



**UNIVERSIDAD NACIONAL
“SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO”**

ESCUELA DE POSTGRADO

**EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL DE LAS AGUAS
SUPERFICIALES DE LA QUEBRADA SIPCHOC, POR
EFECTO DEL DRENAJE DE LA ACTIVIDAD MINERA
HUANCAPETÍ S.A.C. -2014**

**Tesis para optar el grado de maestro
En Ciencias e Ingeniería
Mención en Gestión Ambiental**

JAINER ELOY SOLÓRZANO POMA

Asesor: Dr. MAXIMILIANO LOARTE RUBINA

Huaraz - Ancash - Perú

2015

Registro N° T0437

MIEMBROS DE JURADO

Doctor José del Carmen Ramírez Maldonado

Presidente

Magíster Carlos Borromeo Poma Villafuerte

Secretario

Doctor Maximiliano Loarte Rubina

Vocal

ASESOR:

Doctor MAXIMILIANO LOARTE RUBINA

AGRADECIMIENTO

A Dios por haber permitido el logro de mis objetivos, y a mi familia por su incondicional apoyo.

A la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, particularmente a la Escuela de Post Grado, por apoyarme en mi perfeccionamiento de formación como Maestro en Ciencias e Ingeniería con mención en Gestión Ambiental.

Agradecimiento especial al asesor Dr. Maximiliano Loarte Rubina, por su compartir académico y que nunca dudó en brindar sus conocimientos y experiencias.

DEDICATORIA

A mi queridísima madre Linda por ser el sustento fundamental en mi formación y su incondicional apoyo en todo momento.

A mi querido padre Pablo, quien partió hace poco, dejando una profunda tristeza en la familia, de quien estoy muy agradecido por haber cumplido su labor de padre en mí.

A mi esposa Marisol con quien comparto mis días llenos de comprensión y felicidad.

A mi precioso hijito Joe Jainer, y a mi precioso hijito que está por venir, quienes son la razón de felicidad y alegría en nuestras vidas.

A mis queridos hermanos Lloyd, Zoraida con quienes cuento en todo momento y en especial a mi queridísimo hermano menor Michel Paolo que partió dejando una profunda herida en nuestros corazones, pero nos dejó a su vivo retrato Pablito. Pablo y Michel, Siempre les recordaré, y llevaré en mi corazón!

INDICE.

Resumen	xii
Abstract	xiii
I. INTRODUCCIÓN	14
Objetivos.....	19
Hipótesis.....	19
Variables.....	20
II. MARCO TEÓRICO	21
2.1 Antecedentes.....	21
2.2 Bases teóricas.....	40
2.2.1 Contaminación de aguas superficiales	40
2.2.2 Variaciones del pH por drenaje acido.....	42
2.2.3 Drenaje acido de la Minería	42
2.2.4 Índices que indican la calidad del agua	46
2.2.5 Elementos contaminantes de las aguas	48
2.2.6 Marco normativo de la calidad del agua.....	49
2.2.7 Contaminación por metales pesados y sus efectos	54
2.2.8 Medición de caudal en Riachuelo	66
2.3 Definición de términos.....	67
III. METODOLOGIA	71
3.1 Tipo y diseño de investigación.....	71
3.2 Plan de recolección de la información y/o diseño estadístico.....	71
Población.....	
Muestra.....	71
3.3 Instrumento(s) de recolección de la información.....	72
3.4 Plan de procesamiento y análisis estadístico de	
la información.....	73
Descripción del ambiente en estudio	77
IV. RESULTADOS	92
4.1 Grado de impacto ambiental del riachuelo Sipchoc.....	92
4.2 Determinación de los elementos contaminantes.....	92
Resultados.....	93

4.3 Propuesta de mitigación de impactos ambientales	123
V. DISCUSIÓN.....	129
VI. CONCLUSIONES.....	149
VII. RECOMENDACIONES.....	151
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	152
ANEXO	163

LISTA DE TABLAS

Tabla N° 01	51
Niveles Máximos Permisibles de emisión para las unidades minero-metalúrgicas.	
Tabla N° 02	51
Valores Máximos de emisión para las unidades minero en operación o que reinician operaciones.	
Tabla N° 03	51
LMP de parámetros, según D.S. N° 010-2010-MINAM.	
Tabla N° 04	53
LMP de parámetros, según D.S. N° 002-2008-MINAM.	
Tabla N° 05	65
Efectos a la salud humana	
Tabla N° 06	72
Ubicación de las estaciones de muestreo de agua	
Tabla N° 07	84
Diversidad de Flora (época húmeda)	
Tabla N° 08	84
Diversidad de Flora (época seca)	
Tabla N° 09	85
Especies de Fauna Silvestre	
Tabla N° 10	85
Especies de Fauna Doméstica	
Tabla N° 11	85
Identificación Taxonómica de Aves	
Tabla N° 12	86
Matriz de abundancia de Aves (época húmeda)	
Tabla N° 13	86
Matriz de abundancia de Aves (época seca)	
Tabla N° 14	86
Matriz de especies de peces	

Tabla N° 15	90
Ubicación de las estaciones de muestreo de agua	
Tabla N° 16	92
Ubicación de la estación de medición de caudal	
Tabla N° 17	93
Criterio de grado de impacto ambiental	

LISTA DE CUADROS

CUADRO N° 01	94
Datos del contenido de Cianuro obtenidos del resultado del análisis químico de las aguas superficiales de la quebrada Sipchoc, por efecto del drenaje de la actividad minera en Huancapetí	
CUADRO N° 02	98
Datos de Conductividad Eléctrica obtenidos relacionados a la evaluación del impacto ambiental de las aguas superficiales de la quebrada Sipchoc, por efecto del drenaje de la actividad minera Huancapetí.	
CUADRO N° 03	100
Datos de pH obtenidos relacionados a la evaluación del impacto ambiental de las aguas superficiales de la quebrada Sipchoc, por efecto del drenaje de la actividad minera Huancapetí.	
CUADRO N° 04	103
Datos de Nitratos obtenidos de la evaluación del impacto ambiental de las aguas superficiales de la quebrada Sipchoc, por efecto del drenaje de la actividad minera Huancapetí.	
CUADRO N° 05	105
Datos de Demanda Bioquímica de Oxígeno obtenidos relacionados a la evaluación del impacto ambiental de las aguas superficiales de la quebrada Sipchoc, por efecto del drenaje de la actividad minera Huancapetí.	

CUADRO N° 06	107
Datos de Arsénico Total obtenidos de la evaluación del impacto ambiental de las aguas superficiales de la quebrada Sipchoc, por efecto del drenaje de la actividad minera Huancapetí.	
CUADRO N° 07	110
Datos de Cadmio Total obtenidos de la evaluación del impacto ambiental de las aguas superficiales de la quebrada Sipchoc, por efecto del drenaje de la actividad minera Huancapetí.	
CUADRO N° 08	113
Datos de Mercurio Total obtenidos de la evaluación del impacto ambiental de las aguas superficiales de la quebrada Sipchoc, por efecto del drenaje de la actividad minera Huancapetí.	
CUADRO N° 09	116
Datos de Plomo Total obtenidos de la evaluación del impacto ambiental de las aguas superficiales de la quebrada Sipchoc, por efecto del drenaje de la actividad minera Huancapetí.	
CUADRO N° 10	119
Datos de Zinc Total obtenidos de la evaluación del impacto ambiental de las aguas superficiales de la quebrada Sipchoc, por efecto del drenaje de la actividad minera Huancapetí.	
CUADRO N° 11	121
Datos de Coliformes Totales obtenidos de la evaluación del impacto ambiental de las aguas superficiales de la quebrada Sipchoc, por efecto del drenaje de la actividad minera Huancapetí.	

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO N° 01	93
Cianuro Total	
GRÁFICO N° 02	97
Conductividad Eléctrica	
GRÁFICO N° 03	99
pH	
GRÁFICO N° 04	102
Nitratos	
GRÁFICO N° 05	104
Demanda Bioquímica de Oxígeno	
GRÁFICO N° 06	106
Arsénico Total	
GRÁFICO N° 07	110
Cadmio Total de análisis del agua de la quebrada sipchoc	
GRÁFICO N° 08	113
Mercurio Total	
GRÁFICO N° 09	116
Plomo Total	
GRÁFICO N° 10	119
Zinc Total	
GRÁFICO N° 11	121
Coliformes Totales	

LISTA DE FIGURAS

Figura N° 01	78
Ubicación del área de estudio	
Figura N° 02	90
Ubicación de las estaciones de muestreo de agua	

RESUMEN

El propósito fundamental del presente trabajo de investigación es la evaluación del impacto ambiental de las aguas superficiales de la quebrada de Sipchoc por efecto de los elementos contaminantes que se desprenden a partir de la actividad minera de la Empresa Minera Huancapeti SAC durante el año 2014.

El tipo de investigación es no experimental, descriptiva y de corte transversal. Se plantearon objetivos específicos en base a los cuales se desarrolló la investigación. La población de estudio estuvo comprendida por las aguas del riachuelo de la quebrada Sipchoc, con muestras de agua tomadas en 04 puntos sobre el riachuelo de la zona circundante de la actividad minera en épocas de estiaje y avenida. Se presenta el procedimiento y análisis que permitieron la identificación, análisis y evaluación de impactos ambientales en el cuerpo de agua, contrastando el contenido de los parámetros analizados, con lo señalado en el DS N°002-2008-MINAM.

Finalmente, de los resultados obtenidos, se concluye que el grado de impacto ambiental de las aguas de la quebrada Sipchoc, presenta nivel **Bajo** (conductividad eléctrica, DBO, nitratos, pH, cianuro, plomo y zinc) y nivel **Moderado-alto** (arsénico, cadmio, mercurio y coliformes); se ha determinado el contenido de contaminantes en el recurso agua cuyos parámetros son: arsénico (0.088mg/l, superior 0.05mg/l LMP), cadmio (0.0052mg/l, ligeramente superior a 0.005mg/lLMP), mercurio (en estiaje 0.035mg/l, superior a 0.001mg/l LMP), coliformes (en estiaje 6,450 NMP/100ml, superior a 5000 NMP/100ml LMP). Se presenta como propuesta técnica la aplicación de la tecnología HDS.

Palabras clave: Evaluación del impacto ambiental de las aguas superficiales de la quebrada Sipchoc, Recuay Perú. Calidad del agua, Minería.

ABSTRACT

The main purpose of this research is to evaluate the environmental impact of surface water of the creek of Sipchoc valley, the effect of pollutants arising from mining company Minera Huancapetí SAC during 2014.

The research is not experimental, descriptive and cross-sectional. Based on specific objectives which the research was conducted they were raised.

The study population was comprised by the waters of the stream of broken Sipchoc with water samples taken at 04 points on the stream of the surrounding area of mining activity in times of drought and flood. The procedure and analysis allowed the identification, analysis and evaluation of environmental impacts on the water body, contrasting the content of the parameters analyzed, as indicated in the DS No. 002-2008-MINAM.

Finally , the results obtained , it is concluded that the degree of environmental impact of waters Sipchoc broken , presents low (electrical conductivity , BOD , nitrates , pH, cyanide , lead and zinc) and Moderate - high (arsenic, cadmium , mercury and coliform) ; It has determined the content of pollutants in water resource whose parameters are arsenic (0.088mg / l , exceeding 0.05mg / l LMP), cadmium (0.0052mg / l , slightly higher than 0.005mg / l LMP), mercury (in dry season 0.035mg / l , higher than 0.001mg / l LMP), coliforms (in drought 6,450 MPN/100ml , more than 5000 MPN/100ml LMP). Applying the HDS technology it is presented as technical proposal.

Keywords: Environmental impact assessment of surface waters Sipchoc, Recuay Perú. Water quality, Mining.

I. INTRODUCCIÓN

La pérdida de acceso al agua limpia y de calidad, de acuerdo a científicos de la Universidad de Manchester en el Reino Unido y a la Universidad de Colorado en EEUU, señalan: Entre los aspectos más contenciosos de los proyectos mineros se encuentran los impactos en la calidad y cantidad de agua. Las empresas mineras insisten en que el uso de tecnologías modernas asegura el cumplimiento de prácticas amigables con el ambiente. Sin embargo, la abrumadora evidencia que existe, sobre los impactos negativos de actividades mineras y la falta de cumplimiento de las leyes ambientales contribuyen a crear desconfianza entre las poblaciones locales y las que se encuentran aguas abajo de los centros mineros. Las poblaciones locales se preocupan de que nuevas actividades mineras puedan afectar negativamente sus fuentes de abastecimiento de agua.

Actualmente, en pleno siglo XXI, la disponibilidad del recurso agua, es motivo de preocupación no solo de expertos científicos, ni de especialistas en la materia o gobernantes sino de la humanidad entera, que ha reconocido y comprendido la importancia que este vital recurso tiene para garantizar la vida del planeta. (Calla, 2010).

Hay grandes temas en juego en estos conflictos, lo afectan todo desde la sostenibilidad de las fuentes de sustento de las familias locales hasta la solvencia de los gobiernos nacionales. Estos temores acerca de la calidad y cantidad de agua disponible han desencadenado numerosos y a veces violentos enfrentamientos. Las actividades mineras que no son adecuadamente manejadas y controladas resultan en la degradación de suelos, agua y biodiversidad, los recursos forestales

y otros necesarios para las actividades productivas locales y la subsistencia de la población local.

Cuando la contaminación no es controlada, estos costos se transfieren a otras actividades económicas tales como la agricultura y pesca. Esta situación empeora por el hecho que con frecuencia las actividades mineras tienen lugar en zonas habitadas por poblaciones históricamente marginadas, discriminadas y excluidas.

Los metales pesados tienen una importante fuente en las actividades de origen antropogénico y constituyen un peligro para la biota acuática y el ser humano y un factor de deterioro de la calidad hídrica y ambiental.

La contaminación de los recursos hídricos por parte de la actividad minera, es una problemática que se viene presentando en todos los cursos de agua superficial que se encuentran dentro del ámbito de influencia de minas en operación, cierre o en abandono tanto a escala distrital, provincial o regional que ha traído como consecuencia el deterioro de la calidad de las aguas y la desaparición de especies hidrobiológicas. (Calla, 2010).

En la quebrada Sipchoc, la actividad minera polimetálica se ha venido desarrollado desde muchas décadas atrás aproximadamente desde los años 60, época en la cual no se tenían las actuales exigencias de la normativa ambiental legal y por tal motivo se tiene actualmente catalogados en la zona pasivos ambientales mineros entre bocaminas, relaveras e infraestructuras asentados a orillas del riachuelo de la quebrada de Sipchoc, y que actualmente la actividad minera viene desarrollándose activamente, los cuales son fuentes aportantes de lixiviados a las aguas del riachuelo de la quebrada de Sipchoc, debido a que no están siendo adecuadamente manejados ni por la empresa privada ni por el Estado.

La actividad minera en esta zona se viene desarrollando desde la década del 60 aproximadamente a través de la pequeña minería, mediana minería y minería artesanal con la explotación de yacimientos polimetálicos de zinc, plomo, plata y presencia de oro como subproducto de vetas y mantos que han traído como consecuencia la degradación de la calidad de las aguas del riachuelo de la quebrada de Sipchoc; tal es así que históricamente la empresa The Anglo French Silver Mining Co Ticapampa, realizó la actividad minera-metalúrgica hasta 1,966. Entre los años 1,966 y 1,984, la Titular de las concesiones fue Compañía Minera Alianza SA, la misma que realizó operaciones mineras y metalúrgicas hasta los años 90. En 1996, Compañía Minera Yahuarcocha SA, adquirió las concesiones mediante contrato de Transferencia a su favor suscrito con Compañía Minera Alianza SA. , posteriormente la Compañía Minera Yahuarcocha SA transfiere las concesiones a favor de Compañía Minera Lincuna SAC, teniendo como muestra de ello diversos pasivos ambientales dejados por la antigua minería los cuales actualmente no están siendo manejados ambientalmente ni por la empresa privada ni por el Estado, actualmente viene operando la minería en esta zona mediante el proyecto de la Ampliación de 350 TMD a 3000 TMD de la U.E.A. Huancapeti, motivo que ha impulsado el desarrollo del presente trabajo de investigación respecto al estado de la calidad del agua de este cuerpo receptor.

De acuerdo a la problemática, se ha efectuado la evaluación de la situación actual de la calidad del agua del riachuelo de la quebrada de Sipchoc localizado en las provincias de Aija y Recuay, el cual constituye el ámbito de estudio, del mismo que se ha obtenido para el año 2014 el Arsénico, Mercurio y Cadmio, en ese orden de prioridad, constituyen los elementos metálicos que presentan concentraciones

por encima de lo establecido en los Estándares Nacionales de Calidad del Agua (Límites Máximos Permisibles) respecto a la Categoría 3 referido al Riego de Vegetales y Bebida de Animales, expresados en el Decreto Supremo N° 002-2008 – MINAM del 31 de julio de 2008, razón por la cual el uso de estas aguas no es apto para el riego de cultivos ni para la bebida del ganado, ya que la ingesta diaria y prolongada de estas aguas genera la bioacumulación de estos iones metálicos en los principales órganos de los animales causando graves efectos en su salud; así como la absorción en vegetales y su almacenamiento principalmente en las raíces representa un riesgo directo para la salud de las personas que consumen en su dieta diaria estos cultivos y la carne del ganado; por lo cual la presente tesis ha propuesto que es necesario realizar el tratamiento del efluente minero, ya que este es una fuente aportante de iones metálicos en las aguas del riachuelo de la quebrada Sipchoc.

En tal sentido, debido a que la contaminación de los recursos hídricos por parte de la actividad minera es un problema que se ha presentado desde el inicio de la actividad minera, su solución en estos tiempos requiere del conocimiento preciso de cuánto es el nivel de contaminación que las aguas presentan a fin de adoptar las medidas correctivas es una problemática que se viene presentando en todos los cursos de agua superficial que se encuentran dentro del ámbito de influencia de minas en operación, cierre o en abandono por el Drenaje Ácido de Mina–DAM, tanto a escala distrital, provincial o regional que ha traído como consecuencia el deterioro de la calidad de las aguas, por lo que basado en esta problemática que ha motivado la realización de la evaluación de la calidad del agua en el riachuelo de la quebrada de Sipchoc asociado al drenaje ácido de mina generado por la

Compañía Minera Huancapeti SAC, ya que se ha observado que el vertimiento de este efluente minero, genera un aumento considerable de los iones metálicos en las aguas del riachuelo de la quebrada de Sipchoc, para cuyo objetivo se ha utilizado como guía los siguientes documentos técnicos : a) el Protocolo de Monitoreo de la Calidad Sanitaria de los Recursos Hídricos Superficiales del Ministerio de Salud-DIGESA, (2007) como instrumento para realizar la evaluación y obtener los resultados del año 2014 , b) el Protocolo de Monitoreo de Calidad de Agua del Ministerio de Energía y Minas. (1994), y c) la Guía para la Evaluación de Impactos en la Calidad de las Aguas Superficiales por Actividades Minero Metalúrgicas del Ministerio de Energía y Minas (2007), cuyas concentraciones se muestran en los resultados, las mismas que presentan algunos metales superan lo establecido en los Estándares de Calidad Ambiental para agua respecto a la Categoría 3 referido al Riego de Vegetales y Bebida de Animales.

Se ha planteado el tratamiento del efluente minero de la planta concentradora de minerales de la Compañía Minera Huancapeti, ya que se ha observado que el vertimiento de este efluente minero, genera un aumento considerable de los iones metálicos en las aguas del Riachuelo de la quebrada de Sipchoc, para lo cual se ha seleccionado la tecnología HDS - Lodos de Alta Densidad, por ser la tecnología más usada en el tratamiento de efluentes mineros.

La presente investigación ha tenido como objetivo efectuar la evaluación del impacto ambiental del agua superficial de la quebrada Sipchoc, y asimismo plantear la tecnología a emplear para el tratamiento de las aguas del efluente minero y tener el tema como atención prioritaria para la gestión del recurso hídrico de la quebrada de Sipchoc por parte de las autoridades.

Formulación del Problema de Investigación

Se ha plasmado la siguiente pregunta de investigación en base a los objetivos planteados: ¿Cuál será el grado de contaminación ambiental de las aguas superficiales de la Quebrada Sipchoc, por efecto del drenaje de la actividad minera ocasionado por la Empresa Minera Huancapetí SAC durante el año 2014?.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Evaluar el impacto ambiental de las aguas superficiales de la quebrada Sipchoc, por efecto del drenaje de la actividad minera ocasionado por la Empresa Minera Huancapetí SAC durante el año 2014.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- a) Establecer el grado de impacto ambiental de las aguas superficiales de la quebrada Sipchoc ocasionado por la Empresa minera Huancapetí SAC
- b) Determinar los principales elementos contaminantes de estas aguas materia del estudio.
- c) Establecer algunas alternativas de solución para mitigar los impactos ambientales existentes.

HIPÓTESIS

Hp. Existe impacto ambiental sobre la calidad de las aguas superficiales de la quebrada Sipchoc por efecto del drenaje de la actividad minera ocasionada por la Empresa Minera Huancapetí SAC durante el año 2014.

VARIABLES

X. Variable Dependiente:

Calidad del cuerpo de agua superficial de la Quebrada Sipchoc

Y. Variable Independiente:

Drenaje o elementos contaminantes provenientes de la actividad
minera.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES

A NIVEL INTERNACIONAL

Gómez Hernández S- patricia y Sandra Milena Rojas Cano. (2014), “Afectación ambiental de la calidad del agua de la quebrada cascabel generada por la explotación minera artesanal del municipio de Marmato Departamento de Caldas”. Universidad de Manizales- Maestría en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente, Manizales, Caldas, Colombia; Tesis, cuyo objetivo fue en un primer momento empírico-analítico describir y analizar el estado de la minería (exploración y/o explotación), y el impacto que se genera en la calidad del recurso hídrico influenciado por la explotación minera de los molinos artesanales en la quebrada cascabel del municipio de Marmato, el tipo de investigación de análisis cuantitativo, que implico un proceso de recolección y análisis de datos; la investigación arrojó como resultado la importancia neta de cada uno de los impactos generados por las actividades mineras en función de la calidad ambiental de la quebrada cascabel. Arribó a las conclusiones siguientes: Los impactos ambientales identificados y valorados en esta investigación, coinciden en la alteración de los procesos biológicos al recurso hídrico, limitando la posibilidad del aprovechamiento del mismo en el tramo analizado; esta afirmación se fundamenta al comparar los límites admisibles de la norma y los resultados obtenidos en los análisis microbiológicos y físico químicos. De los 26 impactos ambientales evaluados, el 100% de ellos, dio como resultado una importancia ambiental crítica considerando el verdadero

escenario del área de estudio, es decir que el efecto sobre la alteración de la calidad del agua de la quebrada Cascabel, es demasiado grave. El 32%, de los impactos ambientales evaluados, dio una calificación de importancia ambiental neta severa, es decir, el impacto residual después de aplicadas las medidas de manejo ambiental supuestas, presentan una intensidad alta, sobre la calidad del agua de la quebrada Cascabel, obligando a considerar la implementación de nuevas medidas de manejo ambiental. Los impactos ambientales generados en la etapa de explotación del mineral, según la metodología empleada se consideran críticos, significando ello, la generación de daños y/o afectaciones muy severos sobre la quebrada Cascabel y requiere de aplicaciones inmediatas de medidas de manejo intensivas para su recuperación.

Díaz Álvarez Johanna (2013), “Tratamiento biológico como alternativa para disminuir el impacto ambiental ocasionado por el drenaje ácido, generado por la actividad minera en el municipio de Marmato-Caldas”. Universidad de Manizales, Caldas, Colombia; Tesis, tuvo como objetivo

Implementar alternativas de tratamiento que disminuyan el impacto ambiental ocasionado por el drenaje ácido producto de la actividad minera en el municipio de Marmato, realizar la caracterización fisicoquímica a nivel de laboratorio de las aguas superficiales generadas en la Mina Cascabel en el municipio de Marmato, establecer alternativas de tratamiento biológico y químico como son los sistemas reductores de sulfato y productores de alcalinidad que permitan mitigar el impacto ambiental ocasionado por el drenaje ácido de la Mina Cascabel; el tipo de

investigación cuantitativo e incluye una fase descriptiva. Las variables que se estudian son las propiedades del agua las cuales son medibles, evaluables, observables y cambiantes tales como: concentración de metales, temperatura, demanda de oxígeno, pH, propiedades organolépticas, sólidos suspendidos y disueltos y sulfatos. Los indicadores seguidos son fundamentalmente: la variación de las propiedades antes mencionadas en función del tratamiento empleado y su comportamiento comparado con los parámetros establecidos por ley. Arribo a las conclusiones siguientes: los resultados de los análisis de las aguas de la mina cascabel en la zona de Marmato demuestran que existe presencia de metales como aluminio, arsénico, cadmio, manganeso, mercurio y zinc, que sobrepasan los límites permitidos por las normas establecidas por el Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible, los cuales están siendo liberados a las aguas de la quebrada cascabel. De acuerdo a los niveles encontrados de pH, metales y sulfatos que en ciertas cantidades actúan como contaminantes, se puede concluir que el agua de la mina Cascabel está generando contaminantes al ambiente, al suelo y a las aguas. Aun sin estar en funcionamiento, esta mina presenta un riesgo elevado de contaminación ya que sus aguas no han sido tratadas antes de realizar el vertimiento.

Hernán Gaete, Fernanda Aránguiz, Gabriela Cienfuegos y Marisol Tejos (2003), “Metales pesados y toxicidad de aguas del Río Aconcagua en Chile”. Universidad de Valparaiso, Chile artículo científico, cuyo objetivo fue determinar la toxicidad de las aguas superficiales del río Aconcagua en una zona con actividad minera y correlacionar la tasa de crecimiento de

Pseudokirchneriella subcapitata con las concentraciones de metales pesados especialmente cobre; el tipo de estudio correlacional, arribo a las siguientes conclusiones: Las aguas superficiales del río Aconcagua consideradas en este estudio pudieron estar influenciadas por la actividad minera dada por el incremento en las concentraciones de los metales pesados, especialmente cobre y molibdeno que estuvieron sobre la norma chilena de calidad de aguas. Se observó toxicidad en estaciones que presentaron altas concentraciones de cobre y molibdeno. Sólo en algunos períodos se observó una correlación entre la respuesta de *P. subcapitata* y las concentraciones de cobre en sus diferentes fracciones químicas, molibdeno y zinc totales, por lo que la medición sólo de las concentraciones de los metales no permitiría predecir la respuesta de *P. subcapitata*. Debido a la escasez de datos sobre la aplicación de bioensayos microalgales en ríos de Chile, los resultados obtenidos proveen valiosa información complementaria para evaluar y comprender de mejor forma los impactos de la actividad minera local sobre la calidad de las aguas superficiales.

A NIVEL NACIONAL,

Núñez Aylas Miguel Anthony, Benítez Alfaro Elmer y Zevallos León Máximo (2014), “Evaluación de la calidad del agua asociado al drenaje ácido de mina (DAM), en el río Yauli en época de estiaje distrito de Yauli-Junín, 2013”. Perú; artículo científico, el objetivo fue determinar la calidad del agua del río Yauli en la zona del distrito del mismo nombre en el Departamento de Junín, impactado por el drenaje ácido de mina (DAM) proveniente de los relaves mineros de la actividad minera en la extracción

de minerales polimetálico. Concluye: se evaluó la calidad del agua del río Yauli determinando iones metálicos de hierro en las aguas del río Yauli como producto del drenaje ácido de mina (DAM) de los relaves y pasivos producto de la actividad minera en el distrito de Yauli, por lo que se requiere la aplicación de técnicas de tratamiento preventivo y correctivo para poder cumplir con los estándares de calidad ambiental para agua en lo que respecta a la Categoría 3: “Riego de vegetales y bebida de animales”. Se ha establecido que en el periodo de estiaje en que se realizó el estudio (Julio a Septiembre), la evaluación de la calidad ambiental del río Yauli–Junín dio como resultado un alto concentraciones de hierro y baja concentración de cobre. En el primer caso supera los niveles de los ECAS para agua en su categoría 3 y en el otro caso está por debajo de lo establecido por dicha norma. Ambas cantidades de metales a pesar de ser mínimo en su concentración, son perjudiciales a la salud de las personas y animales, por la propiedad de sinergia que ocurre entre estos metales pesados. Se establece en consecuencia que la calidad del agua del río Yauli supera los valores establecidos en los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua que se establece con el D.S. N°002-2008-MINAM., con lo que se concluye que dichas aguas no cumplen con las condiciones salubres para ser utilizadas por la población y animales aledañas.

Calla LLontop Helen, (2010), “Calidad del agua en la cuenca del río Rímac, sector de San Mateo, afectado por las actividades mineras”, Universidad Nacional de San Marcos, Lima, Perú, tesis, tuvo como objetivo abordar los efectos que ha presentado la calidad del agua del río Rímac frente al

desarrollo de la actividad minera en el distrito de San Mateo de Huanchor ubicado en la provincia de Huarochirí del departamento de Lima. El tipo de estudio fue Descriptivo – Aplicativo; desarrollada en cuatro etapas de trabajo teniendo para cada una de ellas su propia metodología de estudio. Concluye: El análisis de la evolución de la calidad del agua de los últimos diez años demuestra que ha habido una reducción considerable en la concentración de los iones metálicos en las aguas del río Rímac, debido a la puesta en práctica de técnicas de tratamiento; sin embargo estas no han permitido precipitar los iones metálicos, ya que el análisis de calidad del agua del año 2008 demuestra que aún existen elementos como el plomo, cadmio, arsénico, manganeso y fierro que requieren la aplicación de técnicas de tratamiento correctivas para poder cumplir las nuevas exigencias establecidas en los estándares nacionales de calidad ambiental del agua en lo que respecta al uso del riego de vegetales y bebida de animales, lo cual exige un mayor control y vigilancia por parte de la Dirección General de Salud Ambiental – DIGESA, como organismo encargado de la vigilancia de los recursos hídricos del Perú, así como de una fiscalización más exhaustiva por parte de la autoridad competente en lo referente a la implementación y mejoras de los sistemas de tratamientos de efluentes mineros, los cuales son fuentes de vertimiento que influyen directamente sobre la calidad de las aguas del río Rímac con la finalidad de poder cumplir los objetivos nacionales de conservación del recurso hídrico.

Carrera Wilmer Alonzo Castro (2011), “Influencia del vertido del efluente líquido de la Compañía Minera Aurex S.A. en el ecosistema acuático del río

San Juan". Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Cerro de Pasco, Perú; Tesis, cuyo objetivo fue determinar las condiciones de la calidad del agua superficial del río San Juan y conocer las condiciones actuales del agua desde su contacto con la Empresa, y su modificación a lo largo del recorrido de los escurrimientos superficiales a través de las zonas de contacto con actividades humanas para determinar acciones específicas de mejoramiento en la infraestructura de tratamiento, con un tipo de estudio, por su naturaleza la investigación es: según la tendencia, cuantitativo; según la orientación, aplicada; según el tiempo de ocurrencia, retrospectivo y según el análisis y alcance de sus resultados, correlacional. Arribo a las siguientes conclusiones: 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. La contaminación del río San Juan al contener concentraciones de metales disueltos está limitando sus usos para abrevaderos de animales y la agricultura. El efluente de la Cía. Minera Aurex S.A. no está cumpliendo con los requisitos de calidad de agua exigidos por el Ministerio de Energía y Minas, y por los estándares de calidad ambiental. Los parámetros que presentan un alto riesgo a la calidad del agua del río San Juan, son el Cobre, Plomo y Zinc encontrándose por encima de los límites máximos permisibles establecido por el Ministerio de Energía y Minas y por los estándares de calidad ambiental del MINAM. El monitoreo realizado demostró que existe una gran contaminación

ambiental, que está afectando por completo al ecosistema acuático. Con la contaminación del río San Juan años atrás en los inicios de la explotación minera se extinguieron las especies de habita fauna (Pato Zambullidor, la Rana, Callhuas, etc.) y flora (Algas, Totora, el Ichu, etc.).

Alfonso A. Romero, Silvana L. Flores, Werner W. Pacheco (2010), “Estudio de la calidad del agua en la cuenca del río Santa” publicada por la Universidad Nacional Mayor de San Marcos en la Revista del Instituto de Investigaciones FIGMMG Vol. 13, N.º 25, 61-69 (2010) UNMSM ISSN: 1561-0888 (impreso) / 1628-8097 (electrónico), artículo científico, que involucra el estudio del impacto negativo producido por la presencia de la relavera polimetálica de Ticapampa, que afecta la calidad de aguas de la cuenca media del río Santa. Cuyo objetivo trazados durante el trabajo de campo fue identificar y monitorear los cuerpos de agua, con el propósito de determinar sus características físicas y químicas. Por ello, se han efectuado cuatro muestreos de toma de aguas, en zonas próximas al área impactada por la presencia de este pasivo ambiental. Arribo a las siguientes conclusiones: respecto a la contaminación de las aguas por la presencia de la relavera: El punto de monitoreo P-203 es el tercer punto de la toma de muestra de aguas superficiales (M3), el cual se toma en las filtraciones de las aguas de la Cancha de Relave Polimetálico de Ticapampa, el cual es el punto de monitoreo que presenta mayor concentración de metales pesados disueltos tales como: cobre (0.027ppm), fierro (1ppm), plomo (0.024ppm), zinc (4.652 ppm), en comparación con los demás puntos de monitoreo de aguas superficiales. El punto de Monitoreo P-205 es el segundo punto de la

toma de muestra de aguas superficiales (M2), el cual se toma en las filtraciones de las aguas de la Cancha de Relave Polimetálico que va directamente a la cuenca del río Santa, el cual es el punto de monitoreo que presenta mayores concentraciones de arsénico (0.108 ppm), cadmio (0.024ppm) y antimonio (0.01ppm), en comparación con los demás puntos de monitoreo de aguas superficiales.

Félix Huaranga Moreno, Eduardo Méndez García, Vito Quilcat León, y Félix Huaranga Arévalo (2011), “Contaminación por metales pesados en la Cuenca del Río Moche, 1980 – 2010, La Libertad – Perú” publicada por la Universidad Nacional de Trujillo en la Revista Scientia Agropecuaria 3(2012) 235 – 247, artículo científico, cuyo objetivo fue determinar los niveles de concentración de los metales pesados hierro, cobre, plomo, cadmio, zinc y arsénico, presentes en agua, suelos y cultivos de la cuenca alta, media y baja del río Moche, como la parte de la cuenca que soporta la mayor contaminación por metales pesados desde 1980 al 2010, con tipo de investigación cualitativo descriptivo, arribando a las siguientes conclusiones: La mayor contaminación por metales pesados del agua se presentó en la cuenca alta y el Fe fue el metal de mayor concentración durante el año de 1980. Los suelos de la margen derecha de la Cuenca Media presentaron los mayores niveles de contaminación por metales pesados. La yuca, *Manihot esculentus*, fue la especie más contaminada.

Segundo Rolando Alvites Vigo (2008), “Evaluación de la contaminación debido a la presencia de metales pesados: arsénico, cadmio, cromo, mercurio y plomo en las aguas del río Huaura y Plan de Manejo

Ambiental”. Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Escuela de Postgrado, Huacho, Perú; tesis cuyo objetivo fue Evaluar los niveles de contaminación con Arsénico, Cadmio, Cromo, Mercurio y Plomo, en las aguas del río Huaura y plan de manejo ambiental, confrontar los niveles de contaminación de metales pesados obtenidos, con los permitidos. Con tipo de investigación que señala No se consideró un diseño específico, pues solamente se hará un diseño estadístico de análisis descriptivo de la calidad del agua del río Huaura. Arribo a las siguientes conclusiones: Se concluye que las aguas del río Huaura no se encuentran con contenidos altos de metales pesados, sobre todo para las aguas de la clase III que son para regadío. Se recomienda analizar las aguas en lo refiere las aguas de clase III frente a estos metales, pero con mayor frecuencia, para poder ver si es posible la presencia en concentrados mayores a los establecidos por los dispositivos legales al respecto. c) En cuanto a las aguas de clase I que es para consumo domestico, se puede afirmar de acuerdo a los contenidos de que algunos elementos tal es caso de cadmio, sobrepasa a los LMP en el punto A 0.04mg/lt.

A NIVEL LOCAL,

J. V. Manrique, M. Loarte Rubina, Rafael Figueroa Tauquino (2008), “Análisis de la variabilidad de la calidad del agua de la planta concentradora de minerales “mesapata” período 2005 – 2007”. Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, Perú; artículo científico, que tuvo por objeto Evaluar la variación de la calidad físico- química, química y de contenidos de metales pesados de las aguas superficiales afectadas por las operaciones

de la Planta Concentradora de Minerales Mesapata y las de vertido en el periodo 2005-2007. Tipo de estudio, Para fines de investigación se utilizaron los métodos descriptivo, estadístico y analítico; cuyos resultados señala: Las aguas superficiales y las de vertido presentaron variaciones en calidad físico-química, química y en contenidos de metales pesados. Comparados con la Ley General de Aguas Clase III, en las aguas superficiales se encontraron ligeras variaciones en los valores de pH, conductividad, oxígeno disuelto, y contenidos de sulfatos, sólidos suspendidos totales y el cianuro total. Los metales disueltos de hierro, plomo y zinc, se encontraron excediendo los límites establecidos, tanto aguas arriba y aguas abajo en el río Santa, y en el mismo canal de captación para las operaciones de la planta. Arribaron a las siguientes conclusiones: Las aguas del entorno de la Planta Concentradora de Minerales “Mesapata” presentaron, en el período de monitoreo, variaciones de calidad físico-químicas, químicas y en contenidos de metales pesados tanto a nivel de estaciones de monitoreo como el tiempo de monitoreo. En el cuerpo receptor del efluente de la Planta Concentradora de Minerales “Mesapata”, que viene a ser el Río Santa, la concentración del cianuro total se encontró por encima del límite establecido en la Ley General de Aguas - Clase III, tanto aguas abajo como aguas arriba con relación al punto de descarga; es decir, entre 2.3 y 4.6 veces el límite promisorio, aguas abajo, y hasta 4.6 veces el mismo límite, aguas arriba. Este resultado indica que el Río Santa ya viene siendo contaminado por otras fuentes aguas arriba.

Montes Mallqui Ivan Juan (2002), titulado “Evaluación de la calidad del agua de la microcuenca quebrada Honda”, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, Huaraz, Perú, tesis, el objetivo del trabajo de investigación fue: determinar las fuentes de contaminación, los niveles de toxicidad, la contaminación fecal de las aguas superficiales en la microcuenca quebrada Honda y evaluar el sistema de monitoreo pequeño caudal (menor a 15 l/s en la época de precipitaciones pluviales) y demás minas abandonadas; son muy contaminantes comunitario (SMC); desarrollado por los miembros de la Comunidad Campesina de Vicos. Arribo a las siguientes conclusiones: Las fuentes de contaminación de las aguas de quebrada Honda son: La mina Toma la Mano, a pesar de tener un para su entorno y área de influencia (local), poco significantes individualmente, pero en conjunto producen efectos sinérgicos, acumulativos e indirectos. Los lugares de mayor toxicidad en las aguas de quebrada Honda se presentan en: El curso de agua Minayaku (QH-22 y QH - 10) y Yanayaku (QH - 21), donde las aguas tienen un bajo pH (< 4), hay un alto contenido de sólidos y metales pesados (como el plomo), que son muy tóxicos para los bioensayos de pulga de agua y de *Allium cepa*; así como para la toxicidad química.- Las aguas provenientes del área de influencia de la mina Arequipa M. (QH -05), que muestra niveles altos de toxicidad para la prueba de pulga de agua y regularmente tóxica para la prueba de cebolla común (*Allium*), pese a estar dentro de los estándares en los parámetros físico-químicos individualmente analizados, lo que demuestra la necesidad de los bioensayos en las evaluaciones de control de

calidad ambiental.- Las aguas del río Vicos (QH - 01) presentó una alta toxicidad química, a pesar que en los bioensayos no resulto ser agua tóxica, producto de la interacción de otros elementos que inhiben el efecto nocivo a los seres vivos (como la presencia de zinc). Los cursos de agua en quebrada Honda no presentan coliformes (por encima de los estándares de calidad), debido a la alta contaminación de los ríos por metales pesados.

Con respecto a los Impactos Ambientales en los recursos hídricos La Organización Mundial de la Salud-OMS. (1996), señala: Tal vez el impacto más significativo durante la explotación de una actividad minera es el efecto en la calidad y disponibilidad de los recursos hídricos en la zona del proyecto. Las preguntas principales son si tanto el agua superficial como el agua subterránea permanecerán aptas para consumo humano, y si la calidad de las aguas superficiales en el área del proyecto seguirá siendo adecuada para mantener las especies acuáticas nativas y la vida silvestre terrestre.

En lo referente al Drenaje ácido de mina-DAM y lixiviados de contaminantes que afectan a las aguas superficiales, MINEO CONSORTIUM (2000), indica lo siguiente: el potencial de drenaje ácido es una cuestión clave. La respuesta determinará si la propuesta de un proyecto minero es o no es ambientalmente aceptable. Cuando los materiales (tales como las paredes de los tajos abiertos y de las minas subterráneas, relaves, escombros o desechos de roca, lixiviados y materiales de desecho de la lixiviación) se excavan y se exponen al oxígeno y al agua, se puede formar ácido si el hierro y materiales sulfurosos (especialmente la pirita, u ‘oro de tontos’) son abundantes y hay una insuficiente cantidad de material que lo

neutralice para contrarrestar la formación de ácido. El ácido se convertirá en lixiviado o disolverá metales y otros contaminantes que se encuentran en los materiales minados y formará una solución ácida con alto contenido de sulfatos, rica en metales (incluyendo elevadas concentraciones de cadmio, cobre, plomo, zinc, arsénico, etc.). El lixiviado de compuestos tóxicos tales como el arsénico, selenio y otros metales puede ocurrir aun en ausencia de condiciones ácidas. Compuestos de cianuro y nitrógeno (amonio, nitrato, nitrito) pueden también elevarse en las aguas en zonas mineras por la lixiviación y las detonaciones. El drenaje ácido y la lixiviación contaminante es la fuente más importante de impactos en la calidad de agua relacionadas con la minería metálica.

Como explica EARTHWORKS FACT SHEET (2006): El drenaje ácido se considera una de las amenazas más graves a los recursos hídricos. El drenaje ácido tiene el potencial de causar devastación con impactos a largo plazo en los ríos, riachuelos y en la vida acuática. ¿Cómo se forma? El drenaje ácido es una fuente de preocupación en muchas minas porque metales tales como el oro, plata, molibdeno se encuentran con frecuencia en la roca en forma de metales azufrados. Cuando los sulfuros en la roca se excavan y se exponen al agua y al aire durante el proceso de minado, se forma ácido sulfúrico. Esta agua ácida puede disolver otros metales peligrosos en las rocas cercanas. Si no es controlado, el drenaje ácido puede discurrir hacia los ríos, riachuelos o percolarse hacia las aguas subterráneas.

El drenaje ácido puede liberarse desde cualquier parte de la mina donde los sulfuros se expongan al aire estéril, botaderos de escombros o desecho de

roca, relaves, tajos abiertos, túneles subterráneos y pilas de lixiviación y al agua, incluyendo las pilas de material.

En relación a los daños a los peces y otras especies acuáticas, EARTHWORKS FACT SHEET (2006), indica que si el desecho de mina genera ácidos, el impacto en los peces, animales y plantas puede ser severo. Muchos ríos impactados por el drenaje ácido de mina tienen un valor de pH de 4 o menos –similar a una batería ácida. Es poco probable que las plantas, animales y peces puedan sobrevivir en ríos con tales condiciones. Metales tóxicos; el drenaje ácido también disuelve metales tóxicos, como el cobre, aluminio, cadmio, arsénico, plomo y mercurio, que se encuentran en la roca de los alrededores. Estos metales, particularmente el hierro forman una capa rojiza naranjada de lodo que cubre el lecho de los ríos o riachuelos .Aún en pequeñas cantidades los metales pueden ser tóxicos para humanos y la vida silvestre. Arrastrados por el agua, los metales pueden viajar largas distancias, contaminando los riachuelos y agua subterránea lejos del punto de origen. Los **impactos** en la vida acuática pueden ir desde la muerte inmediata de peces hasta efectos sub-letales, que afectan su crecimiento, comportamiento o la capacidad reproductiva. Los metales son particularmente problemáticos porque no se destruyen en el ambiente. Se sedimentan en el fondo y persisten en los lechos de los ríos, riachuelos, por largos periodos de tiempo, constituyendo una fuente de contaminación a largo plazo que afecta los insectos acuáticos que viven ahí, y a los peces que se alimentan de estos.

Del mismo modo, MINEO CONSORTIUM. (2000), señala: debido a la gran extensión de tierras perturbadas por operaciones mineras y las grandes cantidades de materiales excavados expuestos en los lugares de operación, la erosión puede ser un problema mayor. En consecuencia, el control de la erosión debe considerarse desde el inicio de operaciones mediante el cumplimiento de medidas de rehabilitación. La erosión, puede ocasionar grandes cantidades de sedimentos (cargados con contaminantes químicos) en los cuerpos de agua cercanos, especialmente durante tormentas severas y periodos en los cuales la nieve se derrite. La escorrentía superficial cargada de sedimentos por lo general causa una corriente laminar y se colecta en canales, zanjas o canaletas u otros medios que los conduzcan. Estos sedimentos finalmente pueden estar presentes en las aguas superficiales o depositarse en zonas inundables o en valles. Históricamente, los procesos de erosión y sedimentación han causado la acumulación de gruesas capas de partículas finas de mineral y sedimentos en las regiones inundables y la alteración del hábitat acuático, así como la pérdida de la capacidad de almacenamiento en las aguas superficiales. Los principales factores que influyen en la erosión son el volumen y la velocidad de la escorrentía de mina, las lluvias, el nivel de infiltración de la lluvia en el suelo, la cantidad de cubierta vegetal, la longitud de la pendiente o la distancia desde el punto de origen del flujo en tierra hacia el punto donde empieza la deposición, así como las estructuras operativas para el control de la erosión “Las mayores fuentes de erosión/carga de sedimentos en sitios mineros pueden incluir las zonas de los tajos abiertos, las pilas de lixiviación y aquellas provenientes

de los depósitos de desechos, escombros o las rocas de desecho, los depósitos de material estéril, depósitos y presas de relaves, caminos de causar inundaciones aguas abajo, cambios en el cauce de canales de riachuelos, y daño estructural a las bases de puentes y entradas de canaletas. En las áreas donde las emisiones han depositado drenaje ácido y se ha destruido la vegetación nativa, la escorrentía tiene el potencial de aumentar el grado de erosión y conllevar a la remoción del suelo de la zona afectada. Esto es particularmente cierto cuando el paisaje se caracteriza por tener pendientes pronunciadas y rocosas. Una vez que los suelos han sido retirados, es difícil revegetar la ladera naturalmente o con la intervención humana.

Asimismo, la Directiva de la Unión Europea 2006/21/EC (2006), señala: Es preciso indicar que la extracción del oro usando como reactivo el cianuro (también conocida como el proceso de cianurización o el proceso de MacArthur-Forrest) es una técnica metalúrgica para la extracción de oro del mineral, que busca convertir el oro (insoluble en agua) en aniones metálicos complejos de aurocianida, solubles en agua. Es el proceso más comúnmente utilizado para la extracción de oro. Debido a la naturaleza venenosa y altamente contaminante del cianuro, el proceso es muy controvertido y su uso está restringido y en muchos países está prohibido su uso a nivel de la industria minera, sin embargo en su lugar utilizan hoy en día un circuito de desintoxicación Inco SO₂/aire para convertir el cianuro menos tóxico antes de que los residuos se viertan a una balsa. Normalmente, este proceso envía golpes de aire comprimido a través de las colas, mientras

se agrega cal metabisulfito de sodio (el cual libera SO_2) para mantener el pH en torno al 8.5, y el sulfato de cobre como catalizador, si no hay suficiente cobre en el mineral. Esto puede reducir las concentraciones de cianuro Ácido Débil Disociable por debajo de los 10 ppm cómo ordena la Directiva de Residuos de Minería (Mining Waste Directive) de la UE. Directive 2006/21/EC.

Con respecto a la conductividad eléctrica, Canter, (1998), indica que la conductividad es una variable que se controla en muchos sectores, desde la industria química a la agricultura. Esta variable depende de la cantidad de sales disueltas presentes en un líquido y es inversamente proporcional a la resistividad del mismo.

Con los instrumentos convencionales, la medida de la conductividad se obtiene aplicando un voltaje entre dos electrodos y midiendo la resistencia de la solución. Las soluciones con conductividad alta producen corrientes más altas. Para contener la intensidad de la corriente en una solución altamente conductiva, es necesario disminuir la superficie de la sonda o incrementar la distancia entre los polos. Por esta razón se deben usar sondas diferentes para rangos de medida diferentes.

Sólo el método de cuatro anillos puede medir distintos rangos usando una única sonda. Las ventajas de este método respecto al de dos puntas (método amperimétrico) son numerosas: lecturas lineales en un amplio rango, sin ninguna polarización, y sin necesidad de limpiezas exhaustivas por las incrustaciones.

En relación al pH en el agua, APHA, AWWA, WPCF (1992), hace referencia sobre la calidad del agua de riego donde considera tácitamente la medición del pH del agua de riego y de la solución del suelo tiene gran importancia, y realmente puede determinar el éxito o el fracaso del uso como agua de riego. También indica que el pH es un índice de la concentración de los iones de hidrógeno (H^+) en el agua. Se define como $-\log(H^+)$. Cuanto mayor sea la concentración de los iones de hidrógeno en el agua, menor será el valor del pH.

La escala del pH va desde 0 a 14 donde: El agua con un pH inferior a 7 se considera ácida (mayor concentración de iones de H^+). El agua con un pH superior a 7 se considera básica (menor concentración de iones de H^+). El agua con un pH de 7.0 se considera neutral.

Desde que la escala del pH es una escala logarítmica, un cambio de una unidad del pH (por ejemplo de 5.0 a 6.0) significa un cambio de 10 veces en la concentración de los iones de hidrógeno.

Los iones de hidrógeno participan en la mayoría de las reacciones químicas en el agua y el suelo. La concentración de los iones de hidrogeno (y por lo tanto, el pH) influye en la solubilidad de los fertilizantes, las formas iónicas de los elementos (por ejemplo, PO_4^{3-} vs $H_2PO_4^-$), la disponibilidad de los nutrientes a las plantas, la estabilidad de los quelatos etc. y con respecto a la Demanda Bioquímica de Oxígeno, señala: El aumento de la DBO, al igual que la DQO ocasiona disminución del oxígeno disuelto, afectando la vida acuática. Valores de DBO mayores a los límites máximos indican alta contaminación. Altos niveles de DBO, indican que las aguas están

contaminadas y necesita un tratamiento para darle un uso. Entonces es una agua con una disponibilidad de oxígeno aceptable para el riego. Cabe indicar que si los valores superiores a 15 mg/l se consideran al agua con posibilidades del crecimiento microbiano; en este caso puede generar crecimiento bacteriano en los sistemas de distribución y deposición siendo por lo tanto un agua de mala calidad tanto para el agua de riego y menos para consumo humano.

De acuerdo a ENVIRONMENT AUSTRALIA (2002), hace referencia al problema como sigue: Los efectos adversos potenciales causados por el diseño y manejo inadecuado de aguas en una mina incluyen: niveles inaceptables de sólidos suspendidos (residuos no filtrables) y sólidos disueltos (residuos filtrables) en la escorrentía superficial, erosión del lecho y bancos de los cursos de agua. Es evidente que un Plan para el Control de Sedimentos y de la Erosión es un componente fundamental de todo Plan de Manejo de Aguas en una mina.

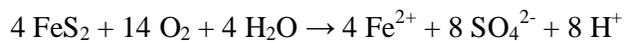
2.2. BASES TEÓRICAS.

2.2.1. CONTAMINACIÓN DE AGUAS SUPERFICIALES POR LA ACTIVIDAD MINERA

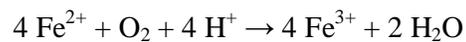
Oyarzún, (2006)., indica: que las alteraciones en la dinámica fluvial, variación del perfil y trazado de la corriente fluvial, variaciones en el nivel de base local, alteración en la dinámica (variaciones en las tasas de erosión/sedimentación) en el perfil (aguas abajo y aguas arriba) por excavaciones, diques y represas. Aumento de la peligrosidad de inundación. Incorporación de partículas sólidas en la

corriente, aumento de la carga de fondo y en suspensión, incremento en las tasas de sedimentación aguas abajo.

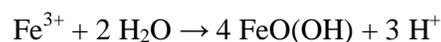
Pérdida de masas de agua, pérdida de masas glaciares, alteraciones en el régimen hidrogeológico, variaciones en el nivel freático, variaciones en el régimen de recarga y modificaciones en el flujo subterráneo por efectos barrera, drenajes inducidos, infiltración restringida/favorecida, compactación, modificación del relieve, deforestación. Contaminación por metales pesados y metaloides, coloides en suspensión, en especies en disolución: uno de los procesos más relevantes para la movilización de metales desde la fase sólida es el “acid mine drainage”, (AMD), además de los procesos de metalurgia por lixiviación y cianuración. La contaminación por metales pesados y metaloides, se puede producir nuevamente la incorporación de los metales a la fase sólida (sedimentos) por adsorción y/o coprecipitación, o variaciones del pH por el drenaje ácido de mina que se produce por la hidrólisis y oxidación de sulfuros, en especial la pirita:



a su vez, los iones ferroso (Fe^{2+}) se oxidarán de la siguiente manera:



y los iones férricos se hidrolizan para formar goethita:



2.2.2. VARIACIONES DEL pH POR EL DRENAJE ÁCIDO

Oyarzún, (2006), indica que en condiciones de acidez, se forman sulfatos de hierro (jarosita). Como resultado se obtienen aguas de pH muy bajo (2-3), cargadas en aniones (sobre todo sulfatos), en las que generalmente son más solubles los metales pesados como Pb, Zn, Cu, As, Cd, etc. (a excepción de Hg)

2.2.3. DRENAJE ÁCIDO DE LA MINERÍA (DAM)

Echarri, L (2007), señala: cuando las grandes cantidades de roca que contienen minerales sulfatados, son excavadas en tajo abierto o en vetas en minas subterráneas, estos materiales reaccionan con el aire o con el agua para crear ácido sulfúrico. Cuando el agua alcanza cierto nivel de acidez, un tipo de bacteria común llamada "Tiobacillus Ferroxidante", puede aparecer acelerando los procesos de oxidación y acidificación, lixiviando aun más los residuos de metales de desecho.

El ácido lixiviará la roca mientras que la roca fuente este expuesta al aire y al agua. Este proceso continuará hasta que los sulfatos sean extraídos completamente; este es un proceso que puede durar cientos, o quizás miles de años. El ácido es transportado desde la mina por el agua, las lluvias o por corrientes superficiales, y posteriormente depositado en los estanques de agua, arroyos, ríos, lagos y mantos acuíferos cercanos. El DAM degrada severamente la calidad del agua y puede aniquilar la vida acuática, así como volver el agua prácticamente inservible.

Echarri, (2007), señala que el Drenaje Ácido de la Minería (DAM) es el MAYOR problema ambiental provocado por la industria minera y es también su mayor pasivo, especialmente para nuestras corrientes de agua y los cuerpos de suelo. Una mina generadora del ácido tiene el potencial para causar un impacto devastador a largo plazo en los ríos, arroyos y vida acuática, volviéndose en efecto, una "máquina de contaminación perpetua".

Existen cuatro tipos importantes de impactos mineros en cuanto a calidad de agua: a) Metales pesados y lixiviación, b) Contaminación química, c) Erosión y sedimentación, d) Basura peligrosa - Las escombreras.

2.2.3.1. METALES PESADOS Y LIXIVIACIÓN

Canter, (1998)., manifiesta que la contaminación por metales pesados es causada cuando algunos metales como el arsénico, el cobalto, el cobre, el cadmio, el plomo, la plata y el zinc, contenidos en las rocas excavadas o expuestos en vetas en una mina subterránea, entran en contacto con el agua. Los metales son extraídos y llevados río abajo, mientras el agua lava la superficie rocosa. Aunque los metales pueden ser movidos en condiciones de pH neutral, la lixiviación es particularmente acelerada en condiciones de pH bajo, tales como las creadas por el drenaje ácido de la minería.

Duffus, (1993), manifiesta que la peligrosidad de los metales pesados es mayor al no ser química ni biológicamente degradables.

Una vez emitidos, pueden permanecer en el ambiente durante cientos de años.

2.2.3.2. CONTAMINACIÓN QUÍMICA

Canter, (1998),. indica que este tipo de contaminación ocurre cuando algunos agentes químicos (tales como el cianuro y el ácido sulfúrico, utilizados por compañías mineras para la separación del material deseado, del mineral en bruto) se derraman, gotean, o se trasladan del sitio minero a un cuerpo de agua cercano. Estos químicos pueden ser también altamente tóxicos para los humanos y la fauna.

2.2.3.3. EROSIÓN Y SEDIMENTACIÓN

Auhing, (2006), indica que el desarrollo minero perturba el suelo y las rocas en el transcurso de la construcción y mantenimiento de caminos, basureros y excavaciones a la intemperie. Por la ausencia de prevenciones adecuadas y estrategias de control, la erosión de la tierra expuesta puede transportar una gran cantidad de sedimentación a arroyos, ríos y lagos. La sedimentación excesiva puede obstruir riveras, la delicada vegetación de estas y el hábitat para la fauna y organismos acuáticos.

2.2.3.4. BASURA PELIGROSA - LAS ESCOMBRERAS

Auhing, (2006), hace referencia que una vez que los minerales han sido procesados y recuperados, la roca sobrante se vuelve otra forma de desperdicio minero que se ubican en las escombreras. Las escombreras contienen los mismos metales pesados tóxicos y

formaciones de ácido mineral que produce el desecho de roca. También pueden contener agentes químicos usados para el procesamiento del mineral en bruto, tales como cianuro o ácido sulfúrico. Las escombreras son usualmente colocadas en la superficie, en áreas de contención o en lagunas de oxidación, y en un número creciente de operaciones bajo tierra, donde el desecho es usado como relleno para las áreas que fueron excavadas. Si son asegurados inapropiadamente, los contaminantes de los desechos mineros pueden lixiviar hacia la superficie o a los mantos de agua subterránea causando una contaminación seria que puede perdurar durante muchas generaciones.

Los relaves se producen en las Empresas mineras metálicas que cuentan con plantas concentradoras. Una planta concentradora sirve para concentrar minerales de plomo, zinc, cobre, etc., hasta que su contenido metálico alcance valores comerciales. Las etapas de chancado y molienda (reducción progresiva de partículas hasta tamaños menores a un milímetro), seguida por el proceso de flotación donde se separa la parte valiosa del mineral (concentrado) de la ganga (parte no valiosa), la cual se conoce también como relave minero.

El legado del drenaje ácido de la minería en Canadá y Estados Unidos de Norte América.

ECOSITIO (2008), indica que en la mina abandonada del Monte Washington en la Isla de Vancouver, las excavaciones al aire libre de

mineral bruto de pirita con contenido sulfato, yacen expuestas a los elementos junto con 130 mil toneladas de desperdicio. El sulfuro, sulfatos presente en el mineral en bruto reacciona continuamente con el aire y el agua para formar generalmente ácido sulfúrico que lixivia los metales pesados, especialmente el cobre. Este cobre toxico lixiviado pasa a Pyrrhotite Creek, luego a Muerx Creek, y de ahí al agua del río Tsolum, mata al salmón joven y deteriora al salmón adulto que huye del río al pantano. En los Estados Unidos, el DAM y otros tóxicos de las minas abandonadas han contaminado 180 mil acres de reservas y lagos y 120 millas de arroyos y ríos.

2.2.4. ÍNDICES QUE INDICAN LA CALIDAD DEL AGUA

Mosquera, (2011), sostiene que buenos índices para medir la contaminación por desechos orgánicos son la cantidad de oxígeno disuelto, OD, en agua, o la DBO (Demanda Biológica de Oxígeno).

Nutrientes Vegetales Inorgánicos. Nitratos y fosfatos son sustancias solubles en agua que las plantas necesitan para su desarrollo, pero si se encuentran en cantidad excesiva inducen el crecimiento desproporcionado y con posibilidades de asimilar en exceso estos elementos.

La Demanda Bioquímica Oxígeno (DBO), es un indicador de contaminación, es una medida de la cantidad de Oxígeno consumido en el proceso biológico de degradación de la materia orgánica en el agua; un valor elevado de este parámetro indica contaminación de tipo orgánico. Según la UNESCO (1996), concentraciones de DBO

menores de 2 mg/L indican Aguas poco contaminadas, mientras que valores de DBO mayores de 10 mg/L indican aguas impactadas por descargas de aguas residuales, particularmente cerca del punto de vertimiento (Gómez y Rojas, 2014).

Es un parámetro analítico de contaminación que mide el material orgánico contenido en una muestra líquida mediante oxidación química (Romero, 1999).

La determinación de DQO es una medida de la cantidad de oxígeno consumido por la porción de materia orgánica existente en la muestra y oxidable por un agente químico oxidante fuerte (Romero, 1999).

Zeoanez, (1999), refiere que debido a la cantidad de parámetros que participan en el diagnóstico de la calidad del agua y a lo complejo que éste puede llegar a ser, se han diseñado índices para sintetizar la información proporcionada por esos parámetros. Los índices tienen el valor de permitir la comparación de la calidad en diferentes lugares y momentos, y de facilitar la valoración de los vertidos contaminantes y de los procesos de autodepuración.

Los primeros índices de calidad se aplicaron en los Estados Unidos en 1972. Constan de los valores de diferentes parámetros preseleccionados a los que se aplica un “peso” o importancia relativa en el total del índice

El valor del Índice de Calidad del Agua que arroja la contaminación es un número entre 0 y 100 que califica la calidad del agua, a partir

del cual y en función del uso permite estimar el nivel de contaminación.

2.2.5. ELEMENTOS CONTAMINANTES DE LAS AGUAS

Mosquera, (2011), señala que existen varias clases de agentes contaminantes del agua. Los primeros son agentes causantes de enfermedad. Éstos son bacterias, virus, protozoos y los gusanos parásitos que se incorporan desde los sistemas de aguas residuales y las aguas residuales sin tratar.

Una segunda categoría de agentes contaminantes del agua son los agentes consumidores de oxígeno; residuos que se pueden descomponer por las bacterias consumidoras de oxígeno. Cuando las poblaciones de bacterias son grandes la descomposición de los residuos tiene lugar y se consume mucho oxígeno pudiendo agotar el oxígeno disuelto en el agua. Esto puede ser la causa de que otros organismos que usan como vehículo al agua para nutrirse e incluso en las que viven en el agua, tales como los peces, mueran.

Una tercera clase de agentes contaminantes del agua son los contaminantes inorgánicos solubles en agua, tales como ácidos, sales y metales tóxicos. Grandes cantidades de estos compuestos harán el agua inapropiada para beber y pueden causar la muerte de la vida acuática.

Procedencia de la contaminación del agua

La contaminación del agua es causada generalmente por actividades humanas. Diversas fuentes humanas añaden agentes contaminantes

al agua. Hay dos clases de fuentes, fuentes puntuales y fuentes difusas. Las fuentes puntuales descargan agentes contaminantes en localizaciones específicas a través de tuberías o de alcantarillas en el agua superficial

La calidad de agua de los efluentes (por ejemplo, cualquier agua que se descarga de la mina o de la planta procesadora) que drenan de cada sitio minero se especifica de dicho sitio. Parece ser que los principales problemas que se someterán a monitoreo sobre calidad de agua en las minas, incluyen: drenaje ácido con elevadas concentraciones de sulfatos y metales disueltos; sólidos en suspensión y contenido de metales totales asociados; drenaje casi neutro con elevadas concentraciones de metales disueltos y nutrientes; reactivos químicos de proceso, especialmente cianuro; y aguas negras o servidas.

2.2.6. MARCO NORMATIVO DE LA CALIDAD DEL AGUA

a) Marco legal de protección del agua superficial

Quispe, (2003), indica que el artículo 22° de la Ley de Aguas señala lo siguiente: Está prohibido verter o emitir cualquier residuo, sólido, líquido o gaseoso que pueda contaminar las aguas, causando daños o poniendo en peligro la salud humana o el normal desarrollo de la flora o fauna o comprometiendo su empleo para otros usos. Además, el artículo 122° de la Ley de Aguas señala que la persona que contamina las aguas superficiales o subterráneas, con daño para la salud humana, la colectividad o la flora o fauna, infringiendo alguna

de las disposiciones pertinentes de la presente ley o a las que, para evitar la contaminación, hubiera dictado la Autoridad competente, será sancionado de acuerdo con lo dispuesto en el Artículo 274° del Código Penal. En este artículo se señala que la persona se encuentra en la obligación de reparar los daños y perjuicios ocasionados. Se sabe que existe esta ley, pero es mínima la importancia que se le da. El Artículo 22° de la Ley de Aguas, también es señalada en el art. 83: de la Ley de Recursos Hídricos Ley N° 29338 (23/03/2009). Del mismo modo, lo señalado en el art. 122°, es considerado en el TÍTULO XII de la Ley de Recursos Hídricos. Mediante Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM (publicado 31 de julio 2008), aprueban los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua.

b) Niveles máximos permisibles para efluentes líquidos en la industria minero metalúrgica

Los niveles máximos permisibles permitidos de los efluentes líquidos contaminantes en nuestro país son fijados a través de la Resolución Ministerial N° 011-96/EM/VMM, en la que indica: es necesario establecer los Niveles Máximos Permisibles de los elementos contenidos en los efluentes líquidos de la industria minero-metalúrgica con la finalidad de controlar los vertimientos producto de sus actividades y contribuir efectivamente a la protección ambiental. (Ministerio de Energía y Minas. RM 011-96/EM/VMM, 1996).

Tabla N° 01

NIVELES MÁXIMOS PERMISIBLES DE EMISIÓN PARA LAS UNIDADES MINERO-METALÚRGICAS

PARAMETRO	VALOR EN CUALQUIER MOMENTO	VALOR PROMEDIO ANUAL
ph	Mayor que 6 y Menor que 9	Mayor que 6 y Menor que 9
Sólidos suspendidos (mg/l)	50	25
Plomo (mg/l)	0.4	0.2
Cobre (mg/l)	1.0	0.3
Zinc (mg/l)	3.0	1.0
Hierro (mg/l)	2.0	1.0
Arsénico (mg/l)	1.0	0.5
Cianuro total (mg/l) *	1.0	1.0

* CIANURO TOTAL, equivalente a 0.1 mg/l de Cianuro Libre y 0.2 mg/l de Cianuro fácilmente disociable en ácido.

Tabla N° 02

VALORES MÁXIMOS DE EMISIÓN PARA LAS UNIDADES MINERAS EN OPERACIÓN O QUE REINICIAN OPERACIONES

PARAMETRO	VALOR EN CUALQUIER MOMENTO	VALOR PROMEDIO ANUAL
ph	Mayor que 5.5 y Menor que 10.5	Mayor que 5.5 y Menor que 10.5
Sólidos suspendidos (mg/l)	100	50
Plomo (mg/l)	1	0.5
Cobre (mg/l)	2	1
Zinc (mg/l)	6	3
Hierro (mg/l)	5	2
Arsénico (mg/l)	1	0.5
Cianuro total (mg/l)	2	1

Fuente: Resolución Ministerial N° 011-96/EM/VMM

c) Límites Máximos Permisibles para la descarga de efluentes líquidos de actividades Minero Metalúrgicas. D.S. N° 010 – 2010 – MINAM.

Aprueban los Límites Máximos Permisibles-LMP, para la descarga de efluentes líquidos de actividades minero-metalúrgicas, de acuerdo a los valores que se indican en la siguiente tabla.

TABLA N° 03

LMP de Parámetros, según D.S. N° 010-2010-MINAM.

PARÁMETRO	UNIDAD	LÍMITE EN CUALQUIER MOMENTO	LÍMITE PARA EL PROMEDIO ANUAL
pH		6 – 9	6 – 9
Sólidos totales en suspensión	mg/l	50	25
Aceites y grasas	mg/l	20	16
Cianuro total	mg/l	1	0,8
Arsénico total	mg/l	0,1	0,08
Cadmio total	mg/l	0,05	0,04
Cromo hexavalente	mg/l	0,1	0,08
Cobre total	mg/l	0,5	0,4
Hierro disuelto	mg/l	2	1,6
Plomo total	mg/l	0,2	0,16
Mercurio total	mg/l	0,002	0,0016
Zinc total	mg/l	1,5	1,2

Fuente: MINAM, 2010

**d) Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua –
Categoría 3 – Riego de Vegetales y Bebidas de animales. D.S.
N° 002 – 2008 – MINAM.**

El presente Decreto Supremo aprobó los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua con el objetivo de establecer el nivel de concentración o el grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el agua, en cuyos niveles de concentración no deberán representar riesgo significativo para la salud de las personas ni para el ambiente. Las categorías establecidas son las siguientes: Categoría 1: Poblacional y Recreacional, la cual se subdivide en 02 clases: aguas que pueden ser destinadas a la producción de agua potable y aguas destinadas a la recreación; Categoría 2: Actividades Marino Costeras, la cual se subdivide en 03 clases: aguas para la extracción y cultivo de moluscos bivalvos, aguas para la extracción y cultivos de otras especies hidrobiológicas y para otras actividades; Categoría 3: Riego de Vegetales y Bebida de Animales, se subdivide en 03 clases: riego de vegetales de tallo alto, riego de vegetales de tallo bajo y bebida de animales y la Categoría 4: Conservación del ambiente acuático, el cual está subdividido en 03 clases: lagunas y lagos, ríos y ecosistemas marino costeros; existiendo para cada categoría sus propios parámetros y concentraciones permitidas. La tabla completa se encuentra en dicha norma, para fines del presente trabajo, se presenta la siguiente tabla, considerando únicamente los parámetros analizados.

TABLA N° 04

**LMP de Parámetros, según D.S. N° 002-2008-MINAM.
(Parámetros analizados en la Investigación)**

CATEGORIA 3: RIEGO DE VEGETALES Y BEBIDAS DE ANIMALES

PARAMETROS PARA RIEGO DE VEGETALES DE TALLO BAJO Y TALLO ALTO		
PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
Fisicoquímicos		
Conductividad	(uS/cm)	<2000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	15
Nitratos (NO ₃ -N)	mg/L	10
pH	Unidad de pH	6.5 - 8.5
Inorgánicos		
Arsénico	mg/L	0,05
Cadmio	mg/L	0.005
Cianuro Wad	mg/L	0.1
Mercurio	mg/L	0.001
Plomo	mg/L	0.05
Zinc	mg/L	2

CATEGORIA 3: RIEGO DE VEGETALES Y BEBIDAS DE ANIMALES

PARAMETROS PARA RIEGO DE VEGETALES			
PARÁMETRO	UNIDAD	Vegetales tallo bajo	Vegetales tallo alto
		VALOR	VALOR
Biológicos			
Coliformes totales	NMP/100 mL	5000	5000(3)

CATEGORIA 3: RIEGO DE VEGETALES Y BEBIDAS DE ANIMALES

PARAMETROS PARA BEBIDAS DE ANIMALES		
PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
Fisicoquímicos		
Conductividad eléctrica	(uS/cm)	<=5000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	<=15
Nitratos (NO ₃ -N)	mg/L	50
pH	Unidad de pH	6.5 - 8.4
Inorgánicos		
Arsénico	mg/L	0.1
Cadmio	mg/L	0.01
Cianuro Wad	mg/L	0.1
Mercurio	mg/L	0.001
Plomo	mg/L	0.05
Zinc	mg/L	24

2.2.7. CONTAMINACIÓN POR METALES PESADOS Y SUS EFECTOS EN LA SALUD

La actividad industrial y minera supone una preocupación importante en Salud Pública por su toxicidad aguda y crónica y por la amplia variedad de fuentes de exposición, al arrojar al ambiente metales tóxicos como plomo, mercurio, cadmio, arsénico y cromo, dañinos para la salud humana y para la mayoría de formas de vida.

Es necesario precisar que nos encontramos confrontados diariamente con varios tipos de contaminación y nuestro cuerpo se carga en metales pesados que luego no se detectan en un simple análisis de sangre: cansancio, trastornos nerviosos, depresión, reuma, ansiedad, autismo, fibromialgia, insomnio. El análisis de cabello permite controlar la intoxicación por metales en el cuerpo; también proporciona un estudio mineral; evidencia los niveles de minerales y oligoelementos en el organismo (chequeo mineral); y los niveles de metales tóxicos (aluminio, plomo, mercurio...) determina cómo afectan a la salud; evidenciando el tipo metabólico (rápido-lento); y el funcionamiento el sistema hormonal; para adaptar una dieta en función de los resultados del análisis. (Turchi, 2009).

A pesar de los esfuerzos y avances científicos la exposición de los humanos a metales tóxicos continua, estos constituyen un riesgo para la salud pública principalmente en países en vías de desarrollo. El plomo, cadmio y talio son metales que se encuentran en el aire y agua como contaminantes ambientales y se asocian con múltiples

efectos adversos en la salud; siendo varios los órganos y sistemas que se ven afectados por los metales tales como: riñón, pulmón, hígado sistema gastrointestinal y hematopoyético, pero principalmente el sistema nervioso central y periférico. La severidad y el daño de estos metales dependen del tiempo, nivel de exposición, susceptibilidad de la persona y además de la ruta por la cual el metal sea absorbido. Una variedad de mecanismos han sido atribuidos a la toxicidad de los metales pesados, pero con frecuencia están relacionados con la generación de radicales libres y disminución en el funcionamiento de enzimas antioxidantes ocasionando un incremento en el estrés oxidativo celular. (Ruíz y Méndez, 2011).

Efectos de los metales pesados en la salud humana

Mercurio

El mercurio es un elemento que está presente de forma natural en el aire, el agua y los suelos. La exposición al mercurio (incluso a pequeñas cantidades) puede causar graves problemas de salud, y es peligrosa para el desarrollo intrauterino y en las primeras etapas de vida. El mercurio puede ser tóxico para los sistemas nervioso e inmunitario, el aparato digestivo, la piel y los pulmones riñones y ojos. Para la OMS, el mercurio es uno de los diez productos o grupos de productos químicos que plantean especiales problemas de salud pública. La principal vía de exposición humana es el consumo de pescado y marisco contaminados con metilmercurio, compuesto

orgánico presente en esos alimentos. (Organización Mundial de la Salud -OMS, 2013).

El mercurio es un metal pesado muy tóxico. Si bien existe de forma natural en el medio ambiente, las actividades humanas constituyen hoy en día la mayor fuente de emisiones. El mercurio y sus compuestos son sustancias muy tóxicas para las personas. El metilmercurio y el mercurio elemental son los más preocupantes ya que son venenosos para el sistema nervioso. En la actualidad, ciertas pruebas indican que el metilmercurio puede causar cáncer en las personas, aunque éstas están lejos de ser concluyentes. Sin embargo, en la actualidad no hay pruebas de que el mercurio elemental cause cáncer en las personas. Además, la exposición al metilmercurio durante el embarazo pudiera afectar al feto. Fundamentalmente, las personas están expuestas al metilmercurio a través de la alimentación (especialmente el pescado) y a los vapores de mercurio elemental a través de los empastes amalgamados y en ciertos puestos de trabajo. Ciertas instituciones han establecido niveles de ingesta diaria de mercurio que se consideran seguros, pero algunas personas ingieren cantidades que superan tales niveles. Los riesgos varían de un lugar a otro. El riesgo procedente de la alimentación depende de cuánto pescado contaminado se coma: el consumo moderado de pescado que contenga bajos niveles de mercurio no debería ser motivo de preocupación. (PNUMA, 2002).

Cadmio

Los efectos en el largo tiempo de niveles bajos de exposición hacia el cadmio producen obstrucción pulmonar, enfisema, y afección crónica en los tubos conductores de los riñones. También puede haber efectos cardiovasculares y en el sistema óseo (Admur, 1991).

Kidney menciona que los efectos del cadmio se observan en el funcionamiento de los riñones, manifestado por un incremento de cadmio en la orina, proteinuria, aminoaciduria, glucosuria, y disminución de la reabsorción de fosfato. Los cambios morfológicos no son específicos y consiste en la degeneración celular en las fases iniciales, proseguido de inflamación y fibrosis (Admur, 1991).

Su toxicidad relativamente elevada con efecto acumulativo se acompaña de trastornos renales, alteraciones óseas e hipertensión arterial. El zinc y el calcio tienen un papel protector frente al cadmio. Para la vida acuática, en particular para los peces, no parece que haya problemas por debajo de 1 mg/L (Rodier, 1998).

El proceso principal para remover cadmio es el de precipitación a pH 9 y 12 (Romero, 2000).

El cadmio es un elemento que se encuentra en forma natural en la corteza terrestre. El cadmio puro es un metal suave y de color blanco plateado. Por lo general, el cadmio no se encuentra en el ambiente como un metal puro, sino como un mineral combinado con otros elementos como el oxígeno (óxido de cadmio), el cloro (cloruro de cadmio) o el sulfuro (sulfato o sulfuro de cadmio). El consumo de

agua y alimentos con niveles muy altos de cadmio irrita en forma grave el estómago, causa vómitos y diarrea, y a veces la muerte. El cadmio se puede acumular en los riñones si se ingieren niveles bajos durante un largo periodo de tiempo. Si esta acumulación de cadmio en los riñones llega a un nivel suficientemente alto, puede haber daños renales y debilitamiento de los huesos, haciéndolos más vulnerables a las fracturas. (ATSDR, 1999).

La exposición al cadmio ocurre principalmente en lugares donde se manufacturan productos de cadmio. La exposición de la población general al cadmio ocurre al respirar humo de tabaco o al consumir alimentos contaminados con cadmio. El cadmio daña los pulmones, puede producir enfermedades a los riñones e irritar el tubo digestivo. Se ha encontrado cadmio en por lo menos 776 de los 1,467 sitios de la Lista de Prioridades Nacionales identificados por la Agencia de Protección Ambiental-EPA. (ATSDR, 1999).

Plomo

El plomo es una sustancia tóxica que se va acumulando en el organismo afectando a diversos sistemas del organismo, con efectos especialmente dañinos en los niños de corta edad. Se estima que en los niños la exposición al plomo causa cada año 600,000 nuevos casos de discapacidad intelectual. La exposición al plomo se cobra cada año un total estimado de 143, 000 vidas, registrándose las tasas más altas de mortalidad en las regiones en desarrollo. Alrededor de la mitad de la carga de morbilidad asociada a la intoxicación por

plomo se concentra en la Región de Asia Sudoriental de la OMS, en tanto que la Región del Pacífico Occidental y la Región del Mediterráneo Oriental acaparan una quinta parte cada una.

El plomo se distribuye por el organismo hasta alcanzar el cerebro, el hígado, los riñones y los huesos y se deposita en dientes y huesos, donde se va acumulando con el paso del tiempo. Para evaluar el grado de exposición humana, se suele medir la concentración de plomo en sangre. No existe un nivel de exposición al plomo que pueda considerarse seguro. La intoxicación por plomo es totalmente prevenible. (Organización Mundial de la Salud- OMS, 2015).

El contenido de plomo en casi todas las aguas varía en 0,001 y 0,01g/ml, sin embargo en zonas ligeramente ácidas puede llegar a disolverse (Albert, 1990).

El plomo afecta adversamente a todos los organismos, en concentraciones de 0.1 a 0.5 mg/ml, este elemento retarda la ruptura heterolítica de la materia orgánica. Las plantas que crecen en suelos contaminados por este elemento tienden a concentrarlo sobre todo en su sistema radicular. Algunos animales, por ejemplo las lombrices de tierra tienden a acumular plomo y pueden ser una de las rutas por las que este elemento entra a las cadenas alimenticias. En general, en los animales se ha demostrado que produce tumores malignos y benignos. En el hombre el plomo hace una inhibición del grupo hemo de la hemoglobina lo que produce anemia, produce encefalopatías, debilidad en los músculos extensores, trastornos

sensoriales, trastornos renales; también causa aberraciones cromosómicas y una morfología anormal del espermatozoide en seres humanos (Albert, 1990).

El plomo genera alteraciones neurológicas (disminución del coeficiente intelectual infantil), nefrotoxicidad, anemia y cáncer al riñón (Aste, 2000).

La intoxicación plúmbica se manifiesta por trastornos clínicos, anomalías biológicas y alteraciones histopatológicas variadas. El plomo es susceptible de acumularse en el organismo; siendo el peligro mayor la acumulación de dosis consideradas como no tóxicas. El plomo se fija, en particular, sobre el esqueleto; donde se encuentra en estrecha dependencia con el metabolismo cálcico (Rodier, 1998). La OMS califica a este metal como altamente tóxico, acumulativo y cuya ingestión produce dolor abdominal, vómito y diarreas (Sotelo, 1994).

Cromo

El problema de salud más común que ocurre en trabajadores expuestos al cromo involucra a las vías respiratorias. Estos efectos incluyen irritación del revestimiento del interior de la nariz, secreción nasal, y problemas para respirar (asma, tos, falta de aliento, respiración jadeante). Los trabajadores también han desarrollado alergias a compuestos de cromo, lo que puede producir dificultad para respirar y salpullido en la piel. En animales, la ingestión de cromo (VI) principalmente afecta al estómago e

intestino delgado (irritación y úlceras) y a la sangre (anemia). Los compuestos de cromo (III) son mucho menos tóxicos y parecen no causar estos problemas. En animales de laboratorio machos expuestos al cromo (VI) también se han observado daño de los espermatozoides y del sistema reproductivo. La Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) ha determinado que los compuestos de cromo (VI) son carcinogénicos en seres humanos. El undécimo Informe sobre Sustancias Carcinogénicas del Programa Nacional de Toxicología clasifica a los compuestos de cromo (VI) como sustancias reconocidas como carcinogénicas en seres humanos. En trabajadores, la inhalación de cromo (VI) ha causado cáncer del pulmón. Los estudios de poblaciones que viven en áreas con niveles altos de cromo (VI) han dado resultados mixtos.

En animales de laboratorio, los compuestos de cromo (VI) han producido tumores del estómago, los intestinos y el pulmón. (ATSDR, 2000).

Arsénico

El arsénico en aguas existe como arsenito (AsO_2 -y As^{+3}) o como arsenato (AsO_4^{3-} y As^{+5}). El tratamiento se hace mediante precipitación con cal o sulfuros, o por coprecipitación en la coagulación, con el hidróxido de aluminio o de hierro (Romero, 2000).

La exposición crónica hacia compuestos inorgánicos de arsénico puede producir neurotoxicidad, ésta, usualmente comienza con cambios sensoriales, parestiasis, y tendiasis muscular; seguida por debilidad hacia todos los grupos musculares (Admur, 1991).

Desde el punto de vista toxicológico, el arsénico actúa en el organismo bloqueando los grupos tiol, ocasionando perturbaciones en los procesos de oxido-reducción celular (As^{+++}) y trastornos del metabolismo glúcido lípido (As^{5+}). Puede haber igualmente, aunque esto haya sido puesto en duda, una acción cancerígena. Ciertos autores piensan que los compuestos minerales del arsénico pueden inhibir los procesos de multiplicación celular al nivel de DNA y bloquear los mecanismos de reparación (Rodier, 1998).

El arsénico afecta a la sangre, los riñones y el centro nervioso, el digestivo y los sistemas de la piel, con consecuencias como: dolor abdominal, acrocianosis y necrosis, anemia, anorexia, apatía, ceguera progresiva cardiotoxicidad, cólicos, coriza, la muerte, la demencia, dermatitis, diarrea, mareos, somnolencia, edema, eccema, inhibidor de la enzima, fatiga, fiebre, pérdida de líquido, olor a ajo en el aliento o en las heces, el sistema gastrointestinal, el bocio, la pérdida del cabello, dolor de cabeza, la hemólisis, aumento de la pigmentación hiperqueratosis de palmas y plantas, el herpes, la hiperpigmentación, ictericia, daño o insuficiencia renal, leuconiquia, la disfunción del hígado, los pulmones y cáncer de pulmón y, deterioro mental, la coordinación motora, náuseas, trastornos

nerviosos, palidez, parestesias, parálisis, enfermedades respiratorias, salivación excesiva perforación del tabique, sensorio neuropatía, shock, trastornos de la piel, espasmos, estupor estomatitis, constricción de la garganta, vascular efectos de Raynaud, vértigo y vómitos, etc. (ATSDR , 2007).

El arsénico afecta a prácticamente todos los aparatos y sistemas del cuerpo, puesto que interfiere con reacciones enzimáticas de amplia distribución. Los efectos más claros de la exposición al arsénico se observan en la piel. Algunos estudios identifican otros lugares como resultado de exposiciones similares al arsénico a las que producen lesiones cutáneas. Las bases de datos sobre estas lesiones son más sólidas que para otras partes del cuerpo (ATSDR, 2007).

Níquel

Es cancerígeno, estudios epidemiológicos en 1958 con trabajadores de una refinería de níquel en Inglaterra muestran una mayor incidencia de cáncer nasal y pulmonar con respecto a la población. También una de las más comunes formas de alergia de la dermis (Admur, 1991).

El efecto adverso más común de la exposición al níquel en seres humanos es una reacción alérgica. Los efectos más graves a la salud por exposición al níquel, por ejemplo bronquitis crónica, disminución de la función pulmonar y cáncer de los pulmones y los senos nasales, han ocurrido en personas que han respirado polvo que contenía compuestos de níquel en el trabajo en refinerías de níquel o

en plantas de procesamiento de níquel. Los niveles de níquel en esos lugares eran mucho más altos que los niveles ambientales corrientes. Algunos trabajadores expuestos a más de 10 mg de níquel/m³ en la forma de compuestos de níquel poco solubles (como el subsulfuro de níquel) desarrollaron cáncer del pulmón y de los senos nasales. La exposición a niveles altos de compuestos de níquel fácilmente solubles en agua también puede producir cáncer cuando también hay presentes compuestos de níquel poco solubles u otras sustancias químicas que pueden producir cáncer. Las concentraciones de compuestos de níquel solubles o poco solubles que produjeron cáncer eran entre 100,000 y 1 millón de veces más altas que los niveles de níquel que se encuentran comúnmente en el aire en Estados Unidos. El Departamento de Salud y Servicios Humanos (DHHS) de EE. UU. , ha determinado que es razonable predecir que el níquel metálico es carcinogénico y que los compuestos de níquel son carcinogénicos. La Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC, por sus siglas en inglés) ha determinado que algunos compuestos de níquel son carcinogénicos en seres humanos y que el níquel metálico posiblemente es carcinogénico en seres humanos. La EPA ha determinado que el polvo de níquel de refinerías y el subsulfuro de níquel son carcinogénicos en seres humanos. Estas clasificaciones fueron basadas en estudios de trabajadores expuestos a níquel y de animales de laboratorio. (ATSDR, 2005).

Zinc

La ingestión de demasiado Zinc a través de los alimentos, el agua o suplementos dietéticos también puede afectar la salud. Los niveles de cinc que producen efectos adversos son mucho más altos que la ingesta diaria de cinc que se recomienda (RDA) de 11 mg/día para hombres y 8 mg/día para mujeres. La ingestión de dosis muy altas de cinc (10 a 15 veces más altas que la RDA), aun durante un período breve, puede producir calambres estomacales, náusea y vómitos. La ingestión de niveles altos de cinc durante varios meses puede producir anemia, daño del páncreas y disminución del tipo de colesterol beneficioso (HDL) en la sangre. (ATSDR, 2005).

TABLA N° 05
Efectos a la salud humana.

<i>Metales pesados</i>	<i>Posibles efectos sobre la salud</i>
<i>Elemento</i>	
<i>Arsénico</i>	Lesiones en la piel; trastornos circulatorios; alto riesgo de cáncer.
<i>Cadmio</i>	Lesiones renales.
<i>Cobalto</i>	(*) La exposición a altos niveles de radiación de cobalto puede producir alteraciones en el material genético en el interior de las células, lo que puede conducir al desarrollo de ciertos tipos de cáncer.
<i>Cromo (total)</i>	Dermatitis alérgica.
<i>Cobre</i>	Exposición a corto plazo: molestias gastrointestinales. Exposición a largo plazo: lesiones hepáticas o renales.
<i>Mercurio (Inorgánico)</i>	Lesiones renales.
<i>Níquel</i>	(*) Fallos respiratorios. Cáncer de pulmón, nariz, y laringe. Reacciones alérgicas en la piel. Desórdenes del corazón. Embolia de pulmón.
<i>Plomo</i>	Bebés y niños: retardo en desarrollo físico o mental; los niños podrían sufrir leve déficit de atención y de capacidad de aprendizaje. Adultos: trastornos renales; hipertensión.
<i>Estaño</i>	(*) Irritación en piel y ojos. Dolores de estómago, anemia, y alteraciones del hígado y los riñones. Inhalar compuestos orgánicos de estaño puede interferir con el funcionamiento del sistema nervioso y el cerebro. En casos graves, causa la muerte.
<i>Zinc</i>	(*) Pérdida del apetito, disminución de la sensibilidad, el sabor y el olor. Irritación en la piel, pequeñas llagas y erupciones cutáneas. Defectos de nacimiento.

Fuente: Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, 2000 (*) Agency for Toxic Substances & Disease Registry (ATSDR).

La EPA ha establecido estándares de seguridad para más de 80 contaminantes que pueden encontrarse en el agua y presentan un

riesgo a la salud humana. Estos contaminantes se pueden dividir en dos grupos de acuerdo a los efectos que pudiesen causar. Los efectos agudos ocurren dentro de unas horas o días posteriores al momento en que la persona consume un contaminante. Casi todos los contaminantes pueden tener un efecto agudo si se consume en niveles extraordinariamente altos en el agua potable, en esos casos los contaminantes más probables que causen efectos agudos son las bacterias y virus. La mayoría de los cuerpos de las personas pueden combatir estos contaminantes microbianos de la misma forma que combaten los gérmenes, y típicamente, estos contaminantes agudos no tienen efectos permanentes. Los efectos crónicos ocurren después que las personas consumen un contaminante a niveles sobre los estándares de seguridad de EPA durante muchos años. Entre los ejemplos de efectos crónicos de los contaminantes del agua potable, están el cáncer, problemas del hígado o riñones o dificultades en la reproducción. El riesgo a la salud por contaminación de metales pesados depende principalmente de su nivel de acumulación en el cuerpo. Los riesgos son mayores si el tiempo de exposición del organismo a dicha contaminación es prolongado. (Juárez, 2012).

2.2.8. MEDICIÓN DE CAUDAL EN RIACHUELOS

Riachuelos

De acuerdo al Diccionario de la Real Academia Española, el riachuelo es un Río pequeño y de poco caudal.

Son pequeñas corrientes de agua que transitan por una quebrada. Se abastecen de aguas provenientes de manantiales o lagunas. El caudal puede reducirse pero no agotarse (permanentes) o agotarse totalmente (intermitentes). En época de lluvias se vuelven torrentosos, transformándose en algunos casos en aluviones (huaycos). (Glosario Ecológico-Dr. Barla, 1996).

Para el presente estudio, se ha asumido que la categoría de riachuelos incluye los tributarios del curso principal de una microcuenca. Por ser de pequeña descarga, el caudal se ha expresado en litros por segundo.

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS.

§ **Ambiente**, es el conjunto de elementos físicos, químicos y biológicos, de origen natural o antropogénico, que rodean a los seres vivos y determinan sus condiciones de existencia. En sentido amplio, el concepto de ambiente también comprende al medio social en el cual se desenvuelven los seres humanos en particular. (Ministerio del Ambiente del Perú-Glosario de términos para la gestión ambiental peruana, 2012).

§ **Cuenca Hidrológica**, unidad de manejo y planificación ambiental, compuesta por el área o espacio geográfico delineados por la cima de los cerros y la divisoria de aguas por el cual escurre el agua proveniente principalmente de las precipitaciones a un río, lago o mar; conformando un sistema en el que interactúan factores naturales, socioeconómicos y culturales. Constituye la unidad física básica y general de planificación y

ordenamiento en materia de conservación y uso de suelos, aguas continentales y diversidad biológica (Ministerio del Ambiente del Perú-Glosario de términos para la gestión ambiental peruana, 2012).

§ **Impacto ambiental**, alteración, positiva o negativa, de uno o más de los componentes del ambiente, provocada por la acción de un proyecto. El “impacto” es la diferencia entre qué habría pasado con la acción y que habría pasado sin ésta. (Ministerio del Ambiente del Perú-Glosario de términos para la gestión ambiental peruana, 2012).

§ **Evaluación de Impacto Ambiental- EIA**, Instrumento de gestión ambiental de carácter preventivo, que consiste en la identificación, predicción, evaluación y mitigación de los impactos ambientales y sociales que un proyecto de inversión produciría en caso de ser ejecutado, así como la prevención, corrección y valoración de los mismos. Se realiza a través de un procedimiento administrativo de evaluación previa en el cual se lleva a cabo el análisis técnico legal de una DIA, un EIA-d o un EIA-sd. La Evaluación de Impacto Ambiental comprende, por tanto, el análisis de viabilidad ambiental del proyecto, incluyendo los impactos sociales del mismo. (Ministerio del Ambiente del Perú-Glosario de términos para la gestión ambiental peruana, 2012).

§ **Aguas Superficiales**: Aguas situadas sobre el nivel freático, como por ejemplo lagos, ríos etc. (Glosario Ecológico-Dr. Barla, 1996).

§ **Contaminación del agua**, La contaminación consiste en una modificación, generalmente, provocada por el hombre, de la calidad del agua, haciéndola impropia o peligrosa para el consumo humano, la

industria, la agricultura, la pesca y las actividades recreativas, así como para los animales domésticos y la vida natural (Carta Europea del Agua, Consejo de Europa, 1968).

Un agua está contaminada cuando se ve alterada su composición o estado, directa o indirectamente, como consecuencia de la actividad humana, de tal modo que quede menos apta para uno o todos los usos a que va destinada, para los que sería apta en su calidad natural. (C.E.E. de las Naciones Unidas, 1961)

La acción y el efecto de introducir materias, o formas de energía, o inducir condiciones en el agua que, de modo directo o indirecto, impliquen una alteración perjudicial de su calidad en relación con los usos posteriores o con su función ecológica. (Ley de Recursos Hídricos- Ley N° 29338, 2009).

Según Cabrera, (2006), el agua está contaminada cuando:

1. Causa o contribuye de modo significativo al aumento de la mortalidad, al aumento de enfermedades graves de carácter irreversible o a las incapacitaciones reversibles.
2. Que presente un riesgo para la salud humana o para el ambiente al ser tratados, almacenados, transportados o eliminados de forma inadecuada.
3. Que presente un riesgo cuando un organismo vivo se expone o está en contacto con la sustancia tóxica.

§ Límite Máximo Permisible (LMP), Medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y

biológicos, que caracterizan al efluente líquido de actividades minero-metalúrgicas, y que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por el Ministerio del Ambiente y los organismos que conforman el sistema de gestión ambiental (Ministerio del Ambiente del Perú, 2010).

§ Contaminación ambiental, Acción y estado que resulta de la introducción por el hombre de contaminantes al ambiente por encima de las cantidades y/o concentraciones máximas permitidas tomando en consideración el carácter acumulativo o sinérgico de los contaminantes en el ambiente. (Ministerio del Ambiente del Perú-Glosario de términos para la gestión ambiental peruana, 2012).

III. METODOLOGIA

3.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACION

La investigación es No experimental, Descriptiva y de corte transversal (Debold B. Van Dalen., 1997).

Es de tipo no experimental porque la investigación se basa en la observación de fenómenos (situaciones existentes) y como se dan en su contexto natural, para luego ser analizados. Es descriptivo, porque se estudia la calidad del agua del riachuelo de la quebrada Sipchoc y los parámetros que presentan dichas aguas. Así mismo es transversal porque la investigación se centra en estudiar simultáneamente las variables haciendo un corte en el tiempo. El diseño que mejor se amolda para esta investigación es descriptivo simple.

3.2. PLAN DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

La información se ha recogido a nivel primario de campo y a nivel de información secundaria basado en la revisión bibliográfica.

a) POBLACIÓN

El estudio se realizó en el riachuelo de la quebrada Sipchoc, en la zona circundante de las actividades mineras de la Empresa Minera Huancapeti SAC, que se dedica a la extracción de minerales polimetálicos.

b) MUESTRA

Las muestras de agua fueron tomadas en los puntos sobre el riachuelo de la quebrada de Sipchoc y de acuerdo al Protocolo de Monitoreo de Calidad de Agua del Ministerio de Energía y Minas en el cual se indican las pautas y lineamientos a seguir para la toma de muestras en áreas de

influencia de la actividad minera, así como los lineamientos del Laboratorio. La ubicación de los puntos o estaciones de muestreo se describe a continuación:

**Tabla N° 06:
Ubicación de las estaciones de muestreo de agua**

Punto	Coordenadas UTM		Altitud m.s.n.m	Cuerpo de agua
	Este	Norte		
M-1	224442	8923086	4318	Quebrada Sipchoc
M-2	225089	8924315	4209	Quebrada Sipchoc
M-3	229469	8925914	3389	Quebrada Sipchoc
M-4	230079	8925835	3370	Quebrada Sipchoc

c) MUESTREO

Se realizó un muestreo accidental, casual deliberado, es decir mediante un proceso en el que el investigador seleccionó directamente e intencionadamente los puntos de monitoreo para la investigación.

3.3. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN.

3.3.1 Equipos y Materiales

- Plano de Ubicación
- Frascos muestreadores
- Recolector de muestra compuesta.
- Muestras de agua
- Colectores (conservadores).
- Materiales de escritorio.
- Materiales fotográficos.
- Software excel
- Laboratorio de Analisis de agua

3.3.2 Instrumentos

- El instrumento de recolección de datos fueron las fichas de muestreo e identificación de muestras.

3.4. PLAN DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA INFORMACIÓN

a) Muestreo y Laboratorio

Se realizó un muestreo accidental, casual deliberado, es decir mediante un proceso en el que el investigador seleccionó directamente e intencionadamente los puntos de monitoreo para la investigación, asimismo se ha utilizado a nivel de laboratorio el método físico químico para el caso del análisis de los metales pesados y el método microbiológico para el análisis del contenido de coliformes totales, para el determinar el aforo del agua del riachuelo Sipchoc se ha utilizado el método del Flotador y finalmente para contrastar el contenido de los elementos físico, químico y microbiológico se ha utilizado el método de comparación de la tabla de parámetros de Mínimos y Máximos permisibles.

En el desarrollo del estudio, se usó la observación como método general, porque se basó en observar situaciones y acontecimientos existentes sin la intervención alguna en el curso natural de estos, para establecer la relación que hay entre las variables y para la recolección de datos, se hizo una observación sistemática utilizando técnicas de registro (protocolos de anotaciones) así como medios técnicos (fotografías, videos).

b) Etapas para la ejecución del proyecto

Para la ejecución del trabajo de investigación, se aplicó la metodología procedimental y sistemática, desarrollada en cuatro etapas que se describen a continuación:

1) Recopilación de Información

La primera etapa de trabajo comprendió la recopilación de la información correspondiente al área de estudio tanto en gabinete como en campo. La información obtenida en gabinete incluye estudios de entidades públicas y privadas como el Estudio de Impacto Ambiental, así como de autores de tesis, revistas científicas de universidades nacionales y trabajos publicados en la zona de estudio, para luego ser sistematizada la información.

2) Trabajo de Campo

El trabajo de campo comprendió los muestreos de agua en el cuerpo receptor para obtener información actual del estado de la calidad del agua de la zona de estudio a fin de poder tener un punto de comparación con los estándares de calidad de agua superficial señalados en la normatividad. Para esta etapa de trabajo se utilizó el Protocolo de Monitoreo de Calidad de Agua del Ministerio de Energía y Minas en el cual se indican las pautas y lineamientos a seguir para la toma de muestras en áreas de influencia de la actividad minera, así como las especificaciones e instrucciones establecidas por el laboratorio donde se analizarán las muestras; en donde se debe considerar los siguientes aspectos:

- Elección de los puntos de muestreo de acuerdo a la ubicación geográfica y a la representatividad de la muestra.
- Selección de los parámetros de muestreo: orgánicos e inorgánicos.
- Preparación de los materiales y equipos para el muestreo.
- Instrucciones para el llenado de la cadena de custodia.
- Mediciones en campo.
- Especificaciones para las muestras en función a lo establecido para cada parámetro: filtrado, tipo de preservante, reactivos, temperatura y tiempo de preservación.
- Instrucciones para el envío de las muestras al laboratorio: rotulado y embarque.

Se tomaron las muestras en cuatro estaciones seleccionadas de la zona en estudio. Se eligieron cuatro estaciones de muestreo, teniendo en consideración el área de influencia de la mina en la quebrada de Sipchoc, con la finalidad de garantizar la obtención de resultados consistentes y confiables de un programa de muestreo, es importante contar con un grupo de muestras con la finalidad de homogeneizar los resultados. Las estaciones de muestreo fueron seleccionadas y ubicadas mediante coordenadas UTM, empleando GPS (ver **Tabla N° 15: Ubicación de las estaciones de muestreo de agua**), a lo largo de los 10,699 m de longitud del riachuelo. En el curso del agua por la existencia de vertimientos (efluentes) se tomó en el cuerpo receptor a 100 m aguas debajo de la descarga (planta de tratamiento), en el punto

que asegure la mezcla completa, así mismo el segundo punto adicional se ubicó aguas abajo de la descarga con la finalidad de asegurar la mezcla total. Del mismo modo, se tomó dos muestras adicionales cerca a la descarga al río Santa, con el objeto de homogenizar las muestras.

3) Análisis de Muestras

El análisis de las muestras de agua se realizó en el Laboratorio de Calidad Ambiental de la Facultad de Ciencias del Ambiente, de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, para la determinación de la concentración de metales pesados como Plomo, Mercurio, Arsénico y Cadmio en el cuerpo de agua receptor y demás parámetros evaluados.

4) Elaboración del Informe Final

La elaboración del informe final consistió en el análisis y procesamiento de la información obtenida en las etapas anteriores, para luego realizar la interpretación, discusión de los resultados y el planteamiento de una propuesta de mitigación; en la cual se utilizó como elemento decisivo para el análisis de la calidad del agua los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua aprobados según Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM (31/07/ 2008), respecto a la Categoría 3 referido al “Riego de Vegetales y Bebida de Animales”, a fin de tener algunos indicadores que nos demuestren el estado de la calidad del agua del riachuelo de la quebrada de Sipchoc

como componente ambiental y conocer cuáles serían los elementos de mayor riesgo ambiental para el ecosistema acuático.

DESCRIPCIÓN DEL AMBIENTE EN ESTUDIO

Ubicación Geográfica

La Quebrada de Sipchoc, se ubica entre las provincias de Aija y Recuay, de la Región Ancash, con una altitud de 4689 m.s.n.m. en Huancapeti y 3200 m.s.n.m. en Recuay. Esta quebrada se desplaza desde las orillas del río Santa (3200 m.s.n.m.) hasta la cumbre de la empresa Minera Huancapeti (4,595 m.s.n.m). La Mina Huancapeti se ubica en el Distrito y Provincia de Recuay, Región Ancash, ubigeo 021701, Latitud sur 9° 45' 29.1" S, Longitud Oeste 77° 31' 40" W, altitud 4595 m.s.n.m.

El área de operaciones de la planta concentradora se encuentra aproximadamente a 16 km al Sud Oeste de la ciudad de Recuay y las operaciones mineras de Hércules, Coturcan y Huancapetí se encuentran a 14 km de la ciudad de Aija al Este y 20 km de Recuay al Oeste. A las poblaciones de Ticapampa y Recuay se arriban mediante una vía asfaltada que se origina en Lima y accede a la ciudad de Huaraz. La carretera afirmada que sale de Recuay y se dirige a la capital provincial Aija, en su paso da acceso a las zonas mineras Huancapetí, Coturcán, Hércules y planta metalúrgica de Huancapetí.



Figura N° 01: Ubicación del Área de Estudio

Fuente: Google earth

Delimitación del Área de Estudio

El desarrollo de la presente tesis de investigación está referido a la evaluación de la calidad del agua; el criterio que se ha tenido en cuenta para la delimitación de las áreas de influencia está basado en el sistema hidrográfico del área de interés, es así que el área de influencia directa queda delimitada por el sistema hidrográfico comprendido dentro de la quebrada Sipchoc.

Caracterización ambiental

AMBIENTE FÍSICO

De acuerdo al Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto “Ampliación de 350 TMD a 3000 TMD de la U.E.A. Huancapeti”, Compañía Minera

LINCUNA S.A.C. SHESA CONSULTING S.A.C, y tomando como fuente al estudio en mención, señala las siguientes características del ambiente físico de la zona en estudio.

Geomorfología

Huancapetí, se ubica en la cúspide de la Cordillera Negra, donde los terrenos presentan formaciones superficiales abruptas y onduladas para dar lugar a pampas algo inclinadas sobre las que se conforman lagunas. Las cúspides intermedias son constituidas por batolitos ígneos que conforman unas geomorfologías estructurales características, que forman: Mesetas Alto Andinas, Cañones de Erosión y Valles de Erosión

Geología

En las áreas de estudio se encuentran afloramientos de rocas volcánicas del Grupo Calipuy e intrusivos del Cenozoico, así como depósitos glaciales y fluvioglaciares del Cuaternario.

Las concesiones mineras se encuentran ubicadas sobre áreas denominadas Volcánicos Hércules, cuya edad se determinó como del Terciario medio, los mismos que sobreyacen sobre los Volcánicos Calipuy de edad Terciario inferior. En las concesiones mineras se distingue una estructura importante denominada Centro Volcánico Hércules. El Centro Volcánico Hércules ubicado en el cerro Tarugo, se encuentra constituido por lavas andesíticas y brechas piroclásticas. En dicho centro volcánico se emplazaron los pórfidos Tarugo y Pincullo de composición dacítica. En sus alrededores se emplazaron los intrusivos llamados Dacita Hércules, los pórfidos Huancapetí y algunos otros.

Geoquímica

Las interpretaciones de los resultados ABA tomados de muestras de la relavera de la planta de concentración Huancapetí y del desmonte retirado de las operaciones mineras de Coturcán; señalan que el Potencial Neto de Neutralización PNN para los relaves son de Alto Potencial de Generación de drenaje ácido cuyo resultado es -418.99, mientras que el correspondiente de la muestra tomada de las rocas del desmonte de la mina Coturcan se encuentra en el borde de -20, es decir es -19.92 que indica que esta cerca al límite del Potencial Marginal de Generación de drenaje ácido.

Geodinámica Externa

En el área se han observado pequeñas áreas y algo distantes algunos deslizamientos, erosiones de cárcavas y riberas, pequeños derrumbes o escombros de talud. En la zona de estudio no se han podido observar avalanchas ni desplomes, ni deslizamientos de escombros, peor aún los flujos de lodo y de tierras. Tampoco se han podido observar los movimientos lentos de tierras, entre las que se pueden citar los resbalamientos y las solifluxiones.

Sismología

La historia sísmica de la Región Ancash señala que en determinadas áreas se produjeron riesgos sísmicos de diversas intensidades. La sismicidad histórica indica que en la región se produjeron sismos como el del 31 de mayo de 1970.

La zona en estudio, se encuentra ubicada en una zona en las que las actividades sismotectónicas se manifestarían como temblores y terremotos

con hipocentros someros a pocos kilómetros de la superficie o con hipocentros profundos hasta más o menos 800 km de profundidad. Los terremotos con hipocentros profundos se encuentran asociados con la subducción de la Placa de Nazca, la misma que se encuentra por debajo de la Placa Continental Sudamericana. Los hipocentros algo superficiales pueden estar asociados con fallas regionales.

Suelos

Los suelos predominantes son del tipo arenoso, limoso o arcilloso. Los suelos arenosos son los que mejor se adaptan a las técnicas constructivas, los suelos limosos tienen una cierta desventaja y los suelos arcillosos son suelos que requieren ser mejorados para usos constructivos.

De similar manera los suelos considerados para los usos agrícolas son considerados en base de su capacidad de sustento de la vida vegetal. Son suelos que requieren ser estudiados tanto física como químicamente para ser utilizados en la agricultura.

Las tierras para pastoreo son ambiental y ecológicamente inapropiadas para cultivos esporádicos o permanentes debidos a las alturas en que se encuentran, pero son adecuadas para los pastoreos estacionales o continuos en las alturas geográficas que se encuentran.

Clasificación de Tierras por Capacidad de Uso Mayor

La clasificación por capacidad de uso mayor de las tierras tomarían las características subsiguientes y se clasificarían por: características del clima, condiciones del relieve y atributos del perfil de los suelos. En suma, la

capacidad del uso mayor de las tierras de puna, sirven básicamente como tierras para pastos, incluso para una ganadería limitada.

Hidrología

La Hidrología trata sobre las aguas superficiales y sus calidades. Los trabajos de campo llegan a la conclusión que dentro de las concesiones Acumulación Alianza N° 1, 10 y 15, existen aguas superficiales como productos de las lluvias intensas que caen en las estaciones de verano (meses de diciembre del año anterior y enero, febrero, marzo y abril del siguiente año), generando riachuelos y acrecentado los niveles de las cochas y lagunas.

Meteorología y Clima

Los datos meteorológicos se obtuvieron de SENAMHI y corresponden a la Estación Meteorológica de Recuay, única estación próxima a la zona de estudio. Los datos de los ambientes de las concesiones mineras en cuanto a los tiempos meteorológicos cambiantes que resultan en cambios climáticos, pueden ser los factores que tienen una importancia decisiva sobre los proyectos mineros a ejecutar. Las conclusiones sobre la meteorología y clima de la data histórica obtenida de 1990 al 2009, se puede concluir que las precipitaciones máximas y mensuales se hacen más notorias durante los meses de Octubre a Marzo, siendo su punto más alto en el mes de Marzo, mientras que existe una disminución de estas entre los meses de Abril a Setiembre, siendo su punto más bajo en el mes de Julio.

Referente a la temperatura, la mínima mensual muestra un aumento entre los meses de Noviembre a Abril y con declives entre los meses de Mayo a

Octubre, temperatura media mensual muestra que existen bajas temperaturas en Marzo y otra de Junio a Agosto, donde los demás meses se mantienen altas. La temperatura máxima media, donde existe un declive de Diciembre a Abril y de Mayo a Noviembre por una temperatura moderadamente alta, referente a la humedad relativa media mensual, esta muestra una ligera variación de 50 a 70 % aproximadamente. Referente a la dirección del viento, existe una predominancia de vientos que vienen del Norte, que se dirigen al Sur, con velocidades que varían de 0 a 13 m/s.

Pasivos Ambientales

En las zonas de las concesiones mineras las cuales corresponden al EIA, se tienen 25 pasivos ambientales ubicadas sobre las áreas de las concesiones mineras Acumulación Alianza N° 1, N° 10 y N° 15, los cuales se encuentran en condiciones de remediar.

Se tienen además presencias de relaveras abandonadas por actividades metalúrgicas ejecutadas por otras empresas mineras metalúrgicas anteriores.

Se tienen por otro lado depósitos de desmontes de minado circunscritas alrededor de las bocaminas, Hércules y Coturcan. Se recomienda a fin de no tener pasivos ambientales abandonados realizar los trabajos de remediación concordantes a su plan de cierre de Pasivos Ambientales.

AMBIENTE BIOLÓGICO

En esta sección se resume el componente biológico del área de estudio y comprenden la flora, los grupos taxonómicos de fauna y vida acuática.

La flora y vegetación comprende 6 formaciones vegetales, como son Pajonal, Vegetación Ribereña, Roquedal, Áreas de cultivo, Bofedal/Oconal

y Matorral, se resumen los hallazgos de la diversidad de las formaciones vegetales del área de estudio además de la cobertura vegetal de las diferentes formaciones vegetales.

**Tabla N° 07:
Diversidad de Flora (época húmeda)**

Formación Vegetal	Riqueza de Especies (S)	Índice de diversidad Shannon-Wiener (H')	Índice de diversidad Simpson (1/D)	Cobertura vegetal (%)
Pajonal	53	2.96	12.09	60%
Vegetacion Rivereña	18	1.79	0.76	10%- 80%
Roquedal	26	2.77	11.58	40%
Areas de cultivo	13	1.71	4.62	80%
Bofedal/Oconal	11	1.09	2.15	80%
Matorral	33	2.88	12.7	80%

Fuente: SHESA CONSULTING S.A. - COMPAÑÍA MINERA LINCUNA S.A.C, Proyecto : Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto de "Ampliación de 350 TMD a 3000 TMD de la U.E.A. Huancapeti"

Tabla N° 08: Diversidad de Flora (época seca)

Formación Vegetal	Riqueza de Especies (S)	Índice de diversidad Shannon-Wiener (H')	Índice de diversidad Simpson (1/D)	Cobertura vegetal (%)
Pajonal	44	2.56	7.27	60%
Vegetacion Rivereña	14	1.51	3.37	10%- 60%
Roquedal	28	2.15	10.98	20%
Areas de cultivo	9	1.3	2.87	20%
Bofedal/Oconal	11	1.4	2.85	60%
Matorral	27	2.47	9.82	60%

Fuente: SHESA CONSULTING S.A. - COMPAÑÍA MINERA LINCUNA S.A.C, Proyecto : Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto de "Ampliación de 350 TMD a 3000 TMD de la U.E.A. Huancapeti"

Para la composición florística se han registrado numerosas especies de plantas vasculares como Helechos y plantas con flores pertenecientes a 44 familias distribuidos en 107 géneros aproximadamente. Las familias más diversas son Asteraceae (22 géneros) como por ejemplo Senecio sp, Taraxacum officinale, Tessaria integrifolia, Werneria nubigena; Poaceae (11 géneros) como por ejemplo Calamagrostis vicunarium, Cortaderia nítida, Eragrostis peruviana, Festuca sp., Stipaichu; Scrophulariaceae (6 géneros) por ejemplo Alonsoa linearis.

Mamíferos

**Tabla N° 09:
Especies de Fauna Silvestre**

PHYLUM: CHORDATA				
CLASE: MAMIFEROS				
ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMUN	CATEGORIA (*)
DIDELPHIMORPHIA	DIDELPHIDAE	<i>Didelphis sp.</i>	Muca	SC
CARNIVORA	CANIDAE	<i>Dusicyon culpaeus</i>	Zorro	SC
	MUSTELIDAE	<i>Conepatus rex</i>	Zorrillo	SC
		<i>Mustela sp</i>	Comadreja	SC
RODENTIA	CHINCHILLIDAE	<i>Lagidium peruanum</i>	Vizcacha	SC
ARTIODACTYLA	CERVIDAE	<i>Odocoileus virginianus</i>	Venado gris	SC

Fuente: SHESA CONSULTING S.A. - COMPAÑIA MINERA LINCUNA S.A.C, Proyecto : Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto de "Ampliación de 350 TMD a 3000 TMD de la U.E.A. Huancapeti"

**Tabla N° 10:
Especies de Fauna Domestica**

PHYLUM: CHORDATA				
CLASE: MAMIFERA				
ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMUN	CATEGORIA (*)
ARTIODACTYLA	BOVIDAE	<i>Ovis aries</i>	Oveja	SC
		<i>Bos taurus</i>	Vaca	SC
	CANIDAE	<i>Cannis familiaris</i>	Perro	SC
PERISSODACTYLA	EQUIDAE	<i>Equus asinus</i>	Asno	SC
		<i>Equus caballus</i>	Caballo	SC

Fuente: SHESA CONSULTING S.A. - COMPAÑIA MINERA LINCUNA S.A.C, Proyecto : Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto de "Ampliación de 350 TMD a 3000 TMD de la U.E.A. Huancapeti"

Aves

**Tabla N° 11:
Identificación Taxonómica de Aves**

PHYLUM: CHORDATA				
CLASE: AVES				
ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMUN	CATEGORIA (*)
Anseriformes	Anatidae	<i>Anas puna</i>	Pato puna	SC
Falconiformes	Accipitridae	<i>Buteo polyosoma</i>	Aguilucho variable*	SC
Charadriiformes	Laridae	<i>Larus serranus</i>		SC
Columbiformes	Columbidae	<i>Metriopelia melanoptera</i>	Paloma serrana	SC
Apodiformes	Apodidae	<i>Aeronautes sp.</i>	Vencejo	SC
Passeriformes	Fringillidae	<i>Phrygilus sp</i>	Plomito	SC
		<i>Carduelis magellanica</i>	Jilguero	SC
	Emberizidae	<i>Phrygilus plebejus</i>	Fringilo pecho cenizo*	SC
		<i>Sicalis uropygialis.</i>	Chirigue lomo brillante	SC
		<i>Sicalis sp.</i>		SC
		<i>Zonotrichia capensis</i>	Gorrion americano	SC
	Ictiridae	<i>Molothrus bonariensis</i>	Chivillo	SC
Piciformes	Picidae	<i>Colaptes rupicola</i>	Carpintero andino	SC

Fuente: SHESA CONSULTING S.A. - COMPAÑIA MINERA LINCUNA S.A.C, Proyecto : Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto de "Ampliación de 350 TMD a 3000 TMD de la U.E.A. Huancapeti"

Tabla N° 12:
Matriz de abundancia de Aves (época húmeda)

Formación Vegetal	Riqueza de especies (S)	Índice de diversidad Shannon-Wiener (H')	Índice de diversidad Simpson (1/D)
Vegetación ribereña	5	1.56	4.50
Pajonales y arbustos dispersos	6	1.36	2.85
Roquedales	3	0.95	2.27
Matorrales	5	1.56	4.59
Áreas de cultivo	2	0.64	1.80
Lagunas	22	0.82	2.07

Fuente: SHESA CONSULTING S.A. - COMPAÑÍA MINERA LINCUNA S.A.C, Proyecto : Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto de "Ampliación de 350 TMD a 3000 TMD de la U.E.A. Huancapeti"

Tabla N° 13:
Matriz de abundancia de Aves (época seca)

Formación Vegetal	Riqueza de especies (S)	Índice de diversidad Shannon-Wiener (H')	Índice de diversidad Simpson (1/D)
Vegetación ribereña	2	0.69	2.00
Pajonales y arbustos dispersos	4	0.97	2.05
Roquedales	1	-	-
Matorrales	4	1.24	3.10
Áreas de cultivo	-	-	-
Lagunas	4	0.56	1.60

Fuente: SHESA CONSULTING S.A. - COMPAÑÍA MINERA LINCUNA S.A.C, Proyecto : Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto de "Ampliación de 350 TMD a 3000 TMD de la U.E.A. Huancapeti"

Peces

Tabla N° 14:
Matriz de especies de peces

Clase	Orden	Familia	Especie	Nombre Común	Categoría
Actinopterygii (Clase Pisces)	Salmoniformes	Salmonidae	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Trucha arcoíris	LC

Categoría según DS. 034-2004-AG. Donde NT: casi amenazado, LC: menor preocupación

Fuente: SHESA CONSULTING S.A. - COMPAÑÍA MINERA LINCUNA S.A.C, Proyecto : Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto de "Ampliación de 350 TMD a 3000 TMD de la U.E.A. Huancapeti"

ASPECTO DEMOGRÁFICO

Población de Recuay

La Provincia de Recuay tiene una población de 5,015 habitantes según datos del INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática) del 2007. De los 5,015 habitantes de Recuay, 2,612 son mujeres (47.92%) y 2,403 (52.08%) son hombres. Si comparamos los datos de Recuay con los del departamento

de Ancash concluimos que ocupa el puesto 38 de los 166 distritos que hay en el departamento y representa un 0.4716 % de la población total de ésta.

Población de Ticapampa

De los 2,436 habitantes del distrito de Ticapampa, 1,293 (46.92%) son mujeres y 1,143 (53.08%) son hombres. Si comparamos los datos de Ticapampa con los del departamento de Ancash concluimos que ocupa el puesto 80 de los 166 distritos que hay en el departamento y representa un 0.2291 % de la población total de ésta.

Población de Aija

El distrito de Aija tiene una población de 2,036 habitantes según datos del INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática). De los 2,036 habitantes de Aija, 1,014 (49.80%) son mujeres y 1,022 (50.20%) son hombres. Si comparamos los datos de Aija con los del departamento de Ancash concluimos que ocupa el puesto 95 de los 166 distritos que hay en el departamento y representa un 0.1915 % de la población total de ésta.

Población Económicamente Activa

Según el Censo del 2007, la Población económicamente activa de la Provincia de Aija y Recuay; del Distrito de La Merced y Ticapampa en términos de PEA Ocupada es la siguiente: para la provincia de Aija es del valor para hombres de 91.2% y para las mujeres es del 97.4%; en la provincia de Recuay la PEA ocupada de hombres es del orden 90.6% y las mujeres 94.4%; para el distrito de La Merced la PEA ocupada de hombres es de 90.2% y las mujeres 99.6%. Para el caso de Ticapampa la PEA ocupada los hombres es de 90.3% y las mujeres es del 90.4%. En

conclusión, se puede concluir que las mujeres tienen porcentualmente una PEA ocupada mayor que los hombres.

Ingreso Económicos de los Caseríos – Zona Rural

En los caseríos de zona rural de Aija, el ingreso promedio diario de un jornalero es de 15 soles, por lo que perciben un promedio mensual de 450 soles.

ASPECTOS EN EDUCACIÓN

Educación en Aija, Recuay y Ticapampa

El servicio educativo que se imparte en la provincia y distritos de Aija, Recuay, Ticapampa y la Merced es a nivel inicial, primario, secundario de menores y tiene un Instituto Superior para el caso del Distrito de Recuay y Aija. Pero no todos los caseríos tienen la oportunidad de contar con un centro educativo, éstos están en proporción al número de familias y viviendas que existen en cada localidad. En algunos, los más poblados, hay inicial y primaria; y en los poblados con escasa población ningún Centro Educativo, por lo que los niños deben desplazarse hacia los lugares en que se ubican dichos centros.

ASPECTOS EN SALUD

Servicio de Salud

El servicio de salud en las provincias y distritos de Aija y Recuay, cuentan con instalaciones y equipamiento. En la Provincia de Recuay, existe un Hospital en nivel 2-I, mientras que en la Provincia de Aija existe un Centro de Salud nivel 3-1. En los distritos de La Merced y Ticapampa existen Puestos de Salud.

AMBIENTE ECONÓMICO

Actividad Agrícola

La agricultura es una de las principales actividades económicas generadoras de riqueza y empleo en la zona de Aija, La Merced, Recuay y en menor medida en Ticapampa. Esta agricultura es extensiva e incipiente por la dependencia del factor climático (de la altura, de la cercanía de los ríos, riachuelos, en las vertientes, las lluvias, las heladas, el granizo).

Actividad Pecuaria

La actividad pecuaria en el Distrito de Recuay, en esta actividad la crianza de animales se refleja en mayor cantidad en aves de corral y ovinos, seguido de vacunos y porcinos; mientras que en el distrito de Aija se observan las mismas especies, pero en este caso con preponderancia de porcinos, algunos caprinos y la crianza de cuyes.

Actividades Piscícolas

La crianza de peces, es una actividad instalada recientemente en el distrito de la Merced en la Comunidad campesina de Santa Cruz de Rurek.

Explotación Minera

Las provincias de Aija, Recuay; los distritos de La Merced y Ticapampa hay experiencia de explotación minera desde vieja data. Actualmente hay concesiones mineras por parte del Ministerio de Energía y Minas, en el flanco occidental de la Cordillera Negra.

Agua Superficial

El muestreo de agua en los cuerpos receptores para obtener información actual del estado de la calidad del agua de la zona de estudio se efectuó en

cuatro estaciones ubicadas a lo largo del riachuelo de la quebrada de Sipchoc. Para esta etapa de trabajo se utilizó el Protocolo de Monitoreo de Calidad de Agua del Ministerio de Energía y Minas en el cual se indican las pautas y lineamientos a seguir para la toma de muestras en áreas de influencia de la actividad minera, así como las especificaciones e instrucciones establecidas por el laboratorio de Calidad Ambiental de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. Los puntos donde se tomaron las muestras, se señalan en el siguiente cuadro:

**Tabla N° 15:
Ubicación de las estaciones de muestreo de agua**

Punto	Coordenadas UTM		Altitud m.s.n.m	Cuerpo de agua
	Este	Norte		
M-1	224442	8923086	4318	Quebrada Sipchoc
M-2	225089	8924315	4209	Quebrada Sipchoc
M-3	229469	8925914	3389	Quebrada Sipchoc
M-4	230079	8925835	3370	Quebrada Sipchoc

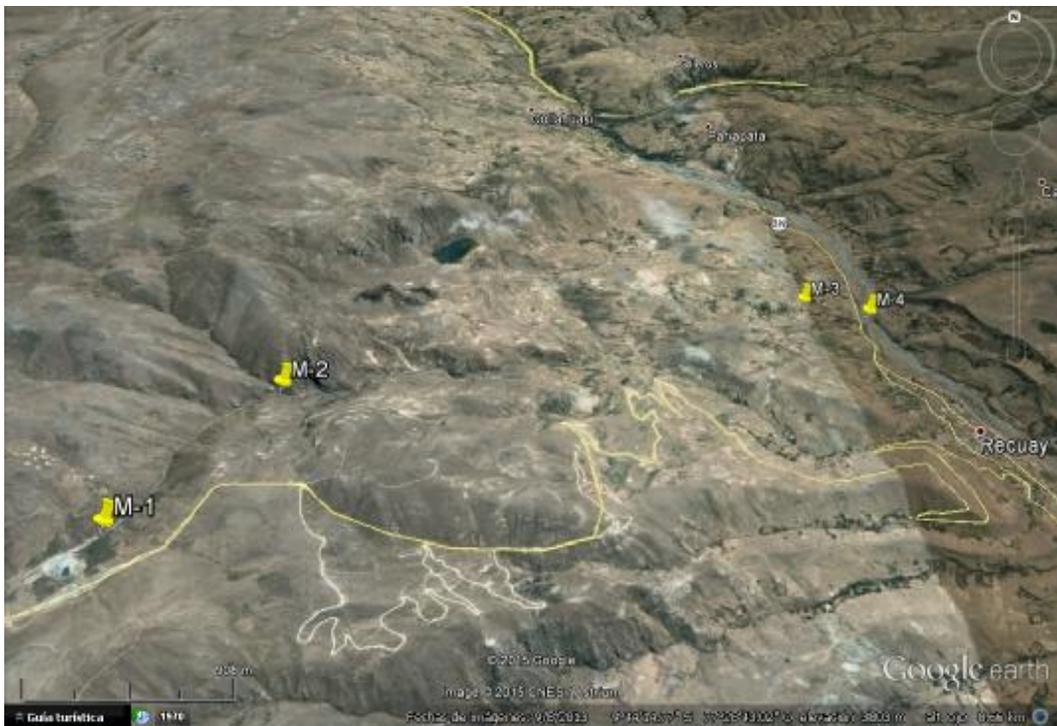


Figura N° 02: Ubicación de las estaciones de muestreo de agua

Fuente: Google Earth

Asimismo se cuenta con una serie de guías y protocolos que proporcionan los lineamientos para determinar la calidad del agua en el sector minero; entre ellos tenemos: Guía para la evaluación de impactos en la calidad de las aguas superficiales por actividades minero metalúrgicas (Ministerio de Energía y Minas, 2007). Esta guía proporciona los lineamientos acerca de la información que se debe considerar para poder realizar una evaluación de la calidad de las aguas superficiales afectadas por las actividades minero metalúrgicas que consiste básicamente en información de línea base hidrológica, línea base de calidad de agua, modelamiento hidrológico y modelamiento de calidad de aguas, para finalmente realizar la evaluación de impactos en las aguas superficiales

Del mismo modo, se efectuó el aforo de caudal en el riachuelo de la quebrada de Sipchoc, en las estaciones seleccionadas, cuya ubicación se muestra en el siguiente cuadro y el cálculo de los caudales se muestra en el anexo.

**Tabla N° 16:
Ubicación de la estación de medición de caudal**

Punto	Coordenadas UTM		Altitud m.s.n.m	Cuerpo de agua
	Este	Norte		
P-1	230079	8925835	3370	Quebrada Sipchoc

El caudal en la época de estiaje fue de 0.0314 m³/s y en la época de lluvias fue de 0.4496 m³/s (cuyos cálculos, se muestran en los anexos).

IV. RESULTADOS

De acuerdo a los objetivos específicos planteados, se presenta a continuación los resultados siguientes:

4.1 Grado de impacto ambiental del riachuelo de la quebrada de Sipchoc.

Para poder establecer el grado de impacto ambiental, se ha establecido rangos, descritos en la siguiente tabla.

Tabla N° 17:
Criterio de grado de impacto ambiental

Nivel	Indicador Parámetro
Bajo	Cuando el valor obtenido se encuentre por debajo del 15% del valor límite máximo permisible LMP según DS N 002-2008-MINAM
Moderado	Cuando el valor obtenido se encuentre entre el rango de +15%LMP y -15%LMP según DS N 002-2008-MINAM
Alto	Cuando el valor obtenido se encuentra por encima del 15% del LMP según DS N 002-2008-MINAM

Fuente: Aliaga, 2010. Tesis "Situación ambiental del recurso hídrico en la cuenca baja del río Chillón y su factibilidad de recuperación para el desarrollo sostenible". Universidad Nacional de Ingeniería, Lima-Perú.

De los resultados obtenidos por cada parámetro evaluado, se determinará el grado de impacto ambiental.

4.2 Determinación de los Principales elementos contaminantes de las aguas del riachuelo de la quebrada de Sipchoc.

De los resultados obtenidos por cada parámetro evaluado, se ha determinado los elementos contaminantes de las aguas del riachuelo de la quebrada de Sipchoc.

RESULTADOS.

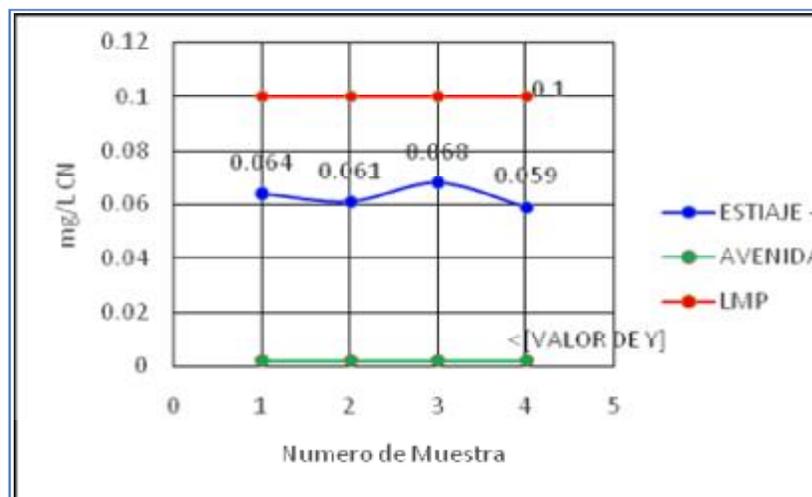
Cianuro

De acuerdo a la información del contenido de Cianuro total (Cuadro N° 01), obtenidos del resultado del análisis químico de las aguas superficiales de la quebrada Sipchoc, por efecto del drenaje de la actividad minera en Huancapetí, es el siguiente:

Cuadro N° 01: Datos de Cianuro total

Parámetros	Cianuro total (mg/L)			
	M01	M02	M03	M04
Estiaje - Mayo	0.064	0.061	0.068	0.059
Avenida - Diciembre	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
LMP	0.1			

Gráfico N° 01: Cianuro total



Fuente: Cuadro N° 01

En el gráfico de concentración de cianuro, se aprecia, que los resultados no superan 0.1 mg/L, valor establecido como límite máximo permisible por estándar nacional de calidad ambiental de agua correspondiente a aguas para riego de vegetales y bebida de animales correspondiente a la clase 3.

(Ministerio del Ambiente del Perú. Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, 2008), donde el registro de concentración de cianuro en épocas de avenida (diciembre) es menor a 0.002 mg/L y de estiaje (mayo) la concentración máxima llega hasta 0.068 mg/L según la muestra tres (M03). También estos valores no superan el valor establecido como LMP de 0.1 mg/L al Cianuro Wad, para bebidas de animales, correspondiente a la clase 3. (Ministerio del Ambiente del Perú, Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, 2008).

Las concentraciones de Cianuros según los análisis de laboratorio, están muy cerca de los valores que causarían daño al ser humano, según los criterios de la OMS con un valor mínimo recomendado de 0,07 mg/L, y de acuerdo a varios estudios los rangos de concentración de Cianuro que estén por encima del límite para la supervivencia de los peces en el agua (Gómez, 2014). De acuerdo a lo anterior, con las concentraciones de cianuro, encontradas en la quebrada de Sipchoc, es casi imposible el desarrollo de la vida acuática en este ecosistema, razón por la cual este impacto se califica de moderado a alto para la vida acuática.

La mayor parte de los alimentos contienen trazas de cianuros, también los peces contienen cianuro debido a que habitan en aguas con contenido de cianuro aun que en pequeñas cantidades, la ingesta aceptable de residuos de cianuro de alimentos que son fumigados por ejemplo es de 0.05mg/kg de peso corporal. (PNUMA / OCAH, 2000).

Los animales absorben muy fácilmente el ion de cianuro y sus efectos son altamente venenosos, esto hace que se incremente el contenido de ácido

láctico del cerebro con pequeñas dosis de cianuro, produciendo un daño irreparable al cerebro aun cuando sus demás partes de su cuerpo no tengan daño alguno.

No se tiene información de los riesgos de este parámetro, en los vegetales, pero siendo el sodio una de las sales conocidas del cianuro, se describe los síntomas típicos, que causan en el agua elevadas concentraciones de cianuro. (PNUMA/OCAH, 2000).

En realidad el parámetro analizado tiene una serie ventajas y/o desventajas. En el primer caso, la ventaja es que se ha estudiado a este elemento a profundidad debido a que no solamente puede ser liberado en cuestiones operativas o por accidente durante el desarrollo de la industria minera, sino que además hoy se sabe que el cianuro también es producido por el cuerpo humano y exhalado en pequeñas concentraciones con cada respiración. La desventaja por la presencia de este elemento en concentraciones excesivas en el ecosistema es tremendamente perjudicial para conservación de plantas, animales, la contaminación del agua y el hombre mismo. Más de mil plantas también lo producen este elemento como el sorgo. La desventaja es que concentraciones relativamente bajas en los cuerpos de agua, suelo, plantas y peces de esta sustancia pueden ser tóxicas para los seres humanos, la flora y la fauna. El cianuro es fuertemente tóxico para los humanos. El cianuro de hidrógeno líquido o gaseoso y las sales alcalinas del cianuro pueden ingresar al cuerpo por inhalación, ingestión o absorción a través de los ojos y la piel. El nivel de absorción de la piel aumenta cuando ésta se encuentra cortada,

deteriorada o húmeda. Las sales de cianuro se disuelven con facilidad y se absorben al entrar en contacto con las membranas mucosas.

El grado de toxicidad del cianuro para los humanos depende del tipo de exposición. Como el cuerpo humano reacciona de formas diversas a una misma dosis, se considera que la toxicidad de una sustancia está expresada como la concentración o dosis que resulta letal para el 50% de los individuos expuestos. (LC50 o LD50). La concentración letal de cianuro de hidrógeno gaseoso (LC50) es de 100-300 partes por millón. La inhalación de esos niveles de cianuro causa la muerte en 10 a 60 minutos, teniendo en cuenta que cuanto más alta es la concentración más rápido se produce la muerte. La inhalación de 2.000 partes por millón de cianuro hidrogenado puede ser fatal en tan solo un minuto. (Oliveros-Bastidas, et.al , 2009).

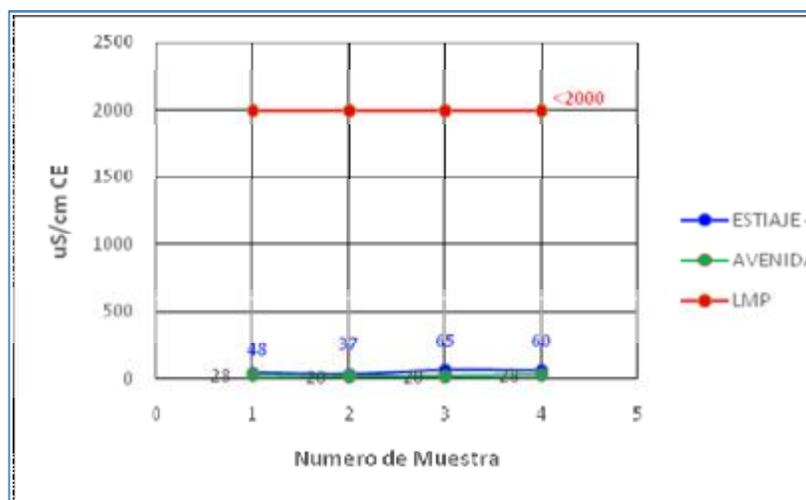
Conductividad eléctrica

CUADRO N° 02: Datos de Conductividad eléctrica obtenidos relacionados a la evaluación del impacto ambiental de las aguas superficiales de la quebrada Sipchoc, por efecto del drenaje de la actividad minera Huancapetí.

Cuadro N° 02: Datos de Conductividad eléctrica

Parámetros	Conductividad eléctrica			
	M 01	M02	M03	M04
Estiaje - Mayo	48	37	65	60
Avenida - Diciembre	28	20	20	28
LMP	<2000			

Gráfico N° 02: Conductividad eléctrica



Fuente: Cuadro N° 02

En el Gráfico de conductividad eléctrica, se observa, que los valores máximos registrados en época de estiaje y avenida son de 65 y 28 uS/cm respectivamente. Estos valores no superan 2000 uS/cm (microsiemens/cm), que viene a ser el valor establecido como límite máximo permisible-LMP por estándar nacional de calidad ambiental de agua correspondiente a aguas para riego de vegetales y bebida de animales- parámetro para riego.

(Ministerio del Ambiente del Perú- Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, 2008).

La ventaja de conocer el nivel de la conductividad eléctrica en medio líquido, permite conocer la relación de la conductividad eléctrica con la presencia de sales en solución, cuya disociación genera iones positivos y negativos capaces de transportar la energía eléctrica si se somete el líquido a un campo eléctrico. Estos conductores iónicos se denominan electrolitos o conductores electrolíticos. Las determinaciones de la conductividad reciben el nombre de determinaciones conductométricas y tienen muchas aplicaciones como, por ejemplo, en el estudio de las basicidades de los ácidos, puesto que pueden ser determinadas por mediciones de la conductividad. La conductividad eléctrica se utiliza para determinar la salinidad (contenido de sales) de suelos y substratos de cultivo, ya que se disuelven éstos en agua y se mide la conductividad del medio líquido resultante. (Tipler, 2004).

Según los resultados obtenidos, esta propiedad del agua no se encuentra alterada negativamente.

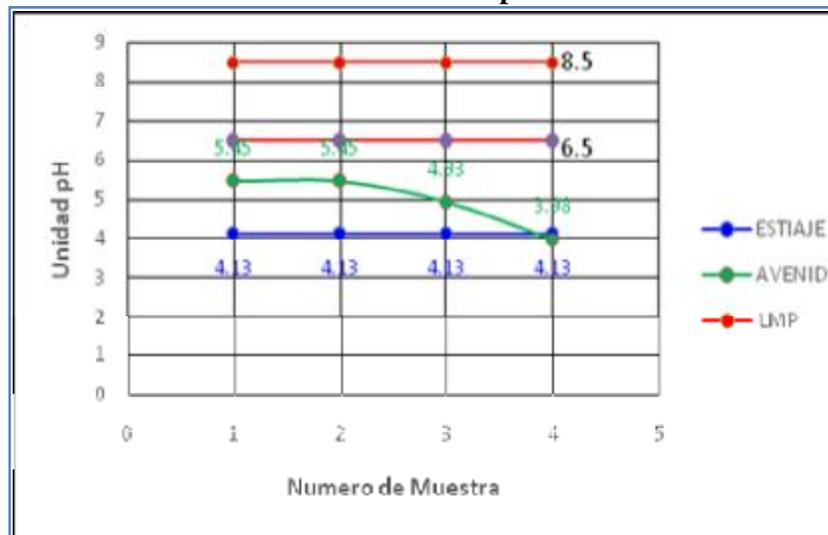
pH

CUADRO N° 03: Datos de pH obtenidos relacionados a la evaluación del impacto ambiental de las aguas superficiales de la quebrada Sipchoc, por efecto del drenaje de la actividad minera Huancapetí.

Cuadro N° 03: Datos de pH

Parámetros	pH (unidad de pH)			
	M 01	M02	M03	M04
Estiaje - Mayo	4.13	4.13	4.13	4.13
Avenida - Diciembre	5.45	5.45	4.93	3.98
LMP	6.5-8.5			

Gráfico N° 03: pH



Fuente: Cuadro N° 03

Con relación al pH, los valores registrados en avenida presentan como dato mínimo 3.98 y máximo 5.45. Los valores registrados en estiaje, para todas las muestras es de 4.13, en ambos casos tanto de avenida como de estiaje los valores se encuentran fuera del rango establecidos como límite máximo permisible- LMP por estándar nacional de calidad ambiental de agua correspondiente a aguas para riego de vegetales y bebida de animales que

viene a ser 6.5 – 8.5. (Ministerio del Ambiente del Perú. Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, 2008).

El anteproyecto de Norma de Calidad para la protección de las aguas continentales superficiales de Chile, en su clase 3, también establece el valor de pH de 6.5 – 8.5, donde especifica que las aguas de esta clase corresponden a la calidad de aguas superficiales adecuadas solo para la captación de aguas para potabilizarlas con tratamiento especial, para riego irrestricto y para la bebida de animales. Los registros del presente análisis de las aguas superficiales de la quebrada Sipchoc en buena cuenta se encuentran fuera de estos límites.

El pH, expresa la intensidad de las condiciones ácidas o básicas del agua en este caso, mediante la concentración del ión hidrógeno. La escala de pH esta de 0 a 14 con 7 como neutralidad, con la acidez por debajo de 7 y la alcalinidad por encima de 7. El pH controla muchas reacciones químicas y la actividad biológica normalmente se restringe a una escala bastante estrecha de pH entre 6 y 8. Las aguas muy ácidas o muy alcalinas son indeseables debido a que son corrosivas o presentan dificultades en el tratamiento (Pérez, 2000).

Los metales pesados presentes naturalmente en las rocas, al entrar en contacto con el agua, son arrastrados río abajo. Este proceso se incrementa debido a la trituración y excavación que deja mayores superficies expuestas. Si bien esta lixiviación de metales puede ocurrir a pH neutro, se acelera cuando el pH baja, es decir con los drenajes ácidos de la minería. (Moran, 2002).

La concentración de iones de Hidrógeno en el agua determina el nivel de pH. Un valor de pH de 7 indica agua "neutral". Con valores menores que 7 son cada vez más ácidas, y con valores mayores que 7 son cada vez más alcalinas. Si el pH es menor que 5.5, puede darse acidosis y una ingesta reducida de alimento en el ganado.

La ventaja de haber realizado el análisis del parámetro de pH es para conocer el valor variable que existe entre 0 y 14 que indica la acidez o la alcalinidad de una solución de agua de riego. Para el caso de las aguas del riachuelo de Sipchoc tienden a la acidez. Y además, conocer que el mantenimiento del pH apropiado en el flujo del riego ayuda a prevenir y conocer las reacciones químicas de fertilizantes en las líneas, que un valor de pH elevado puede causar obstrucciones en los diferentes componentes de un sistema de fertirrigación debidas a la formación de precipitados, que un adecuado pH asegura una mejor asimilabilidad de los diferentes nutrientes, especialmente fósforo y micronutrientes, etc. Simplificadamente, se afirma que las sustancias capaces de liberar iones hidrógeno (H^+) son ácidas y las capaces de ceder grupos hidroxilo (OH^-) son básicas o alcalinas. De este modo, el ácido nítrico, al adicionarlo al agua se ioniza aportando iones hidrógeno o protones a la solución. (Sarabia, et al, 2011).

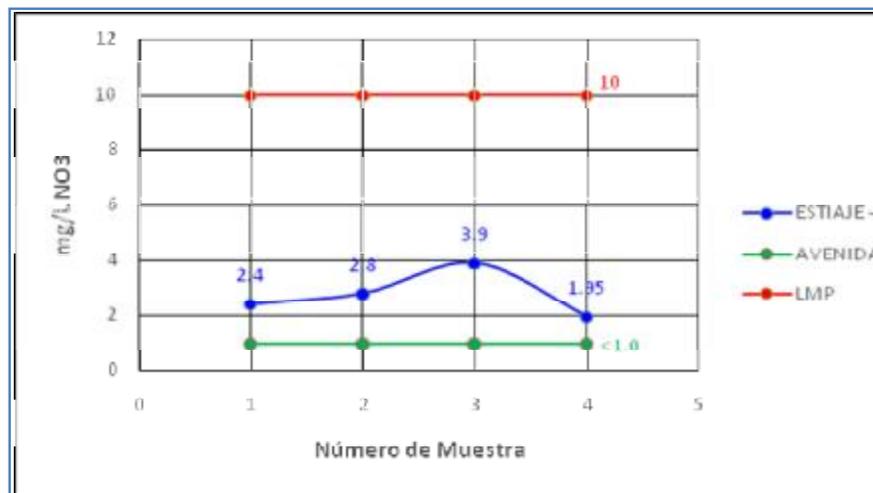
Nitratos

CUADRO N° 04: Datos de Nitratos obtenidos de la evaluación del impacto ambiental de las aguas superficiales de la quebrada Sipchoc, por efecto del drenaje de la actividad minera Huancapetí.

Cuadro N° 04: Datos de Nitratos

Parámetros	Nitratos (mg/L)			
	M 01	M02	M03	M04
Estiaje – Mayo	2.4	2.8	3.9	1.95
Avenida - Diciembre	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
LMP	10			

Gráfico N° 04: Nitratos



Fuente: Cuadro N° 04

En el gráfico de concentración de Nitratos, se observa, que los valores registrados en estiaje y avenida, no supera la concentración de 10 mg/L, el valor establecido como límite máximo permisible por estándar nacional de calidad ambiental de agua correspondiente a aguas para riego de vegetales y bebida de animales-para riego de vegetales (Ministerio del Ambiente - Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, 2008). Siendo concentración

máxima de nitrato 3.9 mg/L en época de estiaje y las concentraciones en época de avenida son menores a 1 mg/L.

Su presencia en el agua se debe a contaminación con materia orgánica en descomposición. El nitrato no es normalmente peligroso para la salud a menos que sea reducido a nitrito (NO₂). Nitrato es una forma de nitrógeno que todas las plantas necesitan para crecer.

La ventaja de haber realizado el estudio del parámetro de Nitrato es principalmente para conocer que el agua con altos niveles de nitratos puede causar problemas agudos en la salud, dependiendo del tiempo de exposición, el LMP del nitrato se basa en los efectos que puede causar en personas altamente sensibles. Hay límite establecido para el consumo de nivel riesgoso. Infantes de 6 meses ó de menos meses, y mujeres embarazadas, deben evitar el consumo de agua con altos niveles de Nitrato. Problemas potenciales serios de salud asociados con el consumo de agua con niveles de Nitrato arriba del LMP, incluye: Los infantes de 6 meses o menos que beban agua con niveles de Nitrato arriba del LMP, pueden enfermarse seriamente, y si no se tratan, pueden morir porque altos niveles de Nitrato interfieren con la habilidad de transportar oxígeno en la sangre, causando lo que se conoce como Metemoglobina (Methemoglobinemia) “síndrome del bebé azul”. Esta enfermedad es aguda y los síntomas aparecen rápidamente en los infantes. Altos niveles de Nitrato también pueden afectar con la habilidad de transportar oxígeno en la sangre en mujeres embarazadas. Concentraciones elevadas fuera del límite tienen efectos carcinogénicos. (CDPH-2011)

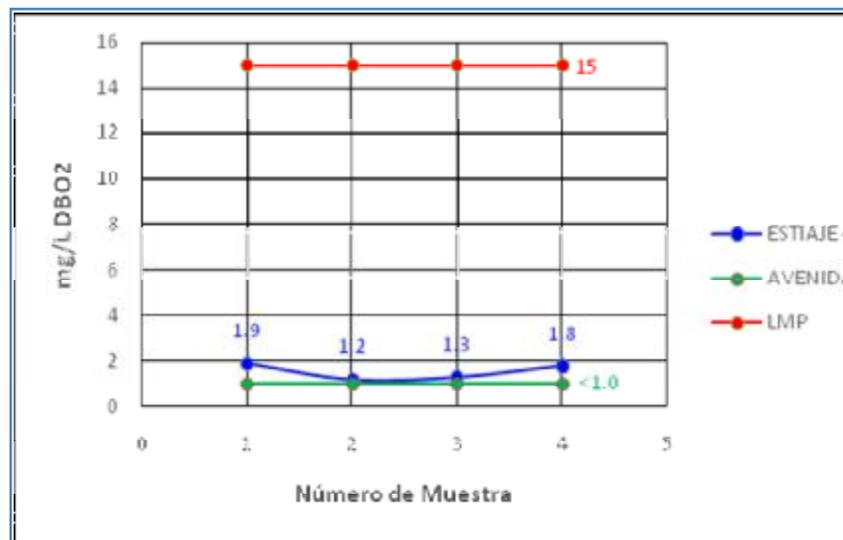
Demanda Bioquímica de Oxígeno

CUADRO N° 05: Datos de Demanda Bioquímica de Oxígeno obtenidos relacionados a la evaluación del impacto ambiental de las aguas superficiales de la quebrada Sipchoc, por efecto del drenaje de la actividad minera Huancapetí.

Cuadro N° 05: Datos de Demanda Bioquímica de Oxígeno

Parámetros	Demanda bioquímica de oxígeno(mg/L)			
	M 01	M02	M03	M04
Estiaje – Mayo	1.9	1.2	1.3	1.8
Avenida - Diciembre	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
LMP	15			

Gráfico N° 05: Demanda Bioquímica de Oxígeno



Fuente: Cuadro N° 05

Del gráfico N° 05, se desprende que los resultados obtenidos del muestreo de la demanda bioquímica del oxígeno, en época de avenida los valores registrados son menores a 0.1 mg/L y en época de estiaje el máximo valor es de 1.9 mg/L, ningunos supera 15 mg/L que viene a ser el valor establecido

como límite máximo permisible por estándar nacional de calidad ambiental de agua correspondiente a aguas para riego de vegetales y bebida de animales- Riego para animales. (Ministerio del Ambiente del Perú-Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, 2008).

La Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), es un indicador de contaminación, es una medida de la cantidad de Oxígeno consumido en el proceso biológico de degradación de la materia orgánica en el agua; un valor elevado de este parámetro indica contaminación de tipo orgánico.

Según la UNESCO (1996), concentraciones de DBO5 menores de 2 mg/l indican aguas poco contaminadas, mientras que valores de DBO5 mayores de 10 mg/L indican aguas impactadas por descargas de aguas residuales, particularmente cerca del punto de vertimiento.

El aumento de la DBO, ocasiona disminución del oxígeno disuelto, afectando la vida acuática. Valores de DBO mayores de 6 ppm indican alta contaminación.

La ventaja de conocer este parámetro es para conocer la cantidad de oxígeno consumido en la eliminación de la materia orgánica del agua mediante procesos biológicos aerobios, se suele referir al consumo en 5 días (DBO5), también suele emplearse, pero menos el (DBO21) de 21 días. Se mide en ppm de O₂ que se consume. En las aguas superficiales es muy variable y dependerá de las fuentes contaminantes aguas arriba. En las aguas residuales domésticas se sitúa entre 100 y 350 ppm. En las aguas industriales puede alcanzar varios miles de ppm, como por ejemplo: fabricación de aceites, alcoholes, industria de la alimentación, etc.

De acuerdo a los resultados obtenidos, mediante la caracterización, se infiere que el agua de la quebrada Sipchoc, no presenta contaminación de tipo orgánico. Este parámetro no supera los valores admisibles para corrientes superficiales.

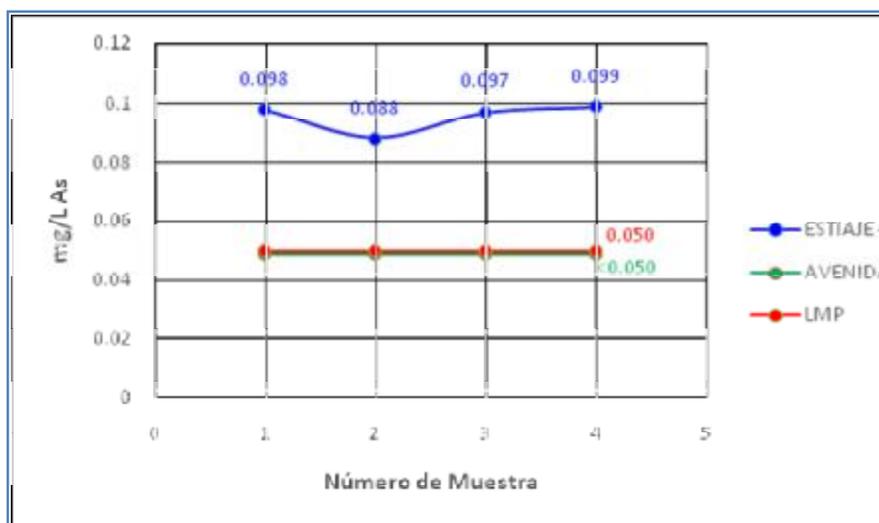
Arsénico total

CUADRO N° 06: Datos de Arsénico total obtenidos de la evaluación del impacto ambiental de las aguas superficiales de la quebrada Sipchoc, por efecto del drenaje de la actividad minera Huancapetí.

Cuadro N° 06: Datos de Arsénico total

Parámetros	Arsénico total (mg/L)			
	M 01	M02	M03	M04
Estiaje – Mayo	0.098	0.088	0.097	0.099
Avenida - Diciembre	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050
LMP	0.050			

Gráfico N° 06: Arsénico total



Fuente: Cuadro N° 06

Del presente gráfico, se aprecia que en el resultado de análisis relacionado al contenido del arsénico total en la época de avenida los valores son menores a 0.05 mg/L, lo cual se encuentra por debajo de 0.05 mg/L valor establecido como límite máximo permisible por estándar nacional de calidad ambiental de agua correspondiente a aguas para riego de vegetales y bebida de animales- riego de vegetales. (Ministerio del Ambiente-Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, 2008). Sin embargo, en la época de estiaje los resultados del análisis del arsénico total presenta como dato mínimo 0.088 mg/L, valor muy superior a 0.05 mg/L valor establecido como límite máximo permisible por estándar nacional de calidad ambiental de agua correspondiente a aguas para riego de vegetales y bebida de animales - Riego de vegetales. (Ministerio del Ambiente-Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, 2008). Por lo tanto se debe realizar más estudios de monitoreo de este lixiviado para establecer su importancia en la agricultura. Aún en concentraciones pequeñas puede acumularse en el organismo y producir intoxicación crónica.

Del mismo modo, en la época de estiaje los resultados del análisis del arsénico total presenta como dato mínimo 0.088 mg/L, y como máximo 0.099 valor muy próximo a 0.1 mg/L, valor establecido como límite máximo permisible por estándar nacional de calidad ambiental de agua correspondiente a aguas para riego de vegetales y bebida de animales - bebida para animales. (Ministerio del Ambiente-Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, 2008).

La ventaja de conocer el análisis de este parámetro es para conocer el nivel de contaminación natural del arsénico por encima de los niveles permitidos y justamente es motivo de preocupación en países como Argentina, Bangladesh, Chile, China o EE UU e incluso el mismo Perú. En España y el resto de la Unión Europea el nivel máximo de arsénico permitido en aguas para consumo humano es de 0,01 mg/L, una cifra que la Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda no superar. En todas las muestras analizadas en la investigación se han detectado menos de 0,05 miligramos de arsénico por litro de agua (destinada al riego, no al consumo).

Riesgos.

Debido a su toxicidad, el arsénico es también un importante contaminador de cultivos, aunque es absorbido por las plantas en concentraciones menores a la de sus suelos. La captación de arsénico es mayor en las raíces, que las semillas y los frutos. En algunos casos, niveles de arsénico tan bajos como 0,7 ppm pueden reducir el rendimiento de los Cultivos en un 50% (Peterson 1980). Para el ganado, la ingestión de arsénico directamente del suelo corresponde a un 60-75 % de la exposición total al arsénico (WHO, 1992).

La exposición prolongada al arsénico en el agua de bebida tiene una relación causal con un aumento de los riesgos de cáncer de piel, de pulmón, de vejiga y de riñón, así como con otros cambios cutáneos, por ejemplo hiperqueratosis y cambios de pigmentación. Estos efectos se han puesto de manifiesto en numerosos estudios utilizando diferentes diseños. Se han observado relación exposición-respuesta y riesgo alto para cada uno de estos efectos finales. Los efectos se han estudiado más detalladamente en Taiwan,

pero también hay un gran número de pruebas de estudios sobre poblaciones en otros países. Se ha notificado un riesgo mayor de cáncer de pulmón y de vejiga y de lesiones cutáneas asociadas con el arsénico en relación con la ingestión de agua de bebida con concentraciones $< 50 \mu\text{g}$ de arsénico/litro (WHO, 1992).

Las conclusiones sobre la causalidad de la relación entre la exposición al arsénico y otros efectos en la salud son menos claras. Las pruebas más convincentes son las relativas a la hipertensión y las enfermedades cardiovasculares, son dudosas para la diabetes e insuficientes para la enfermedad cerebrovascular, los efectos neurológicos prolongados y el cáncer en lugares distintos del pulmón, la vejiga, el riñón y la piel (WHO, 1992).

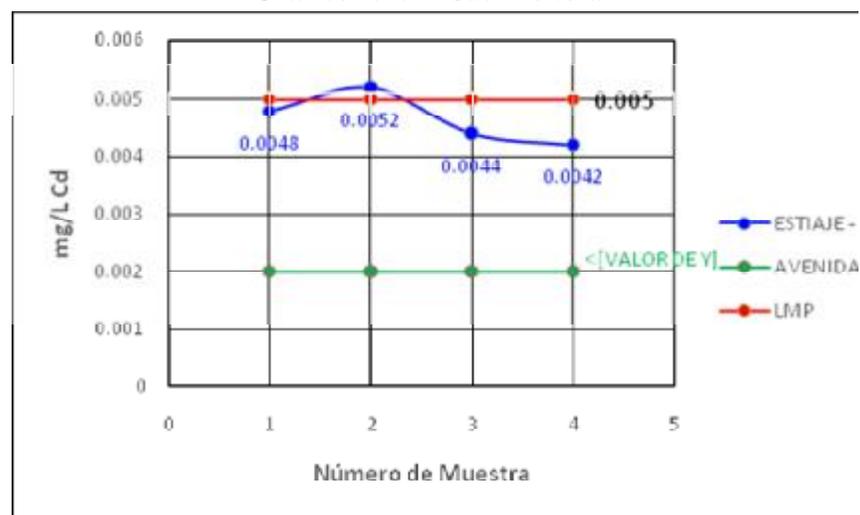
Cadmio Total

CUADRO N° 07: Datos de Cadmio total obtenidos de la evaluación del impacto ambiental de las aguas superficiales de la quebrada Sipchoc, por efecto del drenaje de la actividad minera Huancapetí.

Cuadro N° 07: Datos de Cadmio total

Parámetros	Cadmio total (mg/L)			
	M 01	M02	M03	M04
Estiaje – Mayo	0.0048	0.0052	0.0044	0.0042
Avenida - Diciembre	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
LMP	0.005			

Gráfico N° 07: Cadmio total



Fuente: Cuadro N° 07

Con respecto al cadmio total, se aprecia en el presente gráfico, que los resultados en cuanto al registro de época de avenida los datos son menores a 0.002 mg/L, los cuales se encuentran muy por debajo del LMP establecido Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM , mientras que en época de estiaje el valor máximo es de 0.0052 mg/L este valor supera ligeramente a 0.005 mg/L el valor establecido como LMP por estándar nacional de calidad

ambiental de agua correspondiente a aguas para riego de vegetales y bebida de animales-riego de vegetales. (Ministerio del Ambiente-Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, 2008). Por lo tanto se debe realizar más estudios de monitoreo para establecer el valor preciso.

El cadmio no tiene funciones bioquímicas y nutricionales, y es altamente tóxico tanto para plantas como animales (Alloway, 2000). En humanos y animales, hay una fuerte evidencia de que el riñón es el principal órgano objetivo de la toxicidad del cadmio, después de una extensa exposición.

La ventaja de conocer el contenido de Cadmio es importante, toda vez que puede ser absorbido por las plantas y acumulado en cantidades que pueden entrañar serios riesgos para la salud humana. Su similitud con el Zinc, le permite reemplazarlo, ser absorbido por la planta en su lugar y desempeñar sus funciones. Por su alta toxicidad ocasiona serios trastornos en la actividad enzimática de la planta. Se le atribuye un marcado efecto en la reducción del crecimiento, la extensibilidad de la pared celular, el contenido de clorofila. Todos los efectos negativos varían de una especie a otra. Con relación al efecto del cadmio se presume que la alta afinidad de este elemento con los grupos tilo (-SH) determina serios trastornos en los procesos enzimáticos y en algunos de los procesos metabólicos de las plantas. La contaminación con cadmio reduce el rendimiento de algunas plantas. Al producirse un aumento en los niveles de cadmio en los suelos de 50 ppm, el rendimiento del trigo declinaba en un 25%, y se observaban

pérdidas aún mayores en la productividad cuando el nivel de cadmio aumentaba.

Concentración establecida sobre el contenido de cadmio es principalmente la Canadiense de la Calidad del Agua, establece para aguas de riego una concentración para el Cadmio de 0.01mg/L. La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura- FAO, establece una concentración máxima de 0.01 mg/L para el Cadmio, en aguas destinadas al Riego. (Velásquez, 2007)

Sin embargo en el caso del presente estudio estos valores son superados muy ligeramente, por lo tanto no constituyen riesgos considerables para los cultivos.

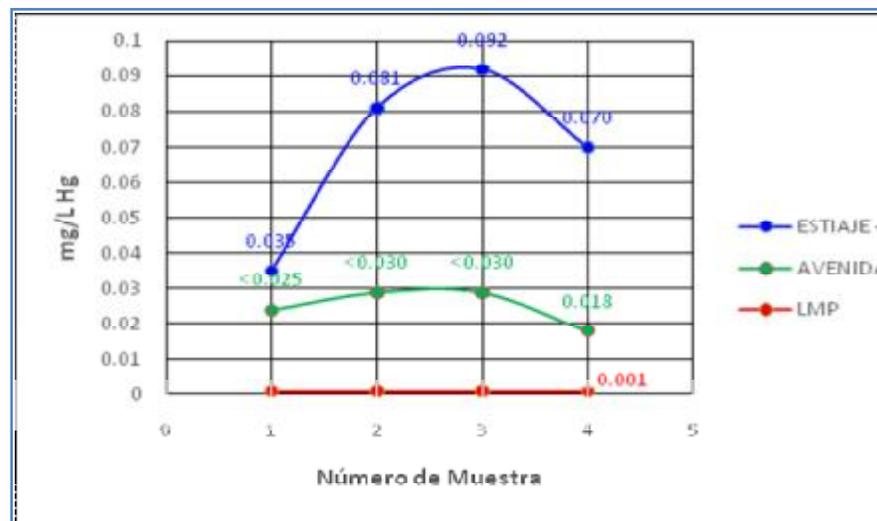
Mercurio Total

CUADRO N° 08: Datos de Mercurio total obtenidos de la evaluación del impacto ambiental de las aguas superficiales de la quebrada Sipchoc, por efecto del drenaje de la actividad minera Huancapetí.

Cuadro N° 08: Datos de Mercurio total

Parámetros	Mercurio total (mg/L)			
	M 01	M02	M03	M04
Estiaje – Mayo	0.035	0.081	0.092	0.070
Avenida - Diciembre	<0.030	<0.030	<0.030	0.018
LMP	0.001			

Gráfico N° 08: Mercurio total



Fuente: Cuadro N° 08

Según el presente gráfico, se desprende, que en el resultado de análisis relacionado al contenido de mercurio total en época de avenida el valor mínimo es de 0.018 mg/L y en la época de estiaje el valor mínimo es de 0.035 mg/L, estos valores superan a 0.001 mg/L valor establecido como LMP por estándar nacional de calidad ambiental de agua correspondiente a

aguas para riego de vegetales y bebida de animales (Ministerio del Ambiente-Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, 2008). Del mismo modo se tiene como valores máximos en época de avenida de 0.030 mg/L y en época de estiaje 0.092 mg/L, valores muy superiores al valor de 0.001 mg/L como LMP, establecido por la normatividad, lo que quiere decir que las aguas de la quebrada en estudio están ligeramente contaminadas con mercurio.

También los valores obtenidos en el análisis de las aguas superficiales de la quebrada Sipchoc supera el LMP establecido por la FAO una concentración de 0.01 mg/L de Mercurio para aguas destinadas a la bebida del ganado.

Desde el punto de vista toxicológico, las formas de mercurio de mayor interés son el mercurio elemental y los compuestos alquimercuriales de cadena corta, estos son más tóxicos que otros derivados del mercurio, se absorben fácilmente, traspasan el tracto gastrointestinal y la placenta, dañan irreversiblemente el sistema nervioso central y una vez que han entrado al organismo, se detoxifican muy lentamente.

El mercurio puede existir en el ambiente natural en el agua superficial en muy bajas concentraciones como resultado de la ruptura de minerales de rocas y suelos a través de la exposición al viento y agua. Sin embargo las concentraciones son altas como consecuencia de aportes contaminantes generados por diversas actividades humanas, entre las que pueden citarse la industria minera, los vertimientos de estas sustancias tóxicas contaminan gravemente la quebrada de Sipchoc y por ende el agua del riachuelo de dicha quebrada. Según los resultados obtenidos en los análisis de

laboratorio, los valores de están por encima de los límites admisibles para corrientes superficiales, por esta razón podríamos considerar este impacto como moderado a severo.

Riesgos.

La ventaja de conocer el contenido de mercurio en el ecosistema es importante toda vez que los compuestos de mercurio que se fabrican para fines agrícolas pasan al ambiente cuando se aplican en forma de fungicidas sobre semillas, raíces, bulbos e incluso sobre la planta misma. El mercurio es un metal no esencial extremadamente toxico, que no tiene función bioquímica o nutricional. Los mecanismos biológicos para su eliminación son pocos, y es el único metal conocido que se biomagnifica, es decir que se acumula progresivamente a través de la cadena alimentaria (WHO, 1989).

El envenenamiento por mercurio se ha convertido en un problema debido a la contaminación a escala global. Los suelos agrícolas se contaminan con derivados orgánicos mercuriales, como consecuencia de la utilización de derivados mercuriales para prevenir la contaminación por hongos de las semillas. La disponibilidad del mercurio en el suelo es baja, sin embargo existe la tendencia de su acumulación en las raíces, indicando una probable barrera para la acumulación de mercurio. Su acumulación en las hojas parece depender de la absorción del mercurio Hg. volatilizado del suelo. Se puede resumir que la acumulación de mercurio depende del grado de contaminación. Su presencia indica contaminación por desechos industriales de plantas de procesamiento de metales, farmacéuticos o químicas, así como por ingreso al sistema acuático de residuos de pesticidas, agrícolas,

herbicidas y fungicidas o compuestos medicinales. Los residuos de compuestos orgánicos como el fenil y el alquil de mercurio, son los que más se encuentran en el agua y tienen aproximadamente idénticas propiedades toxicas que el mercurio elemental y no elemental. (Universidad de los Andes. <http://www.forest.ula.ve> Toxicología Ambiental)

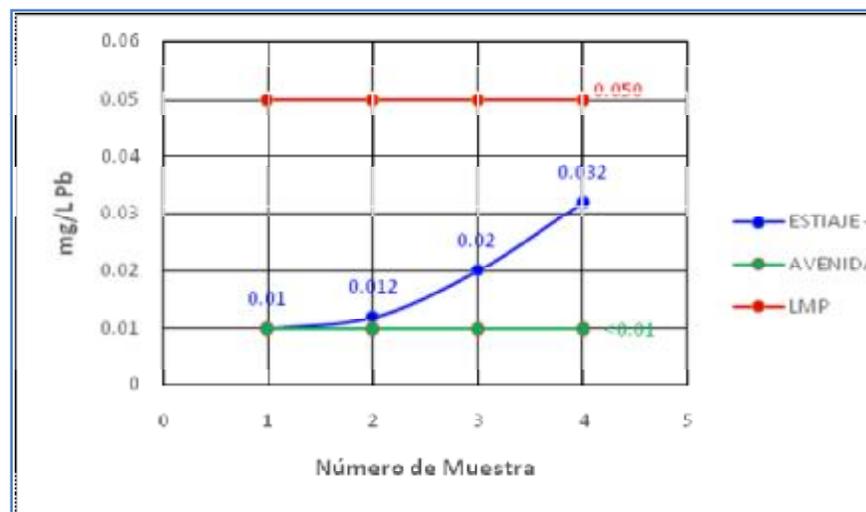
Plomo Total

CUADRO N° 09: Datos de Plomo total obtenidos de la evaluación del impacto ambiental de las aguas superficiales de la quebrada Sipchoc, por efecto del drenaje de la actividad minera Huancapetí.

Cuadro N° 09: Datos de Plomo total

Parámetros	Plomo total (mg/l)			
	M 01	M02	M03	M04
Estiaje – Mayo	0.01	0.012	0.02	0.032
Avenida - Diciembre	0.01	0.01	0.01	0.01
LMP	0.050			

Gráfico N° 09: Plomo total



Fuente: Cuadro N° 09

En el presente gráfico, se aprecia, el resultado del contenido de plomo total en la época de avenida es menor a <0.01 mg/L y en la época de estiaje el resultado máximo del contenido del plomo total es 0.032 mg/L, estos valores no superan a 0.050 mg/L valor establecido como LMP por estándar nacional de calidad ambiental de agua correspondiente a aguas para riego de vegetales y bebida de animales (Ministerio del Ambiente-Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, 2008). También los valores de análisis se encuentran por debajo del límite establecido por La FAO una concentración de 0.1 mg/L de Plomo para aguas destinadas a la bebida del ganado.

No es aconsejable usar el agua que lo contenga aun en las más pequeñas cantidades. Su presencia se debe generalmente a la contaminación ambiental o por el uso de las cañerías de plomo.

Los síntomas que produce son anorexia, adelgazamiento progresivo, depresión, debilidad muscular, postración y constipación. Los animales vagan, rechinan los dientes, sufren cólicos y convulsiones.

Riesgos

Cuando el plomo se libera al ambiente tiene un largo tiempo de residencia en comparación con la mayoría de los contaminantes. Como resultado tiende a acumularse en tierra y sedimentos. Ahí debido a su baja solubilidad, puede permanecer accesible a la cadena alimentaria y al metabolismo humano por mucho tiempo. Dos estados de oxidación del plomo, +2 y +4, son estables, pero la química ambiental está dominada por el ión Pb^{+2} , sus compuestos y complejos. En general el ion libre +2 es mas toxico que los complejos inorgánicos, y por tanto cualquier factor que aumente la

complicación y disminuya la concentración del ion libre afectara inversamente su toxicidad. El plomo tiende a formar compuestos con aniones que posean baja solubilidad, como, los hidróxidos, carbonatos y fosfatos. Por tanto la cantidad de plomo remanente en solución en las aguas superficiales (también dependiente del pH y salinidad), es generalmente bajo. La mayor parte del plomo se mantiene retenido fuertemente y muy poco se transporta hacia aguas superficiales o subterráneas. Sin embargo la entrada a aguas superficiales como resultado de la erosión de las partículas de tierra que contienen plomo, o mediante la conversión a un sulfato relativamente soluble en la superficie de la tierra / sedimento, puede ocurrir. Igualmente es posible el movimiento de plomo desde la tierra hasta cuerpos de agua subterránea por lixiviación (USPHS, 1997). El plomo puede inhibir el crecimiento celular de plantas a concentraciones muy altas de lo establecido. En estudios recientes sobre el uso de las aguas residuales han indicado que el 85 % de los oligoelementos (cadmio, cromo, plomo y zinc etc.) .Aplicados se acumulan en el suelo y que la mayoría de ellos se acumulan en los primeros centímetros. Además la absorción de estos elementos por las plantas es tan pequeña, que no se puede esperar que reduzca apreciablemente su acumulación en los suelos, en un tiempo razonable. Concentración establecida por otros países de la región o guías internacionales La Guía Canadiense de la Calidad del Agua, establece una concentración de Plomo de 0.2 mg/l para aguas destinadas al riego. La FAO, establece una concentración de 5 mg/L de Plomo para aguas destinadas al riego. (<http://www.greenpeace.org.ar/media/informes/2310.pdf>)

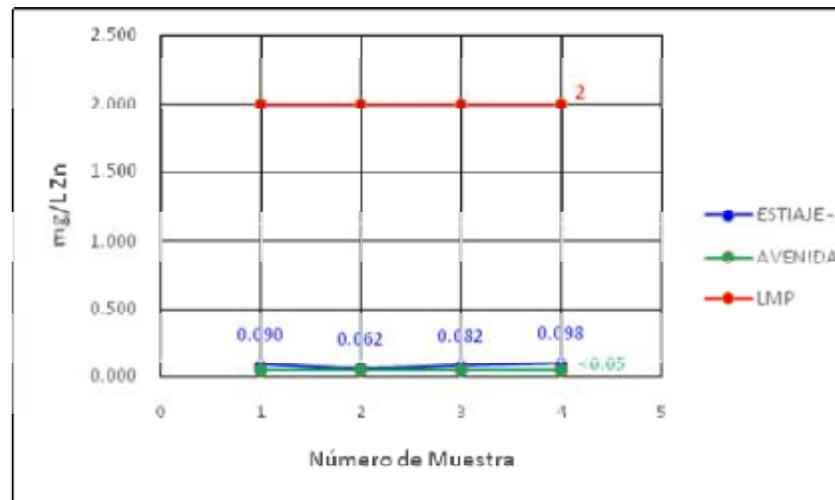
Zinc Total

CUADRO N° 10: Datos de Zinc total obtenidos de la evaluación del impacto ambiental de las aguas superficiales de la quebrada Sipchoc, por efecto del drenaje de la actividad minera Huancapetí.

Cuadro N° 10: Datos de Zinc Total

Parámetros	Zinc total (mg/L)			
	M 01	M02	M03	M04
Estiaje – Mayo	0.090	0.062	0.082	0.098
Avenida - Diciembre	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
LMP	2			

Gráfico N° 10: Zinc Total



Fuente: Cuadro N° 10

En el gráfico, se observa, que los datos registrados del contenido de zinc total en las aguas superficiales de la quebrada Sipchoc, no superan el valor de 2 mg/L, valor establecido como LMP por estándar nacional de calidad ambiental de agua correspondiente a aguas para riego de vegetales y bebida de animales (Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM). Siendo los registros

de la época de avenida menores a 0.05 mg/L y en la época de estiaje registro máximo es de 0.098 mg/L.

Riesgos

En altas concentraciones reduce el crecimiento de la planta y provoca acumulaciones indeseables en los tejidos. De acuerdo a las investigaciones realizadas se reconoce que el Zinc se acumula y irreversiblemente en el suelo. Por ello, las aplicaciones en exceso de lo requerido por las plantas, eventualmente llegan a contaminar los suelos, los cuales pueden convertirse en suelos no productivos o producir cosechas inaceptables. Los estudios en plantas han demostrado que aunque sea un elemento esencial para las plantas en altas concentraciones el zinc puede ser considerado como fitotóxico, afectando directamente la producción de cultivos y fertilidad del suelo. Las concentraciones en los suelos que varían entre 70-400 mg/Kg. se clasifican como críticas, arriba de las cuales la toxicidad es considerada como probable (Alloway, 1990). Concentraciones establecidas sobre este parámetro de la Calidad del Agua, establece para aguas de riego una concentración de 1 mg/L para el Zinc en suelos con pH < 6.5 y 5 mg/L en suelos con pH > 6.5. La FAO, establece una concentración de 2 mg/L de Zinc, para aguas destinadas al riego. La viruta de zinc utilizada en la precipitación del mineral, ocasiona liberación de metales, generando aguas ácidas, disminuyendo la probabilidad de supervivencia de vida acuática.

<http://www.greenpeace.org.ar/media/informes/2310.pdf>

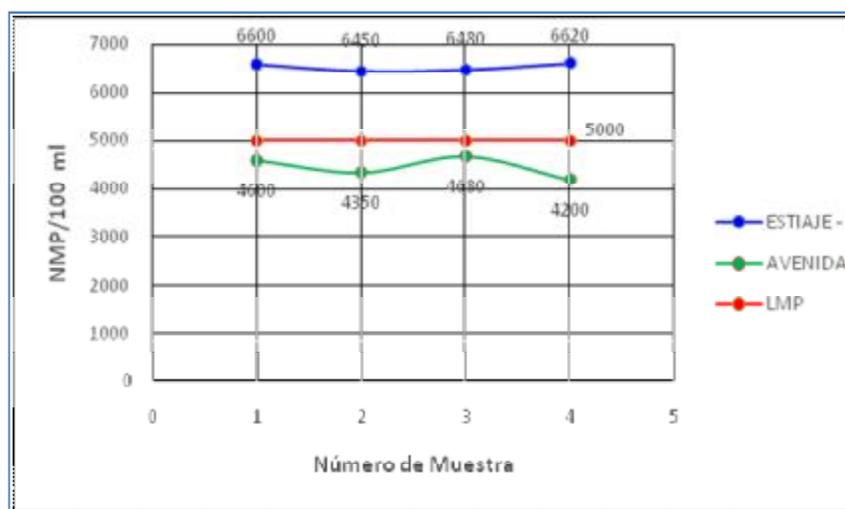
Coliformes Totales

CUADRO N° 11: Datos de Coliformes totales obtenidos de la evaluación del impacto ambiental de las aguas superficiales de la quebrada Sipchoc, por efecto del drenaje de la actividad minera Huancapetí.

CUADRO N° 11: Datos de Coliformes totales

Parámetros	Coliformes (NMP/100 ml)			
	M 01	M02	M03	M04
Estiaje – Mayo	6600	6450	6480	6620
Avenida - Diciembre	4600	4350	4680	4200
LMP	5000			

Gráfico N° 11: Coliformes totales



Fuente: Cuadro N° 11

En el presente gráfico, se observa que en la época de avenida la concentración de coliformes totales máximo es de 4680 NMP/ 100 ml, cifra que se encuentra por debajo de 5000 NMP/ 100 ml valor establecido como LMP por estándar nacional de calidad ambiental de agua correspondiente a aguas para riego de vegetales y bebida de animales (Decreto Supremo N°

002-2008-MINAM). Sin embargo, en la época de estiaje la concentración mínima de coliformes totales es de 6450 NMP/100 ml, cifra superior a 5000 NMP/ 100 ml valor establecido como LMP por estándar nacional de calidad ambiental de agua correspondiente a aguas para riego de vegetales y bebida de animales (Ministerio del Ambiente-Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, 2008), constituyendo por lo tanto mala calidad de agua para riego debido a que los patógenos pueden penetrar y desarrollar en la superficie o al interior de la planta, además constituye una amenaza para la salud pública en caso de consumirlo crudo en este caso desarrollaría una infección debido a la presencia potencial de patógenos; puede dar lugar a bio-fouling (bioincrustación o incrustación biológica es la acumulación de microorganismos, plantas, algas, o animales en las superficies mojadas. Tal acumulación se conoce como epibiosis cuando la superficie de acogida es otro organismo y la relación no es parasitaria).

Riesgo

La contaminación por microorganismos puede acarrear graves problemas no solamente a la salud de las plantas y animales sino también a la del hombre, consumidor de ellos. La presencia de microorganismos debe vigilarse particularmente en los cultivos en que las raíces o las extremidades de los vegetales son consumidas por el hombre o los animales. Los criterios microbiológicos de calidad de agua son de gran importancia para el riego de productos frescos, frutas, hortalizas y productos de exportación. Para asegurar la calidad del agua para el riego de vegetales de consumo crudo, no

deben contener microorganismos patógenos, de esta manera se asegura la salud de la población.

Concentración establecida en guías internacionales: La Guía Canadiense de la Calidad del Agua, establece para las aguas destinadas al riego una concentración 100 coliformes termotolerantes por 100 ml y 1000 coliformes totales por 100 ml. La Ley General de Aguas establece una concentración de 5,000 por 100 ml, para coliformes totales y 1000 por 100 ml para coliformes termotolerante en aguas destinadas al riego de vegetales de Consumo Crudo y bebida de animales, correspondiente a la clase III. (<http://www.greenpeace.org.ar/media/informes/2310.pdf>)

4.3 Propuesta de mitigación de impactos ambientales.

4.3.1 Aspectos generales

Debido a que se ha identificado en el capítulo anterior a los iones metálicos contaminantes que requieren ser tratados para mejorar la calidad del agua son: Arsénico, Cadmio, Mercurio, Cianuro, Mercurio, Plomo y Zinc; por lo cual se ha realizado la identificación de la tecnología más conveniente para el tratamiento de efluentes mineros que permita obtener aguas de buena calidad, a fin de que puedan ser utilizadas sin ningún riesgo para fines de riego de vegetales y bebida de animales cumpliendo así las exigencias de la normatividad ambiental en lo que respecta a la calidad del agua. Luego de la revisión y análisis de las diferentes tecnologías disponibles para el tratamiento de descontaminación de agua por

metales, se ha seleccionado a la tecnología HDS (Lodos de Alta Densidad) por ser una tecnología que se usa en el mundo para el tratamiento de metales de plomo, cadmio, arsénico, manganeso y hierro, ya que representa la mejor tecnología convencional disponible para el tratamiento de efluentes mineros; y asimismo presenta un nivel de eficiencia que permite obtener efluentes con las mínimas concentraciones de metales permitiendo que su descarga al cuerpo receptor no ocasione ningún efecto adverso en los componentes del ecosistema, permitiendo así cumplir con los estándares fijados por las actuales exigencias de la normativa ambiental. La tecnología HDS, tiene como base de su proceso la adición de cal a lodos recirculados con la finalidad de incrementar el pH para generar condiciones necesarias que permitan la densificación del lodo, convirtiéndolo en un material denso, granular, de libre drenaje, con una viscosidad relativamente baja; mediante reacciones de neutralización, oxidación y precipitación producidas en los tanques reactores. Algunas de las características importantes de esta tecnología son las siguientes:

- § HDS, remueve los metales de una forma química estable.
- § La remoción de las concentraciones de metales presentes en el efluente (tanto disueltos como totales) se efectúa mediante reacciones de neutralización.
- § La generación de un lodo denso garantiza que el sistema tenga una elevada carga de sólidos, lo que ayuda a la coprecipitación

de metales para producir un efluente con concentraciones de metales muy bajas.

§ La presencia de fierro y manganeso en el efluente ayuda al proceso mediante la coprecipitación de otros metales hasta obtener concentraciones bajas de arsénico, cadmio y zinc.

En el artículo científico de Helen Calla LLontop y Carlos Cabrera Carranza, de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, publicada en la Revista del Instituto de Investigaciones FIGMMG Vol. 13, N.º 25, 87-94 (2010) UNMSM ISSN: 1561-0888 (impreso)/1628-8097 (electrónico), titulado “Calidad del agua en la cuenca del río Rímac, sector de San Mateo, afectado por las actividades mineras”, concluye: De la identificación de tecnologías disponibles sobre el tratamiento de efluentes mineros, se ha obtenido que la tecnología HDS – Lodos de Alta Densidad es la que garantiza obtener efluentes que cumplan las actuales exigencias de la normativa ambiental, de acuerdo a su aplicación demostrada tanto nacional como internacionalmente en el tratamiento de efluentes con criterios de descarga a niveles de estándares de calidad ambiental, los cuales son los más óptimos para garantizar el cuidado y la protección de la calidad del agua de los cuerpos receptores.

La propuesta de aplicación de la tecnología seleccionada (HDS), se da en razón a los resultados de calidad de agua, en la que se ha observado que hay un mayor incremento en las concentraciones de los metales en las aguas del riachuelo de la quebrada Sipchoc,

basada en la caracterización del efluente, la que tiene como objetivo mejorar el sistema de tratamiento de efluentes mineros beneficiando así el equilibrio ecológico y la calidad de las aguas del riachuelo de la quebrada Sipchoc.

4.3.2 Propuesta de aplicación de la tecnología HDS

Objetivo General

Reducir las concentraciones de los elementos metálicos: Arsénico, Cadmio, Mercurio y Fierro en las aguas del riachuelo de la quebrada Sipchoc.

Objetivo Específico

- Mejorar el actual sistema de tratamiento de efluentes mineros de Compañía Minera Huancapeti,
- La incorporación del tratamiento de los vertimientos permitirá descargar efluentes tratados o descontaminados.

4.3.3 Caracterización del Efluente

El efluente resultante en las aguas del riachuelo de la quebrada Sipchoc, se caracteriza por tener un pH ácido que oscilan entre 3.98 a 5.45 unidades de pH.

Con relación al pH, los valores registrados en avenida presentan como dato mínimo 3.98 y máximo 5.45. Los valores registrados en estiaje, para todas las muestras es de 4.13; en ambos casos tanto de avenida como de estiaje los valores se encuentran relativamente cerca de los valores establecidos como límite máximo permisible por estándar nacional de calidad ambiental de agua correspondiente a

aguas para riego de vegetales y bebida de animales (Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM) que viene a ser 6.5 – 8.5 unidades de pH.

4.3.4 Caudal del Efluente

Se ha tomado como referencia el caudal promedio del efluente de 40 m³/h, como medida de seguridad a ser considerada en el diseño de la planta de tratamiento asumiendo este valor como máxima cantidad de agua que debe ser tratada por hora.

4.3.5 Criterios de Descarga de la Planta de Tratamiento

Los criterios de descarga que deberá cumplir la planta de tratamiento serán los Estándares Nacionales de Calidad de Agua para la Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales, ya que el efluente resultante descarga sobre las aguas del riachuelo de la quebrada de Sipchoc.

4.3.6 Costo Estimado

a) Costos de Capital

El costo de capital incluye los costos para la construcción, instalación y puesta en marcha de la planta de tratamiento HDS.

El costo de capital ha sido obtenido tomando como referencia los costos obtenidos de la construcción de la planta de tratamiento HDS para la Refinería de Zinc de Cajamarquilla, la cual trabajó con un flujo de diseño de 100 m³/h; por lo cual este costo ha sido actualizado y ajustado a las condiciones y requerimientos del

efluente en estudio, dando un costo aproximado de 1 millón de dólares como máximo para un flujo promedio de 40 m³/h.

b) Costos de Operación

Los costos de operación están basados en la funcionalidad de la planta de tratamiento en donde se incluye los gastos indispensables tales como consumo de cal, consumo de floculante y generación de lodos; que dan un valor aproximado de US\$ 125 279.35 anuales. Para la obtención de los costos de operación, se ha tomado como referencia los criterios de diseño y los costos aproximados de operación del Estudio de Factibilidad de la Planta de Tratamiento de Aguas Ácidas del Túnel Kingsmill; los cuales han sido ajustados a las condiciones y requerimientos del efluente de estudio. (Ver anexo).

Por lo señalado, se presenta una propuesta técnica económica basada en la aplicación de la tecnología HDS – Lodos de Alta Densidad para el tratamiento del efluente final de Compañía Minera Huancapeti por ser la mejor tecnología usada para el tratamiento de efluentes mineros con contenido de plomo, cadmio, arsénico, manganeso y fierro, y porque presenta un nivel de eficiencia que permite obtener efluentes con las mínimas concentraciones de metales a fin de reducir las concentraciones de los elementos metálicos en las aguas del riachuelo de la quebrada Sipchoc, beneficiando así el equilibrio ecológico y la calidad de las aguas del riachuelo de esta quebrada.

V. DISCUSIÓN

5.1. Con relación a los antecedentes

En general, las concentraciones de los parámetros evaluados en las aguas del riachuelo de la quebrada Sipchoc que sobrepasan los límites máximos permisibles identificados son arsénico, cadmio, mercurio y coliformes. En el trabajo de Investigación desarrollado, se ha empleado como guía lo establecido en el documento “Protocolo de Monitoreo de Calidad de Agua del Ministerio de Energía y Minas” (MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS, 1994). Así como también la Guía para la Evaluación de Impactos en la Calidad de las Aguas Superficiales por Actividades Minero Metalúrgicas (MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS, 2007), mediante el cual se presenta los resultados de la investigación

Por otra parte observamos de los resultados obtenidos se ha podido determinar el nivel de impacto ambiental de las aguas superficiales de la quebrada de Sipchoc generada por las descargas de los efluentes de la actividad minera en el año 2014 es de nivel **Bajo**, ocasionada por algunos metales evaluados (según los LMP, establecidos en la normatividad) y de nivel **Moderado-alto**, ocasionada por algunos metales evaluados, superando los límites máximos permisibles (LMP) fijados por la normatividad peruana, tal es el caso del arsénico (0.088 mg/L, valor muy superior a 0.05 mg/L LMP) del cadmio (0.0052 mg/L este valor supera ligeramente a 0.005 mg/L que el LMP), mercurio (en estiaje tiene un valor de 0.035 mg/L, superan a 0.001 mg/L al LMP), coliformes (en la época de estiaje la concentración es

de 6,450 NMP/100 ml, cifra superior a 5000 NMP/ 100 ml valor establecido como LMP). Cabe indicar que el resto de elementos analizados no sobrepasan los LMP.

Esta metodología empleada es corroborada con los resultados obtenidos por Helen Calla LLontop (2010), en su Tesis “Calidad del agua en la cuenca del río Rímac, sector de San Mateo, afectado por las actividades mineras”, concluye: El análisis de la evolución de la calidad del agua de los últimos diez años demuestra que ha habido una reducción considerable en la concentración de los iones metálicos en las aguas del río Rímac, debido a la puesta en práctica de técnicas de tratamiento; sin embargo estas no han permitido precipitar los iones metálicos, ya que el análisis de calidad del agua del año 2008 demuestra que aún existen elementos como el plomo, cadmio, arsénico, manganeso y fierro que requieren la aplicación de técnicas de tratamiento correctivas para poder cumplir las nuevas exigencias establecidas en los estándares nacionales de calidad ambiental del agua en lo que respecta al uso del riego de vegetales y bebida de animales, lo cual exige un mayor control y vigilancia por parte de la Dirección General de Salud Ambiental – DIGESA, como organismo encargado de la vigilancia de los recursos hídricos del Perú, así como de una fiscalización más exhaustiva por parte de la autoridad competente en lo referente a la implementación y mejoras de los sistemas de tratamientos de efluentes mineros, los cuales son fuentes de vertimiento que influyen directamente sobre la calidad de las aguas del río Rímac con la finalidad de poder cumplir los objetivos nacionales de conservación del recurso hídrico.

Asimismo, la metodología empleada en el desarrollo del trabajo de investigación es corroborada por la Tesis de Segundo Rolando Alvites Vigo (2008), titulada “Evaluación de la contaminación debido a la presencia de metales pesados: arsénico, cadmio, cromo, mercurio y plomo en las aguas del río Huaura y Plan de Manejo Ambiental”. concluye: que las aguas del río Huaura no se encuentran con contenidos altos de metales pesados, sobre todo para las aguas de la clase III que son para regadío. Se recomienda analizar las aguas en lo refiere las aguas de clase III frente a estos metales, pero con mayor frecuencia, para poder ver si es posible la presencia en concentrados mayores a los establecidos por los dispositivos legales al respecto. En cuanto a las aguas de clase I que es para consumo doméstico, se puede afirmar de acuerdo a los contenidos de que algunos elementos tal es caso de cadmio, sobrepasa a los LMP en el punto A 0.04mg/lit.

Del mismo modo, la metodología empleada en el trabajo de investigación, es corroborada de acuerdo a la Tesis de Johanna Díaz Álvarez. (2013), titulada “Tratamiento biológico como alternativa para disminuir el impacto ambiental ocasionado por el drenaje ácido, generado por la actividad minera en el municipio de Marmato-Caldas”.; concluye: Los resultados de los análisis de las aguas de la mina cascabel en la zona de Marmato demuestran que existe presencia de metales como aluminio, arsénico, cadmio, manganeso, mercurio y zinc, que sobrepasan los límites permitidos por las normas establecidas por el Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible, los cuales están siendo liberados a las aguas de la quebrada cascabel. De acuerdo a los niveles encontrados de pH, metales y sulfatos que en ciertas

cantidades actúan como contaminantes, se puede concluir que el agua de la mina Cascabel está generando contaminantes al ambiente, al suelo y a las aguas. Aun sin estar en funcionamiento, esta mina presenta un riesgo elevado de contaminación ya que sus aguas no han sido tratadas antes de realizar el vertimiento.

Así mismo, los resultados obtenidos en el trabajo de investigación de acuerdo a la metodología empleada, son corroboradas según el artículo científico de Núñez Aylas Miguel Anthony, Benites Alfaro Elmer y Zevallos León Máximo (2014), titulada “Evaluación de la calidad del agua asociado al drenaje ácido de mina (DAM), en el río Yauli en época de estiaje distrito de Yauli- Junín, 2013”; concluye: Se evaluó la calidad del agua del río Yauli determinando iones metálicos de hierro en las aguas del río Yauli como producto del drenaje ácido de mina (DAM) de los relaves y pasivos producto de la actividad minera en el distrito de Yauli, por lo que se requiere la aplicación de técnicas de tratamiento preventivo y correctivo para poder cumplir con los estándares de calidad ambiental para agua en lo que respecta a la Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales. Se ha establecido que en el periodo de estiaje en que se realizó el estudio (Julio a Septiembre), la evaluación de la calidad ambiental del río Yauli–Junín dio como resultado alta concentraciones de hierro y baja concentración de cobre. En el primer caso supera los niveles de los ECAS para agua en su categoría 3 y en el otro caso está por debajo de lo establecido por dicha norma. Ambas cantidades de metales a pesar de ser mínimo en su concentración, son perjudiciales a la salud de las personas y animales, por la

propiedad de sinergia que ocurre entre estos metales pesados. Se establece en consecuencia que la calidad del agua del río Yauli supera los valores establecidos en los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua que se establece con el D.S. N°002-2008-MINAM., con lo que se concluye que dichas aguas no cumplen con las condiciones salubres para ser utilizadas por la población y animales aledañas.

En el trabajo de Investigación desarrollado, como alternativa de solución para la mitigación de impactos ambientales en las aguas de la quebrada de Sipchoc, contempla la propuesta de implantar o mejorar tecnología HDS (Lodos de Alta Densidad) por ser una tecnología que se usa en todo el mundo para el tratamiento de metales de plomo, cadmio, arsénico, manganeso y fierro, ya que representa la mejor tecnología convencional disponible para el tratamiento de efluentes mineros; y asimismo presenta un nivel de eficiencia que permite obtener efluentes con las mínimas concentraciones de metales permitiendo que su descarga al cuerpo receptor no ocasione efecto adverso en los componentes del ecosistema, permitiendo así cumplir con los estándares fijados por las actuales exigencias de la normativa ambiental. Esta propuesta es respaldada por Helen Calla LLontop y Carlos Cabrera Carranza, (2010), en su artículo científico titulado “Calidad del agua en la cuenca del río Rímac, sector de San Mateo, afectado por las actividades mineras”, en la que concluye: De la identificación de tecnologías disponibles sobre el tratamiento de efluentes mineros, se ha obtenido que la tecnología HDS – Lodos de Alta Densidad es la que garantiza obtener efluentes que cumplan las actuales exigencias de la

normativa ambiental, de acuerdo a su aplicación demostrada tanto nacional como internacionalmente en el tratamiento de efluentes con criterios de descarga a niveles de estándares de calidad ambiental, los cuales son los más óptimos para garantizar el cuidado y la protección de la calidad del agua de los cuerpos receptores.

Finalmente consideramos que esta investigación es un aporte como fuente de información que permitirá contribuir a futuras investigaciones y establecer nuevas propuestas técnicas para el tratamiento del efluente final, a fin de reducir las concentraciones de los elementos metálicos en las aguas superficiales por la actividad minera sin sobrepasar los límites máximos permisibles.

5.2. Con relación al contenido de Cianuro

Si bien es cierto que de acuerdo a los resultados del análisis físico químico del agua de riego de la quebrada Siphoc (Gráfico N° 1) la concentración de cianuro, que se ha encontrado no superan 0.1 mg/L valor establecido como límite máximo permisible por estándar nacional de calidad ambiental de agua correspondiente a aguas para riego de vegetales y bebida de animales (Ministerio del Ambiente-Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, 2008), donde el registro de concentración de cianuro en épocas de avenida es menor a 0.002 mg/L y de estiaje la concentración máxima llega hasta 0.068 mg/L según la muestra tres (M03). También estos valores no superan el valor establecido por la Ley General de Aguas que viene a ser de 0.1 mg/L al cianuro WAD, para Aguas de riego de vegetales de Consumo Crudo y bebida de animales, correspondiente a la clase 3. Sin embargo a

pesar que en los resultados de los análisis físico químico de la presente investigación no se han encontrado altos niveles de concentración de Cianuro es conveniente relacionar lo que indica Oyarzún, (2006), que las alteraciones en la dinámica fluvial, variación de la calidad del agua y la contaminación por metales como el cianuro y otros metaloides, coloides en suspensión, en especies en disolución: uno de los procesos más relevantes para la movilización de metales desde la fase sólida es el (“acid mine drainage”, AMD), además de los procesos de metalurgia por lixiviación y cianuración. La contaminación por metales pesados y metaloides, se puede producir en cualquier momento ya sea al agua, suelo o especies vegetales.

Según indica Zeoanez, (1999), el cianuro es producido por el cuerpo humano y exhalado en pequeñas concentraciones con cada respiración. Concentraciones relativamente bajas de esta sustancia pueden ser tóxicas para los seres humanos, la flora y la fauna. El cianuro es fuertemente tóxico para los humanos. El cianuro de hidrógeno líquido o gaseoso y las sales alcalinas del cianuro pueden ingresar al cuerpo por inhalación, ingestión o absorción a través de los ojos y la piel. El nivel de absorción de la piel aumenta cuando ésta se encuentra cortada, deteriorada o húmeda. Las sales de cianuro se disuelven con facilidad y se absorben al entrar en contacto con las membranas mucosas.

Al respecto también es preciso indicar que la extracción del oro usando como reactivo el cianuro (también conocida como el proceso de cianuro o el proceso de MacArthur-Forrest, es una técnica metalúrgica para la extracción de oro del mineral, que busca convertir el oro (insoluble en

agua) en aniones metálicos complejos de aurocianida, solubles en agua. Es el proceso más comúnmente utilizado para la extracción de oro. Debido a la naturaleza venenosa y altamente contaminante del cianuro, el proceso es muy controvertido y su uso está restringido y en muchos países está prohibido su uso a nivel de la industria minera, (Directiva de la Unión Europea 2006/21/EC, 2006.) Sin embargo en su lugar utilizan hoy en día un circuito de desintoxicación Inco SO_2 /aire para convertir el cianuro al mucho menos tóxico cianato antes de que los residuos se viertan a una balsa. Normalmente, este proceso envía golpes de aire comprimido a través de las colas, mientras se agrega cal metabisulfito de sodio (el cual libera SO_2) para mantener el pH en torno al 8,5, y el sulfato de cobre como catalizador, si no hay suficiente cobre en el mineral. Esto puede reducir las concentraciones de cianuro Ácido Débil Disociable por debajo de los 10 ppm como ordena la Directiva de Residuos de Minería (Mining Waste Directive) de la UE. DIRECTIVE 2006/21/EC.

5.3. Con relación a la Conductividad eléctrica.

En el gráfico de conductividad eléctrica, se observa, que los valores máximos registrados en época de estiaje y avenida son de 65 y 28 uS/cm respectivamente. Estos valores no superan 2000 uS/cm, que viene a ser el valor establecido como límite máximo permisible por estándar nacional de calidad ambiental de agua correspondiente a aguas para riego de vegetales y bebida de animales (Ministerio del Ambiente- Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, 2008). Con respecto a este parámetro Canter, (1998), indica

que la conductividad es la capacidad de una sustancia de conducir la corriente eléctrica y es lo contrario de la resistencia.

La unidad de medición utilizada comúnmente es el Siemens/cm (S/cm), con una magnitud de 10 elevado a -6, es decir microSiemens/cm ($\mu\text{S/cm}$), o en 10 elevado a -3, es decir, miliSiemens (mS/cm). La conductividad es una variable que se controla en muchos sectores, desde la industria química a la agricultura. Esta variable depende de la cantidad de sales disueltas presentes en un líquido y es inversamente proporcional a la resistividad del mismo.

Los riesgos de un agua de riego con alta Conductividad Eléctrica son:

§ Precipitación de sales y daño al cultivo: por una solución demasiado concentrada en sales que produce interferencias en la absorción radical. Normalmente la concentración de sales es mayor dentro de la célula que en el agua del suelo. Si esto no ocurre, no se produce absorción de agua y la planta se marchita.

§ Salinización del suelo.

5.4. Con relación al pH del Agua

Los valores de pH registrados durante la época de avenida en la investigación realizada, presentan una medición de 3.98 y máximo 5.45 y los valores registrados en estiaje, para todas las muestras es de 4.13; en ambos casos tanto de avenida como de estiaje los valores se encuentran relativamente cerca de los valores establecidos como límite máximo permisible por estándar nacional de calidad ambiental de agua correspondiente a aguas para riego de vegetales y bebida de animales (Ministerio del Ambiente-Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, 2008)

que viene a ser 6.5 – 8.5. Cabe relacionar lo que manifiesta APHA, AWWA, WPCF, (1992) respecto a la calidad del agua de riego donde considera tácitamente la medición del pH del agua de riego y de la solución del suelo tiene gran importancia, y realmente puede determinar el éxito o el fracaso del uso como agua de riego. También indica que el pH es un índice de la concentración de los iones de hidrógeno (H) en el agua. Se define como $-\log(H^+)$. Cuanto mayor sea la concentración de los iones de hidrógeno en el agua, menor será el valor del pH.

La escala del pH va desde 0 a 14 donde: El agua con un pH inferior a 7 se considera ácida (mayor concentración de iones de H^+). El agua con un pH superior a 7 se considera básica (menor concentración de iones de H^+). El agua con un pH de 7,0 se considera neutral.

Los iones de hidrógeno participan en la mayoría de las reacciones químicas en el agua y el suelo. La concentración de los iones de hidrogeno (y por lo tanto, el pH) influye en la solubilidad de los fertilizantes, las formas iónicas de los elementos (por ejemplo, PO_4^{3-} vs $H_2PO_4^-$), la disponibilidad de los nutrientes a las plantas, la estabilidad de los quelatos etc (APHA, AWWA, WPCF, 1992)

Un agua o una solución del suelo con un pH demasiado alto, puede resultar en deficiencias de nutrientes, principalmente de micro-nutrientes, como el hierro. Mantener el pH del agua de riego por debajo de 7,0 es también importante para prevenir las obstrucciones de emisores, debido a la precipitación de sales. Por otra parte, un pH demasiado bajo, podría dar

lugar a la toxicidad de los micro-nutrientes y daños al sistema radicular de la planta.

En las aguas de riego el pH normal es de 6.5 y 8.4. Las aguas con pH anormal pueden crear desequilibrios de nutrición o contener iones tóxicos que alterarían el crecimiento normal de la planta. El pH de la solución nutriente en contacto con las raíces puede afectar el crecimiento vegetal de dos formas principalmente:

El pH puede afectar la disponibilidad de los nutrientes: para que el aparato radical pueda absorber los distintos nutrientes, éstos obviamente deben estar disueltos. Valores extremos de pH pueden provocar la precipitación de ciertos nutrientes con lo que permanecen en forma no disponible para las plantas.

5.5. Con relación a Concentración de Nitratos.

De acuerdo a los resultados de los valores registrados en estiaje y avenida en la presente investigación, no superan la concentración de 10 mg/L, el valor establecido como límite máximo permisible por estándar nacional de calidad ambiental de agua correspondiente a aguas para riego de vegetales y bebida de animales (Ministerio del Ambiente-Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM,2008). Siendo concentración máxima de nitrato 3.9 mg/L en época de estiaje y las concentraciones en época de avenida son menores a 1 mg/L. Este resultado significa que no existe riesgo de contaminación ambiental por nitratos (NO₃), toda vez que los resultados obtenidos son inferiores a 10 mg/lit de agua de riego de nitratos, indicador máximo establecido también por la Organización Mundial de la Salud (OMS-2002) Con respecto al

nitrate in water is precise to manifest that which Morillo, (2010), who indicates that the presence in water is due to contamination with organic matter in decomposition and in proportions greater than the maximum limits affect the quality of water to plants and even dangerously affect the health of man above all when it passes to nitrite.

The same author indicates that nitrate is not normally dangerous for health unless it is reduced to nitrite (NO_2). Nitrate is a form of nitrogen that all plants need to grow. In fields, and also in gardens, fertilizers with nitrogen are used to enrich the soil.

Nitrates (NO_3) are generally present as traces in surface water (when it is not contaminated). In excessive quantities, it contributes to a childhood disease, methemoglobinemia. To avoid it, a limit has been established for drinking water. In waters that receive agricultural discharges (due to fertilizers) its concentration increases, causing a decrease in the oxygen content of the water, provoking the death of aerobic living beings, animals and plants; the phenomenon of eutrophication. It is an essential nutrient for many autotrophic photosynthetic organisms (both plants and algae and bacteria, being algae and bacteria the responsible for eutrophication).

5.6. Con relación a la Demanda bioquímica del oxígeno

With respect to the biochemical oxygen demand in the study conducted, it indicates that in the rainy season the recorded values are lower than

0.1 mg/L y en época de estiaje el máximo valor es de 1.9 mg/L, es decir en ningún caso supera 15 mg/L que viene a ser el valor establecido como límite máximo permisible por estándar nacional de calidad ambiental de agua correspondiente a aguas para riego de vegetales y bebida de animales (Ministerio del Ambiente-Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, 2008).

El aumento de la DBO, al igual que la DQO ocasiona disminución del oxígeno disuelto, afectando la vida acuática así lo menciona Mosquera, K. (2011). Además indica este investigador que los valores de DBO mayores a los límites máximos indican alta contaminación. Altos niveles de DBO, indican que las aguas están contaminadas y necesita un tratamiento para darle un uso. Entonces es una agua con una disponibilidad de oxígeno aceptable para el riego. Cabe indicar que si los valores serían superior a 15 mg/L se considera una agua con posibilidades del crecimiento microbiano; en este caso puede generar crecimiento bacteriano en los sistemas de distribución y deposición siendo por lo tanto una agua de mala calidad tanto para el agua de riego y menos para consumo humano.

5.7. Con relación al Contenido de arsénico.

En la presente investigación los resultados del análisis durante la época de avenida los valores son menores a 0.05 mg/L, lo cual se encuentra por debajo de 0.05 mg/L valor establecido como límite máximo permisible por estándar nacional de calidad ambiental de agua correspondiente a aguas para riego de vegetales y bebida de animales. Sin embargo, en la época de estiaje los resultados del análisis del arsénico total presenta como dato mínimo 0.088 mg/L, valor muy superior a 0.05 mg/L valor establecido como límite

máximo permisible por estándar nacional de calidad ambiental de agua correspondiente a aguas para riego de vegetales y bebida de animales (Ministerio del Ambiente- Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, 2008). Por lo tanto se debe realizar más estudios de monitoreo de este lixiviado para establecer su importancia en el agua de riego. Al respecto cabe mencionar lo que hace referencia la Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades ATSDR (2010) que el **arsénico** afecta a la sangre, los riñones y el centro nervioso, el digestivo y los sistemas de la piel, con consecuencias como: dolor abdominal, acrocianosis y necrosis, anemia, anorexia, apatía, ceguera progresiva cardiotoxicidad, cólicos, coriza, la muerte, la demencia, dermatitis, diarrea, mareos, somnolencia, edema, eccema, inhibidor de la enzima, fatiga, fiebre, pérdida de líquido, olor a ajo en el aliento o en las heces, el sistema gastrointestinal, el bocio, la pérdida del cabello, dolor de cabeza, la hemólisis, aumento de la pigmentación hiperqueratosis de palmas y plantas, el herpes, la hiperpigmentación, ictericia, daño o insuficiencia renal, leuconiquia, la disfunción del hígado, los pulmones y cáncer de pulmón y, deterioro mental, la coordinación motora, náuseas, trastornos nerviosos, palidez, parestesias, parálisis, enfermedades respiratorias, salivación excesiva perforación del tabique, sensorio neuropatía, shock, trastornos de la piel, espasmos, estupor estomatitis, constricción de la garganta, vascular efectos de Raynaud, vértigo, vómitos, etc.

5.8. Con relación al contenido de Cadmio

Con respecto al cadmio total, los resultados indican que en la época de avenida los resultados son menores a 0.002 mg/L, lo cuales se encuentran muy por debajo del LMP establecido por la normatividad, mientras que en la época de estiaje el valor máximo es de 0.0052 mg/L este valor supera ligeramente a 0.005 mg/L el valor establecido como LMP por estándar nacional de calidad ambiental de agua correspondiente a aguas para riego de vegetales y bebida de animales (Ministerio del Ambiente-Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, 2008). Por lo tanto, se debe realizar más estudios de monitoreo para establecer el valor preciso y en diferentes épocas del año. Por la peligrosidad que tiene este elemento sobre la salud del hombre y el medio ambiente es conveniente mencionar lo que hace referencia al respecto Ihobe, (1999), manifiesta que el cadmio se encuentra mayormente en la corteza terrestre. Este siempre ocurre en combinación con el zinc. El cadmio también se consigue en las partículas de las extracciones mineras como inevitable subproducto de extracciones de zinc, plomo y cobre. La toma por los humanos de cadmio tiene lugar mayormente a través de la comida. Los alimentos que son ricos en cadmio pueden en gran medida incrementar la concentración de cadmio en los humanos. Cuando la gente respira el cadmio, éste puede dañar severamente los pulmones. Esto puede incluso causar la muerte. Otros efectos sobre la salud que pueden ser causados por el cadmio son: diarreas, dolor de estómago y vómitos severos, debilitamiento óseo, fallos en la reproducción y posibilidad incluso de

infertilidad, daño al sistema nervioso central, daño al sistema inmunológico, desórdenes psicológicos, posible daño en el ADN o desarrollo de cáncer.

5.9. Con relación al contenido de Mercurio.

Con respecto a la presencia de este elemento de acuerdo a los resultados de la investigación indica que en época de avenida el valor mínimo es de 0.018 mg/l y en la época de estiaje el valor mínimo es de 0.035 mg/l, en ambos casos estos valores superan a 0.001 mg/l valor establecido como LMP por estándar nacional de calidad ambiental de agua correspondiente a aguas para riego de vegetales y bebida de animales (Ministerio del Ambiente-Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, 2008). También los valores obtenidos en el análisis de las aguas superficiales de la quebrada Sipchoc supera el LMP establecido por la FAO una concentración de 0.01 mg/L de Mercurio para aguas destinadas a la bebida del ganado lo que quiere decir que las aguas de la quebrada en estudio están ligeramente contaminadas con mercurio. La OMS- Organización Mundial de la Salud (2013) en sus reportes de la sección de salud pública, hace conocer que el mercurio es un elemento que está presente de forma natural en el aire, el agua y los suelos. La exposición al mercurio (incluso a pequeñas cantidades) puede causar graves problemas de salud, y es peligrosa para el desarrollo intrauterino y en las primeras etapas de vida. El mercurio puede ser tóxico para los sistemas nervioso e inmunitario, el aparato digestivo, la piel y los pulmones, riñones y ojos. Para la OMS, el mercurio es uno de los diez productos o grupos de productos químicos que plantean especiales problemas de salud pública. La principal vía de exposición humana es el consumo de pescado y marisco

contaminados con metilmercurio, compuesto orgánico presente en esos alimentos y lo mismo por el consumo de la población rural de aguas contaminadas con mercurio provenientes de relaves o desechos de asientos mineros.

5.10. Con relación al Contenido de Plomo.

Los resultados sobre el contenido de plomo total en la época de avenida es menor a <0.01 mg/L y en la época estiaje el resultado máximo del contenido del plomo total es 0.032 mg/L, estos valores no superan a 0.050 mg/L valor establecido como LMP establecido por la normatividad peruana.

Según Wright, (2003), indica que los compuestos del plomo son tóxicos y han producido envenenamiento de trabajadores de centros mineros e industriales por su uso inadecuado y por una exposición excesiva a los mismos. Sin embargo, en la actualidad el envenenamiento por plomo es raro en virtud de la aplicación industrial de controles modernos, tanto de higiene como relacionados con la ingeniería. El mayor peligro proviene de la inhalación de vapor o de polvo. En el caso de los compuestos organoplúmbicos, la absorción a través de la piel puede llegar a ser significativa. Algunos de los síntomas de envenenamiento por plomo son dolores de cabeza, vértigo e insomnio. En los casos agudos, por lo común se presenta estupor, el cual progresa hasta el coma y termina en la muerte.

No es aconsejable usar el agua que lo contenga aun en las más pequeñas cantidades. Su presencia se debe generalmente a la contaminación ambiental.

5.11. Con relación al Contenido de Zinc.

Los resultados sobre el contenido de Zinc en la época de avenida es menor a 0.05 mg/L y en la época estiaje el resultado máximo del contenido de zinc es 0.098 mg/L, estos valores no superan a 2 mg/L valor establecido como LMP establecido por estándar nacional de calidad ambiental de agua correspondiente a aguas para riego de vegetales y bebida de animales (Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM).

De acuerdo a Wright, (2003), señala: que altas concentraciones de zinc, reduce el crecimiento de la planta y provoca acumulaciones indeseables en los tejidos. De acuerdo a las investigaciones realizadas se reconoce que el Zinc se acumula y irreversiblemente en el suelo. Por ello, las aplicaciones en exceso de lo requerido por las plantas, eventualmente llegan a contaminar los suelos, los cuales pueden convertirse en suelos no productivos o producir cosechas inaceptables. Los estudios en plantas han demostrado que aunque sea un elemento esencial para las plantas en altas concentraciones el zinc puede ser considerado como fitotóxico, afectando directamente la producción de cultivos y fertilidad del suelo. La viruta de zinc utilizada en la precipitación del mineral, ocasiona liberación de metales, generando aguas ácidas, disminuyendo la probabilidad de supervivencia de vida acuática.

5.12. Con relación al Contenido de coliformes

Los análisis indican que durante la época de avenida la concentración de coliformes totales máximo es de 4680 NMP/ 100 ml, cifra que se encuentra por debajo de 5000 NMP/ 100 ml valor establecido como LMP por estándar nacional de calidad ambiental de agua correspondiente a aguas para riego de

vegetales y bebida de animales (Ministerio del Ambiente-Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, 2008). Sin embargo, en la época de estiaje la concentración mínima de coliformes totales es de 6,450 NMP/100 ml, cifra superior a 5000 NMP/ 100 ml valor establecido como LMP por estándar nacional de calidad ambiental de agua correspondiente a aguas para riego de vegetales y bebida de animales, constituyendo por lo tanto una **agua contaminada** y de mala calidad de agua para riego debido a que los patógenos pueden penetrar y desarrollar en la superficie o al interior de la planta, además constituye una amenaza para la salud pública en caso de consumirlo crudo en este caso desarrollaría una infección debido a la presencia potencial de patógenos; puede dar lugar a bio-fouling. Al respecto cabe hacer referencia lo que dice la Agencia de Protección Medioambiental-ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY –EPA, (1994), dice que a nivel mundial, el 80% de las enfermedades infecciosas y parasitarias gastrointestinales y una tercera parte de las defunciones causadas por éstas se deben al uso y consumo de agua insalubre contaminada por coliformes. La falta de higiene y la carencia o el mal funcionamiento de los servicios sanitarios, la contaminación de los ríos son algunas de las razones por las que la diarrea continúa representando un importante problema de salud en países en desarrollo. El agua y los alimentos contaminados se consideran como los principales vehículos involucrados en la transmisión de bacterias, virus o parásitos. Los organismos transmitidos por el agua habitualmente crecen en el tracto intestinal y abandonan el cuerpo por las heces. Dado que se puede producir la contaminación fecal del agua (si ésta no se trata

adecuadamente) al consumirla, el organismo patógeno puede penetrar en un nuevo hospedador. Como el agua se ingiere en grandes cantidades, puede ser infecciosa aun cuando contenga un pequeño número de organismos patógenos. Los microorganismos patógenos que prosperan en los ambientes acuáticos pueden provocar cólera, fiebre tifoidea, disenterías, poliomyelitis, hepatitis y salmonelosis, entre otras enfermedades. El agua y alimentos contaminados tienen una gran importancia en la transmisión de patógenos causantes del síndrome diarreico, por lo que se hace necesario tener estrategias que permitan un manejo adecuado de ella. La OMS (2013) calcula que la morbilidad (número de casos) y mortalidad (número de muertes) derivadas de las enfermedades más graves asociadas con el agua se reduciría entre un 20 y un 80 por ciento, si se garantizara su potabilidad y adecuada canalización.

VI. CONCLUSIONES

1. Se ha establecido el grado de impacto ambiental de las aguas superficiales de la quebrada de Sipchoc generada por las descargas de los efluentes de la actividad minera en el año 2014, encontrándose de nivel Bajo, ocasionada por algunos metales evaluados con valores inferiores a los establecidos en los Límites Máximos Permisibles (LMP), según normatividad peruana, como son conductividad eléctrica, DBO, nitratos, pH, cianuro, plomo y zinc y nivel Moderado-alto, ocasionada por algunos metales evaluados, superando los límites máximos permisibles (LMP), tal es el caso del arsénico (0.088mg/L, valor muy superior a 0.05mg/L LMP) del cadmio (0.0052 mg/L este valor supera ligeramente a 0.005 mg/L al LMP), mercurio (en estiaje tiene un valor de 0.035 mg/L, superan a 0.001 mg/L al LMP), coliformes (en la época de estiaje la concentración es de 6,450 NMP/100 ml, cifra superior a 5000 NMP/ 100 ml valor establecido como LMP).
2. Se ha determinado a los siguientes elementos contaminantes de las aguas superficiales de la quebrada de Sipchoc, según su nivel de concentración y de acuerdo a los LMP fijados por la normatividad: **Cianuro** (con concentraciones menores al LMP); **Nitrato** (concentraciones menores al LMP); **Arsénico total** (con concentraciones menores en época de avenida a los LMP y mayores en época de estiaje, catalogando a esta agua de calidad restringida); **Cadmio** (con contenido menores en época de avenida a los LMP y ligeramente mayores en época de estiaje al valor establecido como

LMP por estándar nacional de calidad ambiental de agua correspondiente a aguas para riego de vegetales y bebida de animales); **Mercurio total** (con concentraciones menores en época de avenida y mayores en época de estiaje al LMP, siendo una agua que representa cierto riesgo en la salud pública); **Plomo**, (con contenido menores a los LMP, establecidos en la normatividad); **Zinc**, (con concentraciones que no superan los LMP). Del mismo modo, se ha determinado los valores de los siguientes parámetros Conductividad eléctrica (con valores que no superan los LMP, establecidos por normatividad); **pH** (con valores menores y relativamente cerca de los valores establecidos como LMP); **DBO** (con valores menores a los establecidos como LMP); **Coliformes totales** (con valores menores en época de avenida y mayores en época de estiaje a los establecidos en los LMP, constituyendo por lo tanto en agua con contaminación significativa por este elemento y un peligro como agua de riego y consumo).

3. Se ha efectuado la propuesta como alternativa de solución para la mitigación de impactos ambientales en las aguas de la quebrada de Sipchoc, seleccionando a la tecnología HDS (Lodos de Alta Densidad) por ser una tecnología que se usa en todo el mundo para el tratamiento de metales de plomo, cadmio, arsénico, manganeso y fierro, ya que representa la mejor tecnología convencional disponible para el tratamiento de efluentes mineros; y asimismo presenta un nivel de eficiencia que permite obtener efluentes con las mínimas concentraciones de metales permitiendo que su descarga al cuerpo receptor no ocasione efecto adverso en los componentes del ecosistema.

VII. RECOMENDACIONES

1. A la empresa minera y a las autoridades competentes realizar la evaluación y monitoreo permanente sobre la calidad de las aguas de la quebrada Sipchoc a pesar que en la mayoría de los casos los valores encontrados de los diferentes elementos no superan los Límites Máximos Permisibles, establecidos en el DS N°002-2008-MINAM.
2. A los investigadores, realizar nuevas investigaciones para descartar la contaminación ambiental y particularmente del recurso agua sobre el contenido de los elementos con mayor presencia como: arsénico, cadmio, mercurio, coliformes.
3. A las autoridades técnicas y políticas y sector privado, coordinar acciones a fin de desarrollar otras investigaciones relacionadas, así como efectuar monitoreos y controles ambientales.
4. A la Empresa Minera, adoptar tecnologías como la propuesta en este estudio, a fin de minimizar la descarga de sus efluentes al cuerpo receptor de las aguas superficiales de la quebrada de Sipchoc.

VIII. REFERENCIA BIBLIOGRAFICA.

1. ADMUR, M. et al (1991). *Casarett and doull's toxicology the basic science of poisons*. Pergamon Press. Cuarta Edición. McGraw-Hill.
2. ALBERT, L. (1990). *Curso Básico de Toxicología Ambiental*. Centro panamericano de ecología humana y salud. Organización panamericana de la salud. OMS. Editorial Limusa, S.A. de C.V. Segunda edición. Primera reimpresión. D. F. México.
3. ALLOWAY, BJ (2000). *Heavy metals in soils, methods of analysis, and the impact of these metals on the environment*. Second edition Blackie Academic y professional
4. ALVITES, S. (2008), “*Evaluación de la contaminación debido a la presencia de metales pesados: arsénico, cadmio, cromo, mercurio y plomo en las aguas del rio Huaura y Plan de manejo ambiental*”. Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Escuela de Postgrado, Huacho, Perú.
5. APHA, AWWA, WPCF (1992). “*Métodos Normalizados para el análisis de aguas superficiales, potables y residuales*”. Edición diecisieteava. Editorial Diaz de Santos Bilbao España.
6. ASTE, J. (2000). *Minería y Contaminación Ambiental en el Perú*. Grupo Temático Medio Ambiente. NIVIB. Primera edición. Lima, Perú.
7. ATSDR (1999). Agencia para sustancias tóxicas y el registro de enfermedades, Departamento de salud y servicios humanos de los EE

- UU. *Resumen de Salud Pública Cadmio*. Disponible:
http://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs5.pdf.
8. ATSDR (2000). Agencia para sustancias tóxicas y el registro de enfermedades, Departamento de salud y servicios humanos de los EE UU. *Resumen de Salud Pública Cromo*. Disponible:
http://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs7.pdf.
9. ATSDR (2005). Agencia para sustancias tóxicas y el registro de enfermedades, Departamento de salud y servicios humanos de los EE UU. *Resumen de Salud Pública Niquel*. Disponible:
http://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs15.pdf
10. ATSDR (2005). Agencia para sustancias tóxicas y el registro de enfermedades, Departamento de salud y servicios humanos de los EE UU. *Resumen de Salud Pública Cinc*. Disponible:
http://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs60.pdf
11. ATSDR (2007). Agencia para sustancias tóxicas y el registro de enfermedades, *Buford* Hwy NE, Atlanta,GA30341. Disponible:
http://www.atsdr.cdc.gov/es/csem/arsenic/efectos_fisiologicos.html.
12. AUHING, L (2006). “*Factibilidad del Manejo Ambientalmente Correcto (MAC) de los residuos, sedimentos en Guayaquil*”. Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción (Escuela Superior Politécnica Del Litoral).
13. C.E.E. DE LAS NACIONES UNIDAS, (1961). Comisión Económica Europea. Departamento de asuntos económicos y sociales. DAES. Organización de las Naciones Unidas ONU.

14. CABRERA, N (2006) “*Estado de las Aguas Continentales y Marinas de Chile*”.<http://biblioteca.itesm.mx/cgi-bin/nav/salt?cual=www:8148>).
15. CALLA, H. (2010). “*Calidad del agua en la cuenca del Río Rímac-Sector de San Mateo, afectada por las actividades mineras*”. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Unidad de Postgrado. Lima- Perú.
16. CALLA, H. Y CABRERA, C. (2010). “*Calidad del agua en la cuenca del río Rímac, sector de San Mateo, afectado por las actividades mineras*”. Revista del Instituto de Investigaciones FIGMMG Vol. 13, N.º 25, 87-94 (2010) UNMSM ISSN: 1561-0888 (impreso) / 1628-8097 (electrónico), Universidad Nacional de San Marcos, Lima, Perú.
17. CANTER, L. (1998). “*Manual de Evaluación del Impacto Ambiental*”, Segunda Edición (Primera en Español), McGraw Hill/Interamericana de España.
18. CARRERA, W. (2011), “*Influencia del vertido del efluente líquido de la Compañía Minera Aurex S.A. en el ecosistema acuático del río San Juan*”. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Cerro de Pasco, Perú.
19. CARTA EUROPEA DEL AGUA, (1968). Consejo de Europa. Redactada en Estrasburgo, el 6 de mayo de 1968 declaración de principios para una correcta gestión del agua, Estrasburgo, Europa.
20. CDPH, (2011). Departamento de Salud Pública de California-CDPH-2011. Estado de California – Agencia de Salud y Servicios Humanos <https://www.cdph.ca.gov/pubsforms/forms/CtrldForms/cdph8716Span>

ish.pdf Programa de Agua para beber - Drinking Water Program 916-449-5600-2011.

21. DEOBOLD B. VAN DALEN; WILLIAM J. MEYER (1981). Manual de técnica de la investigación educacional. Ed. Paidós Ibérica. ISBN 9788475091099
22. DÍAZ, J. (2013), Tesis “Tratamiento biológico como alternativa para disminuir el impacto ambiental ocasionado por el drenaje ácido, generado por la actividad minera en el municipio de Marmato-Caldas”. Universidad de Manizales, Maestría en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente, Caldas, Colombia.
23. DIRECTIVA DE LA UNIÓN EUROPEA 2006/21/EC (2006). DIRECTIVE 2006/21/EC of the European Parliament and of the Council of 15 March 2006 on the management of waste from extractive industries and amending Directive 2004/35/EC - Statement by the European Parliament, the Council and the Commission
24. DUFFUS, J. (1993). “Toxicología Ambiental”. Edición sexta. Editorial Omega SA Barcelona-España.
25. EARTHWORKS FACT SHEET. (2006). 'Hardrock Mining and Acid Mine Drainage'. disponible en http://www.earthworksaction.org/pubs/FS_AMD.pdf
26. ECHARRI, L. (1998). “Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente”, Ed. Teide, Universidad de Navarra.
27. ECOSITIO. (2008). Disponible <http://www.eco-sitio.com.ar/node/1000>.

28. ENVIRONMENT AUSTRALIA. (2002). "Overview of Best Practice Environmental Management in Mining." Disponible en <http://www.ret.gov.au/resources/Documents/LPSDP/BPEMOverview.pdf>
29. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). (1994) "The quality of our nation's water": Washington, D.C.,EPA, Dec.p.209.
30. GAETE, H., ARÁNGUIZ, F., CIENFUEGOS, G., Y TEJOS M., (2003), "Metales pesados y toxicidad de aguas del Río Aconcagua en Chile". Universidad de Valparaiso, Chile.
31. GLOSARIO ECOLÓGICO-DR. BARLA, (1996). Un diccionario para la educación ambiental. Dr. Rafael Barla Galván. Uruguay.
32. GOMEZ, S. Y ROJAS, S. (2014): "Afectación ambiental de la calidad del agua de la quebrada cascabel generada por la explotación minera artesanal del municipio de Marmato Departamento de Caldas". Universidad de Manizales- Maestría en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente, Manizales, Caldas, Colombia.
33. <http://www.greenpeace.org.ar/media/informes/2310.pdf> ESTUDIO DE LA FAO "Riego y Drenaje". NUTRICIÓN MINERAL DE LAS PLANTAS – Libro BOTANICA On Line.
34. HUARANGA, F, EDUARDO MÉNDEZ, E., LEÓN, V. Y HUARANGA, F. (2011), artículo "Contaminación por metales pesados en la Cuenca del Río Moche, 1980 – 2010, La Libertad – Perú". , Revista Scientia Agropecuaria 3(2012) 235 – 247. Universidad Nacional de Trujillo., Trujillo, Perú.

35. IHOBE, (1999). “Libro Blanco para la Minimización de Residuos y Emisiones”. Sociedad Pública de Gestión Ambiental, Gobierno Vasco.
36. JUAREZ, H. (2012) “Contaminación del Rio Rimac por metales pesados y efecto en la agricultura en el Cono Este de Lima Metropolitana” .
37. LEY DE RECURSOS HÍDRICOS- Ley N° 29338, (2009). Congreso de la República del Perú. Dada el 30 de marzo del 2009, Lima, Perú.
38. MANRIQUE, M., LOARTE, R., FIGUEROA, R (2008), artículo “Análisis de la variabilidad de la calidad del agua de la planta concentradora de minerales “mesapata” período 2005 – 2007”. Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, Revista Aporte Santiaguino, ISSN 2070-836X Julio Diciembre 2008, Editorial: Oficina General de Servicios Académicos y Publicaciones – UNASAM, Huaraz, Perú.
39. MINEO CONSORTIUM. (2000). “Review of Potential Environmental and social impact of mining”. Disponible en <http://www2.brgm.fr/mineo/UserNeed/IMPACTS.pdf>
40. MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS (1996). RM 011-96/EM/VMM, 1996). Aprueba los niveles máximos permisibles para efluentes líquidos para las actividades minero metalúrgico. Lima Perú.
41. MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS. (1994). Protocolo de Monitoreo de Calidad de Agua - Proyecto EMTAL. Lima.
42. MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS. (1997). “Evaluación Ambiental Territorial de la Cuenca del río Rímac”. Lima, Perú.
43. MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS. (2007). Guía para la Evaluación de Impactos en la Calidad de las Aguas Superficiales por Actividades

Minero metalúrgicas. Lima. Dirección General de Asuntos Ambientales Mineros- PERCAN, Proyecto de Reforma del Sector de Recursos Minerales del Perú.

44. MINISTERIO DE SALUD-DIGESA. (2007). Protocolo de monitoreo de la calidad sanitaria de los recursos hídricos superficiales. Resolución Directoral N°2254/2007/DIGESA/SA (11/09/2007), Lima Perú.
45. MINISTERIO DEL AMBIENTE DEL PERÚ -Glosario de términos para la gestión ambiental peruana. (2012)- Dirección General de Políticas, Normas e Instrumentos de Gestión Ambiental, Lima Perú.
46. MINISTERIO DEL AMBIENTE DEL PERÚ, (2008). Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM (publicado 31 de julio 2008). aprueban los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua.
47. MINISTERIO DEL AMBIENTE DEL PERÚ, (2010). Decreto Supremo N° 010-2010-MINAM, Lima, Perú.
48. MONTES, I. (2002). “Evaluación de la calidad del agua de la microcuenca quebrada Honda”. Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, Huaraz, Perú.
49. MORAN, R. (2002). De- coding Cyanide, an Assessment of Gap in Cyanide Regulation at Mines.
50. MORILLO, B. (2010). “Contaminación del Río Turmero”. Disponible <http://www.monografias.com/trabajos56/contaminacion-rio-turmero/contaminacion-rio-turmero2.shtml>.

51. MORILLO, B. Y MONTERO, L. (2010) Lactancia materna y relación materno filial en madres adolescentes. *Enfermería Global*, vol. 9, núm. 2, junio, 2010, pp. 1-9 Universidad de Murcia, Murcia, España
52. MOSQUERA, K. (2011). “Árbol De Problemas Contaminación Del Agua”. *BuenasTareas.com*. Recuperado 06, 2011, de <http://www.buenastareas.com/ensayos/Arbol-De-Problemas-contaminación-Del-Agua/2407178.html>.
53. NÚÑEZ, M., BENITES, E., y ZEVALLOS, M. (2014). “Evaluación de la calidad del agua asociado al drenaje ácido de mina (DAM), en el río Yauli en época de estiaje distrito de Yauli- Junín, 2013”. *UCV-Scientia* 6 (1), 2014 (2014). Universidad Cesar Vallejo, Lima, Perú.
54. OLIVEROS-BASTIDAS, A., CARRERA A., y MARÍN, D. “Estudio de la reacción entre los iones cianuro y picrato. Un ejemplo práctico de aplicaciones analíticas y estudios cinéticos”. *Revista Colombiana de Química*, vol. 38, núm. 1, 2009, pp. 61-82 Universidad Nacional de Colombia Bogotá, Colombia
55. OMS- Organización Mundial de la Salud (2013). El mercurio y la salud. Nota descriptiva N°36, 1Septiembre de 2013.
56. OMS-Organización Mundial de la Salud (2015). Intoxicación por plomo y salud. Nota descriptiva N°379, Agosto de 2015.
57. OMS-Organización Mundial de la Salud. (1996). “Preámbulo de la Constitución de la OMS. Registros Oficiales de la OMS. No.2,P10 0.
58. OYARZÚN. J (2006). ‘Minería y contaminación del agua’. Santiago de Chile:http://www.ucm.es/info/crismine/Aguas_contaminacion_Chil

e/Contaminacion_aguas_Chile.htm Contaminación de aguas superficiales. <http://www.taringa.net/posts/info/13791735/Los-efectos-de-la-mineria-a-cielo-abierto.html>

59. PEREZ, J. (2000): Manual de potabilización del agua. Universidad Nacional de Colombia. Departamento de Ingeniería Civil. Medellín.
60. PNUMA (2002). Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Destacado Informe científico: Resumen de la evaluación mundial del mercurio. Elaborado en la versión ingles por PICKUP JOHN Y GREENFACTS.
61. PNUMA / OCAH . (2000). "Misión de evaluación de las Naciones Unidas - vertido de cianuro en Baia Mare, marzo 2000". Disponible en http://es.wikipedia.org/wiki/Cianuraci%C3%B3n_del_oro
62. QUISPE, C. (2003) Organización No Gubernamental de Desarrollo (ONG'D). El Río Rímac: la Muerte del "Río Hablador". Portal Perú Ecológico: Ecología del Perú, Biodiversidad, Medio Ambiente, Recursos Naturales.
63. RODIER, J. (1998). Análisis de las aguas- aguas naturales–aguas residuales – agua de mar. Traducido por Santiago Balagué Doiz. Tercera reimpresión. Ediciones Omega S.A. Barcelona - España.
64. ROMERO, A. (2000). Tratamiento de aguas residuales -Teoría y principios de diseño. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. Primera Edición. Bogotá, Colombia.
65. ROMERO, A; FLORES, S; PACHECO, W. (2010). Estudio de la calidad de agua de la cuenca del río Santa. Revista del Instituto de

Investigaciones FIGMMG Vol. 13, N.º 25, 61-69 (2010) UNMSM
ISSN: 1561-0888 (impreso) / 1628-8097 (electrónico). Universidad
Nacional de San Marcos, Lima, Perú.

66. ROMERO. A. (1999). Calidad del agua. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. Segunda edición. Alfaomega. D.F. México.
67. RUÍZ, C. y MÉNDEZ, M. (2011). “Efectos neurotóxicos de metales pesados (cadmio, plomo, arsénico y talio”. Artículo. Arch Neurocién (Mex).Vol. 16, No. 3: 140-147; 2011 ©INNN, 2011.
68. SARABIA, I.; CISNEROS, R.; ACEVES DE ALBA, J.; DURÁN, H. y CASTRO, J. (2011). Calidad del agua de riego en suelos agrícolas y cultivos del Valle de San Luis Potosí, México. Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Facultad de Ingeniería. Rev. Int. Contam. Ambient vol. 27 no. 2 México.
69. SHESA CONSULTING S.A. (2010). “E.I.A. Ampliación de 350 TMD A 3000 TMD, U.E.A. Huancapetí. Compañía Minera LINCUNA S.A.C”. Resumen ejecutivo.
70. SOTELO, M. (1994). Niveles de acumulación de metales pesados en agua, suelo y productos agrícolas y la importancia de sus efectos en la proliferación celular Allium cepa Valle de Moche. Universidad Nacional de Ancash Santiago Antúnez de Mayolo. Huaraz, Perú.
71. TEBUTT .U (1993), “Fundamentos de Control de la Calidad del Agua”. Editorial Limusa, México.

72. TIPLER, P. (2004). Física y Química para Científicos e Ingenieros: Electricidad, Magnetismo, Luz, y la Física Moderna Primaria (quinta edición). W. H. Freeman. ISBN 0-7167-0810-8.
73. TURCHI, A. (2009). “Contaminación por metales pesados”. Disponible <http://medioambienteperiodismo.blogspot.com/2009/11/c-ontaminacion-por-metales-pesados-y-sus.html>.
74. Universidad de los Andes- Venezuela. Facultad de Ciencias Ambientales y Forestales. <http://www.forest.ula.ve> Toxicología Ambiental. Riesgos del contenido de mercurio.
75. VELASQUEZ, W (2007). Análisis de la información de la calidad del Agua”.
76. WHO, 1992. Arsenic and Arsenic Compounds. Environmental Health Criteria224. <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc224.htm#9>.
1.1.1 World Health Organization.
77. WRIGHT, J. (2003). “Química medioambiental (Environmental Chemistry)”. Disponible en : http://www.lenntech.es/referencias_tabla-periodica.htm#ixzz3UHNZNjFq
78. ZEOANEZ .M. (1999) “Contaminación del Agua” .Editorial Mundi Prensa Madrid España.

ANEXO

ANEXO I

PANEL FOTOGRÁFICO



Fotografía N° 01:
Planta
Concentradora
Huancapeti y la
relavera, ubicadas
al margen del
riachuelo de la
Quebrada de
Sipchoc.



Fotografía N° 02:
Planta
concentradora
Huancapeti y la
relavera. Se
observa
el cuerpo de agua
riachuelo de la
Quebrada de
Sipchoc, asimismo
el cooler con las
muestras de agua.



Fotografía N° 03:
Muestreo de las
aguas del riachuelo
de la quebrada
Sipchoc muestreo
en el punto M1.



Fotografía N° 04:
Muestreo de las
aguas del
riachuelo de la
quebrada Sipchoc
muestreo en el
punto M2.



Fotografía N° 05:
Muestreo de las
aguas del
riachuelo de la
quebrada Sipchoc
muestreo en el
punto M3.

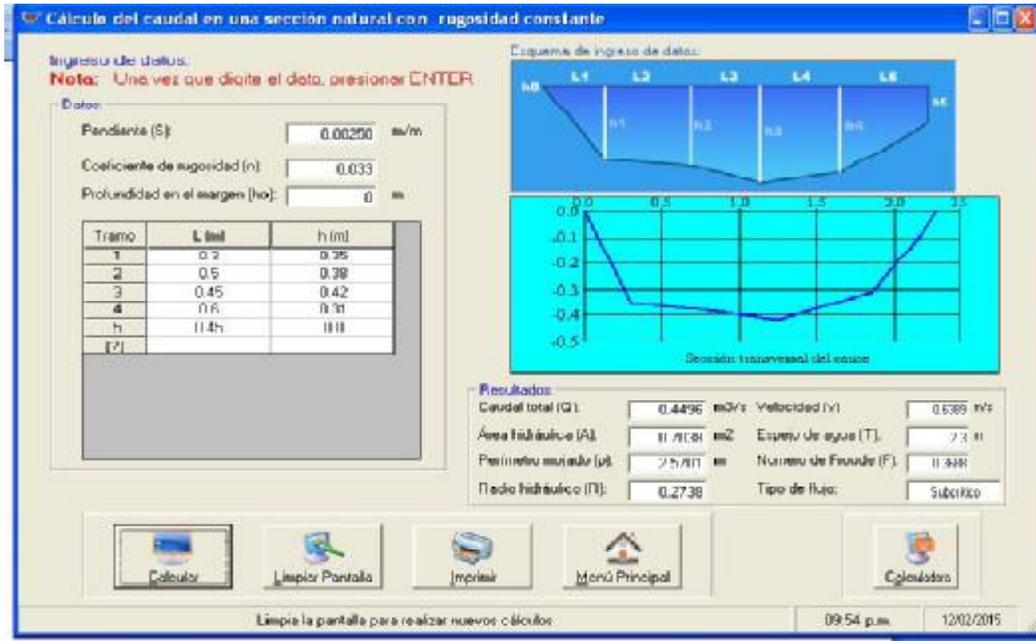


Fotografía N° 06:
Muestreo de las
aguas del
riachuelo de la
quebrada Sipchoc
muestreo en el
punto M4.

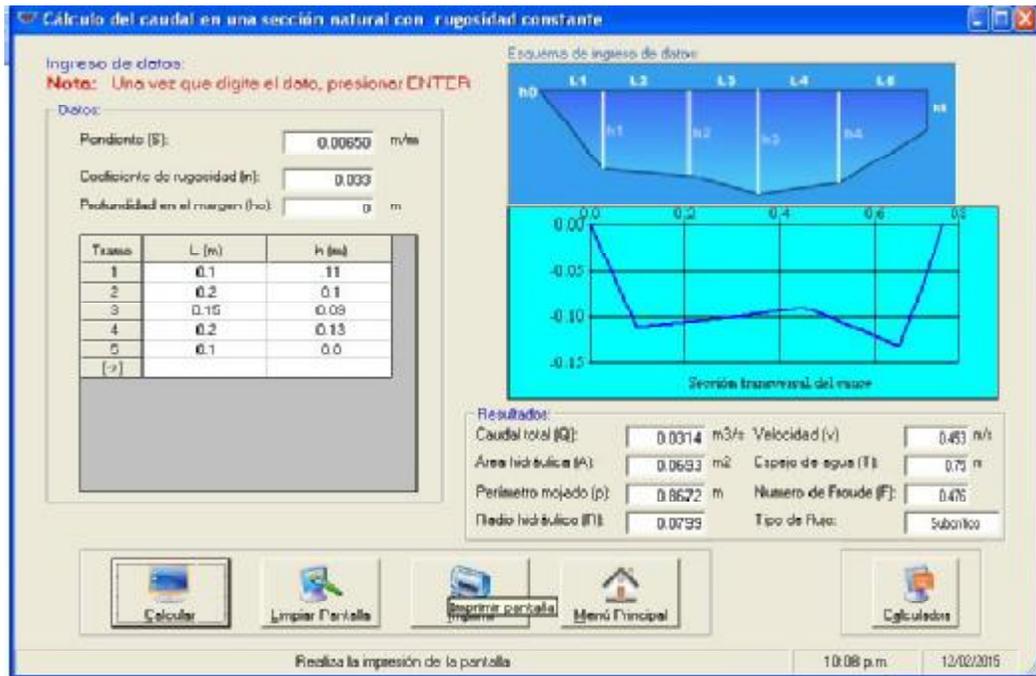
ANEXO II

CAUDAL DEL RIAHUELO DE SIPCHOC

Caudal del agua del riachuelo Sipchoc en época de lluvia

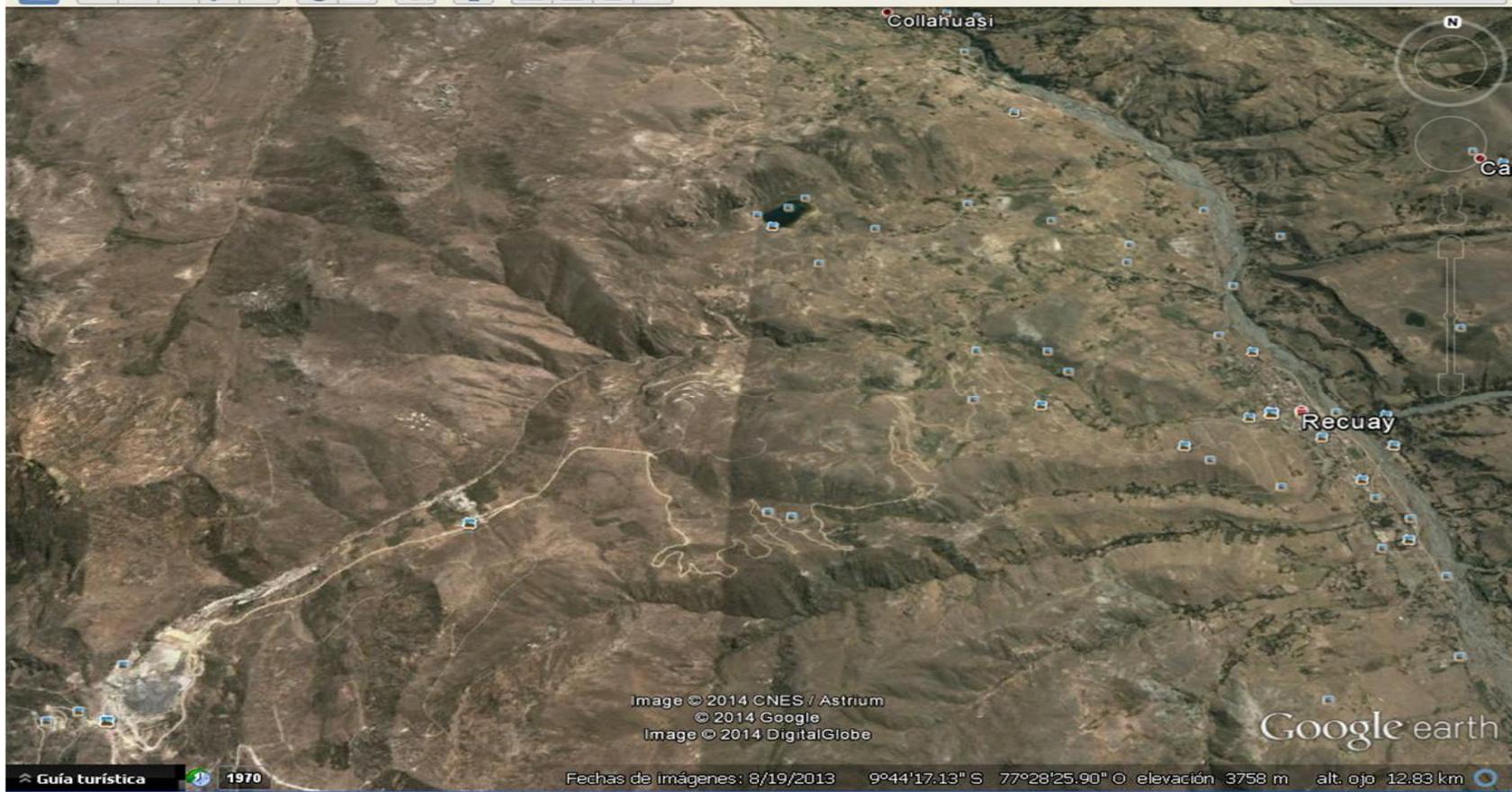


Caudal del agua del riachuelo Sipchoc en época de estiaje



ANEXO III

QUEBRADA DE SIPCHOC



ANEXO IV

UBICACIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO

Ubicación de puntos de muestreo

Punto	Coordenadas UTM		Altitud m.s.n.m	Cuerpo de agua
	Este	Norte		
M-1	224442	8923086	4318	Quebrada Sipchoc
M-2	225089	8924315	4209	Quebrada Sipchoc
M-3	229469	8925914	3389	Quebrada Sipchoc
M-4	230079	8925835	3370	Quebrada Sipchoc

The screenshot displays the Google Earth interface with the title "Ubicación de puntos de muestreo". The main map area shows a topographic view of a mountainous region with four sampling points (M-1, M-2, M-3, M-4) marked with yellow pins. A yellow line traces a path through the terrain. The interface includes a search bar, a "Lugares" panel on the left, and a "Uso de capa" panel at the bottom left. The Windows taskbar is visible at the bottom of the screen.

ANEXO V

UBICACIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO



Planta Concentradora y Relavera Huancapeti



Zona de Recuay

ANEXO VII

CONSUMO DE INSUMOS TECNOLOGIA HDS (LODOS DE ALTA DENSIDAD)

TECNOLOGIA HDS (Lodos de Alta Densidad)				
CALCULO DEL CONSUMO DE CAL, FLOCULANTE Y GENERACION DE LODOS				
<u>I.- Cálculo del consumo de cal anual</u>				
Flujo promedio de efluente a tratar		40 m3/h		
Caudal acumulado al año		350400000 l/año		
Valor referente Cal		0.15 gr cal se consume para tratar 1 l agua		
Reactivo	Dosis	Consumo		
Cal	0.15 gr/l	52560000 gr/año	52.56 Tn/año	
<u>II.- Cálculo del consumo de floculante anual</u>				
Flujo promedio de efluente a tratar		40 m3/h		
Caudal acumulado al año		350400000 l/año		
Valor referente Floculante		2 mg de floculante para tratar 1 l agua		
Reactivo	Dosis	Consumo		
Floculante	2.00 mg/l	700800000 mg/año	0.70 Tn/año	
<u>III.- Cálculo de la generación de lodos</u>				
Flujo promedio de efluente a tratar		40 m3/h		
Caudal acumulado al año		350400000 l/año		
Valor Referente: el tratamiento de 34689600 m3 de efluente al año, tiene una generación de 30000 m3 de lodos				
Disposicion de lodos	Volumen de tratamiento (m3/año)	Volumen de generacion de lodos (m3/año)	Volumen acumulado de efluente a tratar (m3/año)	Produccion de lodos (m3/año)
Retiro, transporte y disposicion	34689600.00	30000.00	350400.00	303.03

Fuente: CALLA, H. (2010). "Calidad del agua en la cuenca del Río Rímac-Sector de San Mateo, afectada por las actividades mineras". Universidad Nacional Mayor de San Marcos- Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica. Unidad de Postgrado. Lima- Perú.

ANEXO VIII

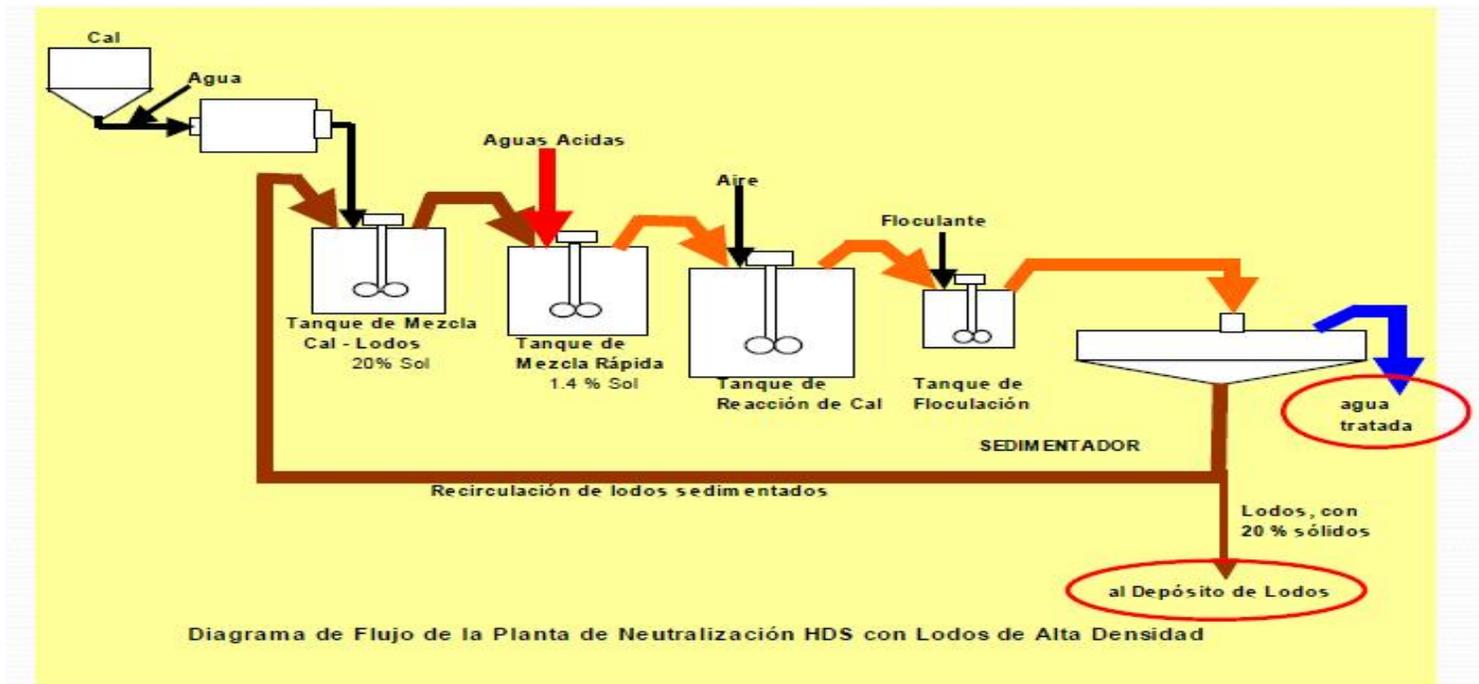
COSTO ESTIMADO TECNOLOGIA HDS (LODOS DE ALTA DENSIDAD)

TECNOLOGIA HDS (Lodos de Alta Densidad)						
COSTO ESTIMADO						
I) INSUMOS						
Flujo promedio		40 m ³ /h				
Caudal acumulado al año		350400000 l/año				
Reactivo	Dosis	Consumo		Precio Unitario (US \$)	Costo (US \$)	
Cal	0.15 gr/l	52.56	Tn/año	130.00	6832.80	
Floculante	2.00 mg/l	0.70	Tn/año	4100.00	2873.28	
Sub total					9706.08	
II) OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO						
Personal	Cantidad	Costo unitario (US \$/h)	Costo unitario del personal (US\$/h)	N° horas/día	N° horas/año	Costo (US \$)
Supervisor	1	10	10	8	2920	29200.00
Operario	3	2	6	24	8760	52560.00
Sub total					81760.00	
Asignaciones					Costo (US \$)	
Análisis de campo					2000.00	
Capacitación					2000.00	
Suministros para mantenimiento					6000.00	
Sub total					10000.00	
III) DISPOSICION DE LODOS						
Disposicion de lodos	Volumen de tratamiento (m ³ /año)	Volumen de generacion de lodos (m ³ /año)	Volumen acumulado de efluente a tratar (m ³ /año)	Produccion de lodos (m ³ /año)	Precio Unitario (US \$)	Costo (US \$)
Retiro, transporte y disposicion	34689600.00	30000.00	350400.00	303.03	8.00	2424.24
Análisis de campo					2000.00	
Rehabilitación					8000.00	
Sub total					12424.24	
Sub total de costos (US\$/año)					113890.32	
Imprevistos o contingencias (10%)					11389.03	
TOTAL COSTO DIRECTO EN LA ETAPA DE OPERACIÓN (US \$ / AÑO)					125279.35	

Fuente: CALLA, H. (2010). "Calidad del agua en la cuenca del Río Rímac-Sector de San Mateo, afectada por las actividades mineras". Universidad Nacional Mayor de San Marcos- Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica. Unidad de Postgrado. Lima- Perú.

ANEXO IX

TECNOLOGÍAS DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES MINEROS



Proceso de Neutralización – Alta Densidad de Sólidos (HDS)

vill s.a.o.

Fuente Smallvill S,A.C. Tecnología limpia y rentabilidad son compatibles. Ing. Msc. Carlos Villachica L. (2010)

ANEXO X

TECNOLOGÍAS DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES MINEROS

La tabla que se presenta a continuación muestra las tecnologías de tratamiento de efluentes mineros más usadas para descontaminar aguas con metales pesados, en lo referente a sus características, inconvenientes de aplicación y su aplicación en proyectos mineros en el Perú.

Tecnología	Reactivos para Neutralización	Características	Aplicación en Proyectos Mineros	Inconvenientes
Neutralización	Caliza	Bajo costo, facilidad y accesibilidad de uso.	Minera Aurífera Retamas S.A. MARSA	No puede producir niveles de pH lo suficientemente alto (mayor a 5,0) como para precipitar metales como el zinc, manganeso, níquel y cadmio; ya que para ello requeriría la aplicación complementaria de cal o soda caústica.
	Cal	Fácil y seguro de manejar, efectivo y relativamente económico	Compañía de Minas Buenaventura S.A.A. Unidad de Producción de Julcani	Genera grandes cantidades de lodos, por lo cual requiere un área mayor para instalación de las pozas de sedimentación ya que se necesitaría almacenar permanentemente el lodo generado del proceso. Requiere una alta inversión inicial en planta. El manganeso no puede ser tratado bajo este método ya que no cumpliría con los actuales estándares de calidad de agua.
	Bicarbonato de sodio	Fácil, seguro y más efectivo que la cal	Compañía Minera Santa Luisa S.A	Alto precio.
	Soda caústica	Muy efectiva, tiempo de reacción rápida, permite tratar aguas con alto contenido de manganeso.	Compañía Minera ARES. S.A.	Alto precio, peligrosidad de manejo.
	Amonio	Precio más bajo que la soda caústica	No hay experiencia de uso en el Perú	Difícil y peligroso de manejar, toxicidad por el medio, no está permitida en todos los países.

Tecnología	Reactivos para Neutralización	Características	Aplicación en Proyectos Mineros	Inconvenientes
Sulfuración	Sulfuro de sodio o sulfridrato de sodio	De aplicación para aguas con contenido de cobre, plomo, zinc, cromo, níquel y plata	No hay experiencia de uso en el Perú	No permite tratar aguas con contenido de Cd, As, Mn y Fe
Sedimentación	Cal, calcita	Tiene como finalidad la disminución del volumen de los sedimentos.	En la mayoría de minas del Perú, en los años 90.	No permite tratar aguas con contenido de Pb, Cd, As, Mn y Fe.
Oxidación/Aereación	Agua oxigenada, peróxido de hidrógeno, oxígeno, hipoclorito de sodio	Permiten mejorar el proceso de oxidación, permitiendo que el contaminante metálico pueda ser eliminado en un sistema de pH más bajo.	Minera Antamina S.A.	---
Reducción	Carbonato de calcio (neutralización), anhídrido sulfuroso (precipitación)	Se aplica para el tratamiento de metales como cobre, oro, selenio, fierro y zinc.	Compañía Minera Santa Rosa S.A. COMARSA	No permite tratar aguas con contenido de Pb, Cd, As y Mn.
Intercambio Iónico	Uso de resinas de intercambio de aniones y cationes	Principalmente utilizado para la recuperación de cobre. Requiere tratamiento y disposición de efluentes de desecho.	Minera Yanacocha S.R.L	---
Carbón Activado	Uso de filtros con carbón activado.	Adsorción de químicos a la superficie y poros de los gránulos del carbón activado.	Minera Yanacocha S.R.L.	Generalmente usado para el tratamiento de aguas contaminadas con moléculas orgánicas; tales como: Aceite mineral, BTEX, Poli-hidrocarburos aromáticos (PACs), (Cloruro) Fenol. Solo se aplica en ciertos tipos de metales y en pequeñas cantidades.

Tecnología	Reactivos para Neutralización	Características	Aplicación en Proyectos Mineros	Inconvenientes
Filtración y ósmosis inversa		Permite remover casi en su totalidad los sólidos suspendidos y disueltos.	Minera Yanacocha S.R.L.	Es costoso. Genera formación de soluto o salmuera.
Ablandamiento químico	Cal, carbonato de sodio	Principalmente utilizado para eliminar sales minerales de calcio y magnesio para fines de uso de agua potable.	En la mayoría de minas en el Perú en los años 90	No es aplicable para tratar elementos como el plomo, cadmio, arsénico, manganeso y hierro.
HDS: Lodos de Alta Densidad	Cal y floculantes	Remueve los metales en una forma química estable. Permite obtener concentraciones muy bajas de metales por lo cual se podría cumplir con las actuales exigencias de la normativa en calidad de agua. Permite tratar el manganeso.	Barrick Misquichilca; Unidad de Producción de Orcopampa, Compañía de Minas Buenaventura. S.A.A.	---
DNC: Proceso de Neutralización y Coagulación Dinámica	Relaves finos	Bajo costo	Compañía Minera Volcán	El relave fino tiene muy baja basicidad en comparación con la cal, por lo cual se tendría que utilizar grandes cantidades para realizar la neutralización, lo que a su vez generaría grandes volúmenes de lodo cuya disposición es necesaria. La presencia de metales lixiviables y compuestos orgánicos en los relaves podrían transferirse a la misma agua que está siendo tratada.

Fuente: CALLA LLONTOP HELEN JESÚS, (2010). “Calidad del agua en la cuenca del Río Rímac-Sector de San Mateo, afectada por las actividades mineras”. Universidad Nacional Mayor de San Marcos- Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica. Unidad de Postgrado. Lima- Perú.