

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
ESCUELA DE POST GRADO
MAESTRÍA EN GESTIÓN DE SISTEMA AMBIENTAL



T E S I S

**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**

PARA OPTAR EL GRADO ACADEMICO DE MAESTRO

PRESENTADO POR:

Ing. ENELINDA VEGA JANAMPA

ASESOR: Mg. Eduardo Jesús MAYORCA BALDOCEDA

Cerro de Pasco – Perú

2017

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
ESCUELA DE POST GRADO
MAESTRIA EN GESTIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL**

TÍTULO

**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**

TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADEMICO DE MAESTRO

PRESENTADO POR:

Ing. ENELINDA VEGA JANAMPA

SUSTENTADO Y APROBADO ANTE LA COMISION DE JURADOS

Dr. Rommel López Alvarado
PRESIDENTE

Mg. Rosario Vásquez García
MIEMBRO

Mg. Rubén Edgar Palomino Isidro
MIEMBRO

**CERRO DE PASCO – PERU
2017**

DEDICATORIA

A toda mi familia por su apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTOS

- ✓ *Al Mg. Eduardo J. Mayorca Baldoceda por su asesoramiento y aporte en el desarrollo del presente trabajo de Investigación.*
- ✓ *A mis jurados: Dr. Rommel López Alvarado, Mg. Rosario Vásquez García, Mg. Rubén Edgar Palomino Isidro, por sus aportes en el desarrollo del presente trabajo de Investigación.*

PRESENTACIÓN

Señores Jurados:

En cumplimiento del mandato previsto del Reglamento de Grados y Títulos de la Escuela de Post Grado de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, me permito presentar a vuestra consideración la Tesis titulada *“EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACION 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”*, con la finalidad de optar el grado de Maestro en Gestión del Sistema Ambiental.

Las razones por el cual se ha elegido este tema, es debido a lo relevante que son los daños que ocasiona los pasivos ambientales generados por la minería ilegal y que en la actualidad vienen a ser perjudiciales para la salud de la población y la biodiversidad inmerso en el área de estudio.

Debido a que este problema puede persistir durante décadas, existe la necesidad de prevenir sus efectos y aplicar un tratamiento más adecuado, el cual permita identificar, formular y evaluar las medidas de mitigación al problema de los pasivos ambientales que origina la minería ilegal y que cumplan con las normas y leyes estipuladas por el gobierno central, principalmente establecidos por el Ministerio del Ambiente.

La Tesista.

RESUMEN

La contaminación de los suelos y cuerpos de agua se ha incrementado a través de los últimos tiempos; producto de las emisiones de mercurio utilizados para el proceso y refinado en la obtención del oro.

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo principal analizar el mercurio y otros metales presentes sobre el suelo y agua para establecer la repercusión de estos elementos que afectan la salud a consecuencia de la minería ilegal; desarrollada en la concesión minera Pierina XXI, ubicado en la zona denominada "Ramos - Balcón" pertenecientes a la jurisdicción del Distrito de Pozuzo, Provincia de Oxapampa - Pasco.

El estudio se realizó mediante la metodología no experimental, debido que la investigación se limitó a analizar el suelo y agua, pero que a su vez no hizo variar las variables independientes; previas visitas de campo a la zona de influencia en el cual se ejecutó 58 encuestas a los mineros ilegales, llevado a cabo los días 07 al 10 de enero del 2016. Asimismo los resultados obtenidos de la evaluación del mercurio y otros metales desarrollada en la concesión minera Pierina XXI se determinó que los parámetros que presentan un alto riesgo a la salud del minero ilegal está en el suelo, debido que los metales presentes en el suelo se encuentran por encima de los estándares de calidad ambiental, tales como es del Arsénico con 3608.40 mg/kg y 2062.93 mg/kg; cromo 5.10mg/kg, 1.68 mg/kg, 1.69 mg/kg y mercurio 27.72 mg/kg, siendo perjudicial para la salud de las personas y degradación del ecosistema de la concesión minera Pierina XXI.

Palabras claves: mercurio, minería ilegal, calidad de suelo, agua y salud.

ABSTRACT

Contamination of soils and bodies of water has increased over recent times; product of the emissions of mercury used for the process and refined in obtaining the gold.

The main objective of this research was to analyze mercury and other metals present on soil and water to establish the impact of these elements that affect the health of illegal miners as a result of illegal mining; developed in the mining concession Pierina XXI developed of 07 a 10 January of 2015, located in the area called "Ramos - Balcón" belonging to the jurisdiction of the District of Pozuzo, Province of Oxapampa - Pasco.

The study was carried out using the non-experimental methodology, due to the fact that the research was limited to analyzing the soil and water, but in turn did not vary the independent variables; field visits were made to the area of influence where 58 surveys were carried out on illegal miners. Where the results obtained from the evaluation of mercury and other metals developed in the mining concession Pierina XXI established that the parameters that present a high risk to the health of the illegal miner is in the soil, because the metals presents Arsenic with 3608.40 mg/kg and 2062.93 mg/kg; Chromium 5.10 mg/kg, 1.68 mg/kg, 1.69 mg/kg and mercury 27.72 mg/kg was found to be above environmental soil quality standards being detrimental, where the concentration constraint of mercury and other elements present in the soil influence the health of the people of the mining concession Pierina XXI.

Keywords: mercury, illegal mining, soil quality, water and health.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTOS.....	IV
PRESENTACIÓN.....	V
RESUMEN.....	VI
ABSTRACT.....	VII
ÍNDICE.....	VIII
INTRODUCCIÓN.....	XIV

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Identificación y Determinación del Problema.....	16
1.2. Delimitación de la investigación.....	19
1.3. Formulación del Problema.....	20
1.3.1. Problema general.....	20
1.3.2. Problemas específicos.....	20
1.4. Formulación de Objetivos.....	21
1.4.1. Objetivo general.....	21
1.4.2. Objetivos específicos.....	21
1.5. Justificación de la investigación.....	22
1.6. Limitaciones de la investigación.....	22

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio.....	24
2.2. Bases Teóricas – Científicos.....	31
2.2.1. Generalidades de la minería en el Perú.....	31
2.2.2. La minería ilegal en el Perú.....	31
2.2.3. Proceso de obtención del oro en la concesión minera Pierina XXI..	32
2.2.4. Ciclo de explotación y beneficio en la concesión Pierina XXI.....	33
2.2.5. Presencia del mercurio en la concesión minera Pierina XXI.....	38
2.2.6. Tipo de mercurio presente en la concesión minera Pierina XXI.....	39
2.2.7. Absorción del mercurio sobre la salud en los mineros ilegales.....	40
2.2.8. Estándares nacionales para el mercurio en el suelo y agua.....	41

2.2.9. Contaminación del suelo con metales en la concesión Pierina XXI.	42
2.2.10. Contaminación del agua con metales en la concesión Pierina XXI	43
2.3. Definición de términos	45
2.4. Formulación de Hipótesis	47
2.4.1. Hipótesis General	47
2.4.2. Hipótesis Específicas	47
2.4.3. Identificación de Variables	48
2.4.4. Definición operacional de variables e indicadores	48
CAPÍTULO III	
METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE LA INVESTIGACIÓN	
3.1. Tipo y Nivel de investigación	49
3.2. Método de investigación	49
3.3. Diseño de investigación	50
3.4. Población y Muestra	51
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	52
3.6. Instrumentos (pertinencia):	52
3.7. Procedimiento de recolección de datos	53
3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de los datos	53
CAPÍTULO IV	
PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	
4.1. Resultados de monitoreo de la calidad del suelo y agua	54
4.1.1. Descripción de puntos de monitoreo de suelo y agua	55
4.1.2. Resultados de monitoreo de la calidad de suelo	57
4.1.3. Resultados de monitoreo de la calidad de agua	63
4.1.4. Resultados de la encuesta realizada a los mineros ilegales	64
4.2. Análisis e interpretación de datos	75
4.3. Prueba de hipótesis	79
4.4. Discusión de los resultados	83
CONCLUSIONES	87
RECOMENDACIONES	89
BIBLIOGRAFIA	91
ANEXO	93

LISTA DE TABLAS

TABLA N° 1 Descripción y Ubicación de puntos de Monitoreo de suelo.....	56
TABLA N° 2 Descripción y Ubicación de puntos de Monitoreo de agua.....	56
TABLA N° 3 Descripción de los parámetros establecidos por el estado.....	56
TABLA N° 4 Descripción de los parámetros obtenidos de suelo.....	57
TABLA N° 5 Descripción de los parámetros obtenidos de agua.....	63
TABLA N° 6 Suelo.....	65
TABLA N° 7 Suelo.....	65
TABLA N° 8 Suelo.....	66
TABLA N° 9 Suelo.....	67
TABLA N° 10 Suelo.....	68
TABLA N° 11 Agua.....	69
TABLA N° 12 Agua.....	70
TABLA N° 13 Agua.....	71
TABLA N° 14 Agua.....	72
TABLA N° 15 Agua.....	73
TABLA N° 16 Elementos del suelo.....	75
TABLA N° 17 Elementos del agua.....	77

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico N° 01 Diagrama estratégico.....	50
Gráfico N° 02 Arsénico en Suelo.....	57
Gráfico N° 03 Bario en Suelo.....	58
Gráfico N° 04 Cadmio en Suelo.....	59
Gráfico N° 05 Cromo VI en Suelo.....	60
Gráfico N° 06 Plomo en Suelo.....	61
Gráfico N° 07 Mercurio en Suelo	62
Gráfico N° 08 pH del agua	64
Gráfico N° 09 Suelo.....	65
Gráfico N° 10 Suelo.....	66
Gráfico N° 11 Suelo.....	67
Gráfico N° 12 Suelo.....	68
Gráfico N° 13 Suelo.....	69
Gráfico N° 14 Agua.....	70
Gráfico N° 15 Agua.....	71
Gráfico N° 16 Agua.....	72
Gráfico N° 17 Agua.....	73
Gráfico N° 18 Agua.....	74
Gráfico N° 19 Elementos del suelo.....	75
Gráfico N° 20 Elementos del agua.....	77

LISTA DE CUADROS

Cuadro N° 1 ECA agua Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.....	42
Cuadro N° 2 ECA agua Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM.....	43
Cuadro N° 3 Acceso al área de investigación.....	54
Cuadro N° 4 Matriz De Consistencia.....	94
Cuadro N° 5 Estándares de Calidad Ambiental para Agua.....	99
Cuadro N° 6 Estándares de Calidad Ambiental para Suelo.....	101

LISTA DE FOTOS

Foto 01 Bocamina de los mineros ilegales.....	33
Foto 02 Tipo de explosivo usado por los mineros ilegales.....	34
Foto 03 Sostenimiento usado en la minería ilegal.....	34
Foto 04 Acarreo del mineral.....	35
Foto 05 Desmonte generado por los mineros ilegales.....	35
Foto 06 Chancado realizado por los mineros ilegales.....	36
Foto 07 Molienda realizado por los mineros ilegales.....	36
Foto 08 Sedimentación y amalgamación de mercurio.....	37
Foto 09 Exprimido del mercurio líquido de la amalgama.....	37
Foto 10 Refogado de amalgama de oro:.....	38
Foto 11 Deposito de relave de los mineros ilegales.....	38

LISTA DE FOTOS (ANEXO 5)

Foto 01 Vista panorámica de los campamentos.....	106
Foto 02 Encuesta y capacitación a los mineros informales.....	106
Foto 03 Toma de las muestra de agua	107
Foto 04 Toma de las muestra de relave	107
Foto 05 Estilo de vida de las familias	108
Foto 06 Presencia de niños y adultos	108

INTRODUCCIÓN

La minería ilegal en el Perú, es una actividad que ocasiona una considerable problema social, económico, legal y ambiental, debido a que gran parte de sus operaciones es de manera informal e ilegal, la actividad minera que se desarrolla en la concesión minera Pierina XXI, ubicado en la zona denominada “Ramos - Balcón” pertenecientes a la jurisdicción del Distrito de Pozuzo, está orientado a la explotación de oro de manera ilegal mediante el uso de mercurio, el cual somete a los trabajadores a una grave exposición; libera mercurio en el medio ambiente y crea riesgos a la salud de los habitantes de las comunidades cercanas. Por lo anteriormente expuesto, en la presente investigación, se planteó como objetivo principal: Analizar la repercusión del mercurio y otros metales sobre el suelo y agua a consecuencia de la minería ilegal que afecta la salud en la concesión minera Pierina XXI. Asimismo, se planteó los objetivos específicos: 1) Determinar el nivel de concentración del mercurio y otros metales sobre el suelo a consecuencia de la minería ilegal que afecta la salud en la concesión minera Pierina XXI. 2) Determinar el nivel de concentración del mercurio y otros metales sobre el agua a consecuencia de la minería ilegal que afecta la salud en la concesión minera Pierina XXI. 3) Identificar los afectados a la salud relacionado con la concentración del mercurio y otros metales a consecuencia de la minería ilegal en la concesión minera Pierina XXI. Para lo cual el método de investigación se ciñe al desarrollo no experimental, debido que esta metodología sirvió para recolectar y analizar los datos necesarios mediante toma de muestras de suelo y agua, a su vez se realizó encuestas de campo a 58 personas donde describen las características del fenómeno en

estudio tal como son debido que se recolectaron los datos en un solo momento y en un tiempo único y cuya finalidad fue si el mercurio influye en la salud de los mineros ilegales, donde los resultados obtenidos de la evaluación del mercurio y otros metales desarrollada en la concesión minera Pierina XXI, se determinó que los parámetros que presentan un alto riesgo a la salud del minero ilegal está en el suelo, debido que los metales presentes en el suelo se encuentran por encima de los estándares de calidad ambiental, tales como es del Arsénico con 3608.40 mg/kg y 2062.93 mg/kg; cromo 5.10mg/kg, 1.68 mg/kg, 1.69 mg/kg y mercurio 27.72 mg/kg siendo perjudicial, donde la condicionante de la concentración de mercurio y otros elementos presentes en el suelo se concluye que esta actividad está dañando de manera irreversibles la salud del minero y el medio ambiente en la concesión minera Pierina XXI .

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Identificación y Determinación del Problema.

En el Perú la minería ilegal se está incrementando de forma preocupante en algunas regiones, así como la actividad minera que se desarrolla en la concesión minera Pierina XXI, ubicado en la zona de Ramos - Balcón en la jurisdicción del Distrito de Pozuzo, está orientado a la explotación de oro de manera ilegal, donde los mineros ilegales realizan las actividades de explotación con criterios empíricos. Donde la obtención del oro por medio de amalgamación, proveniente en primer lugar de las labores subterráneas, son chancados o reducidos manualmente a un tamaño suficientemente pequeño 1/4 de pulgada, para ser depositados en pequeño molino de bolas de construcción artesanal con capacidades de 100 Kg, al cual se agrega el mercurio y agua para completar el proceso de molino, a posterior se obtiene una pulpa que es vertida a un pozo artesanal donde el mercurio amalgamado es separado por gravedad y luego filtrado a través de un paño fino para recuperar la amalgama (Au-Hg) para posteriormente la amalgama es refogado mediante un soplete (artesanal) para obtener el oro, siendo el mercurio evacuado a la atmósfera en forma de gas. Para este trabajo intervienen familias integras de todas las edades y sin ningún tipo de protección. **Rojas. (2001)¹.**

¹ ROJAS R. LUIS, 2001. Problemática de la Mina Rinconada y su formalización. I Foro sobre la Minería Informal en el Perú, Nazca- Ica.

El problema se agrava, debido a que los mineros ilegales trabajan sin supervisión técnica, causando problemas a su salud por la manipulación del mercurio sin los implementos básicos de seguridad e inhalación de vapor de mercurio en el proceso del refogado para obtener el oro. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), ha adoptado un Valor de Acción Retardado (VAR) de 0,05 mg/m³ de aire como el nivel máximo de exposición a que los trabajadores pueden encontrarse en un día de 8 horas sin riesgo. **Young, et al, (2002)**². Teniendo presente que el mercurio es altamente tóxico para la salud de los mineros ilegales y para los ecosistemas acuáticos y terrestres del lugar denominado “Ramos - Balcón”.

Los relaves producto del procesamiento artesanal son depositados en las laderas del suelo sin previo control y tratamiento, por tratarse de una explotación ilegal, en donde el mercurio libre es eliminado conjuntamente con los relaves y el agua. Esto no solo se debe al desconocimiento del minero ilegal, sino que también tiene el afán de generar máximos beneficios económicos sin invertir en lo posible en tratamientos de remediación de suelos contaminados por la actividad minería en la zona, esto a costa de su salud y de los demás **Esteban A. et al, (2002)**³.

El mercurio emitido por la minería ilegal en la concesión minera Pierina XXI ubicado en la zona de Ramos - Balcón se va acumulando

² Young, et al., 2002. Environmental Assessment of Gold Processing by Mercury Amalgamation in Developing Country. Montana Tech, School of Mines and Engineering (USA) y la Universidad Nacional del Altiplano Puno.

³ Esteban Aquino et al., 2002 Contaminación por Mercurio y Cianuro en el Distrito Minero de Ananea – Puno, Universidad Nacional del Altiplano Puno -Cámara de Minería de Puno.

principalmente en forma de mercurio metálico (Hg^0) en suelos y sedimentos de relaves. Sin embargo, por ser metálico se puede presentar como catión mercurioso (Hg^+) o catión mercúrico (Hg^{+2}). Estos estados de oxidación diferentes permiten disolverse en el agua y formar una variedad de complejos inorgánicos. La emisión de Hg metálico para el medio ambiente por la actividad minera artesanal constituye uno de los mayores y más serios problemas ambientales del distrito, debido a que la liberación de Hg al medio ambiente ocurre principalmente a través de la erosión de los relaves. **Young, et al, (2002)**

Los complejos orgánicos como el metilmercurio CH_3Hg^+ se forman principalmente a la actividad biológica, esta forma de mercurio es de gran toxicidad para el hombre y para los organismos acuáticos más pequeños que absorben el metilmercurio del agua, flora o fauna acuática trasladándose a través de la cadena trófica hasta llegar al hombre donde ataca al sistema nervioso y el cerebro. **Ramos. et al., (2000)⁴**

Por todo ello, este fenómeno de la minería ilegal presenta un lado negativo, cuyos efectos desfavorables van desde condiciones inseguras de trabajo y métodos irracionales en la explotación, que originan la depredación del recurso minero, hasta la contaminación y degradación del medio ambiente, especialmente por el mal uso del mercurio.

⁴ RAMOS, CLAUDIA, *et al.* 2000. Nivel de contaminación por metilmercurio en la región de la Mojana. Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Centro de Investigaciones en Ingeniería Ambiental (CIIA). Universidad de los Andes. Bogotá. Colombia.

1.2. Delimitación de la investigación.

- El trabajo de investigación se delimito a la concentración de mercurio y otros elementos presentes en el suelo y agua relacionado a la afectación de la salud del minero ilegal que laboran en la concesión minera Pierina XXI ubicado en la zona denominada Ramos - Balcón perteneciente a la jurisdicción del Distrito de Pozuzo, Región Pasco.

1.3. Formulación del Problema

1.3.1. Problema general

¿Cómo repercute el mercurio y otros metales sobre el suelo y agua a consecuencia de la minería ilegal que afecta la salud en la concesión minera Pierina XXI?

1.3.2. Problemas específicos

1. ¿Cuál es el nivel de concentración del mercurio y otros metales sobre el suelo a consecuencia de la minería ilegal que afecta la salud en la concesión minera Pierina XXI?
2. ¿Cuál es el nivel de concentración del mercurio y otros metales sobre el agua a consecuencia de la minería ilegal que afecta la salud en la concesión minera Pierina XXI?
3. ¿Quiénes son los afectados a la salud relacionado con la concentración del mercurio y otros metales a consecuencia de la minería ilegal en la concesión minera Pierina XXI?

1.4. Formulación de Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Analizar la repercusión del mercurio y otros metales sobre el suelo y agua a consecuencia de la minería ilegal que afecta la salud en la concesión minera Pierina XXI.

1.4.2. Objetivos específicos

1. Determinar el nivel de concentración del mercurio y otros metales sobre el suelo a consecuencia de la minería ilegal que afecta la salud en la concesión minera Pierina XXI.
2. Determinar el nivel de concentración del mercurio y otros metales sobre el agua a consecuencia de la minería ilegal que afecta la salud en la concesión minera Pierina XXI.
3. Identificar los afectados a la salud relacionado con la concentración del mercurio y otros metales a consecuencia de la minería ilegal en la concesión minera Pierina XXI.

1.5. Justificación de la investigación

El presente trabajo de investigación sobre la evaluación del mercurio y otros elementos que afectan la salud de los trabajadores y la de su familia en la concesión minera Pierina XXI, es debido a la ilegalidad en sus operaciones que se desarrolla. **Glave y Kuramoto (2002)**⁵. Esto permitió evidenciar la contaminación del mercurio y otros elementos presentes en el suelo y agua, perjudicando de manera directa a su salud y al medio ambiente. La metodología empleada en la investigación servirá para aplicarlo en otras zonas mineras de igual condición, por consiguiente, los resultados obtenidos serán línea de base para otras investigaciones de similares características.

Al respecto, considerar que una de las limitaciones más importantes en las políticas de formalización y de combate a la minería ilegal es la falta de información que permita cuantificar los daños ocasionados al ambiente y a la salud por estas actividades para planificar procesos de remediación ambiental y brindar esta información a la población y autoridades en general.

1.6. Limitaciones de la investigación

El presente trabajo de investigación presento las siguientes limitaciones:

1. El estudio solo abarco el área donde se desarrolla las actividades de explotación del oro por parte de la minería ilegal específicamente en la Concesión minera Pierina XXI ubicado en la zona denominada "Ramos -

⁵ GLAVE, M. Y KURAMOTO, J. (2002). Minería y Minerales y Desarrollo Sustentable en el Perú. En Minería y Minerales de América del Sur en la Transición al Desarrollo Sustentable. International Institute For Environment and Development.

Balcón” pertenecientes a la jurisdicción del Distrito de Pozuzo respectivamente.

2. Durante el desarrollo del trabajo de campo se manifestó desconfianza de algunos mineros ilegales frente a cualquier tipo de iniciativa que provenga de externos, debido al aumento en la fiscalización, incautaciones de maquinaria e insumos, al cierre de minas ilegales y a la penalización de mineros ilegales, hecho que motivo el desinterés de los mineros ilegales al momento de realizar las encuestas respectivas.
3. Asimismo, se hallaron privaciones en las respuestas debido a que los mineros informales son en su mayoría personas que han aprendido el oficio de manera empírica, por ende desconocen los aspectos técnicos elementales para el proceso de extracción del oro.
4. En el presente trabajo de investigación no se consideró el monitoreo de la calidad de aire, debido a que los mineros ilegales no permitieron la instalación de los equipos de aire, este hecho genero riesgo de seguridad al operador y el incremento del costo de instalación y monitoreo de calidad de aire.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio.

Cuenca & Velarde (2005)⁶ en el trabajo de investigación realizada en la Rinconada - Puno, pueblo minero de aproximadamente 12 700 personas en un área de 10 ha; en la zona se realiza la explotación y el procesamiento de mineral aurífero, obteniéndose mediante amalgamación como producto final el oro. Se usan dos equipos: el quimbalete (rudimentario) y el molino. El mercurio es utilizado ampliamente debido a la sencillez de su uso. La utilización inadecuada del mercurio produce pérdidas, tanto en forma de mercurio elemental durante el proceso de amalgamación, como en forma de gas (vapor de Hg) durante la separación oro – mercurio (refogado). El objetivo del estudio fue determinar las pérdidas de mercurio en las etapas de amalgamación y refogado. Para ello, se realizó un balance de masa en 5 molinos y 6 quimbaletes. Los resultados indican que las pérdidas de mercurio en los molinos oscilan entre 5 y 8 g de mercurio para recuperar 1 g de oro; y en el caso de los quimbaletes oscila entre 5 y 16 g de mercurio para recuperar 1 g de oro.

Conclusión: Los autores, *“determinaron que el mercurio es utilizado ampliamente en la recuperación del oro, generalmente sin las precauciones necesarias, causando gran efecto de contaminación en el*

⁶ Cuentas Alvarado Mario, Velarde Ochoa Jhon. Evaluación del uso de mercurio en los procesos de amalgamación de oro en quimbaletes y molinos en la Rinconada – Puno, encuentro científico Internacional. PLD 0319 Volumen 2, Lima: 2005.

agua, suelo y en los propios trabajadores que lo manipulan, y en sus familias; La utilización inadecuada del mercurio conduce a la producción de altas pérdidas tanto en forma de mercurio elemental durante el proceso de amalgamación, como en forma de gas (vapor de Hg) y compuestos inorgánicos durante la separación oro – mercurio, (refogado). El presente estudio es importante porque considera que el mercurio se pierde en los procesos de obtención de oro de manera artesanal que afecta la salud de las personas que están en contacto directo con este elemento.

Montenegro (2002)⁷ El presente trabajo de investigación muestran la evaluación de niveles de mercurio en muestras de orina de 24 horas obtenidas de los trabajadores mineros artesanales de la comunidad de Santa Filomena ubicada en el distrito de Sancos, provincia de lucanas, departamento de Ayacucho.

Donde el estudio estableció que del 100% de la población evaluada 31 muestras, el 67.7% (21 muestras) presento niveles de mercurio incrementado en el rango 41 a 90 ug/l. donde los grupos con más alto valor de contaminación fueron los adultos jóvenes de 24 a 34 años y los niños de 2 a 12 años (4 muestras) que presentan el 29% de la población total obtuvieron valores en el rango de 40 a 90 ug/l. de la misma forma se observó que el total de mujeres avaluadas (6 muestras) el 75% de ellas presentan concentraciones de mercurio de 40 a 90 ug/l. la

⁷ Monteagudo montenegro fabricio arturo. Evaluación de la concentración por mercurio en población de mineros artesanales de oro de la comunidad de Santa Filomena – Ayacucho-Perú durante el periodo agosto 2000 – setiembre 2001 (tesis de pregrado) Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos: 2002

población en estudio se exponen de 7 horas por semana presentan una concentración de mercurio en orina en cantidades significativas de 40 a 90 ug/l.

Conclusión: El autor, *“determina que las exposiciones al mercurio sin los implementos de seguridad influyen negativamente en el cuerpo humano debido y que se va acumulando en el tiempo por el grado de exposición”*. El presente estudio es importante porque considera que el cuerpo humano adsorbe el mercurio ya sea por inhalación, ingestión y contacto dérmico, el cual se va acumulando en el tiempo.

Alvarez J. et al. (2011)⁸ El Ministerio del Ambiente y el Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana, han desarrollado la investigación sobre la problemática asociada a la actividad de la minería ilegal en Madre de Dios particularmente sobre el uso del mercurio en la recuperación del oro. El trabajo consistió en relacionar a las concesiones mineras en Madre de Dios, sus métodos de extracción, el uso del mercurio, entre otros temas relacionados y relevantes de manera exhaustiva sobre los impactos del mercurio a la salud, así como los procesos de contaminación por esta sustancia.

El mercurio utilizado para la amalgamación del oro por los mineros es evaporado y arrastrado al suelo y a los cuerpos de agua por las lluvias, donde se transforma en metilmercurio, una forma de mercurio mucho más tóxica, es a través de los procesos de “bioacumulación” y

⁸ ÁLVAREZ, J; SOTERO, V; BRACK, A, IPENZA, C. Minería aurífera en Madre de Dios y contaminación con mercurio una bomba de tiempo río Huaypetuhe - Madre de Dios. Informe preparado por el instituto de la Amazonía Peruana - IIAP y el ministerio del ambiente. Lima - Perú. 2011

“biomagnificación” el metilmercurio ingresa a los organismos vivos, donde se elimina muy difícilmente. En Madre de Dios se estima que se producen entre 16 000 a 18 000 kg de oro al año, y por cada kg de oro extraído se utiliza unos 2.8 kg de mercurio. Los estudios revelan que existe una alta tasa de contaminación con mercurio en zonas mineras en los sedimentos de los ríos, en peces y en otros animales, así como en humanos. El grupo de mayor riesgo está constituido por las comunidades nativas, debido al alto consumo de pescado.

Conclusión: Los autores, *“determina que durante mucho tiempo la explotación aurífera mediante el uso inadecuado de mercurio ha ocasionado la contaminación del ambiente en el suelo y agua afectando la cadena alimenticia de la zona de Madre de Dios”*. El presente estudio es importante porque considera que el uso inadecuado del mercurio en la minería ilegal de madre de Dios es por la ineficacia de las autoridades competentes.

Gómez (2012)⁹ Este estudio analiza las dinámicas de los últimos cien años en el sistema social ecológico afectado por la minería de oro en Madre de Dios, así como los impactos a la salud por la liberación de mercurio. Se utilizó la metodología de análisis de riesgos toxicológicos propuesta por el National Research Council (1983) facilitó la realización de una evaluación posibilística de los escenarios de manejo en relación con el impacto por mercurio. Se encontró que la bioacumulación y

⁹ Gómez Agurto Cynthia Fiorella. Evaluación de escenarios alternativos en sistemas social ecológicos afectados por la minería aluvial en Madre de Dios (tesis de posgrado) Lima, Universidad nacional agraria la Molina;2012

biomagnificación de metilmercurio en el sistema es creciente y difícilmente reversible en el corto y mediano plazo. En el escenario optimista, a pesar de la implementación de mejores medidas de manejo y de la reducción de los niveles de intensificación tecnológica, los efectos ecosistémicos persisten. Si la trayectoria del sistema se mantiene es posible que se consoliden estados degenerativos.

El análisis de la resiliencia permitió además identificar las áreas de manejo, fases y estados del ciclo adaptativo, así como los procesos de diferentes escalas que influyen en el sistema. Se encontró que las variables clave son el precio del oro, la tasa de migración, el nivel de intensificación de la actividad, el nivel de contaminación por mercurio y el nivel de gobernanza, siendo este último el que es necesario desarrollar para que el sistema no tienda hacia el escenario pesimista, salga de la trampa de la pobreza y se reconfigure de tal modo que se promueva la remediación ambiental, el desarrollo de capitales para la sostenibilidad, la reducción de la corrupción. Se propone desarrollar un programa de monitoreo de largo plazo, así como plantear nuevas estrategias de manejo y de negociación en base a los aprendizajes históricos relevados en este estudio.

Conclusión: La autora, *“determina que, la bioacumulación y biomagnificación de metilmercurio en el sistema es creciente y difícilmente reversible en el corto y mediano plazo, a pesar de la implementación de mejores medidas de manejo y de la reducción de los niveles de intensificación tecnológica, los efectos ecosistémicos*

persisten". El presente estudio es importante porque considera que el mercurio afecta al ecosistema de forma irreversible.

Jara (2007)¹⁰. El presente trabajo donde incorporó una revisión de la normativa aplicable al mercurio tanto en Chile, como en la Unión Europea y América del Norte, así como de las alternativas y consideraciones para el manejo ambiental del mercurio.

En el caso de las fuentes de origen antropogénico, se estudiaron de acuerdo a los procesos, productos y usos o aplicaciones que recibe el mercurio en el país, además de efectuar una revisión a la disposición de los desechos que lo contienen. Junto con esto, se realizaron visitas en terreno a la III y IV Regiones con el fin de conocer la situación del sector minero y sus implicancias en el estudio y, se trabajó en conjunto con el Ministerio de Salud en la ejecución y estudio de las encuestas realizadas para conocer la situación y manejo de amalgamas con mercurio a lo largo de todo el país.

La recopilación y análisis de la información obtenida respecto a los usos del mercurio y de los productos y procesos que lo utilizan, muestra un manejo que no integra a todas las fases del ciclo de vida de éste. Particularmente, la pequeña minería que es el sector con mayor consumo de mercurio a través de la recuperación de oro por amalgamación de los metales presenta un manejo inapropiado del

¹⁰ Jara Ramírez Claudia Andrea. Elementos Base para la Gestión Ambiental del Mercurio en Chile (tesis de pregrado) Santiago, universidad de chile; 2007.

mercurio desde su obtención, manipulación, hasta su disposición en los depósitos de mineral descartado.

Conclusión: La autora, *“determina que los países debían establecer una serie de tareas para una gestión racional del elemento mercurio. En particular, en el país de Chile determinó que era necesario realizar un diagnóstico de la situación nacional del mercurio, incluyendo tanto inventario de fuentes de liberaciones, como de sitios contaminados por mercurio en todo el territorio nacional.”*. El presente estudio es importante porque considera que el mercurio presenta un manejo inapropiado desde su obtención, manipulación, hasta su disposición en los depósitos de mineral.

2.2. Bases Teóricas – Científicos

2.2.1. Generalidades de la minería en el Perú

La minería es una actividad dedicada a la extracción de recursos naturales no renovables. Éstos pueden ser minerales metálicos como oro, plata, hierro, cobre, las cuales se extraen con un beneficio económico. La minería en el Perú está constituida por cuatro estratos: (I) Gran Minería; (II) Mediana Minería; (III) Pequeña Minería; (IV) Minería Artesanal. Todos ellos se encuentran regulados por dos tipos de régimen minero: el Régimen General, que comprende a la Gran y Mediana Minería y el Régimen del Pequeño Productor Minero y Minero Artesanal, esta división toma en cuenta una serie de obligaciones, expresadas fundamentalmente en la producción anual mínima requerida; la gran minería produce más de 5,000 TM/día; la mediana minería produce entre 350 TM y 5,000 TM/día por día; la pequeña minería es aquella que produce hasta 350 TM/día y la minería artesanal, hasta 25 TM/día. **INGEMMET. (2014)¹¹.**

2.2.2. La minería ilegal en el Perú

La minería ilegal en el Perú es una actividad ancestral que toma gran impulso a partir de la década del 80 en un contexto de recesión económica, crisis del campo, violencia política generada por el terrorismo (que origina migraciones a zonas con filiación aurífera), altos precios alcanzados por este metal entre otros factores; lo que explica que un elevado porcentaje de esta actividad está orientada a la

¹¹ INGEMMET, 2014. Atlas catastral minero y geológico. Ministerio de Energía y Minas- Instituto Geológico Minero y Metalúrgico.

explotación de yacimientos auríferos ya sean aluviales o de vetas. Esta minería ilegal se desarrolla incumpliendo con todos los requisitos y permisos establecidos en la Ley de Minería, a pesar de que tiene concesión minera o contrato de cesión o explotación, se encuentra sin permiso de uso del terreno superficial, sin instrumento de ambiental, sin licencia de uso de agua ANA, sin licencia social, sin autorización de inicio o reinicio de operación minera, sin pagar tributos e incumplimiento de derechos laborales y de seguridad. **Medina et al. (2007)**¹².

La problemática de la minería ilegal es muy aguda en el país que afecta a la Amazonía y regiones de la costa y sierra, causando deterioro ambiental, situaciones de explotación, tráfico de personas, trata de personas, etc. presentando un problema complejo para el estado, porque se ocasiona una ingobernabilidad que trae consigo tensión social, poca captación de ingresos públicos, problemas de seguridad y graves impactos sociales y ambientales. **(Art. 2º, inciso b, del decreto legislativo nº 1105.)**¹³

2.2.3. Proceso de obtención del oro en la concesión minera Pierina XXI

Los yacimientos en la concesión minera Pierina XXI, se clasifican de manera de diseminado, debido que el cuerpo mineral que aparece en forma de hilos atraviesa la roca en todas direcciones, o bien como puntos o motas de mineral que cubren grandes extensiones.

¹² Medina, G; Arévalo, J; Quea, F. 2007. Minería Ilegal en el Perú. Trabajo de Investigación de la XXVIII Convención Minera.

¹³ DECRETO LEGISLATIVO Nº 1105. Decreto Legislativo que establece disposiciones para el proceso de formalización de las actividades de pequeña minería y minería artesanal. Disponible en: http://www.propuestaciudadana.org.pe/sites/default/files/norma_legal/archivos/DL1105.pdf

Las vetas generalmente tienen de 1 y 10 cm, el desarrollo de las vetas se debe a que el oro se encuentra en rocas estériles o con contenidos muy bajos de oro. Por ello el método de explotación es de minado selectivo que consta de perforación, voladura y extracción de la roca que se encuentra debajo de la veta.

La minería ilegal en este lugar se caracteriza por ser intensiva en mano de obra y emplear mínima cantidad de equipo, se puede afirmar que mantiene una operación simple y rudimentaria que constituye una de las pocas técnicas eficientes para la explotación de este tipo de yacimientos.

MEM (2005)¹⁴

2.2.4. Ciclo de explotación y beneficio en la concesión Pierina XXI

- a. **Perforación:** La perforación es la primera operación en la preparación de una voladura, se emplea perforadoras neumáticas con barrenos integrales de 3 pies, los cortes de perforación se utilizan dependiendo de la labor, el avance por disparo se estima a 1m con 13 taladros.

Foto N° 01: Bocamina de los mineros ilegales



Fuente: Elaboración Propia del investigador

¹⁴ MEM/DGM 2005 Guías Mineras. Formalización de Actividades Mineras. Ministerio de Energía y Minas/Dirección General de Minería. Lima.

- b. **Voladura:** Los disparos son realizados por el sistema convencional, para iniciar la voladura se usa guía rápida, el explosivo utilizado es dinamita SEMEXSA de 65%, que consta de mecha lenta o Guía de seguridad, fulminantes.

Foto N° 02: Tipo de explosivo usado por los mineros ilegales



Fuente: Elaboración Propia del investigador

- c. **Sostenimiento:** El sostenimiento de las labores mineras se realiza cuando las cajas presentan problemas de desprendimientos de rocas y en techo de labor exista roca fracturada, por consiguiente, se emplea sostenimiento con madera.

Foto N° 03: Sostenimiento usado en la minería ilegal



Fuente: Elaboración Propia del investigador

- d. **Acarreo y limpieza:** Una vez realizada las voladuras, se efectúa la limpieza de la labor empleando palas manuales y/o buguis para el acarreo del mineral y desmonte.

Foto N° 04: Acarreo del mineral



Fuente: Elaboración Propia del investigador

- e. **Depósito de Desmonte:** Se ubica en las cercanías de la bocamina a no menos de 20 m. el material que se produce durante la ejecución de los trabajos de explotación son dispuestos en zonas no acondicionadas para su almacenamiento.

Foto N° 05: Desmonte generado por los mineros ilegales



Fuente: Elaboración Propia del investigador

- f. **Chancado:** En esta actividad el mineral se tritura manualmente con una comba hasta disminuir el tamaño de las piedras, se recoge en sacos para facilitar su transporte hasta la zona de tratamiento de mineral.

Foto N° 06: Chancado realizado por los mineros ilegales



Fuente: Elaboración Propia del investigador

- g. **Molienda:** El primer tratamiento consiste en la reducción de tamaño hasta la pulverización del mineral, a fin liberar de la ganga las partículas finas de oro, la molienda se realiza con molinos de bolas donde se añade agua y mercurio hasta conseguir una amalgama de oro y mercurio.

Foto N° 07: Molienda realizado por los mineros ilegales



Fuente: Elaboración Propia del investigador

- h. **Sedimentación:** Una vez finalizado la molienda, se retira el agua con el material disuelto o pasta obtenida en los molinos se dispone a la poza de circulación para sedimentar la amalgama y luego ser lavado el oro.

Foto N° 08: Sedimentación y amalgamación de mercurio



Fuente: Elaboración Propia del investigador

Asimismo, la amalgama húmeda se exprime con una tela para recuperar el exceso de mercurio con el oro y posteriormente se procede al refogeo de mercurio para obtener el oro y ser vendido a los comercializadores de oro.

Foto N° 09: Exprimido del mercurio líquido de la amalgama



Fuente: Elaboración Propia del investigador

- i. **Refogado de amalgama de oro:** El refogado o quema de la amalgama consiste en evaporar el mercurio mediante calor,

empleando soplete directamente a la amalgama, quedando el oro en el residuo sólido.

Foto N° 10: Refogado de amalgama de oro



Fuente: Elaboración Propia del investigador

- j. **Cancha de relave:** Se ubica en las cercanías de la bocamina a no menos de 10 m. el material que se produce durante la ejecución de los trabajos de molienda, donde el relave es depositado en las zonas no acondicionadas para su almacenamiento.

Foto N° 11: Deposito de relave de los mineros ilegales



Fuente: Elaboración Propia del investigador

2.2.5. Presencia del mercurio en la concesión minera Pierina XXI

En la Concesión minera Pierina XXI, el mercurio se utiliza para el proceso de amalgamación del oro; es decir, para separar el oro de las partículas sin valor con las que se encuentra mezclado en su yacimiento

de origen. Así, el siguiente paso es la extracción del oro mediante la quema de la amalgama, con el fin de evaporar el mercurio del oro extraído y los vapores van a la atmósfera, también se pierde una parte del mercurio metálico que van a parar finalmente a los suelo y ríos, contaminando el medio ambiente. **Álvarez, et al. (2011)**¹⁵. En estos procesos de extracción de oro los mineros ilegales trabajan sin supervisión técnica, causando problemas a su salud por la manipulación del mercurio sin los implementos básicos de seguridad.

2.2.6. Tipo de mercurio presente en la concesión minera Pierina XXI

- a) **Mercurio inorgánico o metálico (Hg):** Se encuentra de forma natural en el suelo, pero sus concentraciones se incrementan exponencialmente por los vertidos que realiza el hombre producto de la actividad minera ilegal. El mercurio que se evapora al quemar las amalgamas de oro va a la atmósfera circundante y de allí se precipita en micro gotitas en un radio de hasta 1,5 km, contaminando el suelo, a los animales, las plantas, personas. En el agua, por su elevada densidad, el mercurio se deposita y acumula en el barro del fondo. **Álvarez, et al. (2011)**
- b) **El Mercurio orgánico o metil mercurio (MeHg):** Las bacterias y otros microorganismos transforman el mercurio metálico en metil mercurio en el fondo de los cuerpos de agua y en zonas pantanosas, donde los peces detritívoros y otros pequeños organismos (caracoles, gusanos, etc.), que se alimentan de barro del fondo,

¹⁵ ÁLVAREZ, J; SOTERO, V; BRACK, A, IPENZA, C. 2011. Minería aurífera en Madre de Dios y contaminación con mercurio una bomba de tiempo río Huaypetuhe - Madre de Dios. Informe preparado por el instituto de la Amazonía Peruana - IIAP y el ministerio del ambiente. Lima – Perú

ingieren el metil mercurio y lo van acumulando en sus tejidos a lo largo de su vida (bioacumulación). A través de la cadena trófica los peces, aves, reptiles o mamíferos, incluyendo el hombre, que consumen estos peces y organismos, lo van acumulando en sus músculos y tejidos durante su vida, y al ser comidos por otros, los depredadores finales acumulan más mercurio (biomagnificación).

Álvarez, et al. (2011)

2.2.7. Absorción del mercurio sobre la salud en los mineros ilegales

El riesgo de intoxicación con mercurio no sólo afecta al minero artesanal al quemar la amalgama, sino que también, afecta al resto de su familia y vecinos. Cabe mencionar, que los pobladores que viven cerca de las zonas mineras tienen hasta 8 veces más del mercurio que el límite establecido.

El umbral establecido de 6 a 12 µg/l Hg para sangre, 2 µg/g Hg para cabello, y 5 µg/l Hg para orina, establecido por la Organización Mundial de la Salud. **OMS (2003)**¹⁶. Los efectos neurológicos de la contaminación con mercurio comienzan a ocurrir con niveles de mercurio en orina superiores a 100- 200 µg/l Hg. **Ascorra (2006)**¹⁷

Los humanos absorben el mercurio de diversas formas.

- a) **Por la respiración:** Al inhalar vapores de mercurio, el organismo retiene entre el 75% y el 85% del mercurio inhalado, el cual pasa directamente por los alvéolos pulmonares.

¹⁶ OMS. 2003. UN Committee of FAO and OMS recommends new dietary intake limits for mercury. <http://www.who.int/mediacentre/news/notes/2003/np20/en/>

¹⁷ Ascorra, C. 2006. Consecuencias de la contaminación con mercurio en el ambiente y en la salud humana. I Seminario – Taller “Agua, Salud Humana y Minería”. Vicariato Apostólico de P. Maldonado, P. Maldonado 25.08.2006. Manuscrito, 12 pp.

- b) **Por la digestión:** Si se trata de mercurio elemental, el sistema digestivo absorbe entre el 2% al 7% del mercurio ingerido. Pero si se trata de mercurio bajo sus formas oxidadas (mercurio I y II) se absorbe el 95% del mercurio ingerido. Si el mercurio ingerido está bajo la forma de metil mercurio, éste se absorbe en un 100% a nivel del intestino delgado principalmente.
- c) **Por la piel:** Bajo cualquiera de sus formas o estados, el mercurio atraviesa la piel y se acumula en los tejidos.

Una vez absorbido el mercurio es transportado por la sangre; el metil mercurio especialmente se une a la hemoglobina, y desde allí es llevado al hígado y nuevamente al torrente sanguíneo, pasando la barrera hemato encefálica y alojándose en el cerebro, cerebelo y medula espinal; a través de la membrana placentaria se aloja en el feto. En el sistema nervioso, específicamente, se aloja en la sustancia gris. Así mismo se aloja en el riñón, hígado, tiroides, glándulas adrenales, páncreas, espermatozoides, cristalino e intestinos. La eliminación del metil mercurio del organismo es muy lenta. **CENSOPAS (2010)**¹⁸

2.2.8. Estándares nacionales para el mercurio en el suelo y agua

La Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), son los organismos encargados de establecer los límites máximos permitidos de contaminantes. En el Perú es el Ministerio del Ambiente es la autoridad responsable de aprobar los Estándares de Calidad Ambiental o ECA,

¹⁸ CENSOPAS – Centro Nacional de Salud Ocupacional y Protección del Ambiente para la Salud. 2010. Niveles de exposición a mercurio en población de Huetuhe – Madre de Dios y factores de riesgo de exposición. Informe Técnico. MINSA – Instituto Nacional de Salud, 83 pp.

que son indicadores de calidad ambiental, miden la concentración de elementos, sustancias, parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, pero que no representan riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente.

Esta normatividad, está vigente en Perú donde establece los Estándares de Calidad Ambiental para agua¹⁹.

Cuadro N°1 ECA-AGUA Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM	
CATEGORIA	Hg/(mg/l)
Poblacional y Recreacional	0.001-0.002
Actividades marino-costeras	0.0001-0,00094
Riego vegetales y bebida de animales	0.001-0.01
Conservación del ambiente acuático	0.0001

Fuente: MINAM

Esta normatividad, está vigente en Perú donde establece los Estándares de Calidad Ambiental para Suelo²⁰.

Cuadro N°2 ECA-SUELO Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM	
CATEGORIA	Hg/(mg/kg PS)
Agrícola Suelo	6,6
Suelo Residencial/Parques	6,6
Suelo Comercial/Industrial/Extractivos	24

Fuente: MINAM

2.2.9. Contaminación del suelo con metales en la concesión Pierina XXI

¹⁹ MINAM (2017): Decreto Supremo N°004-2017-MINAM; Aprueban Estándares de Calidad (ECA) para agua; Ministerio del Ambiente; Lima-Perú.

²⁰ MINAM (2017): Decreto Supremo N°011-2017-MINAM; Aprueban Estándares de Calidad (ECA) para Suelo; Ministerio del Ambiente; Lima-Perú

La extracción de oro en la CMP XXI, requiere del empleo de productos químicos y grandes cantidades de agua en los pozos de extracción, dentro de estos pozos existen sustancias ligadas al tipo de suelo o mina que se combinan con los productos químicos, generando una gran cantidad de desechos tóxicos, subproducto de procesos mineros de relaves y escombros, constan de arsénico, bario, cadmio, cromo, mercurio y plomo y compuestos fenólicos. La contaminación del suelo se da cuando este tipo de desechos se incorporan al ambiente sin ser tratados en forma adecuada. La incorporación de metales tóxicos que se encuentran en las capas internas del suelo y por procesos de lixiviación, potencializados por la pérdida de cobertura vegetal, inevitablemente serán incorporados al recurso hídrico.

Estos metales que se usan en los canalones de amalgamación para extraer el oro, se vuelven biodisipables en el ambiente, convirtiéndose en mercurio orgánico, afectando la cadena alimenticia, desde peces hasta seres humanos, entre otras especies, aseguró el experto ambientalista. **Pardo R. et al. (1987)**²¹

2.2.10. Contaminación del agua con metales en la concesión Pierina XXI

La inadecuada disposición de los residuos del mercurio junto con el de otras sustancias químicas utilizadas en la minería ilegal aurífera disminuyen el oxígeno disuelto e incrementan los niveles de demanda bioquímica y demanda química del oxígeno en aguas

²¹ PARDO R., SANCHEZ M.I., VAZQUEZ M.D., SANCHEZ J. (1987): Determinación de metales pesados en suelos. X Reunión grupo de Electroquímica R. S. E. De Química. San Sebastián (España).

superficiales, lo cual afecta la existencia de vida orgánica y su aprovechamiento en otras actividades antrópicas (CGR, 2012).

Las elevadas concentraciones de mercurio en aguas superficiales pueden deberse a factores como: altas concentraciones de mercurio tanto en sedimentos como en el material suspendido, la profundidad a la cual se toma la muestra, el clima y las condiciones hidrológicas, la limnología del cuerpo de agua, la cantidad de mercurio vertido y transformado en otras especies, etc. De todas maneras, son un indicio de que hay lugares contaminados con este metal, cuyas fuentes hídricas pueden ocasionarles problemas adicionales a las comunidades que viven a lo largo de ellas, donde los pobladores, además de consumir alimentos contaminados con mercurio, también consumen el agua. El Plomo, cadmio, mercurio, arsénico provocan prácticamente la destrucción de los ecosistemas acuáticos y también serios daños a las personas que consuman agua o sus productos contaminados por esta clase de productos químicos. **Chung B. (2008)**²²

²² Chung B. Control de los Contaminantes Químicos en el Perú. RevPeruMedExp Salud Pública. 2008; 25(4): 413-18. [Fecha de acceso 08 de enero 2015]. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/rins/v25n4/a12v25n4.pdf>

2.3. Definición de términos

Afectado: Persona, animal, territorio o infraestructura que sufre perturbación en su ambiente por efectos de un fenómeno, puede requerir de apoyo inmediato para eliminar o reducir las causas de la perturbación para la continuación de la actividad normal.

Contaminación: Distribución de una sustancia química o una mezcla de sustancias en un lugar no deseable (aire, agua, suelo), donde puede ocasionar efectos ambientales o sobre la salud adversos.

Contaminación industrial: Es la presencia de sustancias tóxicas en el aire, agua o suelo, que resultan a menudo de ineficiencias en los procesos de producción.

Degradación química del suelo: Alteración de las propiedades químicas del suelo, por modificaciones en la composición original de elementos, sustancias o iones, derivadas de procesos de acumulación, lixiviación y arrastre.

Exposición: Es el contacto de una población o individuo o biota con un agente físico o químico crítico, se debe, por lo tanto, encontrar los puntos de exposición.

Sustancia peligrosa: Aquella que, por su alto índice de corrosión, inflamabilidad, explosividad, toxicidad, radiactividad o acción biológica, pueden ocasionar una acción significativa al ambiente, a la población, o a sus bienes.

Vía de exposición: Mecanismo por medio del cual el tóxico entra al organismo (ingestión, inhalación, contacto dérmico).

Remediación: Tarea o conjunto de tareas a desarrollarse en un sitio contaminado con la finalidad de eliminar o reducir contaminantes, a fin de asegurar la protección de la salud humana y la integridad de los ecosistemas.

Sitio contaminado: Aquel suelo cuyas características químicas han sido alteradas negativamente por la presencia de sustancias químicas contaminantes depositadas por la actividad humana, en concentraciones tal que en función del uso actual o previsto del sitio y sus alrededores represente un riesgo a la salud humana o el ambiente.

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

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

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

2.4. Formulación de Hipótesis

2.4.1. Hipótesis General

Si realizamos la evaluación de la concentración de mercurio y otros elementos presentes en el ambiente entonces se confirmará que estos metales están influyendo en la salud de las personas en la concesión minera Pierina XXI.

2.4.2. Hipótesis Específicas

1. Si realizamos la evaluación de la concentración de mercurio y otros elementos presentes en el suelo entonces se confirmará que estos metales están influyendo en la salud de las personas de la concesión minera Pierina XXI.
2. Si realizamos la evaluación de la concentración de mercurio y otros elementos presentes en el agua entonces se confirmará que metales están influyendo en la salud de las personas de la concesión minera Pierina XXI.
3. Si realizamos la encuesta a las personas relacionado a la concentración de mercurio y otros elementos entonces se confirmará que estos metales están afectando la salud de las personas de la concesión minera Pierina XXI.

2.4.3. Identificación de Variables

Variable dependiente

Calidad del agua (Y_1)

Calidad del suelo (Y_2)

Calidad de la salud (Y_3)

Variable independiente

Concentración de mercurio y otros metales (X_1)

2.4.4. Definición operacional de variables e indicadores

Tipo de variable	Variable	Indicadores
Independiente X_1	Metales pesados	Concentración de Hg, Pb, As, Cr, Ba, Cd.
Dependiente Y_1	Calidad del agua	Estándares de calidad de agua
Dependiente Y_2	Calidad del suelo	Estándares de calidad de suelo
Dependiente Y_3	Calidad de la salud	Encuestas de salud ocupacional a los mineros ilegales

Fuente: Propias del investigador

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo y Nivel de investigación

- El Tipo de investigación es **descriptivo Correlacional** según **Hernández R. (2006)**²³, descriptivo porque estuvo dirigido a responder la concentración de mercurio y otros metales presentes en el suelo y agua y como afecta la salud del trabajador en la concesión minera Pierina XXI ubicado en la zona de Ramos - Balcón del distrito de Pozuzo. Además, es Correlacional, porque se identificó, estableció y determinó las características existentes entre las variables de los parámetros de calidad de suelo y agua en relación con el mercurio y otros metales que afectan la salud.
- El Nivel de investigación es Descriptiva no experimental según **Hernández R. (2006)** porque se describió los datos y características de la población de estudio tal como son, porque se recolecto los datos en un solo momento y en un tiempo único y cuya finalidad fue conocer la influencia del mercurio y otros metales sobre la salud.

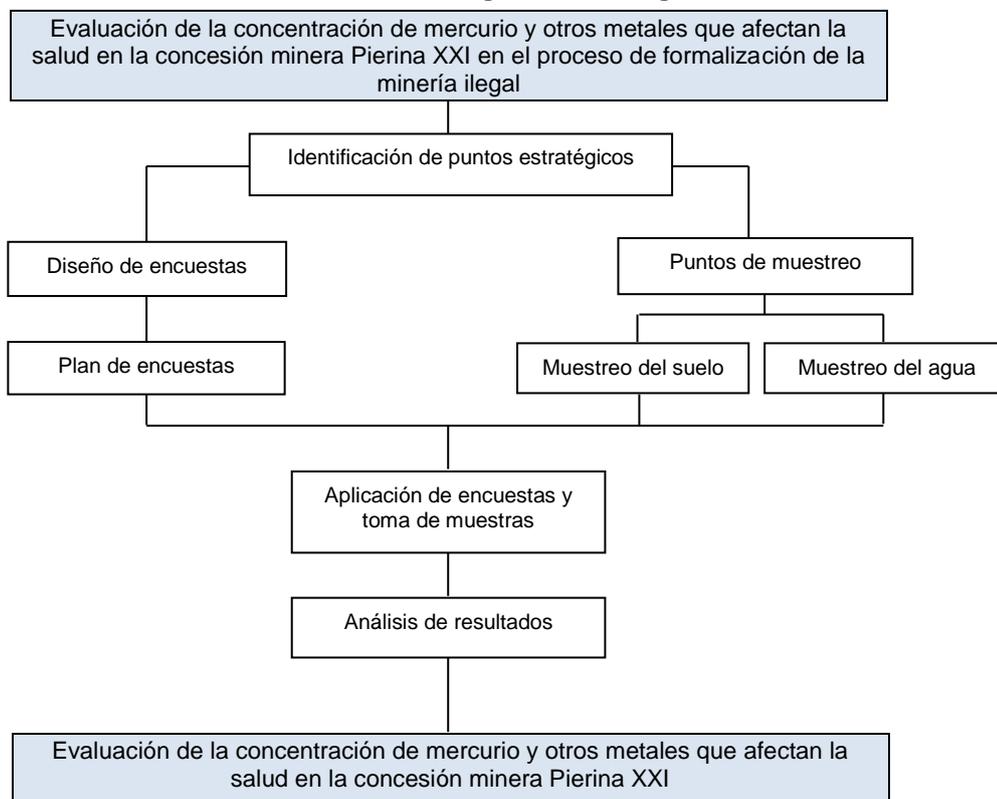
3.2. Método de investigación

El método de investigación, se desarrolló según el gráfico N° 01, en donde se muestra el diagrama estratégico del estudio de investigación que se ciñó para el desarrollo no experimental del trabajo, esta

²³ Hernández R, Fernández C., 2006. Metodología de la investigación. Colombia: editorial McGraw-Hill.

metodología sirvió para recolectar y analizar los datos necesarios con la finalidad de responder la pregunta general y las preguntas específicas.

GRAFICO N° 01: Diagrama estratégico



Fuente: Propias del investigador

3.3. Diseño de investigación

El presente trabajo de investigación fue de **diseño no experimental de tipo descriptivo Correlacional transversal** según **Hernández R. (2006)**. Debido que la investigación se limitó a analizar y no hacer variar intencionalmente las variables independientes. El enfoque que se ha manejado fue cualitativo nominal porque se recolecto información a través de encuesta y muestreo de suelo y agua a partir de la muestra y se utilizó el análisis estadístico para la interpretación de los datos, la investigación es **descriptivo** porque se midió la información de manera

conjunta sobre las variables establecidas. **Correlacional** porque se identificó, estableció y determino las características existentes entre las variables de los parámetros de suelo y agua en relación al mercurio y otros metales que influyen en la salud. **Transversal** debido que los datos se obtuvieron en un solo momento.

3.4. Población y Muestra

Población (N).- La población del estudio estuvo constituida por la masa total de suelo, agua y población presente en la concesión minera Pierina XXI ubicado en la zona de Ramos – Balcón.

Muestra (n).- La muestra del estudio de investigación estuvo constituida por el tamaño de la muestra optima, teniéndose en cuenta que la muestra cumplió con ser relevante y representativa respecto al suelo, agua en la concesión minera Pierina XXI ubicado en la zona de Ramos – Balcón.

Muestreo de suelo. Dado la presencia del mercurio y otros metales en la concesión minera Pierina XXI a causa de los trabajos de la minería ilegal, el proceso de toma de muestra se realizó de acuerdo al Protocolo de Monitoreo de calidad de suelo del Ministerio del Ambiente. Donde para la toma de muestra del agua se estableció tres puntos de monitoreo.

Muestreo de agua. Dado la presencia del mercurio y otros metales en la concesión minera Pierina XXI a causa de los trabajos de la minería ilegal, el proceso de toma de muestra se realizó de acuerdo al Protocolo de Monitoreo de calidad de agua del Ministerio del Ambiente. Donde

para la toma de muestra del agua se estableció tres puntos de monitoreo.

Muestreo de salud. - Es una Muestra no probabilística o dirigida a un Subgrupo de la población de mineros ilegales de la concesión minera Pierina XXI. Debido que la elección de los encuestados no dependió de la probabilidad, sino de las causas relacionadas del mercurio sobre la salud. Siendo la muestra no **probabilística de tipo circunstancial** debido que los elementos de la muestra se tomó en razones circunstanciales, porque estaban reunidos los mineros ilegales que por razones particulares estaban dispuestos a colaborar con la investigación. En el cual se realizó encuestas a 58 mineros informales, por lo tanto, el procedimiento no es mecánico ni con base en fórmulas de probabilidad.

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica que se empleó en la presente investigación fue la técnica de campo, ya que esta técnica permite la observación en contacto directo con el objeto de estudio.

3.6. Instrumentos (pertinencia):

- **Encuesta:**

Con este instrumento se determinó con claridad las condiciones laborales del minero ilegal y el desconocimiento de los aspectos elementales técnicos y ambientales para la extracción y recuperación del oro.

- **Revisión documental:**

Con este instrumento se revisó formatos y otros, así como se verifico los materiales que usan para su protección personal con que cuenta el trabajador.

- **Muestreo de agua y suelo**

Con este instrumento, la técnica de obtención de toma de muestras de agua y suelo en la concesión minera Pierina XXI, a fin de determinar la presencia de Arsénico, Bario, Cadmio, Cromo VI, Mercurio y Plomo presentes en el suelo y agua que podrían estar afectando a la población de manera directa, por consiguiente estos parámetros fueron analizados por INSPECTORATE (A Bureau Veritas Group Campany) laboratorio certificado en INDECOPI, y cuyos resultados fueron comparadas con los Estándares de Calidad Ambiental para Suelo según Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM y Estándares de Calidad Ambiental para Agua según Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM respectivamente (Anexo N°03 y 04).

3.7. Procedimiento de recolección de datos

Para la recolección de datos se empleó formatos, encuestas, revisión de documentos, tal como se muestra en el (anexo N° 02).

3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de los datos

Se revisó sistemáticamente toda la información recopilada a efectos de determinar su calidad y el grado de confianza y se sometió a un tratamiento estadístico y uso de hojas Excel.

CAPÍTULO IV

PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Resultados de monitoreo de la calidad del suelo y agua

Ubicación del Proyecto de investigación

El proyecto de investigación se desarrolló en la concesión minera “PIERINA XXI”, ubicado en la zona denominada Ramos Balcón, perteneciente a la jurisdicción del distrito de Pozuzo de la provincia de Oxapampa y Departamento de Pasco, el acceso de viaje desde la Ciudad de Cerro de Pasco hasta el área de investigación es 116 km, tal como se detalla en el siguiente cuadro.

Cuadro N° 03: Acceso al área de investigación

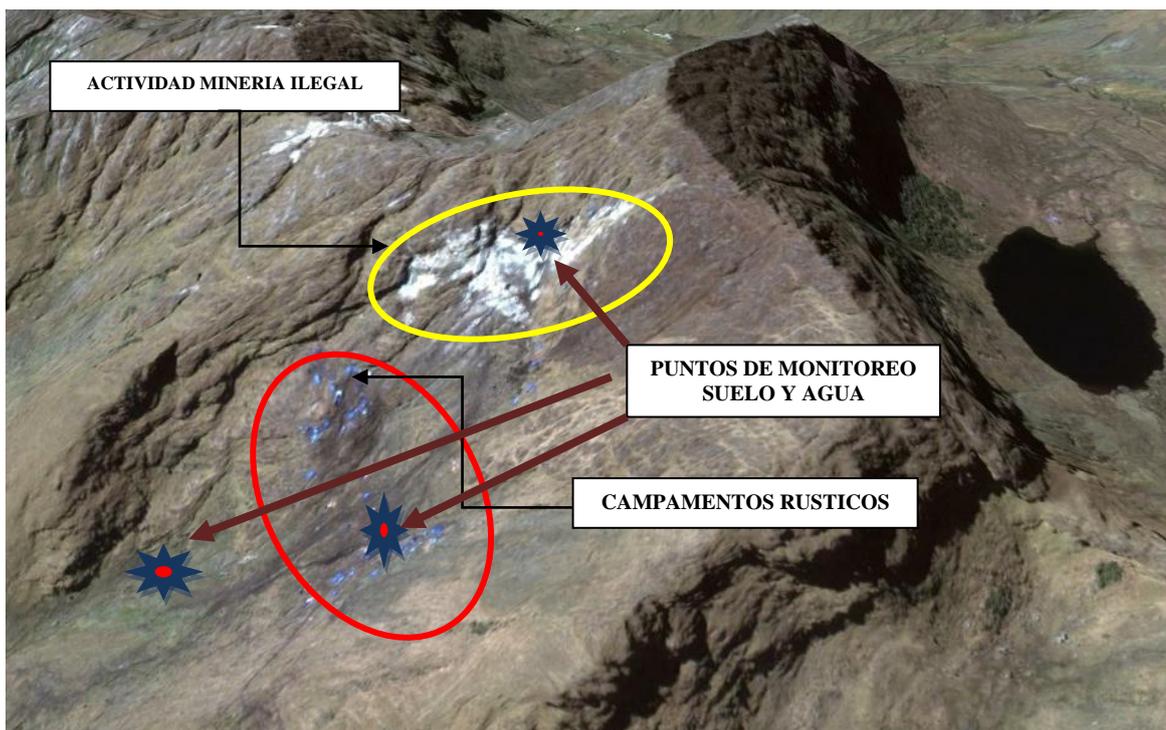
DE	A	DIST. (Km)	TIPO DE VIA
Cerro de Pasco	Ninacaca	30	Asfaltadas
Ninacaca	Hachón	48	Afirmada
Huachón	Tingo Esquina	30	Afirmada
Tingo Esquina	Concesión Minera PIERINA XXI	08	Camino de herradura
TOTAL		116	

FUENTE: propias del investigador

La característica del clima local de la zona de estudio es frío y frígido característico del sector andino; es frígido en aquellos sectores que se encuentran entre los 4000 y 5000 msnm, correspondiente al de tundra seca de alta montaña cuya temperatura media en el mes más cálido está por encima de los 0°C, mientras que presenta un clima frío o boreal en aquellas zonas que están (la mayor parte del sector donde se ubica la concesión minera), característico del sector andino; se encuentran entre los 3937 y 4017 msnm, siendo la temperatura promedio entre 3 y 6°C en

las zonas con climas boreales, los meses de menores temperaturas promedio se observan en los meses de Julio y Agosto y la precipitación pluvial anual varía entre 500 mm y 3000 mm.(SENAMHI, 2010).

Ubicación de la concesión minera PIERINA XXI



FUENTE: propias del investigador

4.1.1. Descripción de puntos de monitoreo de suelo y agua.

El monitoreo de la calidad del suelo se desarrolló aplicando metodologías técnicas para la selección de puntos de muestreo y el análisis de los parámetros físicos y químicos realizados por laboratorio INSPECTORATE acreditado²⁴ por INDECOPI. En la Tabla N° 1 se describe la ubicación de 03 puntos de monitoreo establecidos para la presente investigación:

²⁴ Laboratorios acreditados ante el Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI), expresamente por las autoridades competentes (D.S. N° 002-2013-MINAM).

TABLA N° 1
Descripción y Ubicación de puntos de Monitoreo de suelo

PUNTO	NOMBRE	DESCRIPCION	COORDENADAS UTM	
			N	E
083-324	Depósitos de relaveras	Relave almacenado artesanalmente.	8 815 797	360 797
083-325	Orilla de la quebrada	Suelo ubicado en la parte baja de la actividad minera artesanal	8 819 791	360 791
082-326	Campamento	Suelo donde están los campamentos artesanales	8 816 814	359 757

FUENTE: propias del investigador

La ubicación de las estaciones de monitoreo de agua, la toma de muestras, acondicionamiento, transporte y análisis de muestras, fueron realizados de acuerdo al protocolo de monitoreo de la calidad ambiental del agua y por laboratorio acreditado. En la Tabla N° 2 se describe la ubicación de 03 puntos de monitoreo establecidos para la presente investigación:

TABLA N° 2
Descripción y Ubicación de puntos de Monitoreo de agua.

PUNTO	NOMBRE	DESCRIPCION	COORDENADAS UTM	
			N	E
082-321	25 m. antes de la actividad minera	Aguas arriba de la Quebrada donde se desarrolla la actividad minera ilegal	8 819 791	360 791
082-322	20 m. de la zona de campamento	Aguas debajo de la quebrada donde se desarrolla la actividad minera ilegal	8 819 791	360 791
082-323	Captación local de consumo de agua	Consumo de agua de parte de la población en la concesión minera Pierina XXI	8 816 814	359 757

FUENTE: propias del investigador

TABLA N° 3
Descripción de los parámetros establecidos por el estado de acuerdo al uso de suelo

Parámetros	Unidad	D.S 011-2017-MINAM/ECA	Uso de suelo
Arsénico total	mg/Kg	140	Industrial/Extractivo
Bario total	mg/Kg	2000	Industrial/Extractivo
Cadmio total	mg/Kg	22	Industrial/Extractivo
Cromo VI	mg/Kg	1.4	Industrial/Extractivo
Mercurio total	mg/Kg	24	Industrial/Extractivo
Plomo total	mg/Kg	800	Industrial/Extractivo

FUENTE; D.S-011-2017 MINAM: ECA- Suelo (uso de suelo Industrial/Extractivo)

4.1.2. Resultados de monitoreo de la calidad del suelo.

A continuación, se presentan los cuadros comparativos de los datos tomados in situ, cuyos resultados de análisis reportados por el laboratorio fueron comparados con los niveles máximos permisibles del ECA, correspondientes, tal como se describe en la Tabla siguiente:

TABLA N° 4
Descripción de los parámetros obtenidos de suelo.

Parámetros	Unidad	D.S 011-2017-MINAM/ECA	Muestra 083-324	Muestra 083-325	Muestra 083-326
Arsénico total	mg/Kg	140	3608.40	2062.93	25.78
Bario total	mg/Kg	2000	3.88	3.30	9.37
Cadmio total	mg/Kg	22	0.25	0.13	0.21
Cromo VI	mg/Kg	1.4	5.10	1.68	1.69
Mercurio total	mg/Kg	24	27.72	5.99	3.51
Plomo total	mg/Kg	800	177.05	84.29	17.78

FUENTE: propias del investigador



Gráfico N° 02. Arsénico en Suelo

FUENTE: propias del investigador

El **arsénico** está presente en (02) estaciones de muestreo, 083-324 y 083-325 se tienen valores mayores a los valores de calidad para suelos de uso Industrial/Extractivo para Perú. Los porcentajes en que se superan los valores de referencia son la muestra 083-324 es de 3608.4 mg/kg y muestra 083-325 es de 2062.93 mg/kg

El arsénico puede penetrar en el aire, el agua y el suelo a través de tormentas de polvo y aguas de escorrentía, por lo que la contaminación por arsénico está muy extendida debido a su fácil dispersión. Cuando hay mayor presencia geológica natural de arsénico, se pueden encontrar altos niveles en aguas subterráneas. Cabe considerar, que la especie humana es una sola, y que independientemente del lugar geográfico, es vulnerable a la exposición a este contaminante, cuyo efecto a la salud y al ambiente está probado.

La exposición al arsénico puede causar varios efectos sobre la salud, como es irritación del sistema digestivo, disminución en la producción de glóbulos rojos y blancos, cambios en la piel, e irritación pulmonar.

Es probable que la exposición a elevadas concentraciones de Arsénico pueda intensificar las posibilidades de desarrollar cáncer, especialmente de piel, pulmón, hígado, linfa. Asimismo, puede causar infertilidad y abortos en mujeres, alteración a la piel, inmunodepresión, perturbación en el corazón y daño del cerebro tanto en hombres como en mujeres.

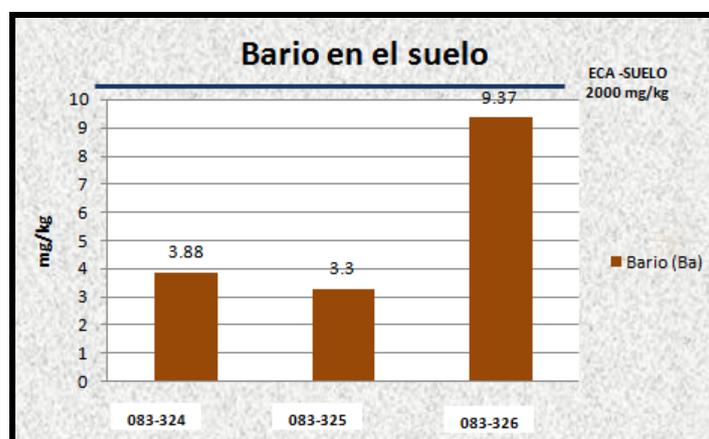


Gráfico Nº 03. Bario en Suelo
FUENTE: propias del investigador

El **Bario** se ha encontrado en todas las muestras, los valores hallados están por debajo del valor de la norma de calidad de suelo.

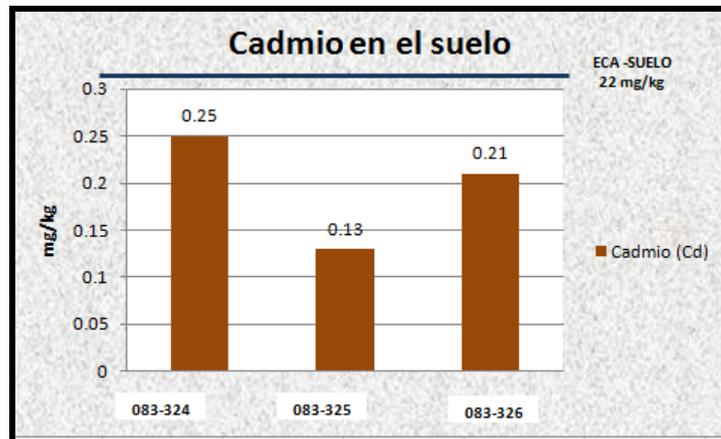


Gráfico N°04 Cadmio en Suelo
FUENTE: propias del investigador

El **Cadmio** está presente en todas las muestras, pero no superan el valor de referencia a los estándares de calidad de suelo, debido que se encuentra en valor inferiores de la norma consultada.

El cadmio se encuentra presente en la mayoría de los alimentos a causa del empleo de abonos fosforados, siendo lo más abundante en moluscos bivalvos, y dentro de las carnes en hígado y riñones. La preocupación radica en que es de lenta eliminación pudiendo provocar afecciones renales, alteraciones óseas y fallos en el aparato reproductor.

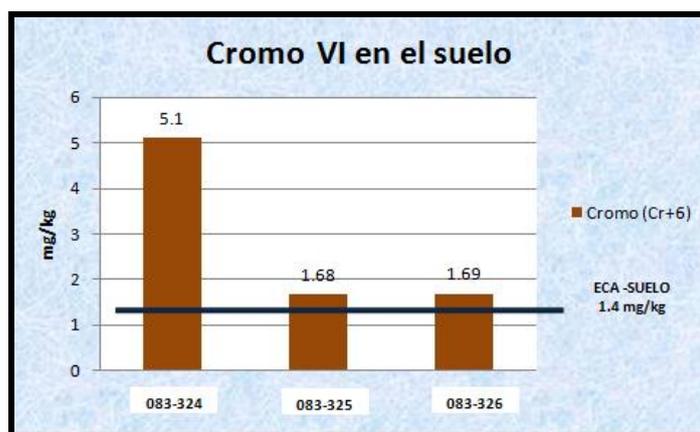


Gráfico N° 05. Cromo VI en Suelo
FUENTE: propias del investigador

El **cromo VI (Hexavalente)** se encuentra por encima del valor máximo de la norma consultada, en los tres puntos de monitoreo. El cromo (Cr) es un elemento natural ubicuo, que se encuentra en rocas, plantas, suelos, animales y en los humos y gases volcánicos. Las más comunes son las derivadas del cromo trivalente, o cromo (III), y las del cromo hexavalente, o cromo (VI). El cromo (III) es un nutriente esencial para los seres humanos, en los que promueve la acción de la insulina, mientras que el Cromo (VI) resulta ser tóxico e incluso probable cancerígeno. Los bajos niveles de exposición pueden provocar irritación de la piel y úlceras, mientras que la exposición prolongada puede causar daños hepáticos y renales, al tejido nervioso y al sistema circulatorio.

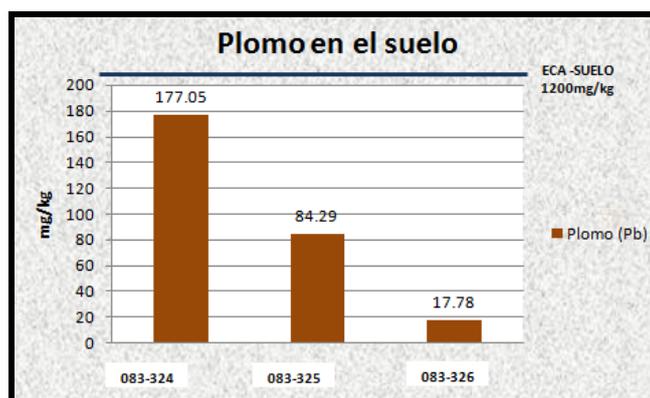


Gráfico N° 06. Plomo en Suelo
FUENTE: propias del investigador

El **Plomo** se encuentra inferior al estándar consultado, pero cabe mencionar que este metal en los suelos y sedimentos es posible que se produzca un reingreso a las aguas superficiales como resultado de la erosión de partículas de suelo con contenido de plomo o mediante la conversión en sulfato de plomo, forma relativamente soluble, en la superficie del suelo o sedimento. Asimismo, el plomo puede descender por lixiviación del suelo a las aguas subterráneas.

Debido a sus efectos tóxicos, al sistema nervioso central y reducción de la inteligencia a bajas exposiciones como de provocar anemia y lesiones renales graves a exposiciones mayores, varios organismos reguladores han planteado recomendaciones que no debe existir ningún nivel de plomo en sangre.

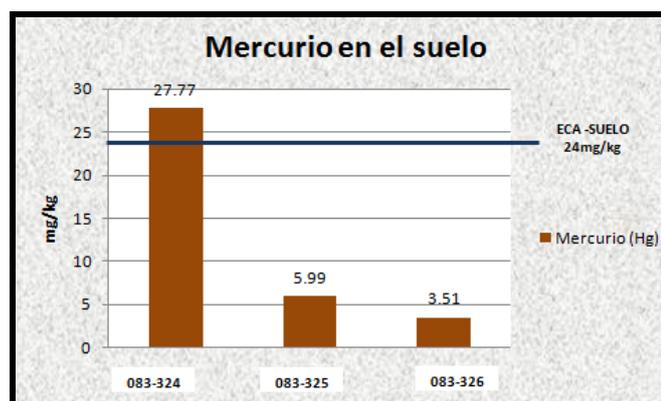


Gráfico N°07. Mercurio en Suelo
FUENTE: propias del investigador

De acuerdo a los resultado de análisis obtenido en laboratorio, en el caso del **mercurio**, ha sido identificado en la muestra N° 083-324 con valores 27.77 mg/L, el cual superan al valor referencial de 24 mg/L de los ECAs de suelo de uso Industrial/Extractivo para Perú.

De lo expuesto, las altas concentraciones de mercurio en los sedimentos (relaves del proceso de amalgamación) es altamente volátil a la temperatura ambiente, y sin encapsulamiento, el mercurio metálico se evapora parcialmente, formando vapores de mercurio. Cuanta más alta sea la temperatura, más vapores emanarán del mercurio metálico líquido (proceso de refogado).

Al respecto, la inhalación de los vapores de mercurio es la principal fuente de intoxicación al ser humano; el vapor de Hg⁰ (mercurio elemental) se absorbe rápidamente en los pulmones (75-85% de la dosis inhalada). En forma líquida o vapor apenas se absorbe por la vía gastrointestinal (0,01%). Por su gran liposolubilidad se difunde a los tejidos atravesando fácilmente la barrera hematoencefálica y la placenta. El Hg⁰ se oxida a ion Hg²⁺ (mercúrico) perdiendo la capacidad de

difundirse. Queda luego retenido en los glóbulos rojos, sistema nervioso central (SNC) y riñones. La concentración sanguínea de mercurio disminuye rápidamente, con una semivida bifásica. La vía de excreción más importante es la digestiva y, en menor porcentaje, la urinaria, respiratoria y sudorípara.

Por otro lado, la acumulación del mercurio en el suelo es degradado por microorganismos (biometilación) o se oxida formando Hg^{2+} , el cual es transformado por microorganismos y bacterias en un compuesto orgánico altamente tóxico el metilmercurio, que pueden ser fácilmente transportado del suelo al medio acuático, lo cual a través de la cadena trófica es consumido por el hombre, bajo la forma de metilmercurio que absorbe 100% a nivel de intestino delgado principalmente y lo van acumulando en sus músculos y tejidos durante su vida.

4.1.3. Resultados del monitoreo de la calidad de agua

TABLA N° 5
Descripción de los parámetros obtenidos de agua.

Parámetros	Unidad	DS 004-2017-MINAM/ECA	Muestra 082-321	Muestra 082-322	Muestra 082-323
pH	Unidad de pH	6,5 – 8,5	7.5	7.2	8.1
DBO	mg/L	3.0	2.4	--	--
Hg (tot)	mg/L	0,001	<0.0006	<0.0006	<0.0006
Coliformes Totales	NMP/100ml	50	--	13x10	2.0
Coliformes Fecales	NMP/100ml	0	--	79	2.0

FUENTE: propias del investigador

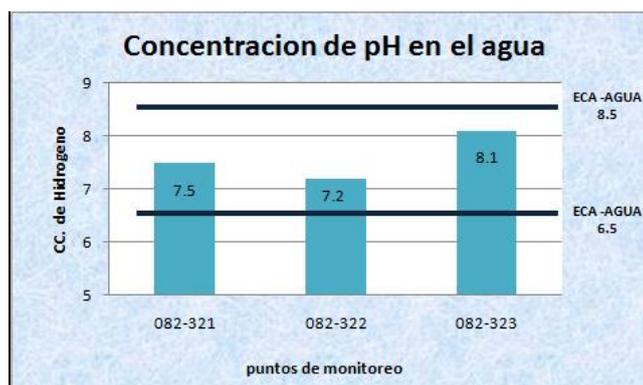


Gráfico N° 08. pH del agua
FUENTE: propias del investigador

De acuerdo a los resultado de análisis de agua obtenido en laboratorio, en el grafico N°08 se observa el parámetro potencial de Hidrogeno, se encuentran dentro del rango de 6.5 a 8.5, establecido por el ECA Agua Nacional para la categoría 1. Los parámetros de DBO reportan valores por debajo del ECA del Agua, Categoría 1. El **Mercurio (Hg)** está presente en las estaciones, en mínimas cantidades no superan los parámetros de Calidad del Agua. Los parámetros bacteriológicos de **Coliformes Totales** reportan por debajo del ECA. Los parámetros bacteriológicos de **Coliformes Fecales** reportan valores por encima del Estándar de Calidad del Agua, Categoría 1, que se relaciona con las excretas de seres vivos y humanos presentes en el agua que beben.

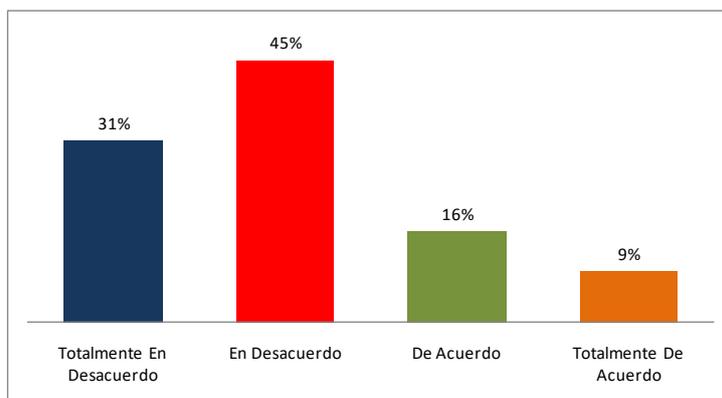
4.1.4. Resultados de la encuesta realizada a los mineros ilegales

- I. *Con respecto elementos presentes en el suelo en la concesión minera PIERINA XXI.*
 1. ¿Cree usted que la contaminación del suelo con mercurio y otros metales representa una amenaza en contra del bienestar de las futuras generaciones en la concesión minera PIERINA XXI?

TABLA N° 06: SUELO

PREGUNTA	TED	ED	DA	TDA	TOTAL
1	18	26	9	5	58
%	31%	45%	16%	9%	100%

Fuente: Elaboración Propia del investigador

**Gráfico N° 09: SUELO**

Fuente: Elaboración Propia del investigador

Interpretación: Con respecto a los elementos de suelo, los resultados de la investigación referente a la encuesta a los trabajadores de la concesión minera PIERINA XXI referente si la contaminación del suelo con mercurio y otros metales representa una amenaza en contra del bienestar de las futuras generaciones, del total de encuestados se tuvieron como resultados que de 58 personas:

- El 31% están totalmente en desacuerdo
- El 45% están en desacuerdo
- El 16% están de acuerdo
- El 9% están totalmente de acuerdo

2. ¿Considera usted que existe mercurio residual y otros elementos en el relave y suelo de la concesión minera PIERINA XXI?

TABLA N° 07: SUELO

PREGUNTA	TED	ED	DA	TDA	TOTAL
2	15	29	11	3	58
%	26%	50%	19%	5%	100%

Fuente: Elaboración Propia del investigador

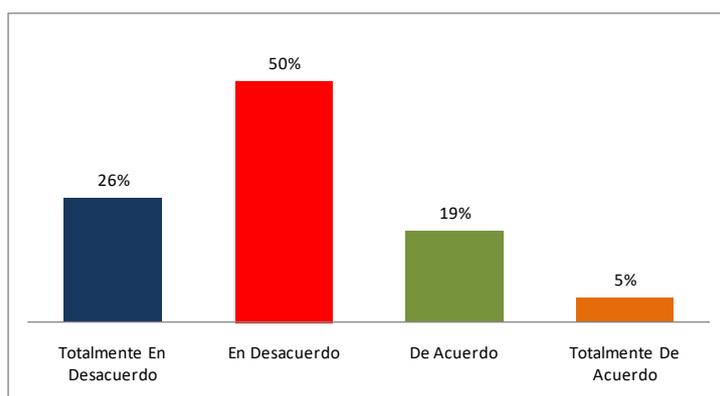


Gráfico N° 10: SUELO

Fuente: Elaboración Propia del investigador

Interpretación: Con respecto a los elementos de suelo, los resultados de la investigación referente a la encuesta a los trabajadores de la concesión minera PIERINA XXI referente si existe mercurio residual y otros elementos en el relave y suelo, del total de encuestados se tuvieron como resultados que de 58 personas:

- El 26% están totalmente en desacuerdo
 - El 50% están en desacuerdo
 - El 19% están de acuerdo
 - El 5% están totalmente de acuerdo
3. ¿El mercurio y otros metales influirán permanentemente en su desempeño laboral en los trabajadores de la concesión minera PIERINA?

TABLA N° 08: SUELO

PREGUNTA	TED	ED	DA	TDA	TOTAL
3	17	27	8	6	58
%	29%	47%	14%	10%	100%

Fuente: Elaboración Propia del investigador

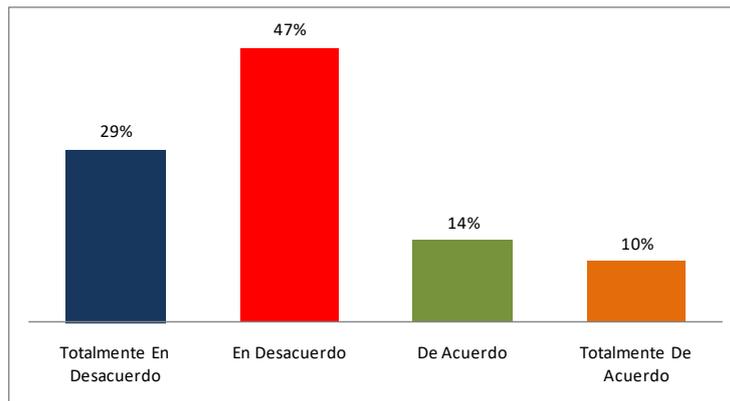


Gráfico N° 11: SUELO

Fuente: Elaboración Propia del investigador

Interpretación: Con respecto a los elementos de suelo, los resultados de la investigación referente a la encuesta a los trabajadores de la concesión minera PIERINA XXI referente si el mercurio y otros metales permanentemente en su desempeño laboral en los trabajadores, del total de encuestados se tuvieron como resultados que de 58 personas:

- El 29% están totalmente en desacuerdo
 - El 47% están en desacuerdo
 - El 14% están de acuerdo
 - El 10% están totalmente de acuerdo
4. ¿La manipulación del mercurio por el personal cuenta con los EPPs necesarios en la concesión minera PIERINA XXI?

TABLA N° 09: SUELO

PREGUNTA	TED	ED	DA	TDA	TOTAL
4	19	28	7	4	58
%	33%	48%	12%	7%	100%

Fuente: Elaboración Propia del investigador

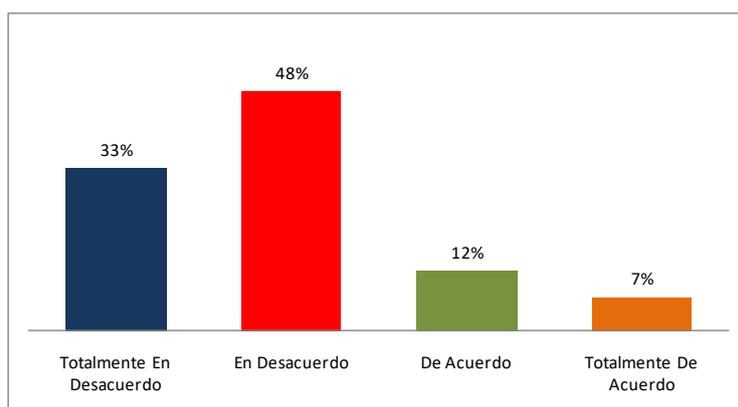


Gráfico N° 12: SUELO

Fuente: Elaboración Propia del investigador

Interpretación: Con respecto a los elementos de suelo, los resultados de la investigación referente a la encuesta a los trabajadores de la concesión minera PIERINA XXI referente a la manipulación del mercurio por el personal cuenta con los EPPs necesario, del total de encuestados se tuvieron como resultados que de 58 personas:

- El 33% están totalmente en desacuerdo
- El 48% están en desacuerdo
- El 12% están de acuerdo
- El 7% están totalmente de acuerdo

5. ¿Conoce sobre la existencia una ley que prohíbe el uso del mercurio para la concesión minera PIERINA XXI?

TABLA N° 10: SUELO

PREGUNTA	TED	ED	DA	TDA	TOTAL
5	15	26	12	5	58
%	26%	45%	21%	9%	100%

Fuente: Elaboración Propia del investigador

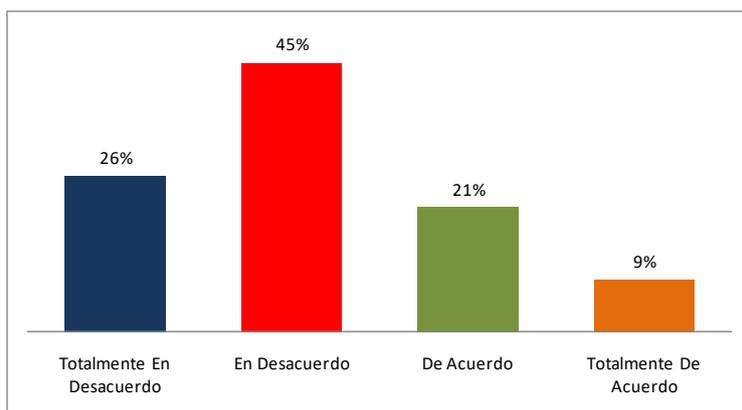


Gráfico N° 13: SUELO

Fuente: Elaboración Propia del investigador

Interpretación: Con respecto a los elementos de suelo, los resultados de la investigación referente a la encuesta a los trabajadores de la concesión minera PIERINA XXI referente a la existencia una ley que prohíbe el uso del mercurio, del total de encuestados se tuvieron como resultados que de 58 personas:

- El 26% están totalmente en desacuerdo
- El 45% están en desacuerdo
- El 21% están de acuerdo
- El 9% están totalmente de acuerdo

II. Con respecto elementos presentes en el agua en la concesión minera PIERINA XXI.

1. ¿Considera usted que el agua que utiliza para la preparación de sus alimentos y aseo personal contenga mercurio y otros elementos en la concesión minera Pierina XXI?

TABLA N° 11: AGUA

PREGUNTA	TED	ED	DA	TDA	TOTAL
1	15	28	8	7	58
%	26%	48%	14%	12%	100%

Fuente: Elaboración Propia del investigador

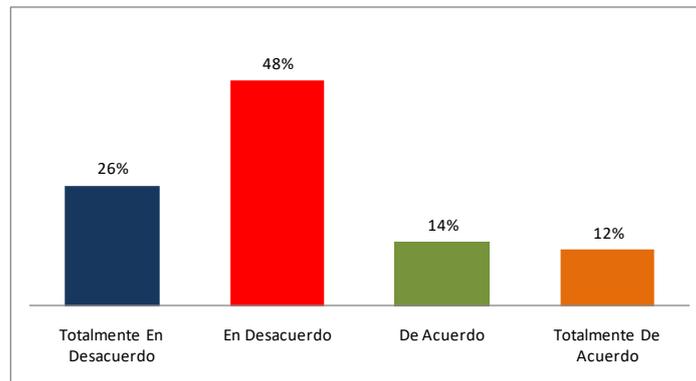


Gráfico N° 14: AGUA

Fuente: Elaboración Propia del investigador

Interpretación: Con respecto a los elementos del agua, los resultados de la investigación referente a la encuesta a los trabajadores de la concesión minera PIERINA XXI referente si la minería ilegal es perjudicial para la contaminación del agua al emplear mercurio en su proceso de obtención del oro, del total de encuestados se tuvieron como resultados que de 58 personas:

- El 26% están totalmente en desacuerdo
 - El 48% están en desacuerdo
 - El 14% están de acuerdo
 - El 12% están totalmente de acuerdo
2. ¿Considera usted que la minería ilegal es perjudicial para la contaminación del agua al emplear mercurio en su proceso de obtención del oro en la concesión minera Pierina XXI?

TABLA N° 12: AGUA

PREGUNTA	TED	ED	DA	TDA	TOTAL
2	14	27	9	8	58
%	24%	47%	16%	14%	100%

Fuente: Elaboración Propia del investigador

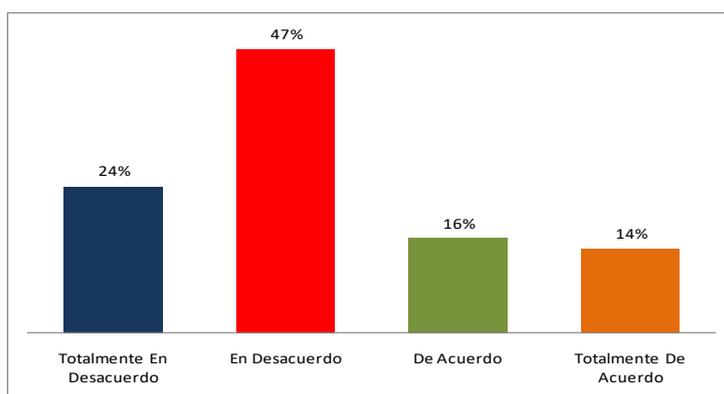


Gráfico N° 15: AGUA

Fuente: Elaboración Propia del investigador

Interpretación: Con respecto a los elementos del agua, los resultados de la investigación referente a la encuesta a los trabajadores de la concesión minera PIERINA XXI referente que, si existe otro procedimiento sin emplear el mercurio para la obtención del oro, del total de encuestados se tuvieron como resultados que de 58 personas:

- El 24% están totalmente en desacuerdo
- El 47% están en desacuerdo
- El 16% están de acuerdo
- El 14% están totalmente de acuerdo

3. ¿Considera usted, que existe otro procedimiento sin emplear el mercurio para la obtención del oro en la concesión minera Pierina XXI?

TABLA N° 13: AGUA

PREGUNTA	TED	ED	DA	TDA	TOTAL
3	13	29	11	5	58
%	22%	50%	19%	9%	100%

Fuente: Elaboración Propia del investigador

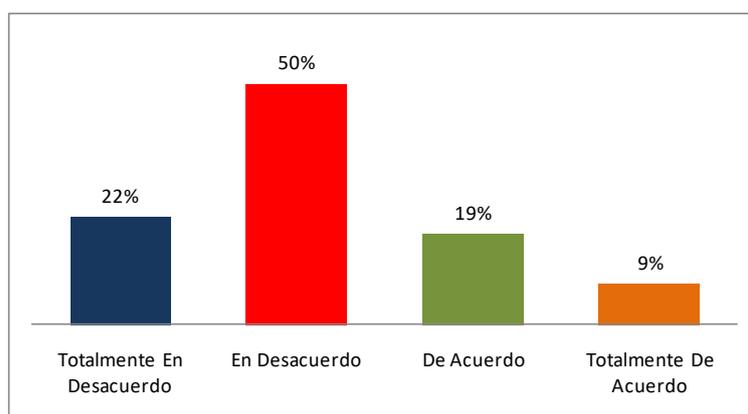


Gráfico N° 16: AGUA

Fuente: Elaboración Propia del investigador

Interpretación: Con respecto a los elementos del agua, los resultados de la investigación referente a la encuesta a los trabajadores de la concesión minera PIERINA XXI referente se debe eliminar del mercado la venta del mercurio y evitar daños a la salud y la contaminación del suelo y agua, del total de encuestados se tuvieron como resultados que de 58 personas:

- El 22% están totalmente en desacuerdo
 - El 50% están en desacuerdo
 - El 19% están de acuerdo
 - El 9% están totalmente de acuerdo
4. ¿Se debe eliminar del mercado la venta del mercurio y evitar daños a la salud y la contaminación del suelo y agua en la concesión minera Pierina XXI?

TABLA N° 14: AGUA

PREGUNTA	TED	ED	DA	TDA	TOTAL
4	16	26	9	7	58
%	28%	45%	16%	12%	100%

Fuente: Elaboración Propia del investigador

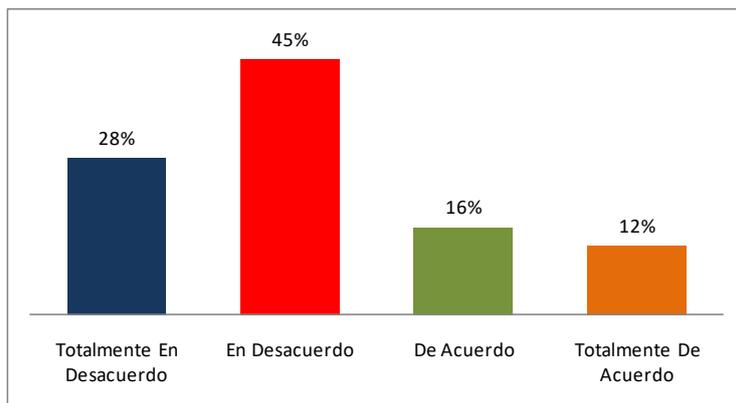


Gráfico N° 17: AGUA

Fuente: Elaboración Propia del investigador

Interpretación: Con respecto a los elementos del agua, los resultados de la investigación referente a la encuesta a los trabajadores de la concesión minera PIERINA XXI referente a la manipulación del mercurio sin los guantes respectivos afecte la salud del minero, del total de encuestados se tuvieron como resultados que de 58 personas:

- El 28% están totalmente en desacuerdo
 - El 45% están en desacuerdo
 - El 16% están de acuerdo
 - El 12% están totalmente de acuerdo
5. ¿Considera usted que la manipulación del mercurio sin los guantes respectivos afecte la salud del minero en la concesión minera Pierina XXI?

TABLA N° 15: AGUA

PREGUNTA	TED	ED	DA	TDA	TOTAL
5	18	27	8	5	58
%	31%	47%	14%	9%	100%

Fuente: Elaboración Propia del investigador

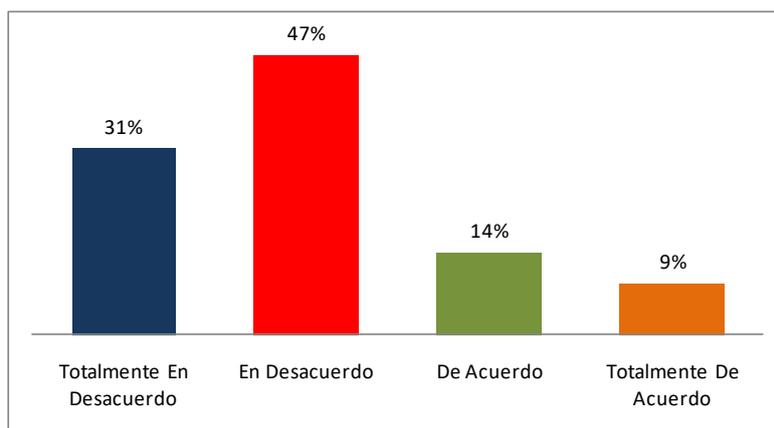


Gráfico N° 18: AGUA

Fuente: Elaboración Propia del investigador

Interpretación: Con respecto a los elementos del agua, los resultados de la investigación referente a la encuesta a los trabajadores de la concesión minera PIERINA XXI referente a la manipulación del mercurio sin los guantes respectivos afecta la salud del minero, del total de encuestados se tuvieron como resultados que de 58 personas:

- El 31% están totalmente en desacuerdo
- El 47% están en desacuerdo
- El 14% están de acuerdo
- El 9% están totalmente de acuerdo

4.2 Análisis e interpretación de datos

La Condicionante la concentración de mercurio y otros elementos presentes en el **suelo** influyen en la salud de las personas de la concesión minera Pierina XXI.

TABLA N° 16: elementos del suelo

PREGUNTA	TED	ED	DA	TDA	TOTAL
1	18	26	9	5	58
2	15	29	11	3	58
3	17	27	8	6	58
4	19	28	7	4	58
5	15	26	12	5	58
TOTAL	84	136	47	23	290
%	29%	47%	16%	8%	100%

Fuente: Elaboración Propia del investigador

Con respecto a la información captada de una muestra de 58 encuestas se llegó a la siguiente conclusión parcial, de las condicionantes de elementos presentes en el suelo influyen significativamente la salud de las personas en la concesión minera PIERINA XXI de tal manera que:

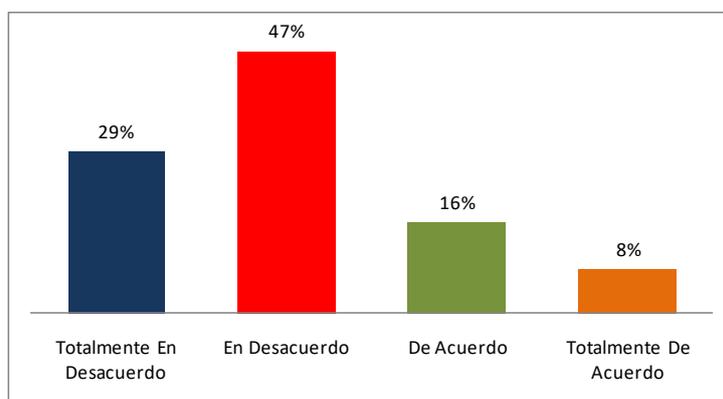


Gráfico N° 19: elementos del suelo

Fuente: Elaboración Propia del investigador

- El 29% están totalmente en desacuerdo
- El 47% están en desacuerdo
- El 16% están de acuerdo
- El 8% están totalmente de acuerdo

La Condicionante de la concentración de mercurio y otros metales presentes en el suelo influyen en la salud de las personas de la concesión minera Pierina XXI.

1. Aumento de erosión, pérdida de nutrientes y reducción de la fertilidad de los suelos para uso de pastoreo y agricultura.
2. Falta de conciencia ambiental por el cuidado y conservación del suelo.
3. Uso inadecuado de componentes químicos en la minería ilegal que son vertidos al suelo.
4. Falta de conocimiento de aspectos técnicos elementales y ambientales para la extracción y recuperación del oro.
5. Incumplimiento de normas y leyes emitidas por el MEM y MINAM, MINAG, OEFA, etc.

Por lo tanto, las personas están aún más expuestas a absorber el mercurio por la manipulación inadecuada y por inhalación de los contaminantes desde el suelo y/o sedimentos.

La Condicionante de la concentración de mercurio y otros elementos presentes en el **agua** influyen en la salud de las personas de la concesión minera Pierina XXI.

TABLA N° 17: elementos del agua

PREGUNTA	TED	ED	DA	TDA	TOTAL
1	15	28	8	7	58
2	14	27	9	8	58
3	13	29	11	5	58
4	16	26	9	7	58
5	18	27	8	5	58
TOTAL	76	137	45	32	290
%	26%	47%	16%	11%	100%

Fuente: Elaboración Propia del investigador

Con respecto a la información captada de una muestra de 58 encuestas se llegó a la siguiente conclusión parcial, de las condicionantes de elementos presentes en el agua influyen significativamente la salud de las personas en la concesión minera PIERINA XXI de tal manera que:

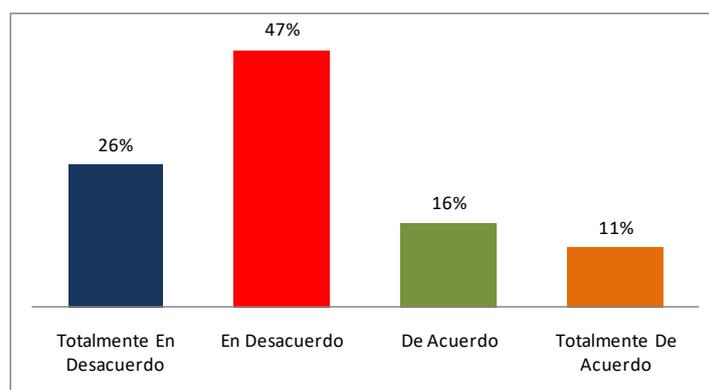


Gráfico N° 20: Elementos del agua

Fuente: Elaboración Propia del investigador

- El 26% están totalmente en desacuerdo
- El 47% están en desacuerdo
- El 16% están de acuerdo
- El 11% están totalmente de acuerdo

La Condicionante la concentración de mercurio y otros metales presentes en el agua influyen en la salud de las personas de la concesión minera

Pierina XXI:

1. Pérdida de los microorganismos presentes en el ecosistema acuático que influyen en la cadena trófica.
2. Falta de conciencia ambiental por el cuidado y conservación del agua.
3. Falta de conocimiento de aspectos técnicos elementales y ambientales para la extracción y recuperación del oro. Por lo que las personas están expuestas al consumo de agua contaminada por infiltración de mercurio residual entre otros metales presentes.
4. El manejo inadecuado de componentes químicos en la minería ilegal.
5. Incumplimiento de normas y leyes emitidas por el MEM y MINAM, ANA, OEFA, etc.

El mercurio y sus compuestos entra en dominio de las agua terrestre a través de los sedimentos y procesos de refogado, son evaporados hacia la atmosfera, para luego ser depositados directamente o por la acción de la lluvia sobre cuerpos de agua terrestre, y el lavado y arrastre de mercurio desde el suelo a las aguas terrestres pueden realizarse a partir de las corrientes de agua subterráneas para uso de agua de consumo humano.

4.3 Prueba de hipótesis

Nuestro análisis lo resolvemos por medio de la prueba de hipótesis, empleando la prueba Z.

Para el planteamiento de hipótesis específica 1. Se consideró la prueba Z para determinar la prueba de hipótesis del estudio de investigación, debido que la región crítica solo está en una sola cola de la distribución normal, la señal que favorece a H_1 proviene del valor de Z, de esta forma el rechazo de H_0 resulta cuando $Z > Z_{\alpha}$.

1.- PLANTEO DE HIPÓTESIS:

HIPÓTESIS NULA (H₀).- la Condicionante la concentración de mercurio y otros elementos presentes en el suelo no influyen en la salud de las personas de la concesión minera Pierina XXI.

HIPÓTESIS ALTERNATIVA (H_A).- la Condicionante la concentración de mercurio y otros elementos presentes en el suelo influyen en la salud de las personas de la concesión minera Pierina XXI.

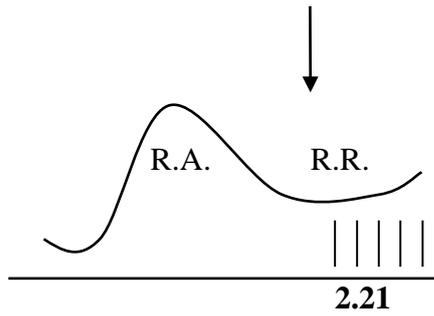
Determinación del nivel de significancia

El nivel de significancia del estudio es $\alpha = 0.05$ o en su forma 5%

Nivel de confianza = 95.0%

Región crítica $Z > 1.64$

Determinación de la zona de Aceptación y Región de Rechazo de la Hipótesis Nula.



Calculo:

$$Z = \frac{\bar{x} - \mu_0}{\sigma / \sqrt{n}}$$

Cuando $n > 30$

Se obtuvo el siguiente resultado $Z = 2.21$

Decisión:

El valor de Z pertenece a la región de rechazo por lo tanto rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis alternativa: la Condicionante la concentración de mercurio y otros elementos presentes en el suelo influyen en la salud de las personas de la concesión minera Pierina XXI.

2.- PLANTEO DE HIPÓTESIS:

Para el planteamiento de hipótesis específica 2. Se consideró la prueba Z para determinar la prueba de hipótesis del estudio de investigación, debido que la región crítica solo está en una sola cola de la distribución normal, la señal que favorece a H_1 proviene del valor de Z, de esta forma el rechazo de H_0 resulta cuando $Z > Z_\alpha$.

HIPÓTESIS NULA (H₀): la Condicionante la concentración de mercurio y otros elementos presentes en el agua no influyen en la salud de las personas de la concesión minera Pierina XXI.

HIPÓTESIS ALTERNATIVA (H_A).- la Condicionante la concentración de mercurio y otros elementos presentes en el agua influyen en la salud de las personas de la concesión minera Pierina XXI.

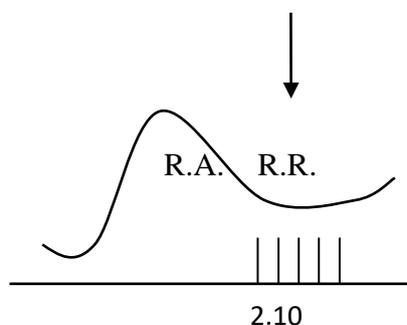
Determinación del nivel de significancia

El nivel de significancia del estudio es $\alpha = 0.05$ o en su forma 5%

Nivel de confianza = 95.0%

Región crítica $Z > 1.64$

Determinación de la zona de Aceptación y Región de Rechazo de la Hipótesis Nula



Calculo:

$$Z = \frac{\bar{x} - \mu_0}{\sigma / \sqrt{n}}$$

Cuando $n > 30$

Se obtuvo el siguiente resultado de $Z = 2.10$

6. Decisión:

El valor de Z pertenece a la región de rechazo por lo tanto rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis alternativa: la Condicionante la concentración de mercurio y otros elementos presentes en el agua influyen en la salud de las personas de la concesión minera Pierina XXI.

4.4 Discusión de los resultados

- Por tanto, el valor $Z = 2.21$ de la Condicionante de la concentración de mercurio y otros elementos presentes en el suelo que influyen en la salud de las personas de la concesión minera Pierina XXI, está dada por la tabla estadística de la Prueba Z donde ($Z = 2.21$) como resultado, la evidencia a favor de H_1 .
- Por tanto, el valor $Z = 2.10$ de la Condicionante de la concentración de mercurio y otros elementos presentes en el agua que influyen en la salud de las personas de la concesión minera Pierina XXI, está dada por la tabla estadística de la Prueba Z donde ($Z = 2.10$) como resultado, la evidencia a favor de H_1 .
- Con la evaluación de la concentración de mercurio y otros elementos presentes en el suelo y agua, se confirma que estos metales están influyendo en la salud de las personas de la concesión minera Pierina XXI. En el caso del **mercurio**, ha sido identificado en la muestra N° 083-324 (27.72 mg/kg) con valores que superan al valor referencial de ECAs de suelo de uso Industrial/Extractivo para Perú. Debido que esta muestra proviene del relave más no de los suelos adyacentes. El **arsénico** está presente en (02) estaciones de muestreo, 083-324 (3608.40 mg/kg) y 083-325 (2062.93 mg/kg) se tienen valores mayores a los valores de calidad para suelos de uso Industrial/Extractivo para Perú, El **chromo VI (Hexavalente)** se encuentra por encima del valor de referencia empleado en los tres puntos de monitoreo con concentraciones de 5.10mg/kg, 1.68 mg/kg, 1.69 mg/kg.

- En relación con la evaluación del agua para consumo humano solo se detectó que los parámetros bacteriológicos de Coliformes Fecales reportan valores por encima del Estándar de Calidad del Agua (ECA), Categoría 1. Y la concentración de Hg presentes en el agua está por debajo de los ECA de categoría I. Sin embargo las altas concentraciones de mercurio en el suelo, y la existencia de una serie de vías a partir de los cuales el mercurio puede entrar en el dominio de las aguas terrestres en función al tiempo y espacio, en este caso a través de los sedimentos con contenido de mercurio a temperatura ambiente y en el proceso de refogado (quemado del amalgama de oro) en altas temperaturas, donde el mercurio elemental se volatiliza hacia la atmosfera, que a través de reacciones químicas y biológicas forma compuestos de Hg²⁺(mercúrico) y metilmercurio, los cuales son depositados directamente desde la atmosfera por vía húmeda o seca sobre cuerpos de agua superficiales; también el Hg²⁺ y metilmercurio pueden ser incorporados por la acción de la lluvia (Hg complejado a suelo/humus en suspensión o a DOC), por otro lado, este lavado y arrastre de mercurio desde el suelo a las aguas superficiales (para consumo) pueden realizarse a partir de las corrientes de agua subterráneas (manantiales). Considerando que los mineros ilegales y sus familias consumen de agua a través de mangueras, captada desde corrientes de agua superficial (Quebrada), por lo tanto son vulnerables a los riesgo a la salud.
- El resultado de la evaluación del agua y suelo dan como resultado el reducir uno o más factores del riesgo a la salud, según sea el caso

lograr disminuir la emisiones o residuos de mercurio que atenten con la salud del minero y de su familia, mediante la aplicación de controles de salud ocupacional, bloquear o aislar la fuente de riesgo con mecanismos de buen manejo del mercurio, proteger al minero expuesto a la fuente de contaminación con mercurio, en última instancia (EPP).

Siendo los mecanismos de Control para la salud del minero, los que se describen a continuación:

- **Sistemas de seguridad.-** Dispositivos o barreras físicas que impiden que el trabajador pueda estar en contacto directo o exponerse a la fuente de riesgo (mercurio).
- **Equipo/Tecnología/EPP.-** Se refiere a las características que tienen los equipos, tecnología o implementos de protección personal (EPP) con respecto al nivel de protección y eficacia que brindan para garantizar la integridad del minero.
- **Equipo.-** Se refiere al nivel de protección de la integridad que presentan herramientas, maquinaria, instalaciones, suministros, materiales, etc.
- **Tecnología.-** Se refiere al nivel de protección de la integridad que presentan los métodos técnicos empleados específicamente en cada actividad y/o proceso con la finalidad de emplear otros métodos de obtención del oro dejando el uso de mercurio.
- **EPP.-** Se refiere al nivel de protección de la seguridad y salud del minero que brindan los equipos de protección personal

implementados como: protección respiratoria para gases y polvo, lentes, guantes impermeables, overol impermeable, entre otros.

- **Monitoreo.**- Medición y evaluación frecuente sobre seguridad, salud ocupacional y ambiente, obtenidos con el uso de dispositivos tecnológicos que requieren de calibración o verificación cada cierto período de tiempo. El resultado del monitoreo debe compararse con un requisito o patrón preestablecido para determinar el nivel de concentración de mercurio en el suelo, agua.
- **Control Ambiental.**- Conjunto de actividades desarrolladas para controlar los aspectos ambientales significativos asociados a las actividades, productos y servicios y los impactos ambientales reales o potenciales asociados.
- **Entrenamiento al personal.**- Actividad que consiste en impartir formalmente conocimientos teóricos y prácticos, específicos en la manipulación del mercurio y otros metales peligrosos. Esta debe incluir un mecanismo de evaluación de la eficacia orientada a la formación de habilidades en prevención de riesgos de la salud.

CONCLUSIONES

A la finalización de la presente investigación, se llegó a las siguientes conclusiones:

1. Los parámetros que presentan un alto riesgo a la calidad del suelo son el Arsénico (3608.40 mg/kg) y (2062.93 mg/kg); cromo 5.10mg/kg, 1.68 mg/kg, 1.69 mg/kg. y mercurio (27.72 mg/kg), respectivamente los valores superan los Estándares de calidad ambiental de suelo (Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM), lo cual es perjudicial para la salud de los mineros ilegales y sus familias.
2. De los resultados de análisis de agua para consumo humano se detectó que los parámetros bacteriológicos de Coliformes Fecales superan al valor referencial de ECA Categoría 1. Y la concentración de Hg en el agua está por debajo del estándar de calidad ambiental de Mercurio, categoría I, sin embargo las altas concentraciones de mercurio en el suelo del área estudiada, y la existencia de una serie de vías a partir de las cuales el mercurio puede entrar en el dominio de las aguas terrestres y acuáticas afectando su calidad en función al tiempo y espacio.
3. En el proceso de extracción y recuperación del oro en la Concesión Minera Pirina XXI, los mineros ilegales y sus familias, están expuestas a absorber el mercurio y otros metales pesados de diversas formas; por contacto directo con el suelo, por inhalación a través de los sedimentos y procesos de refogado, y por el consumo de agua con contenido de metales pesados por infiltración de contaminantes, los cuales están afectando la salud de las personas, al ecosistema acuático y terrestres.

4. La falta de conocimiento de mineros ilegales, hacen de esto un trabajo de alto riesgo para la salud y de baja aplicación de conocimientos empresariales, tecnologías y metodologías para mejorar la extracción del oro y reducir el riesgo a la salud y la medio ambiente.
5. La falta de asignación de recursos extraordinarios y adicionales para llevar a cabo el proceso de formalización, evidencia la dificultad a la que se enfrentan los gobiernos regionales, resultando improbable que el Gobiernos Regionales de Pasco, con el presupuesto actual, puedan hacer frente a las actividades involucradas en el proceso de formalización.

RECOMENDACIONES

A la finalización de la presente investigación, se llegó a las siguientes recomendaciones:

1. Se recomienda difundir la presente investigación a los pobladores de la comunidad de Huachon, Pozuzo y Paucartambo, de tal manera que conozcan la realidad de la minería ilegal, en el manejo y exposición que causa el mercurio y otros metales pesados, y tomen conciencia por proteger su salud y conservar el ambiente.
2. Se recomienda realizar estudios similares en épocas diferentes del año, una mayor cantidad de puntos de monitoreo de agua, suelo y aire que permitirán realizar predicciones confiables, más exhaustivas y representar otros escenarios ambientales posibles, como así también evaluar la magnitud del impacto de la fuente en espacio y tiempo. Lo que permitirá conocer el grado de contaminación ambiental respectivamente.
3. Se recomienda, que la Dirección Regional de Minería de Pasco como parte del proceso de formalización de la minería informal, la implementación urgente de programas estratégicas de capacitación en temas de asuntos ambientales; disposición de relaves, instalaciones auxiliares (servicios higiénicos, disposición de residuos sólidos domésticos y abastecimiento de agua potable) y especialmente en la utilización de los elementos tóxicos como el mercurio, a fin de incentivar y promover que estos mineros se formalicen y desarrollen su actividad con procedimientos técnicos adecuados sin riesgos a la salud y al medio ambiente.

4. Se recomienda a los diversos poderes del Estado articular sus acciones para facilitar la formalización y, donde no sea posible, iniciar acciones de interdicción, asimismo implementar las “ventanillas únicas” que permitirán al MEM, ANA, SERNANP y Gobierno Regional, iniciar los procesos de formalización de acuerdo a lo estipulado en el Decreto legislativo 1105, considerando que los procesos de formalización son de mediano y largo plazo, y que requieren, necesariamente, la asignación de recursos extraordinarios y adicionales para continuar o emprender estos procesos.
5. Finalmente, es pertinente unir sinergias o esfuerzos por parte del sector privado y público, así como de universidades y centros de investigación para adelantar trabajos conducentes a explorar e investigar otras sustancias o metales menos tóxicos que reemplacen o minimicen el impacto de los metales pesados descritos en este trabajo para bien de la salud de los mineros y el medio ambiente.

BIBLIOGRAFIA

1. Álvarez, J; Sotero, V; Brack, A, Ipenza, C. (2011). *Minería aurífera en Madre de Dios y contaminación con mercurio una bomba de tiempo río Huaypetuhe - Madre de Dios. Informe preparado por el instituto de la Amazonía Peruana - IIAP y el ministerio del ambiente. Lima - Perú.*
2. Ascorra, C. (2006). *Consecuencias de la contaminación con mercurio en el ambiente y en la salud humana. I Seminario – Taller “Agua, Salud Humana y Minería”. Vicariato Apostólico de P. Maldonado, P. Maldonado 25.08.2006. Manuscrito, 12 pp.*
3. CENSOPAS – Centro Nacional de Salud Ocupacional y Protección del Ambiente para la Salud. (2010). *Niveles de exposición a mercurio en población de Huepetuhe – Madre de Dios y factores de riesgo de exposición. Informe Técnico. MINSA – Instituto Nacional de Salud, 83 pp.*
4. Chung B. Control de los Contaminantes Químicos en el Perú. *RevPeruMedExp Salud Pública.* 2008; 25(4): 413-18. [Fecha de acceso 08 de enero 2015]. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/rins/v25n4/a12v25n4.pdf>
5. Cuentas Alvarado Mario, Velarde Ochoa Jhon. (2005). *Evaluación del uso de mercurio en los procesos de amalgamación de oro en quimbaletes y molinos en la Rinconada – Puno, encuentro científico Internacional. PLD 0319 Volumen 2, lima.*
6. Decreto Legislativo N° 1105. *Decreto Legislativo que establece disposiciones para el proceso de formalización de las actividades de pequeña minería y minería artesanal. Disponible en: http://www.propuestaciudadana.org.pe/sites/default/files/norma_legal/archivos/DL1105.pdf*
7. Esteban Aquino et at., (2002) *Contaminación por Mercurio y Cianuro en el Distrito Minero de Ananea – Puno, Universidad Nacional del Altiplano Puno - Cámara de Minería de Puno.*
8. Glave, M. Y Kuramoto, J. (2002). *Minería y Minerales y Desarrollo Sustentable en el Perú. En Minería y Minerales de América del Sur en la Transición al Desarrollo Sustentable. International Institute For Environment and Development.*
9. Gómez Agurto Cynthia Fiorella. (2012). *Evaluación de escenarios alternativos en sistemas social ecológicos afectados por la minería aluvial en Madre de Dios (tesis de posgrado) Lima, Universidad nacional agraria la Molina.*
10. Hernández R, Fernández C., (2006). *Metodología de la investigación. Colombia: editorial McGraw-Hill.*
11. INGEMMET, (2014). *Atlas catastral minero y geológico. Ministerio de Energía y Minas- Instituto Geológico Minero y Metalúrgico.*

12. Jara Ramírez Claudia Andrea. (2007). *Elementos Base para la Gestión Ambiental del Mercurio en Chile (tesis de pregrado)* Santiago, universidad de Chile.
13. Medina, G; Arévalo, J; Quea, F. (2007). *Minería Ilegal en el Perú. Trabajo de Investigación de la XXVIII Convención Minera.*
14. MEM/DGM (2005) *Guías Mineras. Formalización de Actividades Mineras.* Ministerio de Energía y Minas/Dirección General de Minería. Lima
15. MINAM (2017): *Decreto Supremo N°004-2017-MINAM; Aprueban Estándares de Calidad (ECA) para agua; Ministerio del Ambiente; Lima-Perú.*
16. MINAM (2013): *Decreto Supremo N°002-2013-MINAM; Aprueban Estándares de Calidad (ECA) para Suelo; Ministerio del Ambiente; Lima-Perú; <http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wpcontent/uploads/sites/22/2013/10/D-S-N-002-2013-MINAM.pdf>*
17. Monteagudo montenegro fabricio arturo. (2002). *Evaluación de la concentración por mercurio en población de mineros artesanales de oro de la comunidad de Santa Filomena – Ayacucho-Perú durante el periodo agosto 2000 – setiembre 2001(tesis de pregrado)* Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
18. OMS. (2003). *UN Committee of FAO and OMS recommends new dietary intake limits for mercury.* <http://www.who.int/mediacentre/news/notes/2003/np20/en/>
19. Pardo R., Sanchez M.I., Vazquez M.D., Sanchez J. (1987): *Determinación de metales pesados en suelos. X Reunión grupo de Electroquímica R. S. E. De Química. San Sebastián (España).*
20. Ramos, Claudia, et al. (2000). *Nivel de contaminación por metilmercurio en la región de la Mojana. Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Centro de Investigaciones en Ingeniería Ambiental (CIIA). Universidad de los Andes. Bogotá. Colombia.*
21. Rojas R. Luis, (2001). *Problemática de la Mina Rinconada y su formalización. I Foro sobre la Minería Informal en el Perú, Nazca- Ica.*
22. Vega, J. (2012). *Nivel de contaminación por metales pesados (Pb, CU, Hg, As y Fe) en el rio el toro, distrito de Huamachuco de la Provincia de Sánchez Carrión durante año 2009 - 2010. Tesis para obtener el grado de maestría en Gestión de Riesgos Ambientales y Seguridad en la Empresas.*
23. Young, et al., (2002). *Environmetal Assessment of Gold Processing by Mercury Amalgamation in Developing Country. Montana Tech, School of Mines and Engineering (USA) y la Universidad Nacional del Altiplano Puno.*

ANEXO

ANEXO 01:

Cuadro N° 4 MATRIZ DE CONSISTENCIA

TESIS “EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACION DE MERCURIO Y OTROS METALES QUE AFECTAN LA SALUD EN LA CONCESIÓN MINERA PIERINA XXI EN EL PROCESO DE FORMALIZACIÓN DE LA MINERÍA ILEGAL”

PROBLEMA GENERAL Y ESPECÍFICOS	OBJETIVO GENERAL Y ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS GENERAL Y ESPECÍFICOS	VARIABLES	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS	DISEÑO METODOLÓGICO
<p>PROBLEMA GENERAL: ¿Cómo repercute el mercurio y otros metales sobre el suelo y agua a consecuencia de la minería ilegal que afecta la salud en la concesión minera Pierina XXI?</p> <p>PROBLEMAS ESPECIFICOS</p> <ol style="list-style-type: none"> ¿Cuál es el nivel de concentración del mercurio y otros metales sobre el suelo a consecuencia de la minería ilegal que afecta la salud en la concesión minera Pierina XXI? ¿Cuál es el nivel de concentración del mercurio y otros metales sobre el agua a consecuencia de la minería ilegal que afecta la salud en la concesión minera Pierina XXI? ¿Quiénes son los afectados a la salud relacionado con la concentración del mercurio y otros metales a consecuencia de la minería ilegal en la concesión minera Pierina XXI? 	<p>OBJETIVO GENERAL: Analizar la repercusión del mercurio y otros metales sobre el suelo y agua a consecuencia de la minería ilegal que afecta la salud en la concesión minera Pierina XXI..</p> <p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS:</p> <ol style="list-style-type: none"> Determinar el nivel de concentración del mercurio y otros metales sobre el suelo a consecuencia de la minería ilegal que afecta la salud en la concesión minera Pierina XXI. Determinar el nivel de concentración del mercurio y otros metales sobre el agua a consecuencia de la minería ilegal que afecta la salud en la concesión minera Pierina XXI. Identificar los afectados a la salud relacionado con la concentración del mercurio y otros metales a consecuencia de la minería ilegal en la concesión minera Pierina XXI. 	<p>HIPÓTESIS DE GENERAL: Si realizamos la evaluación de la concentración de mercurio y otros elementos presentes en el ambiente entonces se confirmará que estos metales están influyendo en la salud de las personas en la concesión minera Pierina XXI.</p> <p>HIPÓTESIS ESPECIFICAS:</p> <ol style="list-style-type: none"> Si realizamos la evaluación de la concentración de mercurio y otros elementos presentes en el suelo entonces se confirmará que estos metales están influyendo en la salud de las personas de la concesión minera Pierina XXI. Si realizamos la evaluación de la concentración de mercurio y otros elementos presentes en el agua entonces se confirmará que metales están influyendo en la salud de las personas de la concesión minera Pierina XXI. Si realizamos la encuesta a las personas relacionado a la concentración de mercurio y otros elementos entonces se confirmará que estos metales están afectando la salud de las personas de la concesión minera Pierina XXI. 	<p>Variable Independiente</p> <p>Concentración de mercurio y otros elementos</p> <p>Variable dependiente:</p> <p>Calidad del agua Calidad del suelo Calidad de la salud</p>	<p>Técnicas Mediciones y comparaciones (gabinete).</p> <p>Instrumentos GPS Cámara fotográfica Frasco para muestras</p>	<p>De acuerdo con la naturaleza es de tipo descriptivo (busca especificar propiedades, características y rasgos importantes de cualquier fenómeno que se analice).</p>

ANEXO 02:
ENCUESTAS DE CAMPO A LOS MINEROS ILEGALES

ENCUESTA

Esta encuesta tiene fines estrictamente académicos, por el cual quedo muy agradecido por anticipado por las respuestas que usted desarrolle marcando con (X) la respuesta que usted considere correcta:

Con respecto al mercurio y otros elementos presentes en el suelo:

1. ¿Cree usted que la contaminación del suelo con mercurio y otros metales representa una amenaza en contra del bienestar de las futuras generaciones en la concesión minera PIERINA XXI?
 - a) Totalmente en desacuerdo
 - b) En desacuerdo
 - c) De acuerdo
 - d) Totalmente de acuerdo

2. ¿Considera usted que existe mercurio residual y otros elementos en el relave y suelo de la concesión minera PIERINA XXI?
 - a) Totalmente en desacuerdo
 - b) En desacuerdo
 - c) De acuerdo
 - d) Totalmente de acuerdo

3. ¿El mercurio y otros metales influirán permanentemente en su desempeño laboral en los trabajadores de la concesión minera PIERINA?
 - a) Totalmente en desacuerdo
 - b) En desacuerdo
 - c) De acuerdo
 - d) Totalmente de acuerdo

4. ¿La manipulación del mercurio por el personal cuenta con los EPPs necesarios en la concesión minera PIERINA XXI?
 - a) Totalmente en desacuerdo
 - b) En desacuerdo
 - c) De acuerdo
 - d) Totalmente de acuerdo

5. ¿Conoce sobre la existencia una ley que prohíbe el uso del mercurio para la concesión minera PIERINA XXI?
 - a) Totalmente en desacuerdo
 - b) En desacuerdo
 - c) De acuerdo
 - d) Totalmente de acuerdo

Con respecto al mercurio y otros elementos presentes en el agua:

1. ¿Considera usted que el agua que utiliza para la preparación de sus alimentos y aseo personal contenga elementos de mercurio y otros elementos en la concesión minera Pierina XXI?
 - a) Totalmente en desacuerdo
 - b) En desacuerdo
 - c) De acuerdo
 - d) Totalmente de acuerdo

2. ¿Considera usted que la minería ilegal es perjudicial para la contaminación del agua al emplear mercurio en su proceso de obtención del oro en la concesión minera Pierina XXI?
 - a) Totalmente en desacuerdo
 - b) En desacuerdo
 - c) De acuerdo
 - d) Totalmente de acuerdo

3. ¿Considera usted, que existe otro procedimiento sin emplear el mercurio para la obtención del oro en la concesión minera Pierina XXI?
 - a) Totalmente en desacuerdo
 - b) En desacuerdo
 - c) De acuerdo
 - d) Totalmente de acuerdo

4. ¿Se debe eliminar del mercado la venta del mercurio y así evitar daños a la salud y la contaminación del suelo y agua en la concesión minera Pierina XXI?
 - a) Totalmente en desacuerdo
 - b) En desacuerdo
 - c) De acuerdo
 - d) Totalmente de acuerdo

5. ¿Considera usted que la manipulación del mercurio sin los guantes respectivos afecte la salud de las personas en la concesión minera Pierina XXI?
 - a) Totalmente en desacuerdo
 - b) En desacuerdo
 - c) De acuerdo
 - d) Totalmente de acuerdo

ANEXO 03:
REGISTRO DE NORMAS LEGALES
ECAs - MINAM

Cuadro N° 5 Estándares de Calidad Ambiental para Agua Se ha considerado conveniente realizar la comparación con DS N° 004 – 2017 – MINAM-ECA-para Agua.

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

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

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

(b) Después de la filtración simple.

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

Cuadro N° 6 Estándares de Calidad Ambiental para Suelo Se ha considerado conveniente realizar la comparación con DS N° 011 – 2017 – MINAM-ECA-para suelo.

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

Notas:

[**] Este símbolo dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para el uso de suelo agrícola.

- (1) **Suelo:** Material no consolidado compuesto por partículas inorgánicas, materia orgánica, agua, aire y organismos, que comprende desde la capa superior de la superficie terrestre hasta diferentes niveles de profundidad.
- (2) **PS:** Peso seco.
- (3) **Suelo agrícola:** Suelo dedicado a la producción de cultivos, forrajes y pastos cultivados. Es también aquel suelo con aptitud para el crecimiento de cultivos y el desarrollo de la ganadería. Esto incluye tierras clasificadas como agrícolas, que mantienen un hábitat para especies permanentes y transitorias, además de flora y fauna nativa, como es el caso de las áreas naturales protegidas.

- (4) **Suelo residencial/parques:** Suelo ocupado por la población para construir sus viviendas, incluyendo áreas verdes y espacios destinados a actividades de recreación y de esparcimiento.
- (5) **Suelo comercial:** Suelo en el cual la actividad principal que se desarrolla está relacionada con operaciones comerciales y de servicios.
- (6) **Suelo industrial/extractivo:** Suelo en el cual la actividad principal que se desarrolla abarca la extracción y/o aprovechamiento de recursos naturales (actividades mineras, hidrocarburos, entre otros) y/o, la elaboración, transformación o construcción de bienes.
- (7) Métodos de ensayo estandarizados vigentes o métodos validados y que cuenten con la acreditación nacional e internacional correspondiente, en el marco del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo de la *International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC)*. Los métodos de ensayo deben contar con límites de cuantificación que estén por debajo del ECA

ANEXO 04:
INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO PARA
SUELO Y AGUA
10114L/16-MA/10113L/16-MA

INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL No. 10114L/16-MA

Pág. 01

Cliete : Inversiones Cayocaro EIRL.
Dirección : Jr. Müllebruck cdra 12
 Oxapampa - Pasco
Producto : Suelo
Cantidad de muestra : 03
Presentación : Bolsas de plástico, proporcionados por el cliente
Instrucciones de Ensayo : Enviadas por el cliente
Procedencia de la muestra : Muestras enviadas por el cliente
 Fecha de muestreo: 2016-01-07
 O/S 00021-16-LAMA
Referencia del Cliente : Distrito: Huachon / Provincia: Ninacaca / Region : Pasco
Fecha Ingreso de Muestra(s) : 2016-01-09
Fecha de Inicio de Análisis : 2016-01-12
Fecha de Término de Análisis : 2016-01-16
Solicitud de Análisis : 0083/16

Código de Laboratorio	Descripción de Muestra	Li	B	Be	Al	P	Ti	V	Cr	Mn
	Declarado por el Cliente	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg
083-324	Fuente Relavera	3.81	0.60	0.38	2781.22	115.61	40.05	11.99	5.10	153.52
083-325	Suelos de las Orillas de la Quebrada	8.48	0.48	0.25	6001.23	311.35	117.25	20.28	1.68	165.46
083-326	Suelo de Campamento	4.76	0.89	2.05	9821.10	1197.03	105.95	32.01	1.69	73.39
	Límite de Cuantificación	0.12	0.12	0.06	0.19	0.33	0.04	0.03	0.05	0.03

Código de Laboratorio	Descripción de Muestra	Co	Ni	Cu	Zn	As	Se	Sr	Mo	Ag
	Declarado por el Cliente	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg
083-324	Fuente Relavera	5.70	2.68	69.85	147.01	3603.40	0.17	8.29	0.71	1.27
083-325	Suelos de las Orillas de la Quebrada	5.89	2.11	42.00	79.36	2062.93	0.30	6.66	0.25	0.78
083-326	Suelo de Campamento	2.47	1.31	9.02	17.15	25.78	1.74	9.37	0.40	0.81
	Límite de Cuantificación	0.02	0.04	0.01	0.02	0.04	0.02	0.20	0.02	0.02

Código de Laboratorio	Descripción de Muestra	Cd	Sn	Sb	Ba	Ce	W	Hg	Tl	Pb
	Declarado por el Cliente	mg/Kg								
083-324	Fuente Relavera	0.25	0.79	0.45	3.88	0.94	2.77	27.72	0.05	177.05
083-325	Suelos de las Orillas de la Quebrada	0.13	0.95	<0.02	3.30	1.57	4.63	5.99	0.03	84.29
083-326	Suelo de Campamento	0.21	0.28	0.04	9.37	3.48	<0.50	3.61	<0.03	17.78
	Límite de Cuantificación	0.02	0.04	0.02	0.04	0.03	0.50	0.01	0.03	0.02

Código de Laboratorio	Descripción de Muestra	Bi	Th	U	Na	Mg	K	Ca	Fe
	Declarado por el Cliente	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg
083-324	Fuente Relavera	7.12	0.17	0.97	34.44	2801.78	533.54	6117.59	9782.75
083-325	Suelos de las Orillas de la Quebrada	4.10	<0.10	3.88	29.41	4437.44	372.94	4208.38	9764.51
083-326	Suelo de Campamento	0.39	<0.10	6.97	104.13	2190.31	310.88	2220.96	10121.46
	Límite de Cuantificación	0.03	0.10	0.03	1.00	3.56	2.37	3.03	0.31

Código de Laboratorio	Descripción de Muestra	Au	pH	Hg
	Declarado por el Cliente	mg/Kg	unidades	mg/Kg
083-324	Fuente Relavera	14.5	7.7	33.6
083-325	Suelos de las Orillas de la Quebrada	--	7.3	5.3
083-326	Suelo de Campamento	--	5.1	4.1
	Límite de Cuantificación	0.6		0.6

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente sin autorización de Inspectorate Services Perú S.A.C.
 Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada
 No deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce
 <"valor" significa no cuantificable debajo del límite de cuantificación indicado
 A excepción de los productos perecibles los tiempos de custodia dependerán del laboratorio que realice el análisis.
 Este tiempo variará desde 7 días hasta 3 meses como máximo



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INDECOPI-SNA
CON REGISTRO N° LE - 031**



Registro N° LE-031

INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL No. 10113L/16-MA-MB

Pág. 01/1

Cliente : Inversiones Cayocaro E.I.R.L.
Dirección : Jr. Mullebruck Cdra 12 Oxapampa
 Pasco
Producto : Agua
Cantidad de muestra : 06
Presentación : Frascos plásticos y vidrio, proporcionados por Inspectorate Services Perú S.A.C.
Instrucciones de Ensayo : Enviadas por el cliente
Procedencia de la muestra : Muestras enviadas por el cliente
 Fecha de muestreo: 2016-01-07, Hora: 07:00
 O/S 00020-16-LAMA
Referencia del Cliente : Distrito: Huachon / Provincia: Ninacaca - Pasco - Agua de Manantial
Fecha Ingreso de Muestra(s) : 2016-01-09
Fecha de Inicio de : 2016-01-09 Hora: 09:00 (Microbiológico)
Fecha de Término de Análisis : 2016-01-15
Solicitud de Análisis : 00082/16

Código de Laboratorio	Descripción de Muestra	Demanda Bioquímica de Oxígeno mg/L O ₂	pH (-) unidades	Hg(ot) mg/L
00082-321	A 25 mt. antes de la zona de procesamiento	2.4	7,5	<0,0006
00082-322	A 20 mt. de la zona de campamento	--	7.2	<0,0006
00082-323	Captación local de consumo humano	--	8.1	<0,0006
Límite de Cuantificación		2.0	--	0,0006

(--) Valor referencial por exceder el tiempo de vida de la muestra

Código de Laboratorio	Descripción de Muestra	Coliformes Totales NMP/100ml	Coliformes Fecales NMP/100ml	Heterótrofos ufc/ml
00082-322	A 20 mt. de la zona de campamento	13x10	79	62x10 ²
00082-323	Captación local de consumo humano	2.0	2.0	20x10
Límite de Cuantificación		1.8	1.8	--

Métodos:
 Demanda Bioquímica de Oxígeno : EPA 405.1 Biochemical Oxygen Demand, 5 Days, 20°C; "Methods for Chemical Analysis of Water and Waste; Document 20460; EPA 621-C-99-004, June 1999"
 Coliformes Totales : SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 B, 21st Ed. 2005. Approved by SM Committee 2006. Standard Total Coliform Fermentation Technique (Except item 1, Samples).
 Coliformes Fecales : SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E, 21st Ed. 2005. Approved by SM Committee 2006. Fecal Coliform Procedure, 1. Thermotolerant Coliform Test (EC Medium).
 pH : EPA 150.1 pH Electrometric; "Methods for Chemical Analysis of Water and Waste; Document 20460; EPA 621-C-99-004, June 1999"
 Mercurio : EPA 245.1 Determination of Mercury in Water by Cold Vapor Atomic Absorption Spectrometry Revision 3.0; Sample Preparation Procedure for Spectrochemical Determination of Total Recoverable Elements; Document 20460; EPA 621-C-99 004, June 1999.
 Heterótrofos : SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9215 B, 21st Ed. 2005. Approved by SM Committee 2004. Heterotrophic Plate Count. Pour Plate Method, 35°C/48 h, R2A.

Las muestras ingresaron al Laboratorio en cooler, con refrigerantes.
 Los valores de metales corresponden al análisis de metales totales.
 El Informe de Control de Calidad les será proporcionado a su solicitud.

Nota: Para una adecuada comparación e interpretación de los resultados analíticos se requiere que las muestras cumplan con los requerimientos de muestreo, manipulación y almacenamiento establecidos en las normas analíticas.
 Callao, 19 de Enero del 2016

Inspectorate Services Perú S.A.C.
A Bureau Veritas Group Company

ING. YANI MORALES H.
 C.I.P. 135922
 JEFE DE LABORATORIO MEDIO AMBIENTE

Inspectorate Services Perú S.A.C.
A Bureau Veritas Group Company

BLGA. TERESA ZACARIAS CARO
 C.B.P. 1183
 JEFE DE LABORATORIO MICROBIOLOGIA

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente sin autorización de Inspectorate Services Perú S.A.C.
 Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada
 No deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce
 <"valor" significa no cuantificable debajo del límite de cuantificación indicado
 A excepción de los productos perecibles los tiempos de custodia dependerán del laboratorio que realice el análisis.
 Este tiempo variará desde 7 días hasta 3 meses como máximo

Av. Elmer Faucett N° 444 Callao - Perú / Central: (511) 613-8080 Fax : (511) 628-9016
www.inspectorate.com.pe

ANEXO 5:
REGISTRO FOTOGRAFICO



Foto N° 1. Vista panorámica de los campamentos rusticas y disposición inadecuada de relave de los mineros ilegales en la concesión PIERINA XXI



Foto N°2. Encuesta y capacitación a los mineros informales en la concesión PIERINA XXI



Foto N° 3. Toma de las muestra de agua de consumo para su posterior análisis en el laboratorio autorizado



Foto N° 4. Toma de las muestra de relave para su posterior análisis en el laboratorio autorizado



Foto N° 5. Estilo de vida de las familias de los mineros ilegales en la concesión minera PIERINA XXI



Foto N° 6. Presencia de niños y adultos expuestos al mercurio residual y otros metales presente en el relave minero.