DEL ENSAYO**

- 2.1. **Producto** : Aguas  
2.2. **Numero de muestras** : 06  
2.3. **Muestreado por** : Tiffany Vanesa Ruiz de la Vega Canchari  
2.4. **Fecha de ensayo** : 27/06/2024  
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
M - 1	N: 8383109 E: 451630	25/06/2024	10:01
M - 2	N: 8383109 E: 451630	25/06/2024	10:10
M - 3	N: 8383109 E: 451630	25/06/2024	10:20
M - 4	N: 8383042 E: 451630	25/06/2024	10:40
M - 5	N: 8383042 E: 451624	25/06/2024	10:50
M - 6	N: 8383042 E: 451624	25/06/2024	11:01

**III. RESULTADOS**

Código	Temperatura °C	pH	Mercurio mg/L
M - 1	15.1	4.42	11.225
M - 2	14.9	4.39	10.324
M - 3	15.2	4.40	11.249
M - 4	13.6	12.22	3.284
M - 5	13.2	12.19	3.417
M - 6	13.4	12.25	4.275

**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, 02 de julio del 2024

N°B.E.: 00290987

1



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

### RESULTADO DE ANALISIS - AGUAS

#### INFORME N° LCA048 - 2024

#### I. DATOS DEL SERVICIO

- 1.1. **Solicitante** : Tiffany Vanesa Ruiz de la Vega Canchari  
1.2. **Proyecto** : CONTAMINACIÓN AMBIENTAL POR MERCURIO Y PROPUESTA DE RECUPERACIÓN DE MERCURIO EN COLAS DE AMALGAMACIÓN INVERSIONES JHOALICON LUNAR DE ORO PUNO

#### II. DATOS DEL ENSAYO

- 2.1. **Producto** : Aguas  
2.2. **Numero de muestras** : 06  
2.3. **Muestreado por** : Tiffany Vanesa Ruiz de la Vega Canchari  
2.4. **Fecha de ensayo** : 27/06/2024  
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
M - 1	N: 8383109 E: 451630	25/06/2024	10:10
M - 2	N: 8383109 E: 451630	25/06/2024	10:23
M - 3	N: 8383109 E: 451630	25/06/2024	10:38
M - 4	N: 8383042 E: 451630	25/06/2024	10:55
M - 5	N: 8383042 E: 451624	25/06/2024	11:05
M - 6	N: 8383042 E: 451624	25/06/2024	11:21

#### III. RESULTADOS

Código	Temperatura °C	pH	Mercurio mg/L
RM - 1	15.2	4.38	11.325
RM - 2	14.4	4.41	10.354
RM - 3	15.7	4.37	11.275
RM - 4	13.5	12.19	3.302
RM - 5	13.4	12.21	3.425
RM - 6	13.7	12.20	4.304

#### 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, 02 de julio del 2024

N°B.E.: 00290987

2

## ANEXO 3

Estándares de subterránea 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
<b>FÍSICOS- QUÍMICOS</b>				
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	( $\mu$ S/cm)	1 500	1 600	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	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 <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) (c)	mg/L	50	50	50
Nitritos (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ) (d)	mg/L	3	3	**
Amoníaco- 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	**
<b>INORGÁNICOS</b>				
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	**	**

## ANEXO 4

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 <sup>(2)</sup>	Usos del Suelo <sup>(1)</sup>			Métodos de ensayo <sup>(7) y (8)</sup>
	Suelo Agrícola <sup>(2)</sup>	Suelo Residencial/ Parques <sup>(4)</sup>	Suelo Comercial <sup>(5)</sup> / Industrial/ Extractivo <sup>(6)</sup>	
<b>ORGÁNICOS</b>				
<b>Hidrocarburos aromáticos volátiles</b>				
Benceno	0,03	0,03	0,03	EPA 8260 <sup>(9)</sup> 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 <sup>(10)</sup>	11	11	11	EPA 8260 EPA 8021
<b>Hidrocarburos poliaromáticos</b>				
Naftaleno	0,1	0,6	22	EPA 8260 EPA 8021 EPA 8270
Benzo(a) pireno	0,1	0,7	0,7	EPA 8270
<b>Hidrocarburos de Petróleo</b>				
Fracción de hidrocarburos F1 <sup>(11)</sup> (C6-C10)	200	200	500	EPA 8015
Fracción de hidrocarburos F2 <sup>(12)</sup> (>C10-C28)	1200	1200	5000	EPA 8015
Fracción de hidrocarburos F3 <sup>(13)</sup> (>C28-C40)	3000	3000	6000	EPA 8015
<b>Compuestos Organoclorados</b>				
Bifenilos policlorados - PCB <sup>(14)</sup>	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
<b>INORGÁNICOS</b>				
Arsénico	50	50	140	EPA 3050 EPA 3051
Bario total <sup>(15)</sup>	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 <sup>(16)</sup>
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 9 ASTM D7237 y/ló ISO 17690:2015



### ANEXO 5. MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN
¿Qué concentraciones de mercurio estarán afectando al medio ambiente y cuál será la propuesta más adecuada para la recuperación de mercurio en colas de amalgamación de la empresa Inversiones Jhoalicon Lunar de Oro Puno?	Determinar las concentraciones de mercurio en el agua y suelo identificando la mejor propuesta para la recuperación de mercurio en colas de amalgamación de la empresa Inversiones Jhoalicon Lunar de Oro Puno	Las concentraciones de mercurio en el agua y suelo identificando la mejor propuesta para la recuperación de mercurio en colas de amalgamación de la empresa Inversiones Jhoalicon Lunar serán significativas.	<b>Variables independientes</b> Concentración de mercurio	<b>Tipo de investigación.</b> El actual estudio es un tipo aplicada, pues se llevará a cabo con base en metodologías y conocimientos previos de investigaciones anteriores que permitan recuperar mercurio en los residuos de amalgamación
<b>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</b>	<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	<b>HIPÓTESIS ESPECÍFICA</b>		<b>Nivel de investigación</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>¿Cuál será la concentración de mercurio en las colas de amalgamación de la empresa Inversiones Jhoalicon?</li> <li>¿Cuál será la concentración de mercurio en el agua y suelo en zonas adyacentes en la disposición de los relaves mineros de la empresa Inversiones Jhoalicon?</li> <li>¿Cuál será la propuesta ideal para la recuperación del mercurio en colas de amalgamación de la empresa Inversiones Jhoalicon Lunar de Oro?</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Hallar la concentración de mercurio en las colas de amalgamación de la empresa Inversiones Jhoalicon.</li> <li>Hallar la concentración de mercurio en el agua y suelo en zonas adyacentes a la disposición de los relaves mineros de la empresa Inversiones Jhoalicon.</li> <li>Plantear la propuesta para la recuperación del mercurio en colas de amalgamación de la empresa Inversiones Jhoalicon Lunar de Oro</li> </ol>	<p>La concentración de mercurio en las colas de amalgamación de la empresa Inversiones Jhoalicon es significativa.</p> <p>La concentración de mercurio en el agua y suelo en zonas adyacentes a la disposición de los relaves mineros de la empresa Inversiones Jhoalicon es significativa</p>	<p><b>Variables dependientes.</b> Contaminación por mercurio en agua y suelo</p>	<p>Es descriptivo (Arias Gonzales, 2021), ya que proporciona una descripción de la situación problemática en la empresa minera Jhoalicon</p> <p><b>Diseño de la investigación</b> Para el actual estudio se empleará un diseño de estudio no experimental longitudinal, con un enfoque cuantitativo, no se alterará intencionalmente la variable independiente.</p>



ANEXO 1  
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

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

Formato digital

Fecha de entrega: 17 - 10 - 2024

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: TIFFANY VANESA RUIZ DE LA VEGA CANCHARI

Dirección: URB. PRADERAS DEL INKA H20

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 45599186

Teléfono: 996777007 email: vanesaruizdelavega@gmail.com

Nombres y Apellidos:

Dirección:

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°:

Teléfono: email:

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

Escuela Profesional o Mención: ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

Título o Grado Académico a optar: INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL

Asesor: Dr. MILTHON QUISPE HUANCA

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación  Tesis  Trabajo de Suficiencia Profesional  Trabajo Académico

Título: CONTAMINACIÓN AMBIENTAL POR MERCURIO Y PROPUESTA DE RECUPERACIÓN DE  
MERCURIO EN COLAS DE AMALGAMACIÓN INVERSIONES JHOALICON LUNAR DE ORO PUNO

Palabras claves, (3 a 5 términos): MERCURIO, AMALGACION, HIDRO SEPARADOR

¿Esta obra se desarrolló en la UANCV <sup>1,2</sup>?

1

<sup>1</sup> 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, entre otros relacionados.

<sup>2</sup> 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  Titulo  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: CONTAMINACION Y CALIDAD AMBIENTAL - P22

Firma de Autor



huella digital

17 - 10 - 2024

Fecha