



**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

TESIS

**Relaves mineros y su impacto en la concentración de
mercurio en agua de riego en la comunidad Shiracmaca –
Huamachuco, 2016**

PRESENTADO POR EL BACHILLER

Br. Erikca Valeria, Muñoz Cristobal

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
AMBIENTAL**

ASESOR

Dr. José Elías Sandoval Ríos

TRUJILLO – PERÚ

2016

DEDICATORIA

A nuestro Dios:

Porque él es nuestra luz y nuestro camino en toda la vida, guiándonos por el camino adecuado para ser mejores hombres.

A mis Padres:

Delia y Carlos, por todo el apoyo incondicional que me han brindado en toda mi vida universitaria y por ser la razón de mi esfuerzo.

A mis Hermanos:

Sandy, Deiby, Rudolf, Mariana, lo más grande que Dios me ha dado que es tenerlos a mi lado, por su comprensión, apoyo y amistad que me proporcionan para alcanzar mi meta

A mis Amigos:

Carolina y Raphael, por brindarme su amistad, confianza, lealtad y el haber contribuido para el logro de mis objetivos

AGRADECIMIENTO

Al MSc. José Luis Polo Bardales, profesor y amigo, por orientarme en el proceso de esta investigación, por sus enseñanzas, su apoyo incondicional y sus sabios consejos.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
RESUMEN	10
ABSTRAC	11
INTRODUCCIÓN	12
CAPITULO I: PLANTEAMIENTO METODOLOGICO	
1.1. Descripción de la Realidad Problemática	16
1.2. Delimitación y Definición del problema	20
1.3. Formulación del Problema	22
1.4. Objetivo de la Investigación	22
1.5. Hipótesis de la Investigación	23
1.6. Variables e Indicadores	23
1.7. Viabilidad de la Investigación	24
1.8. Justificación e Importancia de la Investigación	24
1.9. Limitaciones de la Investigación.....	25
1.10. Tipo y Nivel de la Investigación	25
1.11. Método y Diseño de la Investigación	26
1.12. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Información	28
1.13. Cobertura de Estudio.....	28
1.14. Cronograma y Presupuesto	30
CAPITULO II: MARCO TEORICO	
2.2 Antecedentes de la Investigación.....	32
2.3 Marco Histórico	36
2.4 Marco Conceptual	42

CAPITULO III: ANALISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

3.1 Análisis e Interpretación de Resultados 43

3.2 Análisis Estadístico..... 46

CAPITULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1.15. Conclusiones..... 52

1.16. Recomendaciones 53

FUENTES DE INFORMACIÓN..... 54

ANEXOS 58

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 01: Volumen de Producción Artesanal.....	17
Tabla 02: Propiedades del Mercurio.....	19
Tabla 03: Principales zonas de Minería Artesanal/ Informal	38
Tabla 04: Principales Insumos usados en la Producción de Oro del Cerro el Toro zona aledaña a la cominidad de Shiracamca	44
Tabla 05: Puntos de Muestreo impactadas por los Relaves Mineros en zonas aledañas al cerro El Toro, Shiracmaca	44
Tabla 06: Concentraciones de Mercurio en aguas Riego, impactadas por los Relaves Mineros en zonas aledañas al cerro El Toro, Shiracmaca, Huamachuco, 2016, durante los meses de estudio.....	45
Tabla 07: Valores establecidos en el ECA agua, para el parámetro Mercurio	46
Tabla 08: Promedio de cada punto de monitoreo de las concentraciones de Mercurio ...	46
Tabla 09: Analisis de Varianza del Mercurio.....	48
Tabla 10: Correlación de la Concentración de Mercurio entre el Mes de Marzo y Abril ..	50
Tabla 11: Correlación de la Concentración de Mercurio entre el Mes de Abril y Mayo	50
Tabla 12: Correlación de la Concentración de Mercurio entre el Mes de Marzo y Abril ..	51

ÍNDICE DE FÍGURAS

Figura 01: Esquema resumido del Ciclo del Mercurio	40
---	----

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 01: Aporte de la minería artesanal a la producción de oro nacional 1990-1999..	13
Gráfico 02: Promedio por punto de Muestreo. de la concentración de Mercurio.....	47
Gráfico 03: Promedio de cada punto de monitoreo de las concentraciones de Mercurio Vs los valores establecidos en el ECA agua, para el parámetro Mercurio	47
Gráfico 04: Puntos de Dispersión del Promedio de Mercurio	48

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 01: Matriz de consistencia.....	59
Anexo 02: Formato de encuesta	61
Anexo 03: Plano de zonas de muestreo.....	66
Anexo 04: Ciclo del Mercurio	68
Anexo 05: Fotos.....	70
Anexo 06: Constancia de Evaluación de Mercurio	75

RESUMEN

El presente estudio se llevó a cabo en la Comunidad de Shiracmaca, para determinar la Concentración de Mercurio en Agua de Riego impactadas por los relaves mineros de la minería Informal del Cerro el Toro mediante Espectrofotometría UV/VIS. El Tipo de Investigación se caracterizó por ser de tipo Concluyente y el nivel de Investigación es Correlacional. Su método es deductivo indirecto. Es una Investigación de Campo de Diseño Transversal.

La muestra estuvo compuesta por 5 estaciones de manera aleatoria, se inició con una recolección de datos en tres fases: Fase de diagnóstico, Fase de Recolección de muestras y la Fase de determinación de la Concentración de Mercurio; obteniendo en promedio las siguientes concentraciones de Mercurio puente de 0.0022647 mg/L, Canaleta 0.0018833mg/L, Compuerta N° 1 0.0018877 mg/L, Compuerta N° 2 0.001777 y en la tierra de cultivo 0.001564 mg/L.

Los análisis de los resultados determinaron que los valores obtenidos sobrepasan los valores establecidos por los Estándares nacionales de calidad ambiental para agua, Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM.

Por ello, es de suma importancia la presente investigación, esclarecer, si la concentración de Mercurio sobrepasa los niveles, y que se propongan medidas de control, previniendo consecuencias más severas.

La autora

ABSTRACT

The present study was carried out in the Community of Shiracmaca, to determine the concentration of mercury in irrigation water impacted by the mine tailings of artisanal mining of Cerro El Toro by UV/VIS Spectrophotometry. The type of investigation was characterized by be of type conclusive and the level of research is correlational. Their method is deductive indirect. It is a field research of cross-sectional design.

The sample was composed of 5 stations in a random way, began with a collection of data in three phases: phase of diagnosis, stage of collecting samples and the phase of determination of the Concentration of Mercury; Getting on average the following concentrations of mercury, bridge 0.0022647 mg/L, tube 0.0018833 mg/L, Gate n° 1 0.0018877 mg/L, Gate No. 2 0.001777, and in the land of cultivation 0.001564 mg/L.

The analysis of the results showed that the values obtained exceed the values established by the national standards of environmental quality for water, Supreme Decree N° 015-2015-MINAM. Therefore, it is importance to the present investigation, clarify, whether the concentration of mercury exceeds the levels and control measures are proposed, preventing more severe consequences.

The author

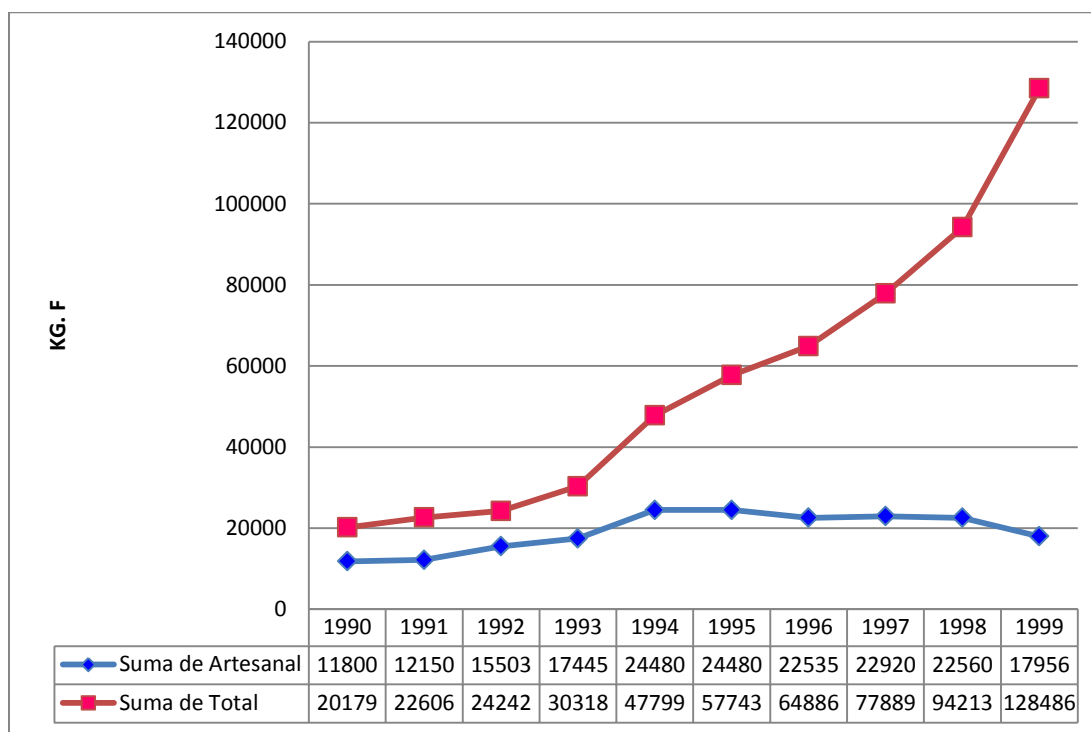
INTRODUCCIÓN

Actualmente en el mundo y sobre todo en los países de América Latina están apreciando cada vez más los beneficios que proporcionan los proyectos de gran escala, como es la actividad minera. Junto a estos flujos de capital viene un desarrollo de infraestructura y empleo. América Latina se ha constituido en el destino más importante de la inversión minera en el mundo, es así que Perú a nivel de Latinoamérica es el primer productor de oro, plata, zinc, estaño y plomo; en la región de la Libertad el 47.46 % se encuentra ocupado por concesiones mineras siendo una de las regiones con mayor presencia de concesiones, sobre todo en las provincias de la sierra, desarrollándose una importante actividad de exploración y extracción de oro (La Libertad ocupa el segundo lugar en la producción de oro a nivel nacional), siendo un importante centro orográfico de nuestro país y Sudamérica. (Echache, J.; 2009).

La minería es una actividad extractiva que genera pasivos ambientales y conflictos sociales por la naturaleza y desarrollo de su actividad. No solo las extracciones se dan por las grandes empresas mineras, sino también son realizadas por los pobladores en forma artesanal o informal. La Minería informal o artesanal está dado por las personas que trabajan en forma empírica, con el único conocimiento transmitido a través de generación en generación, explotando yacimientos de terceros o zonas libres y careciendo de seguridad y certificación ambiental. (Echache, J.; 2009).

La minería artesanal en el Perú ha tomado gran impulso a partir de los años ochenta, conforme se aprecia en el Grafico N° 01 en el cual se observa un incremento desde 1990-1999, así como partir del año 1996 se nota un decrecimiento en la producción.

Grafico N° 01: Aporte de la minería artesanal a la producción de oro nacional 1990-1999



Fuente: Ministerio de Energía y Minas

A su vez se estima que hay unos 80,000 mineros artesanales provenientes de todos los rincones del país; 20,000 personas que les proveen servicios, y 300,000 personas que son directamente o indirectamente dependientes de esta actividad. Tradicionalmente las zonas con gran producción artesanal fueron: Puno, el sur medio (Arequipa, Ayacucho e Ica), el departamento amazónico de Madre de Dios y el Departamento de Ayacucho. En los últimos años han aparecido zonas de minería artesanal en el norte (Piura, Cajamarca y La Libertad), donde el procesamiento de minerales se está dando en forma empírica en la mayoría de los casos. (OSINERGMIN, 2007).

El proceso minero genera impactos significativos, afectando la calidad y disponibilidad de los recursos hídricos en la zona minera, ya que los relaves son arrojados al aire libre disolviendo metales tóxicos, como el cobre, aluminio, cadmio, arsénico, plomo y mercurio, que se encuentran en materiales minados. Formando una capa rojiza-anaranjada de lodo que cubre el lecho de los ríos o riachuelos. Entre los metales que llegan a ser tóxicos para los seres humanos y la vida silvestre encontramos al mercurio, que está presente de forma natural en la corteza terrestre; puede provenir de la actividad volcánica, la erosión de las rocas o la actividad humana, como es el caso de la combustión de carbón en centrales eléctricas, calefacciones y cocinas de procesos industriales, de la incineración de residuos y de la extracción minera de oro y otros metales. (OSINERGMIN, 2007).

En las aguas el mercurio se encuentra principalmente en forma inorgánica, la cual puede pasar a compuestos orgánicos por metilación por acción de los microorganismos que sucede en la columna de agua. No todo el mercurio que entra al medio ambiente acuático es metilado, ya que depende de los factores siguientes para su metilación como: la temperatura, pH, potencial Redox y la presencia de agentes orgánicos o inorgánicos; el mercurio y sus compuestos (metilmercurio) son sumamente tóxicos, el nivel de toxicidad varía según la forma química, la cantidad, la vía de exposición y la vulnerabilidad de la persona expuesta. Uno de los problemas más difíciles de manejar ambientalmente es el hecho de que por tratarse de un elemento, no se puede descomponer ni degradar en sustancias inofensivas. En la mayoría de los casos la intoxicación se da siempre a una exposición crónica (por contacto prolongado, ya sea intermitente o continuo). Pero a veces la gente se ve expuesta a niveles elevados de mercurio, como ocurre en caso de exposición aguda (concentrada en un breve lapso de tiempo, a menudo menos de un día) debida por ejemplo a un accidente industrial. La intoxicación por mercurio produce problemas en la salud de las personas a nivel del sistema nervioso central y el periférico, tras la inhalación o ingestión de distintos compuestos de mercurio o tras la exposición cutánea se pueden observar trastornos neurológicos del comportamiento, con síntomas como temblores,

insomnio, pérdida de memoria, efectos neuromusculares, cefalea o disfunciones cognitivas y motoras. En trabajadores expuestos durante varios años a niveles atmosféricos de al menos 20 µg/m³ de mercurio elemental se pueden observar signos subclínicos leves de toxicidad para el sistema nervioso central. Se han descrito efectos en los riñones que van de la proteinuria a la insuficiencia renal. También puede producir problemas a nivel de feto ya que el mercurio puede atravesar barrera placentaria siendo el feto un gran acumulador; en él alcanza concentraciones 30 veces superiores a las de la madre, lo cual una madre asintomática puede dar a luz un hijo severamente afectado. El mercurio elemental y las sales de mercurio se excretan principalmente por vía renal a través de unas proteínas de membrana que se utilizan para secretar ácidos orgánicos y la excreción del mercurio orgánico es principalmente fecal; teniendo una vida media de aproximadamente 2 meses. (Córdoba, D.; 2000).

La contaminación por mercurio es un tema de vital importancia, hoy más que nunca en nuestro país la minería artesanal, se ha dedicado a la explotación del oro como en el Cerro el Toro zona aledaña a la comunidad de Shiracmaca el cual por las sustancias empleadas para la producción de oro (mercurio, cianuro, etc) y la generación de relaves mineros contaminan ríos, flora y fauna, el mercurio es un elemento tóxico, el cual tiene como límites críticos permisibles para evitar efectos ecológicos no mayor 1.000 ppb (0.001 mg/L ó 1.000 µg/Kg) de mercurio en agua de riego, según lo señala la Organización Mundial de la Salud (OMS) y los Estándares de Calidad del Agua es por ello que es necesario determinar si la concentración de mercurio se encuentra dentro de estos límites en las aguas de riego de Shiracmaca. Para iniciar estrategias que permitan la protección de la salud como prioridad en las actividades extractivas de minerales de las diferentes formas de explotación.

CAPITULO I: PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

1.1. Descripción de la realidad problemática:

La crisis económica, la falta de empleo y la violencia de los últimos años, ha generado desplazamientos individuales, familiares o colectivos a las zonas mineras con la esperanza equivocada de seguridad y subsistencia económica. (DIGESA, 2006).

La minería es una actividad extractiva cuyo desarrollo constituye soporte para gran parte de la industria manufacturera del mundo. Es una actividad vinculada a las finanzas y al medio ambiente. Por un lado, la minería al atraer inversiones produce un mayor ingreso de divisas y mayores valores de exportación, y recientemente ha influido en la evolución positiva de las bolsas mundiales por el alza en la cotización de los metales. Por otro lado, la minería ha sido fuente de pasivos ambientales y conflictos sociales por la naturaleza y desarrollo de su actividad. (MEN, 2015).

Sudamérica tiene el 12,1% de la superficie mundial, el 5,7% de la población mundial, y el 4,9% del Producto Interno bruto medido a precios corrientes. En 2007 Sudamérica producía cerca del 15% del valor de los metales y elementos masivos, incluidos el carbón, el hierro, el aluminio, el cobre, el oro, la plata, el molibdeno, el estaño, el níquel, el plomo y el zinc. Es decir, Sudamérica producía en 2007 más minerales y metales de lo que le correspondía de acuerdo a los principales índices económicos, demográficos y geográficos. Cuatro países Sudamericanos estaban en el 2009 entre los cinco productores mundiales de los siguientes minerales: Perú era el primer productor de plata, el segundo de zinc, el tercero de cobre y estaño, el cuarto de molibdeno y plomo, y el quinto de oro.

Chile era el primer productor de cobre, litio, y yodo, el segundo de selenio, el tercero de molibdeno, y el quinto productor de plata. Brasil era el primer productor de niobio, el segundo de mineral de hierro, el tercero de bauxita y el quinto de estaño. Bolivia era el tercer productor de antimonio y el cuarto de estaño. (Lagos, G.; Peters. D.; 2015).

Por su parte la minería artesanal se ha extendido por una combinación de supervivencia y oportunidad y se practica en minas que han sido abandonadas por las empresas. Tal es el caso de las minas de Perú, Bolivia, Ecuador entre otros, que por problemas de rentabilidad han tenido que ser cerradas y cuya reapertura requeriría fuertes inversiones. Finalmente, las operaciones artesanales abundan en aquellos yacimientos que a pesar de tener altos contenidos de oro, sus reservas no son suficientes como para recuperar la alta inversión que requiere la preparación y desarrollo. (Kuramoto, J.; 2015).

En el Perú la minería artesanal tomo un gran impulso a partir de los años 80, generados por la recesión económica, la crisis del agro y la violencia política, es así que las regiones con mayor producción artesanal según su volumen lo muestran la Tabla N° 01.

Tabla N° 01 Volumen de Producción Artesanal

Regiones	Del total de la Producción Artesanal
Madre de Dios	59%
Puno	21%
Nazca	18%
Libertad	2%

Fuente: Ministerio de Energía y Minas

Madre de Dios con el 59% del total de la producción artesanal de oro, Puno ocupa el segundo lugar con 21%, el eje Nazca – Ocoña en tercer lugar con 18% y finalmente La Libertad con 2% sobre el total de la producción aurífera artesanal.

Para la producción de Oro en estas operaciones artesanales se usa el mercurio que es uno de los elementos naturales de mayor toxicidad, es por eso que en muchos países lo están eliminando y dejando de utilizarlo en ámbitos domésticos, comerciales, médicos e industriales. Al existir deforestación en algunas zonas, el mercurio que se encuentra en el suelo es llevado a los ríos y riachuelos. Allí los microorganismos y las plantas acuáticas absorben el mercurio y lo convierten en metilmercurio, potencialmente perjudicial para los seres humanos. Los peces se alimentan de las plantas acuáticas y luego los peces más grandes se comen a los más pequeños. El mercurio atraviesa así la cadena trófica hasta llegar a los principales depredadores; los seres humanos, es decir que si los seres humanos comen pescado quedan expuestos al mercurio. Si se alimentan de aves que comen pescado el nivel de mercurio puede ser aún mayor. Se conoce que la cantidad de mercurio es elevado en sitios con frecuencia de explotación de oro. (Medina, G.; 2001).

En el departamento de La Libertad la actividad de la minería artesanal esta expuestos a limitaciones técnicas, en todas las operaciones involucradas de la explotación; tal es el caso del Cerro El Toro, el problema es el uso de mercurio en circuito abierto que sin duda acarrea pérdidas del metal toxico en la producción de oro, afectando a la Comunidad aledaña de Shiracmaca; donde hoy en día reflejan una realidad poco atendida, exclusivamente por el arrojado de relaves a los ríos y caudales de agua que son usadas para la agricultura y otras actividades. (DIGESA, 2006).

El mercurio es un metal brillante de color plata que posee propiedades diferentes a muchas de las del resto de metales pesados. Algunas de ellas están indicadas en la Tabla N° 02.

Tabla N° 02 Propiedades del Mercurio

Punto de Fusión	-38 °C
Punto de ebullición	357.3°C
Densidad	13.6 g/cm ³
Dureza	2 y 2.5 Ohms
Calor de Vaporización	59.0 KJ/mol
Conductividad térmica	8.30 J/m.s.°C
Conductividad eléctrica	10.2(mOhmg. cm) ⁻¹

Fuente: Ministerio de Energía y Minas

A diferencia de otros metales el mercurio a temperatura ambiente se encuentra en estado líquido, teniendo un temperatura de fusión de -38°C, una densidad de 13.6 g/cm³, etc.; existe en varias formas: elemental (o metálico) e inorgánico (al que la gente se puede ver expuesta en ciertos trabajos); u orgánico (como el metilmercurio, que penetra en el cuerpo humano por vía alimentaria).

Dado el uso del mercurio para la producción de oro, se genera el drenaje ácido que discurre hacia los ríos, riachuelos o se percola hacia las aguas subterráneas contaminando: suelos, aire y agua, en muchos casos estos impactos pueden dar como resultados miles de hectáreas pérdidas para la agricultura y ganadería de las comunidades campesinas, además impactos en la salud de los habitantes de las zonas mineras y migración forzada de comunidades. (Medina, G.; 2001).

Por ello determinar la concentración de mercurio en agua de riego es importante para aducir algunos problemas de salud al comparar los resultados con los estándares de calidad para agua de riego

1.2. DELIMITACIÓN Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA:

1.2.1. Delimitaciones:

A. Delimitación espacial:

Esta investigación recopiló y analizó la información en la comunidad Shiracmaca-Huamachuco, departamento de La Libertad-Perú.

B. Delimitación temporal:

El presente proyecto se tomó como punto de partida el mes de Febrero del 2016, hasta la conclusión del informe en Noviembre del 2016.

C. Delimitación social:

La ejecución del actual proyecto involucra a la Comunidad de Shiracmaca directamente en la fuente de agua de riego de las tierras de cultivo, donde los niños pequeños juegan a menudo en el suelo, corriendo riesgos de ser afectados por el mercurio metálico. Además si existen niños expuestos al mercurio metálico por períodos largos pueden tener problemas de aprendizaje en la escuela. Los vapores de mercurio son absorbidos fácilmente en la circulación sanguínea de los pulmones y en el sistema nervioso central humano, que aún se está desarrollando durante los primeros años de vida, y que también podría dañarse. (Córdoba, D.; 2000).

El mercurio que fue absorbido se elimina principalmente por la orina, aunque también se encuentra en fracciones en las heces, debidas a secreción dentro del lumen gastrointestinal, especialmente a nivel de colon, por bilis, saliva y jugos gástricos. El mercurio elemental y las sales de mercurio se excretan principalmente por vía renal a través de unas proteínas de membrana que se utilizan para secretar ácidos orgánicos y la excreción del mercurio orgánico es principalmente fecal; teniendo una vida media de aproximadamente 2 meses. (Córdoba, D.; 2000).

Teniendo en cuenta que la conformación mineralógica de los yacimientos no sólo son ricos en oro sino también en mercurio, el cual es una sustancia altamente tóxica, como lo señalan la evaluación realizada por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Organización Mundial de la Salud (OMS); por tal motivo es necesario determinar si la concentración de mercurio se encuentra dentro de los límites permisibles en agua de riego para cultivo. Para poder iniciar estrategias que permitan la protección de la salud como prioridad en las actividades extractivas de minerales de las diferentes formas de explotación que permite el ministerio de energía y minas del gobierno peruano con lo cual se producirá la disminución de los impactos ambientales en la salud de las personas que trabajan en la minería informal en la comunidad de Shiracmaca-Huamachuco.

D. Delimitación conceptual:

1. Tecnología de información:

Mediante espectrofotometría por absorción atómica se analizó y cuantifico la concentración de Mercurio en las aguas de riego impactadas por los Relaves Mineros.

2. Gestión del proceso escogido:

Para la culminación con éxito del proyecto, se utilizó el método espectrofotométrico y el manual de uso de las técnicas a utilizar en cada proceso.

De acuerdo a las estrategias de desarrollo del método mencionado, se espera lograr un resultado confiable, basándonos en parámetros pre-establecidos los cuales aseguran dicha comparación.

1.2.2. Definición del problema:

En nuestro país la minería informal se ha dedicado a la explotación del oro y de otros minerales, generando drenajes ácidos para la obtención de los mismos; así mismo contaminación a nuestro ecosistema; como es el caso de la comunidad Shiracmaca en el cerro El Toro-Huamachuco, donde se usa el mercurio para la obtención de oro; que es un elemento que en concentraciones altas puede degradar las tierras de cultivo y afectar la salud de los pobladores.

Por lo tanto través de este proyecto se planea observar y determinar la contaminación de mercurio en agua de riego que me servirá como factor determinante para aducir problemas de salud en las personas de la Comunidad de Shiracmaca.

1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA:

1.3.1. Problema principal:

¿Existe relación de los relaves mineros con la determinación de la concentración de mercurio en las aguas de riego de la Comunidad Shiracmaca en Huamachuco, durante el año 2016?

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo General:

Determinar si existe relación de los Relaves Mineros con la determinación de la concentración de Mercurio en las aguas de riego de la comunidad Shiracmaca en Huamachuco, durante el año 2016.

1.4.2. Objetivo Específico:

Determinar la concentración de Mercurio en agua de riego relacionado con los relaves mineros de la minería artesanal el Cerro el Toro en la Comunidad de Shiracmaca mediante espectroscopia UV – VIS.

Comparar la calidad de agua de riego de la comunidad de Shiracmaca con los Estándares Nacionales de calidad Ambiental para agua – Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM.

1.5. HIPÓTESIS

Existe relación de los Relaves Mineros con la determinación de la concentración de Mercurio en aguas de riego de la comunidad Shiracmaca en Huamachuco, durante año 2016.

1.6. VARIABLES

1.6.1 Variable Independiente

Relaves mineros.

a) Definición Conceptual

Los relaves son desechos tóxicos de procesos mineros y concentración de minerales, usualmente una mezcla de tierra, minerales, agua, rocas y concentraciones de metales pesados. (Medina, G.; 2001).

b) Indicadores

Volumen de vertimientos, obtenidos través de estudios e información documental

c) Índices

TM/Mes

1.6.2 Variable dependiente

Concentración de Mercurio.

a) Definición Conceptual

El mercurio es un elemento constitutivo de la tierra, un metal pesado. En su forma pura se le conoce como mercurio "elemental" o "metálico" (representado también como Hg). Rara vez se le encuentra en su forma pura, como metal líquido; es más común en compuestos y sales inorgánicas. (Medina, G.; 2001).

b) Indicadores

Concentración de Mercurio en agua de riego en cada punto o estación de muestreo.

c) Índices

Mg/l de concentración de Mercurio

1.7. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

1.7.1. Viabilidad técnica

Se hizo uso de metodologías estandarizadas y de los equipos necesarios y confiables que permiten el desarrollo del presente proyecto de investigación.

1.7.2. Viabilidad operativa

Se dispuso del tiempo requerido y el acceso a las fuentes de información necesarias para el desarrollo del proyecto.

1.7.3. Viabilidad económica

Los gastos serán solventados en su totalidad por el investigador, por ser estudio de carácter académico.

1.8. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN

1.8.1. Justificación

La presente investigación se originó como una preocupación ante la contaminación de las aguas de riego en la Comunidad de Shiracmaca, es por ello que se propuso determinar la concentración de mercurio en las aguas de riego y si existe relación con los relaves mineros generados por el Cerro el Toro.

El estudio planteado establecerá la concentración de mercurio en agua de riego. Tal es así que la información obtenida nos proporcionara el conocimiento planteado en nuestro objetivo principal.

Los resultados obtenidos nos servirá de información para aducir los problemas de salud que poseen los pobladores así mismo como fuente de información para el interés de investigadores, además contribuirá a contrastar la realidad con otras comunidades que tienen el mismo problema con el objetivo de disminuir los impactos ambientales causados por el uso del mercurio.

1.8.2. Importancia

La importancia radica en la aplicabilidad, considerando que se trata de un aspecto fundamental que es la salud humana, ya que la minería Informal que ocurre en el Cerro el Toro de la comunidad de Shiracmaca afecta directa o indirectamente al medio ambiente circundante producto de la extracción de minerales en socavones cuyos metales pesados entran en contacto con las aguas de uso, las cuales al ser consumido por personas aledañas afectan su organismo, produciendo enfermedades broncopulmonares, estomacales digestivas, riñones, hígado, etc. Es por ello que se hace necesaria la investigación de la calidad del agua de riego, en éste caso la concentración de mercurio, para poder así identificar los problemas de salud que provocaría este impacto con los análisis respectivos.

1.9. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

La principal limitación para la presente investigación, son los mismos mineros informales, quienes se ven afectados y consideran que nuestro trabajo es una amenaza para su actividad artesanal de extracción del mineral existente en el cerro El Toro.

1.10. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN:

1.10.1. Tipo de investigación:

Concluyente, permite conocer la concentración de mercurio en agua de riego y la relación que existe con los relaves mineros.

1.10.2. Nivel de investigación:

Por la naturaleza del estudio es Correlacional porque demostrará la relación que existe entre los relaves mineros con la concentración de mercurio en agua de riego al compararlo, mediante Pearson, con los Estándares Nacionales de calidad Ambiental para agua – Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM.

1.11. MÉTODO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN:

1.11.1. Método de la Investigación:

Se aplicó el método deductivo indirecto, complementado con el enfoque sistemático teniendo en cuenta la naturaleza del trabajo de investigación.

1.11.2. Diseño de la Investigación:

El diseño empleado en la investigación es Transversal, donde existe la manipulación de la variable dependiente en un momento determinado.

a) Fase de diagnóstico:

Los puntos escogidos presentaron la característica de ser aguas de riego, cercanas a la zona del cerro El Toro impactadas por los relaves mineros, comunidad Shiracmaca–Huamachuco.

b) Fase de Recolección de muestras:

Las muestras son recolectadas en el caserío de Shiracmaca en la provincia de Huamachuco, en distintos puntos sospechosos de posible contaminación de donde se distribuye agua para los diversos cultivos. Ingresando al punto de recolección (arroyos, canales), sumergiendo una botella de polietileno hasta la mitad de la profundidad del mismo, se recolecto 1000 ml de muestra por punto, una vez recolectada si la muestra presenta turbidez, se pasa por un filtro de 0,45 μ m, luego se rotulara y guardara en el cooler a 4°C preservándolo con 2 ml de ácido sulfúrico/L por un periodo de 48 h, éste mismo procedimiento se realizará en los diferentes lugares seleccionados.

Estos análisis serán realizados en la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional de Trujillo, donde se hicieron los pagos respectivos para su análisis mediante Espectroscopia de absorción atómica.

c) Preparación de Reactivos

El mercurio iónico presente en la muestra se reduce a mercurio elemental por la acción del hidrógeno nascente que proviene de la reacción del borohidruro de sodio en un medio ácido. Las medidas de absorción producidas por la presencia de mercurio en la célula de medida se llevan a cabo a 253,7 nm y la cuantificación se efectúa por interpolación en una curva de calibración construida con patrones de adición conocida.

Borohidruro de Sodio al 2.5 %

Se pesó 1.5 g de NaBH₄ y 1 g de NaOH en una balanza analítica, luego en una fiola de 100 mL se adicionó los reactivos y se aforó la fiola con agua destilada.

Solución Blanco

Se preparó una solución blanco de HCl 1.5 %, para lo cual se midió 1.5 mL de HCl en una fiola de 100 mL y finalmente se aforó con agua destilada.

d) Preparación de las muestras

Para la preparación de muestras se empleó 10 mL de cada muestra previamente filtrada que fueron puestos en tubos de ensayo debidamente rotulados, a cada tubo se le adicionó IV gotas de HCl al 1.5% y además I gota de KMnO₄; mezclando por inversión.

e) Procesamiento y análisis de los datos

Los datos del estudio se procesaron en el programa Microsoft Office Excel 2010. Teniendo los resultados de la determinación cuantitativa de mercurio en las aguas de riego.

1.12. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Información

1.12.1. Técnica.

- **Trabajo en campo:** Es el contacto directo del investigador con la realidad para la obtención de datos, como: composición física, concentración de mercurio, etc. (Sampieri, Fernández, Baptist, 2014)
- **Evaluación** Permite obtener información como: evaluación del análisis documental, comparación de anteriores investigaciones, comparación de muestras con los Estándares Nacionales de la calidad Ambiental para agua – Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM.

1.12.2. Instrumentos.

- Espectrofotómetro de absorción atómica.
- Encuesta.

1.12.3. Ventajas

Con los datos obtenidos, se podrá no sólo predecir los problemas de salud de las personas afectadas, si no informar a las autoridades del problema existente para que ellos tomen las medidas necesarias para la corrección oportuna a este problema de contaminación con mercurio.

1.13. COBERTURA DE ESTUDIO:

1.13.1. Universo:

Está conformado por las aguas de riego de la comunidad de Shiracmaca, en Huamachuco – La Libertad.

1.13.2. Muestra:

Las muestras estarán constituidas por la repetición de las unidades muestrales recolectadas en el caserío de Shiracmaca, en los alrededores del Cerro el Toro en el distrito de Huamachuco, las cuales son elegidas mediante un diseño aleatorio simple, la misma que se estimará a través del siguiente estadístico.

$$n = (Z^2 P.Q)/E^2$$

Dónde:

n = Tamaño muestra

Z α = Es el valor correspondiente a la distribución de gases, Z= 0.05
=1.96

P = Prevalencia esperada del parámetro a evaluar, en caso de desconocerse (P = 0.03), que hace mayor el tamaño muestra

Q = 1 – p (si p= 0.03, q = 0.97)

E = Error que se prevé cometer si es del 12%, E = 0.12

Reemplazando datos se obtiene:

$$n = \frac{(1.96)^2 (0.03) (0.97)}{(0.12)^2}$$

$$n = 7.52$$

n = 7 muestras de agua de riego

1.14. CRONOGRAMA Y PRESUPUESTO:

1.14.1. CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO:

ACTIVIDADES	Año 2016										
	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	
Elaboración del proyecto	x	x	x								
Revisión de la Literatura		x	x	x							
Aprobación del proyecto				x							
Compra de materiales	x	x	x								
Trabajo de Campo		x	x	x	x						
Obtención de datos		x	x	x	x						
Análisis de datos			x	x	x						
Obtención de resultados				x	x	x					
Redacción del informe de investigación						x	x	x			
Presentación del informe de investigación							x	x			
Revisión del informe de investigación								x			
Aprobación del informe de investigación								x	x		
Sustentación del informe de investigación										x	

1.14.2. PRESUPUESTO:

PRESUPUESTO DE BIENES Y SERVICIOS							
Naturaleza del gasto	Partida	Materiales y Equipos	Unidad de Medida	Cantidad	Costo Unitario s/.	Costo total s/.	
Bienes	2.3.1.99.1.99	Agua destilada	Litros	5	1	5	
	2.3.1.99.1.99	Botellas polietileno	Unidad	5	1	5	
	2.3.1.6.1.4	Mascarilla	Unidad	6	0.5	3	
	2.3.1.6.1.4	Guantes	Caja	1	8	8	
	2.6.3 2.6 1	Cámara fotográfica	Unidad	1	450	450	
	2.3.1.5.1.2	Etiquetas	Unidad	5	1	5	
	2.3.1.5.1.2	Folder	Unidad	2	3	6	
	2.3.1.5.1.2	Lapiceros	Unidad	4	0.5	2	
	2.3.1.5.1.2	Papel Bond A-4	Millar	1	11	11	
	2.3.1.5.1.2	Plumón indeleble punta fina	Unidad	2	2.5	5	
	2.6.3 2.6 1	USB Kingston 16 g	Unidad	2	30	60	
	SUB TOTAL						560
	Servicios	2.1.1 1.1	Asesor	Asesor	1	1000	1000
2.3.1.1.1.1		Alimentos y Bebidas	Unidad	8	10	80	
2.3.2.1.2.1		Movilidad	Viaje	6	50	300	
2.3.2.1.2.1		Movilidad	Viaje ciudad	12	5	60	
2.3.2.2.4.4		Empastados	Empaste	3	25	75	
2.3.2.2.4.4		Fotocopiado e impresiones	Copia	300	0.1	30	
2.3.2.2.2.1		Llamadas	Minutos	300	0.3	90	
2.3.2.2.2.2		Internet	Hora	20	1	20	
2.3.2.5.1.1		Hospedaje	Cuarto	2	50	100	
2.3.2.7.4.2		Procesamiento estadístico	Asesor	1	120	120	
2.3.27.2 99		Análisis de laboratorio	Muestra	15	40	600	
2.3.1.99.1. 99		Kit Mercurio	Unidad	1	150	150	
SUBTOTAL						2,625.00	
TOTAL						3,185.00	

Financiamiento: autofinanciado

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Álvarez, J.; Amancio, F. (2012-2013) “Bioacumulación De Metales Pesados En Peces Y Análisis De Agua Del Río Santa Y De La Laguna Chinancocha-Llanganuco Periodo 2012 – 2013. Tesis para optar el Título de: Ingeniero Ambiental en la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo.” Su problema fue: La bioacumulación de metales pesados en los peces que viven en el Río Santa será la misma que en los de la Laguna Chinancocha-Llanganuco? el objetivo general fue: Comparar los niveles de bioacumulación de metales pesados en los peces que viven en el río Santa con los que viven en la laguna Chinancocha-Llanganuco. La conclusión principal fue: la determinación de Hierro, Cobre, Plomo, Cadmio, Cromo y Zinc fue el método de espectrofotometría de absorción atómica (EEA), y para la determinación de Mercurio se efectuó por la EEA acoplado la Cámara de vapor frío en el laboratorio SAG. De acuerdo a los resultados se observó que en todo los puntos donde se muestreo de la Cuenca del Ríos santa, tanto en creciente como en vaciante, superaron los límites máximos permisibles con respecto a la acumulación de plomo, Zinc y cromo comparados con los Límites Máximos Permisibles reportados por las Normas Internacionales. Con respecto al mercurio, no se encontraron en los diferentes puntos, de la Cuenca tampoco pasaron el límite máximo permisible cuando fueron comparados con los valores reportados por las Normas Internacionales.

Rojas, R.; Paez, M. (2012-2013). “Determinación de la concentración de hierro en agua de riego impactado por la minería artesanal en el Cerro el Toro, Shiracmaca – Huamachuco, La Libertad. Tesis para optar el grado de Bachiller en Farmacia y Bioquímica en la Universidad Nacional de Trujillo” Su problema fue: ¿Cuál es la concentración de hierro en agua de riego impactadas por la minería artesanal en el Cerro el Toro, Shiracmaca - Huamachuco 2012-2013?

El objetivo general fue: Determinar la concentración de Hierro en agua de riego impactadas por la minería artesanal en el Cerro el Toro. Shiracmaca Huamachuco, La Libertad 2012 -2013. La conclusión principal fue: El presente trabajo es un estudio preliminar, que debemos continuar con el apoyo de un equipo multidisciplinario, por cuanto la contaminación por relaves mineros no son resultados concluyentes, el hecho que en esta oportunidad los resultados obtenidos son favorables para el caserío de Shiracmaca al haberse encontrado cantidades menores a lo permitido.

Villalobos, R. (2012). “Exposición al Mercurio en Compradores de Oro en el Municipio Autónomo en el Callao en el Estado Bolívar. Tesis para optar el Título de: Especialista en Salud Ocupacional en la Universidad Nacional Experimental de Guayana.” Su problema fue: ¿Cuál es el grado de Exposición Mercurial de los Compradores de Oro en la población de El Callao, Estado Bolívar? ¿Cuál es el impacto de la Exposición Mercurial sobre la salud de los Compradores de Oro en la población de El Callao, Estado Bolívar?; el objetivo general fue: Determinar el impacto de la Exposición Mercurial como problema de salud ocupacional en los Compradores de Oro en la población de El Callao, Estado Bolívar. La conclusión principal fue: Se determinó niveles de Mercurio en sangre por encima de los Valores Permisibles (10 µg/l). La Calidad de Vida se vio igualmente afectada en estos trabajadores. En relación con el cumplimiento de las medidas de Higiene y Seguridad ocupacional se encontró lo siguiente: a) Los Compradores de Oro no disponen de campanas para la retención de Vapores de Mercurio. b) El Mercurio no recuperado en el proceso de quema de la amalgama se escapa al medio ambiente. c) Los trabajadores no utilizan los equipos de protección respiratoria adecuados para el manejo de vapores de Mercurio. d) Desinformación completa en relación a los peligros que implica el manejo del mercurio y de sus efectos tóxicos en la salud y en el ambiente.

Carrera, W. (2011). “Influencia del vertido del efluente líquido de la Compañía Minera Aurex S.A. en el Ecosistema acuático del Rio San Juan. Tesis para optar el Título Profesional de: Ingeniero Ambiental en la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión.” Su problema fue: ¿Cómo influye el vertido del efluente líquido de la Compañía Minera Aurex S.A. en el ecosistema acuático del río San Juan?; el objetivo general fue: Determinar el grado de influencia del efluente líquido de la Compañía Minera Aurex S.A. en el ecosistema acuático del río San Juan. La conclusión principal fue: La calidad del agua en el tramo evaluado del río San Juan que comprende la estación de monitoreo E-2 está influyendo negativamente en la calidad del agua, debido a que estos efluentes de las operaciones mineras que se mezclan con el cuerpo receptor están deteriorando la biodiversidad del sistema acuático en su totalidad.

Leticia, M.; Carro, D. (2011). “Determinación de los niveles de mercurio en el aire de consultorios y clínicas odontológicas en Cartagena Colombia. Tesis para optar el Título de: Magíster en Toxicología en la Universidad Nacional de Colombia.” Su problema fue: ¿Cuáles son los niveles de mercurio en los consultorios y clínicas odontológicas de la ciudad de Cartagena?; el objetivo general fue: Determinar los niveles de mercurio en el aire en los ambientes de los consultorios y clínicas odontológicas de la ciudad de Cartagena, Colombia La conclusión principal fue: Se verificó que las condiciones en el 92.18% de los consultorios y clínicas dentales donde se tomaron las muestras no son las adecuadas, ya que, no tienen sistema de extracción de aire en el interior, además, son totalmente cerrados y la única entrada de aire es a través de la puerta de acceso, lo que no favorece su renovación pero si la saturación toxica. El trabajo ha permitido conocer la teoría de los niveles de mercurio en el aire, así como la metodología empleada.

López, S. (2005) “Bioacumulación y Biomagnificación de mercurio en diferentes poblaciones de peces de la Amazonia Boliviana. Tesis para optar el Grado de: Magister of Scientiae en Ecología y Conservación en la Universidad Mayor de San Andrés.” Su problema fue: ¿Cómo determinar la Bioacumulación y Biomagnificación de mercurio en diferentes poblaciones de peces de la Amazonia Boliviana?; el objetivo general fue: Determinar la bioacumulación y Biomagnificación de mercurio en diferentes poblaciones de peces de la cuenca de los Ríos Henez, Mamoré y Madre de Dios para establecer modelos de comparación. La conclusión principal fue: La relación entre la concentración de mercurio y la longitud estándar entre las especies muestran correlaciones positivas.

Monteagudo, F. (2000-2001). “Evaluación de la contaminación por mercurio en población de mineros artesanales de oro de la comunidad de Santa Filomena-Ayacucho-Perú durante el periodo de Agosto 2000 – Septiembre 2001. Tesis para optar el Título Profesional de: Químico Farmacéutico en la Universidad Mayor de San Marcos.” Su problema fue: ¿Cómo determinar los niveles de mercurio excretado en muestra de orina de la población de santa Filomena-Ayacucho?; el objetivo general fue: Determinar los niveles de mercurio excretado en muestra de orina de la población de santa filomena (Ayacucho- Perú). La conclusión principal fue: Del 100% de la población evaluada el 67.74% presentaron absorción de mercurio incrementado de 41 a 90 ug/L. son los adultos jóvenes de 24 y 34 años, del grupo con más altos valores de Hg en orina, resultados que sobrepasan los valores permisibles.

2.2. MARCO HISTÓRICO

La comunidad de Shiracmaca está ubicada a 3030 msnm, en el distrito de Huamachuco, en la Provincia de Sánchez Carrión de la Región Libertad; tiene como principales actividades la agricultura, la ganadería y la minería, la última en mención refleja una realidad poco atendida y que toma interés la presente investigación, el estudio de la influencia de los relaves mineros en la concentración de mercurio en aguas de riego en la Comunidad de Shiracmaca población aledaña a Cerro el Toro.

2.2.1. Agua de riego

La agricultura es con diferencia el mayor consumidor de agua a nivel global. El 70% del consumo de agua del mundo es para el riego de cultivos. En varios países en vías de desarrollo, el agua destinada al riego de cultivos representa el 95% del agua consumida, y juega un papel clave dentro de la producción de alimentos y seguridad alimentaria. En la mayoría de estos países el desarrollo de estrategias futuras de agricultura pasa por el mantenimiento y mejora de la expansión de esta agricultura de regadío. Por otro lado, el aumento en la presión sobre la utilización los recursos naturales de agua en la agricultura choca con otros sectores y representa un reto para el medio ambiente. (Vicente, C.; Natividad, O. 1998)

La calidad del agua de riego afecta tanto a los rendimientos de los cultivos como a las condiciones físicas del suelo, incluso si todas las demás condiciones y prácticas de producción son favorables/óptimas. Además, los distintos cultivos requieren distintas calidades de agua de riego. Por lo tanto, es muy importante realizar un análisis del agua de riego antes de seleccionar el sitio y los cultivos a producir. La calidad de algunas fuentes de agua puede variar significativamente de acuerdo a la época del año (como en una época seca / época de lluvias), así que es recomendable tomar más de una muestra, en distintos períodos de tiempo. (Vicente, C.; Natividad, O. 1998)

Los parámetros que determinan la calidad del agua de riego se dividen en tres categorías: químicos, físicos y biológicos. En esta revisión, se discuten las propiedades químicas del agua de riego. Las características químicas del agua de riego se refieren al contenido de sales en el agua, así como a los parámetros derivados de la composición de sales en el agua; parámetros tales como la CE / TDS (Conductividad Eléctrica / sólidos totales disueltos), RAS (Relación de Adsorción de Sodio), la alcalinidad y la dureza del agua. (Rojas, R.; Paez, M. 2012-2013).

2.2.2. Relaves Mineros

Actualmente, el impacto de la minería es uno de los problemas que afecta al medio ambiente. Cada año, la industria minera presenta cifras impresionantes, nuevos récords en materia de inversiones, producción y exportación.

En la actualidad Perú es el primer productor de oro y la Región de la Libertad se encuentra ocupado por concesiones mineras, sobre todo en las provincias de la sierra, desarrollándose una importante actividad de exploración y extracción, siendo un importante centro orográfico de nuestro país y Sudamérica, con una riqueza mineral que abarca prácticamente todo su territorio, posee una de las producciones auríferas más elevadas del país. Las estadísticas revelan que alrededor de 7466 personas están dedicadas a esta actividad. No solo las extracciones se dan por las grandes empresas mineras, sino también son realizadas por los pobladores en forma artesanal o informal, esta actividad ofrece posibilidades de ingreso superior a los sectores de ocupación alternativa y constituye en muchos casos una fuente de ingresos complementaria a otras economías rurales como por ejemplo la agricultura o ganadería, permitiendo de esta forma la subsistencia de las mismas en regiones marginadas. (Medina, G.; 2001).

Las zonas con mayor incidencia de actividad en minería aurífera artesanal/ informal de Perú, son las siguientes:

Tabla N° 03: Principales zonas de Minería Artesanal/ Informal.

Departamento	Provincias	Tipo de Yacimiento
Madre de Dios	Tambopata y Manú	Placeres
Puno	Sandia y Carabaya	Filoneanos y Placeres
Ica	Palpa y Nazca	Filoneanos
Arequipa	Caravelí-Camaná- Condesuyos	Filoneanos
Ayacucho	Lucanas-Parinacochas	Filoneanos
La Libertad	Pataz-Otuzco- Huamachuco	Filoneanos y Placeres
Cajamarca	Cajabamba	Filoneanos
Piura	Ayabaca y Piura	Filoneanos
Lima	Canta	Filoneanos
Pasco	Pasco	Filoneanos

Fuente: Instituto de Ingenieros de Minas del Perú

Se desarrolla también minería aurífera informal, de placeres; en menor escala en las regiones de la Selva Norte (departamentos de Cajamarca, Amazonas y Loreto) y de la Selva Central (departamentos de Huánuco y Ucayali).

La Minería informal está dado por las personas que trabajan en un centro de operación minero con el único conocimiento transmitido a través de generación en generación explotando yacimientos de terceros o zonas libres exponiendo su salud sin los implementos mínimos de seguridad. (Medina, G.; 2001).

Para la recuperación de oro se aplican métodos de tratamiento como la amalgamación, cianuración, bateo, entre otros; que producen relaves mineros con altas concentraciones de químicos como (arsénico, cadmio, cianuro, mercurio y selenio); para obtener una tonelada de concentrado se generan casi 40 toneladas de relave estos relaves contienen elementos que alteran el medio ambiente, por lo que deben ser transportados y almacenados en "tanques o pozas de relaves" donde lentamente los contaminantes se van decantando en el fondo y el agua es recuperada o evaporada; sin embargo el manejo de relaves en la minería informal es casi inexistente, estos son acumulados o arrojados directamente a los ríos y suelos alterando su composición natural. (VHS, 2010)

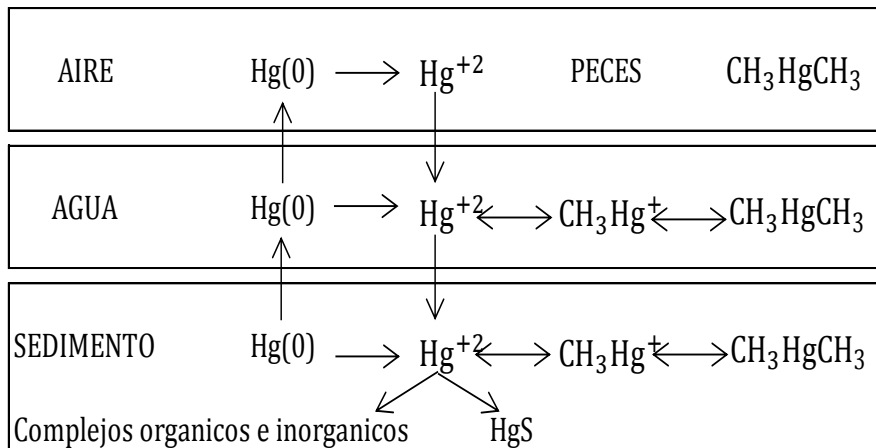
2.2.3. Mercurio

La contaminación del agua, aire, suelo y alimentos es la consecuencia de las actividades que el hombre ha desarrollado para vivir y mejorar su calidad de vida. Sin embargo, ahora el hombre se ha olvidado de vivir en armonía con la naturaleza y de cuidarla. (Medina, G.; 2001).

La actividad minera artesanal tiene como principales contaminante al cianuro y mercurio (Hg), este último en mención es descargado al ambiente en forma gaseosa en el refogado, y de forma líquida o sólida en los relaves. La utilización del mercurio por los mineros artesanales se hace de una manera descuidada debido a la falta de conocimiento que tienen sobre los problemas que pueden ocasionarse ellos mismos, a la calidad de agua y suelos. (IIMP, 2007)

El flujo continuo de mercurio entre la atmósfera, la tierra y el agua se muestra en el ciclo del mercurio así como el comportamiento del mismo y en los diferentes medios y su transporte.

Figura N° 01 Esquema resumido del Ciclo del Mercurio



Fuente: Instituto de Ingenieros de Minas del Perú

Se presenta de manera resumida el ciclo del mercurio y la forma como ocurre el intercambio de especies mercuriales de acuerdo al medio en que se encuentra (aire, agua, suelo). Se estima que los océanos poseen son la mayor cantidad de mercurio en forma de HgS con al menos 10^{17} gramos de mercurio. La biosfera tendría aproximadamente 10^{11} g. mientras que en los suelos y sedimentos juntos poseerían 10^{13} g. La atmosfera estaría con 10^8 g. y por ultimo las aguas terrestres con 10^7 gramos de mercurio pero hay que tomar en cuenta que se está excluyendo al mercurio en minas y en reservas subterráneas que podrían aumentar la cantidad global existente.

El nivel de toxicidad en seres humanos y otros organismos varía según la forma química, la cantidad, la vía de exposición y la vulnerabilidad de la persona expuesta. Uno de los problemas más difíciles de manejar ambientalmente es el hecho de que por tratarse de un elemento, no se puede descomponer ni degradar en sustancias inofensivas. En casos de intoxicación se da siempre a una exposición crónica o aguda dependiendo de la de los niveles de mercurio a los que están expuesto, debida por ejemplo a un accidente industrial, por eso es importante su estudio, su monitoreo y su tratamiento de ser posible. (Córdoba, D.; 2000)

En el Cerro El Toro para la recuperación del Oro usan métodos que no requieren de gran inversión de dinero pero las condiciones de trabajo para extracción y procesamientos son extremadamente duras, se realiza el proceso de amalgamación de Mercurio o la Implementación de Pozas de Cianuro. Se estima que la amalgamación del oro consume aproximadamente $\frac{1}{2}$ Kg de mercurio por 40 Kg de residuo mineral y del cianuro aproximadamente es de 0.5 kg/TN de mineral. El agua utilizada es transportada en camiones que alcanzan un máximo de 35 cilindros o 55 galones por viaje y que en época de sequía acumulan el agua en pozos artesanales de plástico para la producción de oro. La amalgamación de mercurio se utiliza por ser una técnica económica que necesita muy pocos instrumentos de trabajo y recursos; y en circuito abierto el material aurífero se pone en contacto con el mercurio en un flujo continuo, que no se puede recuperar el mercurio por la partículas finísimas que posee contaminando enormemente así los alrededores. (VHS, 2010).

2.3. MARCO CONCEPTUAL

2.3.1. Variable Independiente

a) Relave

Según la Real Academia su definición es que son partículas de mineral que el agua del lave arrastra y mezcla con el barro estéril, que para ser aprovechadas necesitan un nuevo lave.

b) Relaves mineros

Son desechos tóxicos que contienen arsénico, plomo, mercurio, sales de cianuro y químicos propios del procesamiento minero mezclado con tierras, agua y rocas, producidos transportados y depositados en forma de lodo. (IIMP, 2007)

2.3.2. Variable Dependiente

a) Mercurio:

Elemento químico metálico, de número atómico 80, líquido, de color blanco y brillo plateado, muy pesado, tóxico, mal conductor del calor y muy bueno de la electricidad, poco abundante en la corteza terrestre y que se usa en la fabricación de plaguicidas, instrumentos técnicos o científicos, espejos y aleado con el oro y la plata, en odontología y medicina. (PNUMA, 2005)

CAPÍTULO III: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

3.1. Análisis e Interpretación de resultados

Los resultados muestran la concentración de mercurio en agua de riego y el impacto indirecto y negativo de los relaves mineros que sufren los suelos de los sectores que utilizan el agua del río Shiracmaca, para suplir sus necesidades de riego, los cuales pueden ser absorbidos por las plantas y luego podrían ser dañinos a la salud del hombre y animales.

Para el presente Estudio se utilizó los Estándares Nacionales de Calidad de Agua **Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM**, por medio de su modificación a través del **Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM**, que rigen en el Perú estableciéndolo como guía de comparación entre los parámetros de los estándares y los resultados obtenidos por el estudio.

Las muestras fueron tomadas en canales de agua para riego; analizadas en la Universidad Nacional de Trujillo para obtener los valores de la Concentración de Mercurio y establecer una correlación mediante Pearson, con los Estándares Nacionales de calidad Ambiental para agua – Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM y demostrar la influencia de los relaves Mineros en la concentración de Mercurio en Agua de Riego.

Los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, se clasifican de la siguiente forma:

- Categoría 1: Poblacional y Recreacional
- Categoría 1A: Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección.
- Categoría 1B: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional.
- Categoría 1C: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado.
- Categoría 2: Actividades marino costeras.
- Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales.
- Categoría 4: Conservación del ambiente acuático.

Por lo tanto, según el fin del estudio se establece la categoría 3.

Tabla N° 04: Principales Insumos usados en la Producción de Oro del Cerro el Toro zona aledaña a la comunidad de Shiracmaca, Huamachuco, 2016.

Insumos	Mercurio	Cianuro
Proceso	Amalgamación	Pozas
Por TN de Mineral	12 kg Hg	0.5 kg CN
TN de Mineral al Mes	300 TN	7200 TN
Producción de Oro al Mes	360 KG	16 KG
Relaves Mineros Generados TN/Mes	12 TN	

Fuente: Elaboración Propia

- Se realizó una encuesta a 30 pobladores, en un área aproximada de 200 hectáreas, para conocer las técnicas de producción de Oro y los insumos que se emplean. Por lo tanto, se obtuvo que los principales Insumos son el Mercurio y el Cianuro con las técnicas de Amalgamación y Pozas de Cianuración, según indican los pobladores; los relaves Generados por estas Técnicas son de 12 Tn al Mes. (Ver Anexo 02: Encuesta).

Tabla N° 05: Puntos de Muestreo impactadas por los Relaves Mineros en zonas aledañas al cerro El Toro, Shiracmaca, Huamachuco, 2016.

Estaciones	Nombre de la estación	Actividades	Clasificación del agua según su uso
P-01	Puente	Agricultura	Clase 3
P-02	Canaleta	Agricultura	Clase 3
P-03	Compuerta 1	Agricultura	Clase 3
P-04	Compuerta 2	Agricultura	Clase 3
P-05	Tierra de cultivo	Agricultura	Clase 3

Fuente: Elaboración Propia

- Se observa las estaciones con sus respectivos lugares, actividad y clasificación de acuerdo al fin del Estudio, donde se recolectaron las muestras.

Tabla N° 06: Concentraciones de Mercurio en aguas Riego, impactadas por los Relaves Mineros en zonas aledañas al cerro El Toro, Shiracmaca, Huamachuco, 2016, durante los meses de estudio.

Puntos de Muestreo	Zona de muestreo	Marzo	Abril	Mayo
P-01	Puente	0.001917 mg/L	0.002902 mg/L	0.001975 mg/L
P-02	Canaleta	0.00182 mg/L	0.001904 mg/L	0.001926 mg/L
P-03	Compuerta 1	0.001868 mg/L	0.001806 mg/L	0.001989 mg/L
P-04	Compuerta 2	0.001721 mg/L	0.001785 mg/L	0.001825 mg/L
P-05	Tierra de cultivo	0.001513 mg/L	0.001554 mg/L	0.001625 mg/L

Fuente: Elaboración Propia

- Se recolectaron las muestras por mes la cual fueron llevadas al laboratorio de la Facultad de Farmacia y Bioquímica - Universidad Nacional para la obtención de los valores, mediante espectroscopia UV- VIS, de los meses de Marzo, Abril y Mayo de cada zona de muestreo de la concentración de mercurio presente en las aguas de riego expresadas en mg/L.

3.2. Análisis estadístico

3.2.1. Resultados estadísticos de Mercurio.

Hipótesis:

H0: Existe relación de los relaves mineros con la determinación de la concentración de Mercurio en aguas de riego de la comunidad de Shiracmaca-Huamachuco, durante los meses de marzo, abril y mayo del año 2016.

H1: No existe relación.

Tabla N° 07: Valores establecidos en el ECA agua, para el parámetro Mercurio.

CATEGORIAS		ECA AGUA CATEGORIA 3
PARÁMETRO	UNIDAD	PARÁMETROS PARA RIEGO DE VEGETALES
INORGÁNICOS		
Mercurio	mg/l	0,001

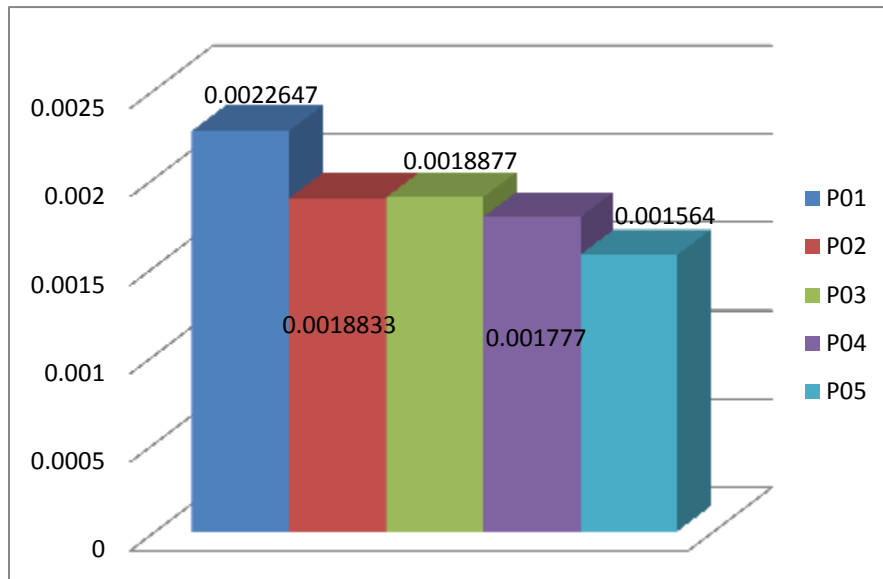
Fuente: Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM.

Tabla N° 08: Promedio de cada punto de monitoreo de las concentraciones de Mercurio.

Puntos de Muestreo	Zona de muestreo	Marzo	Abril	Mayo	Promedio(X)
P-01	Puente	0.001917 mg/L	0.002902 mg/L	0.001975 mg/L	0.0022647 mg/L
P-02	Canaleta	0.00182 mg/L	0.001904 mg/L	0.001926 mg/L	0.0018833 mg/L
P-03	Compuerta 1	0.001868 mg/L	0.001806 mg/L	0.001989 mg/L	0.0018877 mg/L
P-04	Compuerta 2	0.001721 mg/L	0.001785 mg/L	0.001825 mg/L	0.001777 mg/L
P-05	Tierra de cultivo	0.001513 mg/L	0.001554 mg/L	0.001625 mg/L	0.001564 mg/L

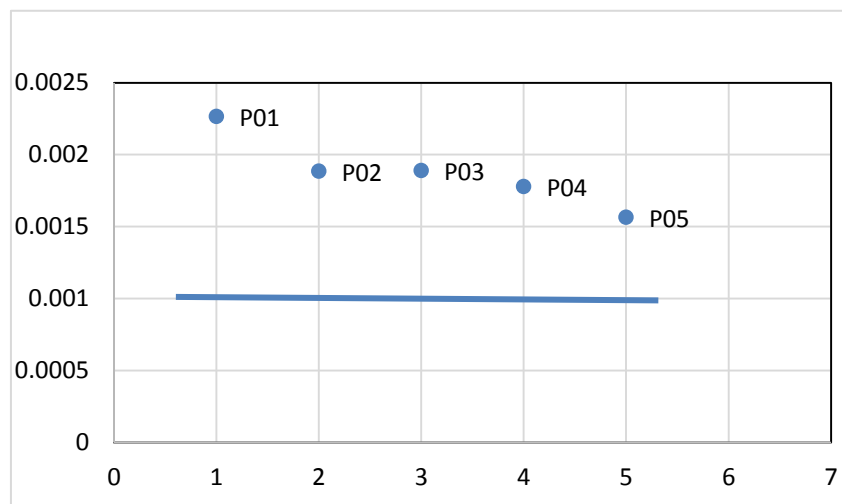
Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N° 02: Promedio por punto de Muestreo de la concentración de Mercurio



- En la gráfica se muestra los promedios obtenidos de la concentración de mercurio en cada zona de muestreo durante los meses de Marzo, Abril y Mayo del 2016,

Grafica N° 03: Promedio de cada punto de monitoreo de las concentraciones de Mercurio Vs los valores establecidos en el ECA agua, para el parámetro Mercurio



Fuente: Elaboración propia

- Los promedios de los cinco puntos de muestreo de las concentraciones de Mercurio de acuerdo a la gráfica presentada son altas para los parámetros establecidos en los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, sobre todo en el P01 (0.0022647 mg/L) que está por encima del valor promedio; vemos que se ha venido dando un exceso en los tres meses de seguimiento y monitoreo.

Tabla N° 09: Análisis de Varianza del Mercurio.

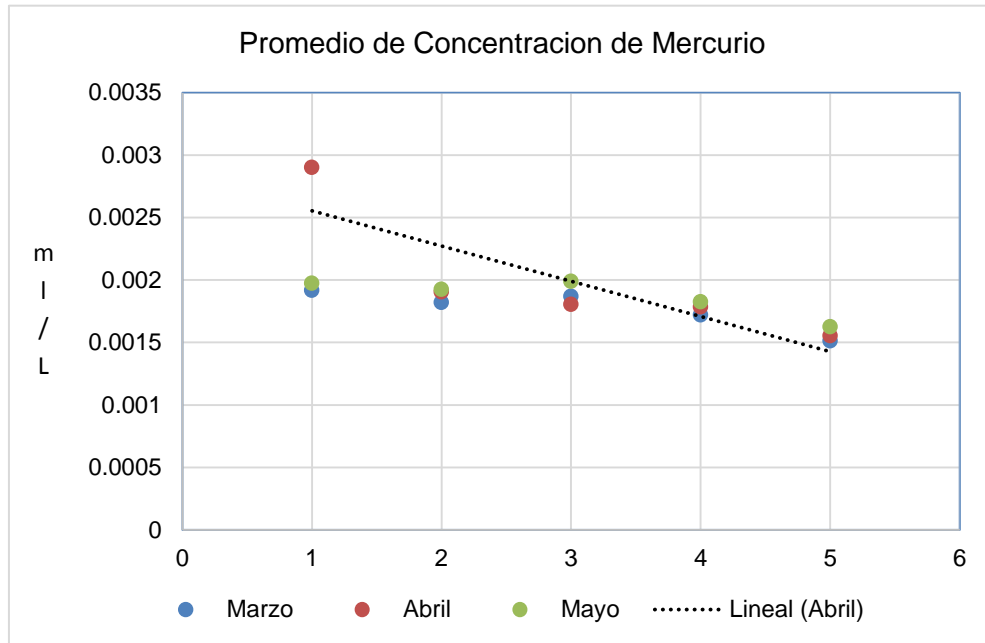
RESUMEN				
Grupos	Cuenta	Suma	Media	Varianza
P1	3	0.006794	0.002265	3,05486E-07
P2	3	0.00565	0.001883	3,12933E-09
P3	3	0.005663	0.001888	8,66233E-09
P4	3	0.005331	0.001777	2,752E-09
P5	3	0.004692	0.001564	3,211E-09

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	7,75183E-07	4	1,93796E-07	2,997698827	0,072456213	3,478049691
Dentro de los grupos	6,46482E-07	10	6,46482E-08			
Total	1,42167E-06	14				

Fuente: Elaboración Propia

- Como el F calculado es < que el F de tabla por lo tanto Aceptamos el H0 quiere decir que existe relación de los relaves mineros con la determinación de la concentración de mercurio en las aguas de riego en la comunidad de Shiracmaca-Huamachuco, durante los meses de abril, mayo y junio del año 2016.

Gráfico N° 04: Puntos de dispersión del promedio de Mercurio



Fuente: Tabla N° 09: Análisis de Varianza del Mercurio.
Elaboración propia.

- Se muestra que los promedios obtenidos en los tres meses van teniendo un ligero aumento en la concentración de Mercurio, debido a la actividad de la minería artesanal que genera los relaves mineros amenazando con la salud humana y animal de la Comunidad de Shiracmaca.

Veamos la correlación de los promedios de los tres meses estudiados

Tabla N° 10: Correlación de la Concentración de Mercurio entre Mes de Marzo y Abril.

Correlaciones			Marzo	Abril
	Correlación de Pearson		1	,696
Marzo	Sig. (bilateral)			,192
	N		5	5
	Correlación de Pearson		,696	1
Abril	Sig. (bilateral)		,192	
	N		5	5

Fuente: Elaboración Propia

Vemos que el valor de $p = 0.192$ esto es > 0.05 por lo tanto no existe correlación alguna.

Tabla N° 11: Correlación de la Concentración de Mercurio entre Mes de Abril y Mayo

Correlaciones			Abril	Mayo
	Correlación de Pearson		1	,586
Abril	Sig. (bilateral)			,299
	N		5	5
	Correlación de Pearson		,586	1
Mayo	Sig. (bilateral)		,299	
	N		5	5

Fuente: Elaboración Propio

Vemos que el valor de $p = 0.299$ esto es > 0.05 por lo tanto no existe correlación alguna.

Tabla N° 12: Correlación de la Concentración de Mercurio entre Mes de Marzo y Mayo

Correlaciones		
	Mayo	Marzo
Correlación de Pearson	1	,989**
Mayo Sig. (bilateral)		,001
N	5	5
Correlación de Pearson	,989**	1
Marzo Sig. (bilateral)	,001	
N	5	5

Fuente: Elaboración Propia

Vemos que el valor de $p = 0.001$ esto es < 0.05 por lo tanto, la correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

CAPÍTULO IV CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES:

Al término del análisis y la interpretación de los resultados se llegó a las siguientes conclusiones.

1. Los relaves mineros representan un impacto significativo por la concentración de mercurio en las aguas de riego de la Comunidad de Shiracmaca - Huamachuco, durante los meses de Marzo, Abril y Mayo, tiempo en que se llevó a cabo la investigación.
2. Se logró determinar según la tabla N° 08 el promedio de la concentración de mercurio (Hg) va aumentando en cada punto de muestreo, el más bajo es 0.001564 mg/L y el más alto es 0.0022647 mg/L estos promedios superan los valores del parámetro de Mercurio de 0.001 mg/L de la Categoría 3, bajo la Sub Categoría D1 y D2. establecido en Los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, por medio de su modificación a través del Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM.
3. La variación de la concentración de mercurio de un punto de muestreo a otro radica en dos factores, primero en la cantidad de lugares de remoción de suelos (socavones) cercanos a los efluentes de agua, y segundo en las estaciones del lugar, ya que en momentos de lluvia el agua arrastra los relaves acumulados. Es por esto que el primer punto de muestreo en el Mes de Abril presenta el mayor promedio de concentración de Hg, por el recorrido del agua por los canales de riego.
4. No se cumple con los parámetros de Mercurio establecidos en los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, **Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM**, por medio de su modificación a través del **Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM**. Por lo tanto la calidad del agua de riego partir de los parámetros analizados representan un riesgo para la población y cultivos.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar un Evaluación de la contaminación por mercurio a los pobladores de la Comunidad de Shiracmaca, para determinar cómo repercute este elemento en su estado de salud.
2. Se recomienda la creación de un centro de evaluación, diagnóstico y manejo del impacto del Mercurio sobre el ambiente y sobre la población y que a su vez dicte las pautas a seguir en caso de contaminación o intoxicación mercurial, mediante un programa de evaluación periódica y sistemática de los ambientes y puestos de trabajo.
3. Que las Instituciones Públicas (MIMEN, MIMAN ANA, MINSA, ETC) Informen al trabajador de forma verbal y por escrito sobre los riesgos a los que está expuesto y las medidas de Higiene y Seguridad que deberá cumplir según los Lineamientos de la Ley N° 29783, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo y la Ley que lo modifica Ley N° 30222, su Decreto Supremo 006-2014-TR que Modifica el Reglamento de SST, y el Decreto Supremo 010-2014-TR Norma complementaria de aplicación de disposición de Ley N° 30222.
4. Que se fomente e impulse la investigación en pro de conseguir medios alternativos de explotación del oro.

FUENTES DE INFORMACIÓN

1. **Dirección Ejecutiva De Salud Ambiental – DIGESA (2006)**. Impacto de los Factores Ambientales y Laborales en la Salud de Niños y Adolescentes que trabajan en la Minería Aurífera Artesanal en el Cerro el Toro, Distrito de Huamachuco, Provincia Sánchez Carrión, Departamento de la Libertad”.
2. **Echache, J. (2009)**. Minería y Territorio en el Perú. Conflictos, resistencias y propuestas en tiempos de globalización. 1° ed. Ed. Fondo editorial de la facultad de ciencias sociales unidad de posgrado. UNMSM. Perú-Lima. Pp.: 14-17
3. **Werlz, B. (1999)**. Universal QTA Burner Mount. For Atomic Absorption Spectrometers: Recommended conditions for mercury. Directions Perkin Elmer LLC. Federal Republic of Germany. Pag.: 5-6.
4. **Vicente, C.; Natividad, O. (1998)**. Valoración económica del agua de riego. 1° ed. Ed. Fondo editorial S.A. Mundiprensa Libros Pp.: 193
5. **Córdoba, D. (2000)**. Toxicología. 4° ed. Ed. Manual Moderno. Bogota. Pp.: 239-242
6. **Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería – OSINERGMIN (2007)**. Panorama de la Minería en el Perú. Sitio Web: http://www.osinerg.gob.pe/newweb/uploads/Estudios_Economicos/PANORAMA_MINERIA_PERU.pdf
7. **Lagos, G.; Peters. D. (2015)**. El Sector Minero en Sudamérica. Sitio Web: <http://www.plataformademocratica.org/Archivos/El%20sector%20minero%20en%20Sudam%C3%A9rica.pdf>

8. **Kuramoto, J. (2015).** Plan Nacional para la Formalización de la Minería Artesanal. Sitio Web:
http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/Mineria/LEGISLACION/2011/plan_nacional_para_la_formalizacion_de_la_mineria_artesanal%20%20%20.pdf

9. **Medina, G. (2001).** Mitigación del Mercurio en la Minería Artesanal y Pequeña minería Aurífera del Perú. Sitio Web:
<http://www.gama-peru.org/jornada-hg/medina.pdf>

10. **Tovar, J. (2015).** El Agua Subterránea en el medio Ambiente Minero y su Importancia en los Planes de cierre. Sitio Web:
http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/dgaam/publicaciones/curso_cierre_minas/02_T%C3%A9cnico/02_Hidrolog%C3%ADa/TecHidro-L2_Aguas%20Subterr%C3%A1neas.pdf

11. **Organización Mundial de la Salud – OMS (2015).** Mercurio y la Salud, Sitio Web:
<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs361/es/index.html>

12. **Goyzueta, G. (2009).** Riesgos de Salud Pública en el Centro Poblado Minero Artesanal La Rinconada en Puno, Perú. Rev. Perú Med Exp Salud Pública.; 41-44. Sitio Web:
http://sisbib.unmsm.edu.pe/BVrevistas/Medicina_Experimental/v26_n1/pdf/a08v26n1.pdf

13. **Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente - PNUMA (2005).** Evaluación Mundial Sobre el Mercurio. Sitio Web:
<http://www.unep.org/chemicalsandwaste/Portals/9/Mercury/Documents/Publications/final-assessment-report-Nov05-Spanish.pdf>

14. **Instituto de Ingenieros de Minas del Perú - IIMP (2007)**, Repercusiones para el Sector Minero y el País. Sitio Web:
http://www.iimp.org.pe/website2/publicaciones/EstudioIIMP3_Mineriallegal.pdf
15. **Álvarez, J.; Sotero, V.; Brack, A. y Ipenza, C. (2011)**. Minería aurífera en Madre de Dios y contaminación con mercurio. Sitio Web:
<http://cdam.minam.gob.pe/novedades/mineriamadrededios.pdf>
16. **VHS ingenieros Minería y Construcción SAC (2010)**. Estudio de la minería informal en el cerro el Toro de Huamachuco Sitio Web:
https://issuu.com/ann_yelita/docs/estudio_de_la_mineria_informal_en_el_cerro_el_toro
17. **Álvarez, J.; Amancio, F. (2012-2013)**. Bioacumulación de metales pesados en Peces y Análisis de Agua del Río Santa y de la Laguna Chinancocha-Llanganuco. Sitio Web:
http://biorem.univie.ac.at/fileadmin/user_upload/p_biorem/education/research/publications/Theses/Tesis_Alvarez_y_Amancio_2014.pdf
18. **Rojas, R.; Paez, M. (2012-2013)**. Determinación de la concentración de hierro en agua de riego impactado por la minería artesanal en el Cerro el Toro, Shiracmaca – Huamachuco, La Libertad. Sitio Web:
<http://dspace.unitru.edu.pe/xmlui/bitstream/handle/UNITRU/1558/Rojas%20Reyes%2c%20Richard%20Pedro.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
19. **Villalobos, R. (2012)**. Exposición al Mercurio en Compradores de Oro en el Municipio Autónomo en el Callao en el Estado Bolívar. Sitio Web:
http://www.cidar.uneg.edu.ve/DB/bcuneg/EDOCS/TESIS/TESIS_POSTGRADO/ESPECIALIZACIONES/SALUD_OCUPACIONAL/TGERV55Y452012VillalobosYhinny.pdf

20. **Carrera, W. (2011).** Influencia del vertido del efluente líquido de la Compañía Minera Aurex S.A. en el Ecosistema acuático del Rio San Juan. Sitio Web:
<https://es.scribd.com/document/235290674/tesis-de-aguas>
21. **Leticia, M.; Carro, D. (2011).** Determinación de los niveles de mercurio en el aire de consultorios y clínicas odontológicas en Cartagena Colombia. Sitio Web:
<http://www.bdigital.unal.edu.co/4296/1/598935.2011.pdf>
22. **López, S. (2005)** Bioacumulación y Biomagnificación de mercurio en diferentes poblaciones de peces de la Amazonia Boliviana. Sitio Web:
<http://www.riiaamazonia.org/PUBS/T24.pdf>
23. **Monteagudo, F. (2000-2001).** Evaluación de la contaminación por mercurio en población de mineros artesanales de oro de la comunidad de Santa Filomena-Ayacucho-Perú. Sitio Web:
http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/tesis/salud/monteagudo_m_f/t_completo.pdf

ANEXOS

ANEXO 01 MATRIZ DE CONSISTENCIA

MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO: “Relaves mineros y su impacto en la Concentración de Mercurio en agua de riego, en la comunidad Shiracmaca, Huamachuco - 2016”

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	INDICES	MÉTODOS	TÉCNICAS	INSTRUMENTOS
Problema Principal	Objetivo General	Hipótesis General						
¿En qué medida los Relaves Mineros influye en la concentración de Mercurio en las aguas de riego de la comunidad Shiracmaca-Huamachuco durante el año 2016?	Determinar en qué medida los Relaves Mineros influyen con la concentración de Mercurio en las aguas de riego de la comunidad Shiracmaca en Huamachuco, durante el año 2016.	Los Relaves Mineros influyen de manera significativa en la concentración de Mercurio en aguas de riego de la comunidad Shiracmaca en Huamachuco, durante los meses de marzo, abril y mayo del año 2016.	Variables Independientes: Relaves mineros	Volumen de vertimientos	Tn/Mes relaves	Tipo de Investigación: Concluyente Nivel de investigación: Correlacional Diseño de la investigación: Método deductivo indirecto con un diseño transversal. Universo : Constituido por aguas de riego del caserío Shiracmaca, en Huamachuco – La Libertad. Muestra : Repetición de las unidades muestrales recolectadas	Observación de campo.- consiste en el contacto directo del investigador con la realidad para la obtención y análisis de datos. Observación en campo	Guías de observación de campo Información documental Formatos de registro de datos encuestas Equipos e Instrumentos del Laboratorio
	Objetivo Especifico							
	Determinar la concentración de Mercurio en agua de riego impactadas por los relaves mineros de la minería artesanal el Cerro el Toro en la Comunidad de Shiracmaca mediante espectroscopia UV – VIS. Hallar la calidad de agua de riego desde el punto de vista de los Estándares Nacionales de calidad Ambiental para agua – Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM.							

ANEXO 02 FORMATO DE ENCUESTA

Cuestionario sobre relaves mineros

Realidad Problemática de los relaves mineros en la Comunidad de Shiracmaca

Nombre del encuestado: Fecha:

Población: 45214 Muestra: 30 N.C: 95%

Anticipamos nuestro agradecimiento por vuestra colaboración.

Pregunta 01.- ¿Es Ud. un minero informal? a) si b) no

Pregunta 02.- ¿Cuál es la técnica utilizado para la producción de Oro en el Cerro el Toro?

a) Amalgamación b) Proceso con cianuro c) Bateo d) Otros.....

Pregunta 03.- ¿Sabe usted que insumos son utilizados para la producción de oro en la minería informal del Cerro el Toro?

a) Mercurio b) Cianuro c) Selenio d) Otros.....

Pregunta 04.- ¿Ud. sabe cuál es el promedio en kilogramos del insumo usado para la producción Oro por TN de mineral?

a) si : b) no :

Pregunta 05.- ¿Usted sabe cuál es la producción de oro al mes de acuerdo a la técnica usada?

a) si : b) no :

Pregunta 06.- ¿Cuántos toneladas de mineral al Mes utilizan para la producción de oro?

a)..... b)..... c)..... d).....

Pregunta 07.- ¿Cuál promedio del volumen de agua que se usa para la producción 1 kilo oro en el Cerro el Toro?

a) si : b) no :

Pregunta 08.- ¿Ud. sabe que promedio de relaves mineros TN/mes son arrojados al Rio Shiracmaca? a) si : b) no :

Pregunta 09.- ¿Le da tratamiento a los relaves mineros generados? ¿Cuál es?

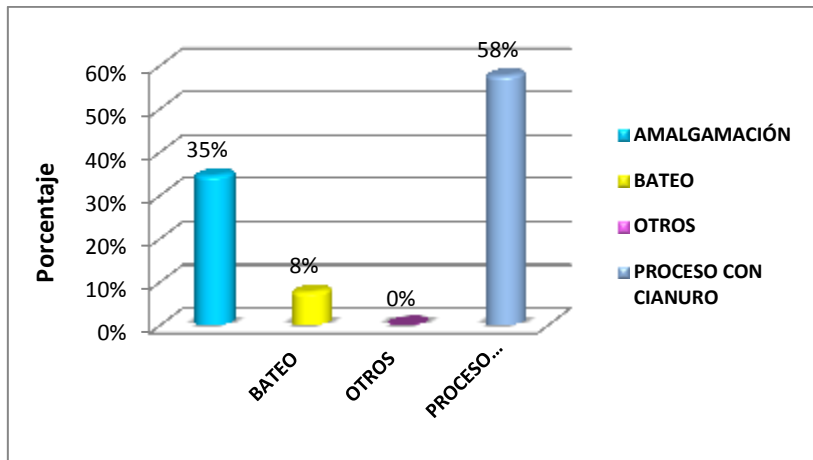
a) si : b) no :

Pregunta 10.- ¿Usted ha visto afectado a sus cultivos por el uso del agua de riego? ¿Por qué?

a) si : b) no :

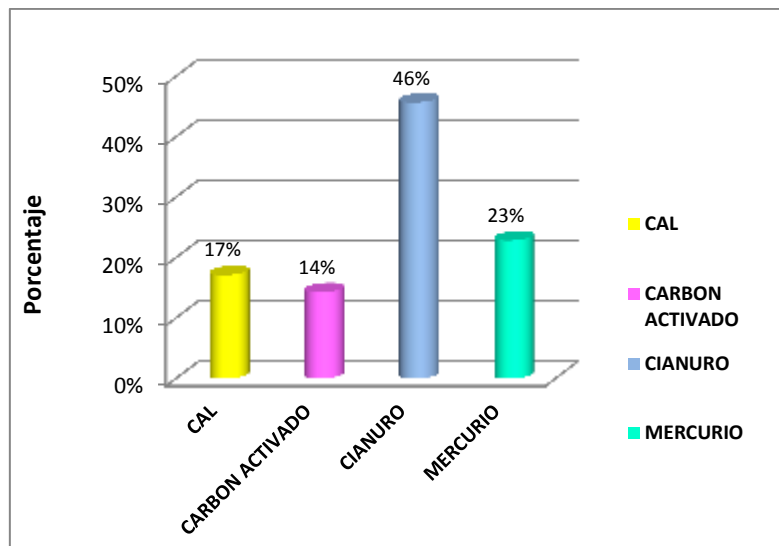
RESULTADOS DE LA ENCUESTA

Grafico N° 02: Técnicas usadas para la producción de oro en el Cerro el Toro.



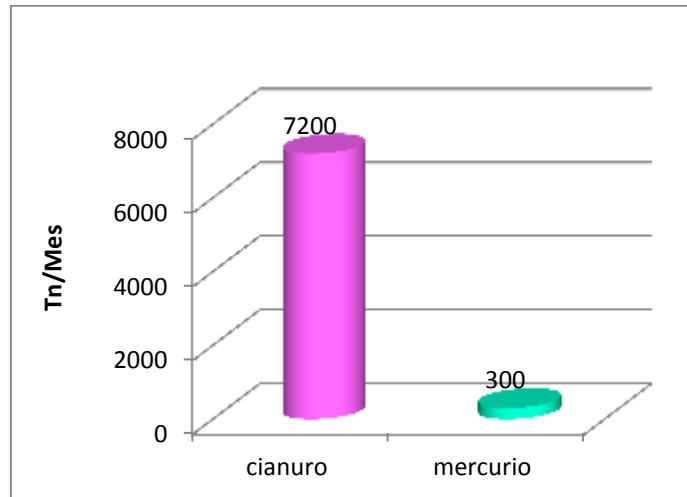
- ✓ Se muestra la técnica que usan para la producción en el Cerro el Toro; como el 58% usa la técnica de proceso con cianuro, el 35% de amalgamación, 8% de bateo y 0% de otra técnica.

Grafico N° 03: Insumos utilizados para la producción de oro en la Minería Informal del Cerro el Toro.



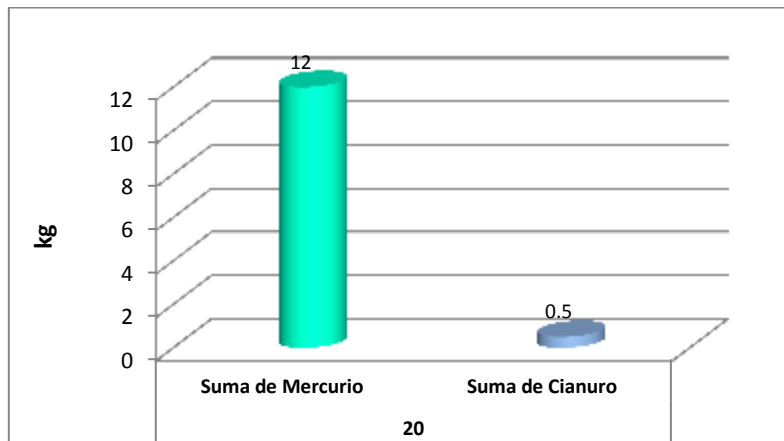
- ✓ Se muestra los insumos que utilizan para la producción de Oro en el Cerro el Toro de la Comunidad de Shiracmaca; como un 46% de cianuro de sodio, un 23% de mercurio, 17% de cal y 14% de carbón activado.

Grafico N° 04: Toneladas de mineral al Mes utilizan para la producción de oro



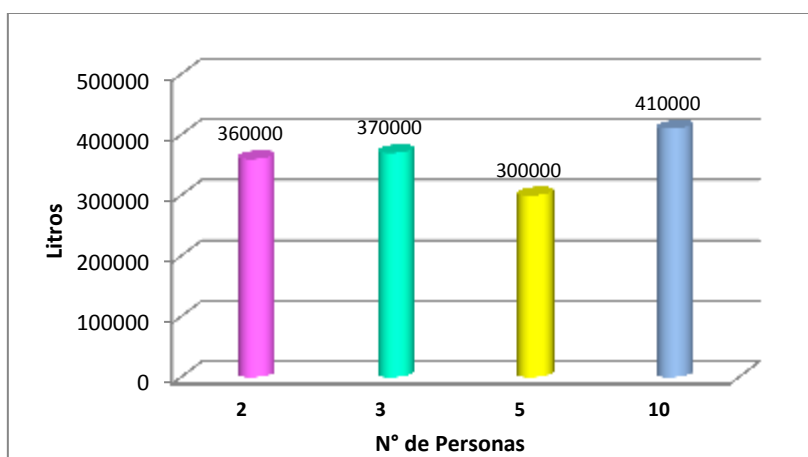
- ✓ Se muestra La cantidad de mineral que se usa al Mes para la producción de Oro tanto en la técnica de cianuración como la de Amalgamación siendo un promedio de 300 Tn para la técnica de amalgamación y de cianuración 7200 Tn.

Grafico N° 05: Promedio en Kilogramos del insumo más usado para la producción de oro por TN de Mineral en el Cerro el Toro.



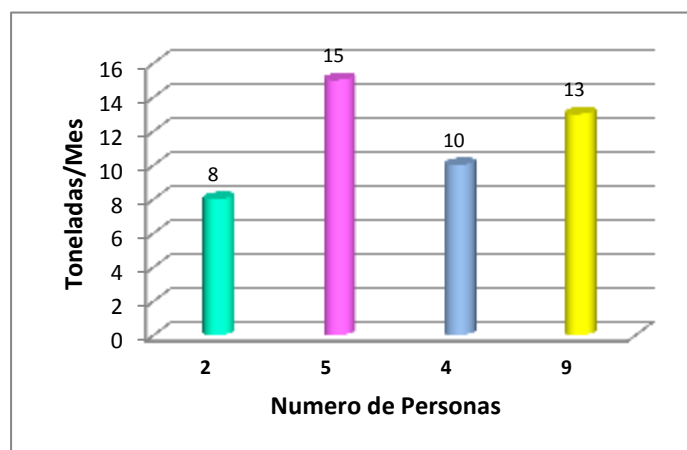
- ✓ Se muestra que el promedio de Mercurio es de 12 Kg por TN de Mineral y de Cianuro es de 0.5 Kg por TN de Mineral para la producción de Oro de la Minería Informal del Cerro el Toro.

Grafico N° 07: Promedio de Volumen de Agua para la producción de un Kilo de Oro en el Cerro el Toro.



- ✓ Se muestra que 2 personas mencionan que se usa 360 000 litros de agua, 3 mencionan que 370 000 litros de agua, 5 personas mencionan 300 000 litros de agua, 10 personan menciona que se usa 410 000 litros de agua, haciendo un promedio de 360 mil litros de Agua por un Kilo de Oro.

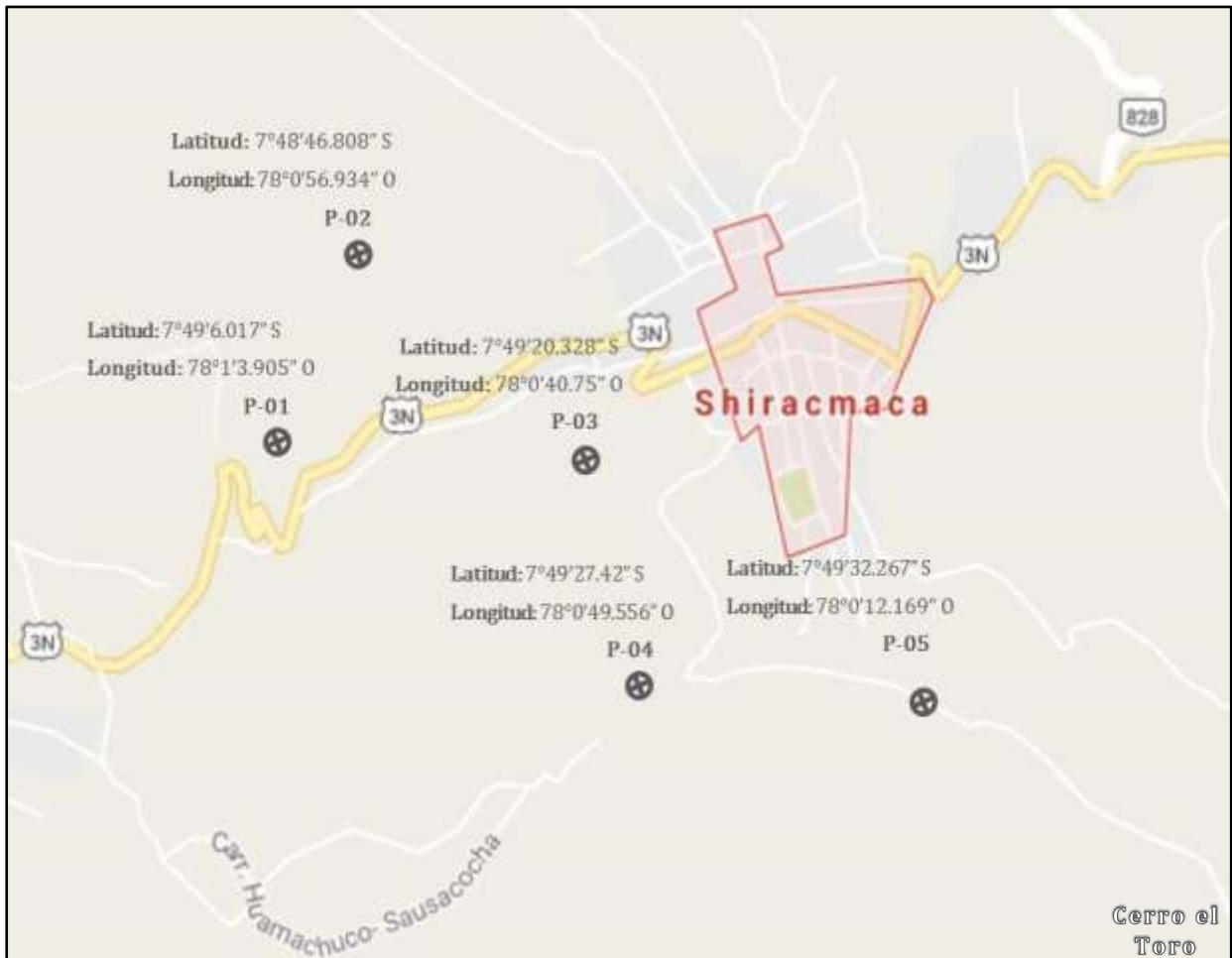
Grafico N° 08: Promedio de Relaves Mineros en TN/Mes arrojados al Rio Shiracmaca.



- ✓ Se muestra que 2 personas mencionan que se arroja 8 Tn de Relaves por Mes, 5 personas mencionan que se arroja 15 Tn de Relaves por Mes, 4 personas mencionan que se arroja 10 Tn de Relaves por Mes, 9 personas mencionan que se arroja 13 Tn de Relaves por Mes; haciendo un promedio de 12 Tn de Relaves por Mes que son arrojados a Rio de Shiracmaca o cualquier superficie de la Comunidad.

ANEXO N° 03: PLANO DE ZONAS DE MUESTREO

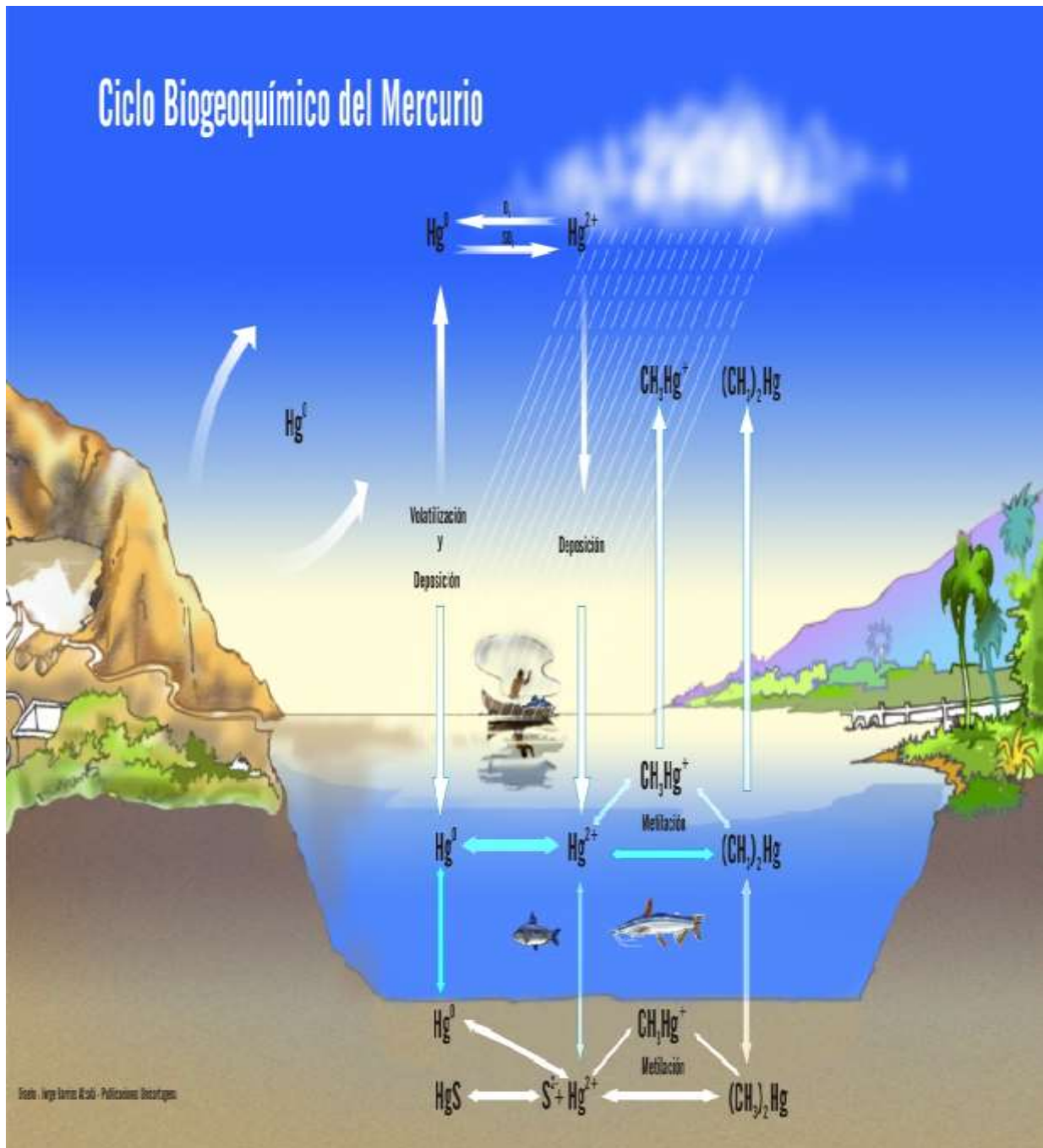
Mapa de la ciudad de Shiracmaca y alrededores – Vista Satelital



Fuente: Elaboración Propia de Google Maps

ANEXO N° 04: CICLO DEL MERCURIO

Ciclo del Mercurio



Fuente: Miliarium

ANEXO N° 05: FOTOS

Foto N° 01: Toma de muestras del punto de muestreo (P-01) ubicado en la comunidad de Shiracmaca.



Foto N° 02: Toma de muestras del punto de muestreo (P-02), ubicado en la comunidad de Shiracmaca.



Foto N° 03: Toma de muestras del punto de muestreo (P-03), ubicado en la comunidad de Shiracmaca.



Foto N° 04: Recolección de Muestras sin procesar de los puntos de Muestreo de la comunidad de Shiracmaca.



Foto N° 05: Preparación de las muestras tomadas en la comunidad de Shiracmaca



Adicionando 10 ml de muestra



Pesando 1.5 de HCl



Homogeneizando muestra



Preparación de muestras

Foto N° 06: Lectura de los estándares y muestras en Espectrofotómetro de Absorción



**ANEXO 06: CONSTANCIA DE EVALUACIÓN DE
MERCURIO**



CONSTANCIA

Por medio de la presente dejo constancia que los equipos de laboratorio descritos en el presente documento, fueron prestados a la Srta. **Erika Valeria Muñoz Cristobal**, los cuales utilizó para análisis de concentración de Mercurio en aguas de riego, con el apoyo y supervisión del Prof. **M.Sc. Q. F. José Luis Polo Bardales**, el cual es integrante del equipo investigador PIC-05 de nuestra universidad. Además, dejo constancia que los kits utilizados para los mencionados análisis fueron adquiridos por la Srta. Muñoz.

Equipos prestados:

FOTÓMETRO COMPACTO PF-12

TERMOHIGRÓMETRO Marca: Ventix, Modelo: 5753

EQUIPO GPS Marca: GARMIN, Modelo: eTrex 30

PHMETRO Marca: CHECKER by HANNA

Los análisis fueron realizados en el laboratorio de la Facultad de Farmacia y Bioquímica con muestras brindadas por parte de la Srta. Muñoz y se realizaron con el método espectrofotométrico y cuyos resultados son fidedignos.

Se expide la presente a solicitud de la parte interesada, para los fines que considere conveniente.

Dr. **FREDDY PELÁEZ PELÁEZ**
Responsable del PIC N°05

PIC 05 UNT
Dr. Freddy Peláez Peláez
3353

GLOSARIO DE TERMINOS

1. **Acumulación:** Sucesivas retenciones de una sustancia por un organismo u órgano blanco, que conducen a un aumento en la cantidad o la concentración de la sustancia en los mismos.
2. **Aleación:** Una sustancia compuesta por la mezcla de dos o más metales al fundirlos.
3. **Amalgama:** Aleación de mercurio con otro metal.
4. **Ambiente:** Es el hábitat físico y biótico que nos rodea; lo que podemos ver, oír, tocar, oler y saborear.
5. **Concentración:** Cantidad de soluto presente en una determinada cantidad de disolución.
6. **Contaminación del agua:** Incorporación al agua de materias extrañas, como microorganismos, productos químicos, residuos industriales y de otros tipos, o aguas residuales. Estas materias deterioran la calidad del agua y la hacen inútil para los usos pretendidos.
7. **Efluente:** Desechos líquidos o gaseosos, tratados o no, generados por diversas actividades humanas que fluyen hacia sistemas colectores o directamente a los cuerpos receptores. Comúnmente se habla de efluentes refiriéndose a los desechos líquidos.
8. **Mercurio (Hg):** Es un metal líquido de color plateado, comúnmente llamado azogue.
9. **Metilmercurio:** Compuesto orgánico formado a partir de mercurio metálico o del mercurio (II) por la acción de microorganismos.
10. **Mineral:** Un mineral o roca puede contener un metal, el cual puede ser recuperado en su estado natural.
11. **Minero Informal:** Es la actividad realizada por pequeños productores mineros auto empleados, que trabajan de manera individual, en forma familiar, o agrupados en diversos tipos de organización productiva, incluyendo formas asociativas, cooperativas, pequeñas y micro empresas, y en algunos casos, comunidades indígenas y afro descendientes que realizan este tipo de minería como una actividad tradicional.
12. **MIMEN:** El Ministerio de Energía y Minas, es el organismo central y rector del Sector Energía y Minas, y forma parte integrante del Poder Ejecutivo.
13. **Muestra:** Es una o más porciones de un volumen o masa representativa definida, colectadas en cuerpos receptores de efluentes industriales,

efluentes domésticos, redes de abastecimiento público, estaciones de tratamiento de aguas, etc., con el fin de determinar sus características físicas, químicas y/o biológicas.

14. **Población en Riesgo:** Grupo de personas que pueden desarrollar un efecto adverso y que están potencialmente expuestas a un factor de riesgo determinado.
15. **PNUMA:** Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.
16. **Relave:** Es un conjunto de desechos tóxicos de procesos mineros y concentración de minerales, usualmente constituido por una mezcla de tierra, minerales, agua y rocas.
17. **Salud:** es el estado completo de bienestar físico y social que tiene una persona.
18. **Tóxico:** Cualquier molécula que puede causar un efecto adverso sobre la salud en general y el comportamiento o reproducción de cualquier organismo a dosis y condiciones específicas, alterando el funcionamiento de los órganos y tejidos.
19. **Toxicidad:** Capacidad para generar un efecto adverso en un organismo, en relación con la cantidad o dosis de sustancia administrada o absorbida, la vía de administración y su distribución en el tiempo (dosis única o repetidas), tipo y severidad del daño, tiempo necesario para producir éste, la naturaleza del organismo afectado y condiciones ambientales..