

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES  
CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE  
INGENIERÍA AMBIENTAL**



**TESIS**

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

**“FACTORES QUE DETERMINAN EL GRADO DE  
CONTAMINACIÓN DE LA CABECERA DE  
MICROCUENCA DEL RÍO TINGO, EN LA  
QUEBRADA DE RUMIALLANA”**

**Bachiller:**

**Cesar Abraham PICOY ESTRELLA**

**CERRO DE PASCO – PERÚ  
2018**

*A mis padres; Abraham PICOY y Olinda ESTRELLA y a mis hermanos; Jhon, Madelyn, Hammer y Gabriela por su apoyo incondicional durante mi formación profesional, sin ellos no hubiera logrado concluir la presente tesis. Para ellos con mucho amor, esfuerzo y dedicación...*

## RESUMEN

Esta tesis de investigación enfatizó los factores que determinan el grado de contaminación de la Quebrada Rumiallana, considerada por su ubicación como la cabecera Microcuenca del Río Tingo. La mayor incidencia comprobada fue la actividad minera (desmontes mineros, pozas de sedimentación y drenajes de aguas ácidas), por las alteraciones que esta provoca en el ecosistema del lugar. Debido a su complejidad, el caso de estudio fue abordado bajo un enfoque multidisciplinario; de esta manera se utilizó métodos físicos y químicos, como la microscopía y espectrometría, que permitió determinar la existencia de metales pesados y metaloides (As, Cu, Fe, Mn, Pb, Zn, etc.) producidos por los procesos mineros; y la existencia de coliformes fecales o totales por la presencia de aguas servidas domésticas.

Se realizaron los procesos de muestreos en diferentes puntos de la Quebrada Rumiallana y parte del recorrido del Río Tingo (aguas arriba); donde, se valorizaron los diversos parámetros del agua como pH (potencial de hidrógeno), T° (temperatura), TDS (total de sólidos disueltos), Salinidad, CE (conductividad eléctrica), OD (Oxígeno Disuelto), comprobándose la alteración de la calidad de agua de la zona de estudio.

En el aspecto social, se realizó el enfoque multicriterio para identificar a los actores sociales directamente relacionados con la contaminación de la cabecera de microcuenca; en este proceso se obtuvo información de la posición y el rol de cada actor social considerado: población, autoridades,

empresa, etc. En las encuestas desarrolladas a los pobladores del lugar, se detectó falta de conocimiento y poca información de los efectos adversos que ocasiona a la salud de la población y medio ambiente, la alteración de calidad de aguas y medio ambiente de la naciente de la Microcuenca del Río Tingo

Mediante un proceso de exploración a la Quebrada Rumiallana, se verificaron otros factores contaminantes, tales como la acumulación de toneladas de residuos sólidos y la presencia de aguas servidas domésticas. Situaciones que sin duda, genera la alteración del ecosistema de la zona y la degradación de la calidad de aguas del Río Tingo.

**El Autor.**

# ÍNDICE

<b>RESUMEN</b> .....	ii
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	vii
<b>CAPÍTULO I</b> .....	1
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	1
1.1    Determinación del Problema.....	1
1.2    Formulación del Problema.....	6
1.2.1    Problema General.....	9
1.2.2    Problemas Específicos.....	9
1.3    Objetivos.....	10
1.3.1    Objetivo General.....	10
1.3.2    Objetivos Específicos.....	10
1.4    Justificación del Problema.....	10
1.5    Importancia y Alcances de la Investigación.....	11
<b>CAPÍTULO II</b> .....	13
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	13
2.1    Antecedentes.....	13
2.2    Bases Teórico-Científicas.....	17
2.3    Marco legal.....	50
2.4    Definición de Términos.....	51
2.5    Hipótesis General y Específicas.....	55
2.5.1    Hipótesis General.....	55
2.5.2    Hipótesis Específicas.....	55
2.6    Identificación de las Variables.....	56
2.6.1    Variable Independiente.....	56
2.6.2    Variables Dependientes.....	56
<b>CAPÍTULO III</b> .....	57

<b>METODOLOGÍA</b> .....	57
3.1 Tipo de Investigación.....	57
3.2 Diseño de la Investigación.....	58
3.3 Población y Muestra.....	58
3.4 Métodos de Investigación.....	59
3.4.1 Métodos Cuantitativos.....	60
3.4.2 Métodos Cualitativos.....	61
3.5 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.....	64
3.5.1 Muestreo de Agua.....	65
3.6 Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos.....	69
3.6.1 Espectroscopia de Emisión con Fuentes de Plasma.....	69
3.6.2 Aplicación de la Evaluación Social Multicriterio.....	70
3.7 Tratamiento Estadístico de Datos.....	75
<b>CAPÍTULO IV</b> .....	76
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	76
4.1 Tratamiento Estadístico e Interpretación de Cuadros.....	76
4.1.1 Resultado del Análisis de Agua Cabecera de Microcuenca del Río Tingo.....	76
4.1.2 Resultados de la Evaluación Social Multicriterio a los Principales Actores.....	77
4.2 Presentación de Resultados, Tablas, Gráficos, Figuras, etc.....	80
4.2.1 Presentación de Gráficos e Interpretación de Resultados.....	80
4.3 Prueba de Hipótesis.....	86
4.3.1 Prueba de Hipótesis General.....	86
4.3.2 Prueba de las Hipótesis Específicas.....	93
4.4 Discusión de Resultados.....	95
<b>CONCLUSIONES</b> .....	99
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	101

**BIBLIOGRAFÍA..... 103**

**ANEXOS**

## INTRODUCCIÓN

La Quebrada Rumiallana (bofedal), se ubica en el distrito de Yanacancha, provincia y departamento de Pasco; políticamente considerado como naciente de la Microcuenca del Río Tingo, principal tributario del Río Huallaga; donde se observa pasivos ambientales mineros que constituyen una de las principales fuentes de contaminación del Río Tingo porque exponen al ambiente de la zona los sulfuros y, como resultado, estos producen drenaje ácido de mina. Estas aguas ácidas liberan los metales y metaloides los cuales son transportados por los cursos de agua y llegan hasta la población ubicada cuencas abajo por medio de la bioacumulación en la cadena trófica.

La disposición final diaria de toneladas de residuos sólidos municipales, en la Quebrada de Rumiallana es otro factor grave de contaminación, en la ciudad de Cerro de Pasco, y específicamente en la zona de estudio, por el inadecuado manejo y gestión de las mismas, que exige la Ley General de Residuos Sólidos N° 27314.

La gravedad de esta situación ha generado un interés personal, que incitó la elaboración de la presente tesis, con el propósito de profundizar el caso con información actualizada, y desde un enfoque académico universitario permita dar a conocer la situación actual de la Cabecera de Microcuenca del Río Tingo, Quebrada Rumiallana; que contribuya a la búsqueda de soluciones objetivas del problema.



## **CAPÍTULO I.**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **1.1 Determinación del Problema.**

La minería es una actividad productiva muy importante para la macroeconomía de diversos países del mundo, con grandes factores de influencia sobre el desarrollo de los mismos; sin embargo, el impacto negativo y acumulativo del mal manejo de sus residuos constituye un problema grave para la salud de la población y del medio ambiente. Entre los riesgos asociados a la minería se encuentra la contaminación de cuerpos de agua, debido a la inadecuada disposición de relaves, aguas residuales, drenaje de aguas ácidas y desmontes. La mayoría de las actividades mineras se concentran en las cuencas altas de los ríos, y su operación irresponsable, contribuye a desencadenar efectos adversos que repercuten

en toda la cuenca y también en el desarrollo de otras actividades productivas.

En Perú, la ciudad de Cerro de Pasco es considerada como uno de los principales centros mineros, ubicada a 4,380 m.s.n.m., cuenta con un promedio actual de 100,000 habitantes. El problema ambiental más serio de la ciudad es la grave contaminación del aire, agua y suelo por causa de la actividad minero metalúrgica de diversas compañías mineras; provocando la irreparable desaparición de especies de flora y fauna, y la aparición de enfermedades recurrentes en la población. En los distritos de Chaupimarca, Yanacancha y Simón Bolívar, actualmente vienen operando más de doce empresas mineras y siete plantas de beneficio mineral, produciendo todas ellas una gran diversidad de agentes contaminantes que son fuentes importantes de impactos directos e indirectos para el medio ambiente y la vida humana y natural de Cerro de Pasco y de las zonas periféricas donde se desarrollan estas actividades.

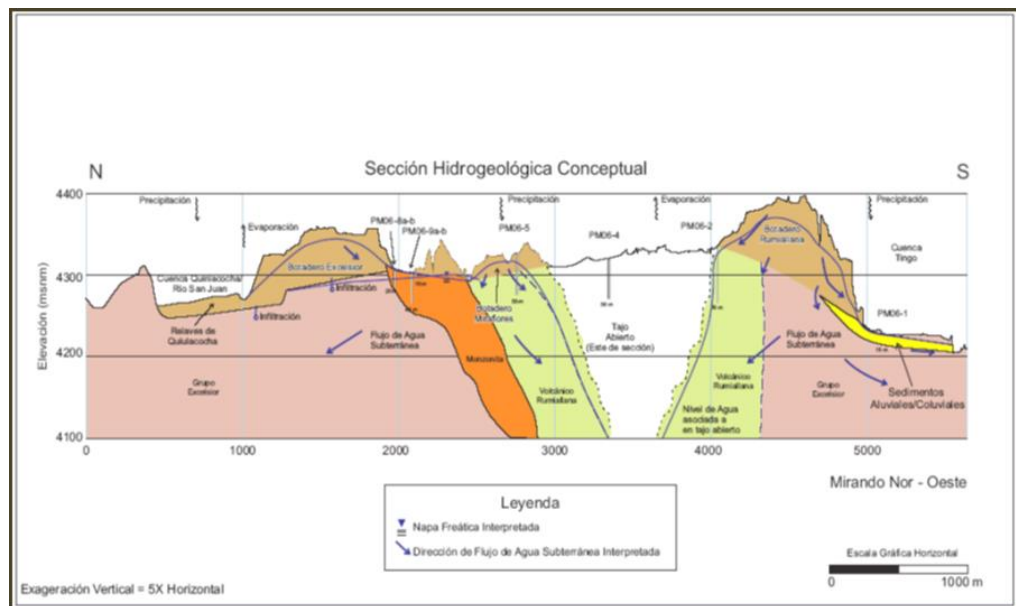
La zona de investigación del proyecto de tesis se ubica en la Microcuenca del Río Tingo, es el río principal que forma la cuenca del mismo nombre, que nace entre las coordenadas geográficas L.S. 10°40'00", L.W. 76°15'39" a una altitud de 4,120 m.s.n.m. y políticamente en la Quebrada Rumiallana (bofedal), distrito de Yanacancha, provincia de Pasco, departamento, al norte de la ciudad de Cerro de Pasco, cuya naciente se encuentra en el distrito de Yanacancha, pero su recorrido abarca también los distritos de Yarusyacán y Pallanchacra; desembocando en el Río Huallaga en la localidad de

Salcachupan entre las coordenadas geográficas L.S. 10°23'09" L.W.76°12'21" a una altitud de 2,786 m.s.n.m. Su área es de 292.50 km<sup>2</sup> y tiene una longitud de 37.10 km., y su densidad de drenaje es de 0.434 km/km<sup>2</sup>.

El Río Tingo es uno de los cuerpos de agua afectada por la actividad minera; la Microcuenca del Río Tingo ocupa un amplio territorio que acoge a treintainueve comunidades campesinas, anexos, caseríos y centros poblados, con una población aproximada de 16,500 habitantes; la Microcuenca de Río Tingo nace en la Quebrada de Rumiallana, ubicada en el distrito de Yanacancha, departamento y provincia de Pasco, que da origen a ecosistemas con diversidad biológica, climática, y variedad de formas de vida. La actividad económica de la Microcuenca está plasmada en la agricultura, ganadería, granjas comunales, piscicultura, etc.; sin embargo las zonas altas se ven claramente afectadas por diversas actividades.

**Figura N° 01:**

**Microcuenca del Río Tingo-Quebrada Rumiallana**



**Fuente:** Centro de Cultura Popular Labor

En la Quebrada Rumiallana, cabecera de la microcuenca, se acumulan grandes depósitos de desmontes mineros, así como vertimientos y drenajes de agua ácida producto de la actividad de Empresa Administradora Cerro SAC. A esta preocupación se suman los depósitos de residuos sólidos, en el “botadero” del mismo nombre, provenientes de los distritos de Chaupimarca, Yanacancha y Simón Bolívar; y las aguas servidas de la población de José Carlos Mariátegui y San Juan Pampa.

Esta situación ha generado, durante muchos años, la alteración en la composición de las aguas del Tingo e influido en la degradación de la calidad de las mismas.

En resumen, los problemas ambientales que vienen enfrentando la Cabecera de Microcuenca del Río Tingo, son los siguientes:

- Alteración del recursos hídrico, causado por la disposición de aguas ácidas provenientes de empresas mineras; situación que es denunciada constantemente por pobladores de las comunidades afectadas.
- Alteración del recurso hídrico, causado por la disposición de aguas servidas (caracterizada por un alto contenido de materia orgánica, detergentes y grasas), debido a la no existencia de una planta de tratamiento de aguas servidas para la ciudad de Cerro de Pasco.
- Alteración del recurso suelo, ocasionado por el depósito de grandes toneladas de desmontes mineros sin el adecuado tratamiento y/o Plan de Manejo Ambiental.
- Alteración de los recursos suelo y aire ocasionado por almacenamiento diario de toneladas de residuos sólidos municipales y peligrosos sin el adecuado tratamiento, debido a la no existencia de un Relleno Sanitario operativo en la ciudad de Cerro de Pasco.

La presente tesis corrobora que se requiere con urgencia mayor control y concientización ambiental en las actividades mineras, así también mayor responsabilidad y compromiso por parte de las autoridades públicas para difundir y exigir el adecuado cumplimiento de los reglamentos ambientales establecidos. El proyecto pretende informar y fomentar mayor interés de la población sobre esta realidad.

## **1.2 Formulación del Problema**

Para la formulación del problema, ha sido necesario reunir las consideraciones generales de la fundamentación del mismo; plantear el problema general y concluir con los planteamientos específicos del problema, tema del presente estudio trabajo de investigación.

### **Fundamentación del Problema General**

La distribución del agua en el Perú da cuenta de una realidad política, de una distribución del poder. De ella depende la riqueza de los demás recursos naturales del espacio ya que estos se encuentran estrechamente vinculados a la cantidad y calidad del agua, y de esta dependen los ecosistemas y su funcionamiento. Actualmente no existe un manejo de las cuencas y la distribución del agua no corresponde a la distribución geográfica de este recurso. Cada autoridad local tiende a centrar el manejo de cuenca en su espacio de acción sin tener en consideración la cuenca en su conjunto, y menos el país. Es necesario pensar en un sistema de manejo que considere los daños por deterioro y contaminación de la cuenca, y el volumen de agua que puede ser usado por cada localidad.

Se ha estimado que más de la mitad de las 5,818 comunidades campesinas ubicadas principalmente en la sierra del Perú coexisten con actividades mineras, lo cual constituye un riesgo ambiental al modo de vida rural, porque ellos dependen de actividades agropecuarias como medios de sustento (Gil 2009, 54, Kitula 2006, 406, Ramírez 2005, 180).

Esta idea se ha fortalecido por la existencia de aproximadamente 8,571 pasivos ambientales mineros (Ministerio de Energía y Minas 2014), ya que muchas cuencas fluviales, como las del Rímac, Mantaro, Huallaga, Pisco, Madre de Dios, Llaucano y Santa han sido contaminadas principalmente por estos pasivos. (Banco Mundial 2005, 6-7, Damonte 2008, 35-36).

En la Región de Pasco, las principales cuencas y fuentes de los recursos hídricos como son las cuencas del Tingo, Alto Huallaga, Mantaro, se encuentran deteriorados por recibir relaves de las explotaciones mineras, y de desechos industriales, aguas residuales y residuos sólidos de origen doméstico. El resto de cuencas como Pachitea, Marañón, Perené, entre otras, se encuentran en peligro de correr igual o peor riesgo irreparable.

La Microcuenca del Río Tingo, viene siendo afectada directamente por la actividad minera y por el inadecuado manejo de los residuos sólidos y aguas residuales en la ciudad de Cerro de Pasco. Este recurso nace a una altura de 4,120 m.s.n.m. en la Quebrada de Rumiallana del distrito de Yanacancha, provincia y departamento de Pasco; tiene una extensión de 306.6 km<sup>2</sup> y una longitud total de cause de 37.10 Km con un caudal de 3,700 Lt/s; desemboca en el Río Huallaga en la Comunidad Campesina de Salcachupan del distrito de Pallanchacra a una altura de 2,786 m.s.n.m. Según información de la Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental (DESA), a lo largo de su recorrido desembocan a sus aguas 29 afluentes entre ríos y quebradas; forma parte del Sistema Hidrológico del Océano Atlántico, asimismo, según datos

estadísticos del INEI se tiene una población total de 16,800 habitantes que incluye centros poblados, y tiene una densidad poblacional de 52 hab/km<sup>2</sup>.

El ecosistema de la Quebrada Rumiallana, cabecera y naciente de la Microcuenca del Río Tingo, se ha venido degradando considerablemente desde varias décadas atrás, originado principalmente por la presencia del “Botadero de Rumiallana”, que actualmente se encuentra en un estado muy crítico y a punto de colapsar; donde se ubican grandes depósitos de desmontes mineros sin ningún tratamiento responsable, producto de la actividad de Empresa Administradora Cerro SAC. El Estudio de Impacto Ambiental (EIA) aprobado del Proyecto de Ampliación del Tajo Abierto (Plan L), señala que estos desmontes mineros abarcan 141 has, con la ejecución de este Plan se tendría 224 has. (CERRO DE PASCO – VISION COMPARTIDA, 30. 2008).

Sobre esta realidad, no se observan acciones de mitigación de esta situación por parte de Empresa Administradora Cerro SAC., y tampoco proyectos o gestiones efectivas de parte de autoridades regionales, locales y demás competentes.

La presente tesis, se ha originado por la necesidad de dar a conocer la situación ambiental y social de la Microcuenca del Río Tingo ubicada distrito de Yanacancha, originándose en la Quebrada de Rumiallana, actualmente conocida como cabecera de la microcuenca; aporte que servirá como herramienta de investigación para incentivar futuros proyectos de investigación y desarrollo para dar solución a la situación actual del lugar; asimismo servirá como documento para informar a la población y solicitar a



las autoridades correspondientes la solución inmediata al estado de emergencia ambiental que enfrenta la zona de estudio. Observando en un primer plano que no existe una información clara y contundente de la situación actual del lugar.

### **1.2.1 Problema General**

¿Qué factores determinan el grado de contaminación de la Cabecera de Microcuenca del Río Tingo en la Quebrada de Rumiallana, en la actualidad?

### **1.2.2 Problemas Específicos**

1. ¿Las empresas mineras, involucradas directamente con la contaminación de la Cabecera de Microcuenca del Río Tingo, cumplen con sus obligaciones establecidas de acuerdo a Ley, para mitigar los impactos ambientales producidos por sus actividades?
2. ¿Cuál es el grado de intervención de las autoridades locales y regionales para exigir que las empresas mineras realicen sus actividades de tratamiento de aguas ácidas y acumulación de desmontes de acuerdo a Ley, o en caso contrario sean sancionadas?
3. ¿Qué responsabilidades deben asumir las autoridades municipales, que han agravado la problemática ambiental de la zona de estudio por la gestión inadecuada y el mal manejo y disposición final de los residuos sólidos en el botadero Rumiallana?

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo General**

Describir los factores que determinan el grado de contaminación de la Cabecera de Microcuenca del Río Tingo en la Quebrada de Rumiallana en la actualidad, ubicada en el distrito de Yanacancha, provincia y departamento de Pasco.

#### **1.3.2 Objetivos Específicos**

1. Conocer el cumplimiento de las obligaciones de las empresas mineras, directamente involucradas con la contaminación de la Cabecera de Microcuenca del Río Tingo, para mitigar los impactos ambientales producidos.
2. Verificar el grado de intervención de las autoridades locales y regionales para exigir a las empresas mineras la acción de tratamiento de aguas ácidas y acumulación de desmontes de acuerdo a Ley.
3. Conocer que responsabilidades deben asumir las autoridades municipales por el inadecuado manejo y disposición final de los residuos sólidos en el “botadero Rumiallana”.

### **1.4 Justificación del Problema**

El presente trabajo de investigación responde a una motivación personal, con el propósito de desempeñar las lecciones teórico-prácticas aprendidas en la universidad, en estudios de casos ambientales, que involucran temas

sociales que requieren de una adecuada solución a partir de la información concisa y oportuna de los factores que intervienen en tal situación.

- a) Esta investigación, servirá como aporte de información de la situación actual de la Quebrada de Rumiallana, donde se ubican las nacientes de la Microcuenca del Río Tingo, que actualmente están siendo contaminadas y perjudicadas por las instalaciones del Stock Pile de tratamiento de aguas ácidas y la acumulación de desmontes mineros administrada por la Empresa Administradora Cerro SAC, que deben ser controladas por las autoridades competentes.
- b) Asimismo, se justifica como medio para informar a la población y solicitar a las municipalidades locales responsables de la zona, la gestión y el manejo adecuado de los residuos sólidos municipales y disposición final de los mismos, que actualmente se encuentran almacenadas en el “botadero Rumiallana” a cielo abierto sin ningún tipo de control, sin el debido cumplimiento de las leyes ambientales establecidas tales como la Ley N° 27314 - Ley General de Residuos Sólidos, Ley N° 28245 – Ley Marco del Sistema de Gestión Ambiental y Ley N° 27972 – Ley Orgánica de Municipalidades.

### **1.5 Importancia y Alcances de la Investigación**

El presente trabajo de investigación tiene como finalidad demostrar la existencia de diversos factores que determinan el grado de contaminación y describir la situación actual de la Cabecera de Microcuenca del Río Tingo

ubicada en la Quebrada de Rumiallana, distrito de Yanacancha. Se espera que dichos aportes contribuyan para incentivar el planteamiento y búsqueda de alternativas de solución, a la problemática socioambiental y sus consecuencias, que se presenta en la zona de estudio.

Asimismo, esta tesis aporta información en el contexto teórico porque presenta la sistematización de un conjunto de antecedentes e investigaciones sobre el tema que describen las raíces de este problema ambiental; permitiendo de esa manera que la UNDAC-PASCO cuente con información más actualizada de esta situación en sí.

## **CAPÍTULO II.**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Antecedentes**

En la elaboración del trabajo de investigación se ha encontrado diversos antecedentes para el estudio de caso que dan a conocer el estado situacional de la Cabecera de Microcuenca del Río Tingo en la Quebrada de Rumiallana; a continuación se describen brevemente cada uno de estos casos:

**a) Boletín 18: Análisis de la Calidad de Agua del Río Tingo (Centro de Cultura Popular Labor: Participación - Boletín 18, Diciembre del 2008):**

En Junio del 2008, el Centro de Cultura Popular Labor, con la finalidad de conocer la situación de este recurso hídrico y respondiendo a la problemática expresada por las comunidades afectadas, mandó analizar la calidad de

aguas del río Tingo; las muestras fueron tomadas el 8, 9 y 10 de junio de 2008. La evaluación de la Microcuenca del Río Tingo, estuvo basado en el monitoreo de 06 estaciones de control, los cuales se ubicaron en el curso del río. Para la toma de muestras y análisis respectivo se contrató a Enviromental Quality Analytical Services S.A. – EQUAS S.A.; acreditada por INDECOPI con el Sistema de Calidad ISO/IEC 17025, Resolución N° 101-2007/CRT-INDECOPI.

El análisis e interpretación de los resultados de Calidad de Agua, se realizó considerando los Valores Límites establecidos por la Ley General de Aguas D.L. 17752 y sus modificatorias al reglamento, artículo 81 y 82 efectuados mediante D.S. 007-83-SA y D.S. 003-2003 SA, por el uso que tienen los cuerpos de agua establecidas en la Clase III “Agua para riego de vegetales de consumo crudo y bebida de animales”. El estudio promovido por el Centro Labor contó con el apoyo de Christian Aid y de Heifer Project Internacional Perú, a los que expresamos nuestros agradecimientos. (Labor: Participación- Boletín 18, 15, 2008)

**b) BOLETÍN 21: Descripción de la Calidad de Aguas de la Microcuenca del Río Tingo (Centro de Cultura Popular Labor: Participación - Boletín 21, Junio del 2009):**

En la Región Pasco, básicamente en la Provincia de Pasco, el hecho de estar operando varias empresas mineras, ha influido para que las aguas de las principales cuencas hídricas que nacen cerca y en la ciudad de Cerro de Pasco, estén contaminadas, siendo una de las afectadas la Microcuenca del

Río Tingo ubicado al norte de la ciudad. El Estudio desarrollado por Flaviano Bianchini de nacionalidad italiana; Licenciado en “Ciencias y Tecnologías por el Ambiente y la Naturaleza” de la Universidad de los Estudios de Camerino (MC) – 2005; presenta en un primer momento, la situación de las aguas de la Microcuenca del Río Tingo, que entre los meses de enero y febrero del año 2009. Estudio realizado a solicitud del Centro Labor; los resultados muestran que sus aguas poseen altos índices de metales pesados que sobrepasan los límites permisibles establecidos por la OMS. Como es natural, a esta microcuenca, desembocan otras fuentes de agua utilizadas tanto para consumo humano como para uso agropecuario, las cuales son consideradas como “seguras”, pero que al unirse al Tingo, también se convierten en recurso contaminado.

El Centro Labor, los días 9, 19, 29 de enero y 6 y 17 de febrero del año 2009, realizó la toma de muestras de agua en tres estaciones como son: (1) Naciente del Río Tingo, a 100 metros aproximadamente de los depósitos de desmontes, (2) “El Pilar”, y (3) Comunidad de Chauyar, ello para determinar la calidad de aguas de este río. Los resultados demuestran en un primer momento que el pH promedio en los tres puntos es de 9.89, que es muy alto en toda la zona. En cuanto a los metales analizados, el Hierro, en la naciente tiene un valor promedio de 14,03 mg/l (que sobrepasa los límites de ley establecidos por la OMS), en la zona de “El Pilar” se tiene un promedio de 4.30 mg/l que también sobrepasa los límites establecidos.

En la comunidad de Chauyar se obtiene un valor promedio de 1.72 mg/l, que se encuentra dentro de los límites establecidos, ello debido a la dilución

producto de otros afluentes que existen en el recorrido. El Manganeseo es el elemento más abundante a lo largo de todo el río. En la parte alta presenta una concentración elevada promedio de 30,70 mg/l que es 76,75 veces más alto del valor permitido por la OMS. En la zona de “El Pilar” se tiene un promedio de 4.10 mg/l (10 veces más del límite permitido), y en Chauyar un promedio de 0.59 mg/l que sigue sobrepasando el límite de 0,40 propuesto por la OMS. En el caso del Cobre, en la naciente del río (punto 1), se tiene un valor promedio de 26,88 mg/l que significa 13 veces más al límite permitido. En el punto 2, se tiene un valor promedio de 13,06 mg/l que también sobrepasa 6 veces y medio el límite; y en la zona de Chauyar se tiene un promedio de 2.98 mg/l, cuando la Organización Mundial de la Salud recomienda para aguas potables valores de concentración por debajo de 2 mg/l. En el caso de Zinc, se obtuvo un valor promedio de 11.22 mg/l en el primer punto y 3,20 mg/l en el segundo punto, sobrepasando también el límite permitido; y de Aluminio se obtuvo un promedio de 0,33 mg/l en el primer punto, sobrepasando también el límite establecido. (Labor: Participación - Boletín 21, 06, 2009)

**c) Informe: Inspección en Rumiallana Realizado por ALA PASCO, (Mayo del 2011)**

Con fecha 17 de Mayo del 2011, la Administración Local de Agua - ALA Pasco, emitió un Informe de los Resultados de Inspección a Rumiallana, que se llevó a cabo a solicitud de la Fiscalía Provincial Especializada en Materia Ambiental y a solicitud del Sr. Víctor Sovero Chuquillanqui en calidad de socio activo de la Cooperativa Agraria Pucayacu Limitada N°004 y asentado



de la Parcela del terreno ubicado en la Quebrada de Rumiallana. En las conclusiones del informe se menciona que hay diversos puntos de monitoreo, no cuentan con el parámetros de OD (oxígeno disuelto), quedando limitado su uso para riego de vegetales y bebida de animales. Las recomendaciones hechas en el informe no fueron tomadas en cuenta por la Empresa Administradora Cerro SAC. (Fuente: DREMH PASCO – 2011)

Las conclusiones de los resultados, fueron las siguientes:

- El resultado del punto de monitoreo signado como PM-3, solo cumple con los parámetros de pH, T°, TDS, Salinidad, CE (Conductividad Eléctrica), mas no con el OD (Oxígeno Disuelto), quedando limitado su uso para bebida de animales.
- El resultado del punto de monitoreo signado como PM-5, solo cumple con los parámetros de pH, T°, TDS, Salinidad, CE (Conductividad Eléctrica), mas no con el OD (Oxígeno Disuelto), quedando limitado su uso para riego de vegetales y bebida de animales.

## **2.2 Bases Teórico-Científicas**

A continuación se presenta las bases teórico-científicas que le dan sustento a la presente investigación.

### **Desarrollo Sostenible**

En síntesis, son tres las corrientes del pensamiento ambientalista que dieron como fruto el término desarrollo sostenible. En primer lugar, la corriente ecologista conservacionista presenta la tesis de los límites físicos y la

propuesta de crecimiento cero formulado por Club de Roma en los Límites al Crecimiento. En segundo lugar, el ambientalismo moderado de la Declaración de Estocolmo adopta una posición antropocentrista frente a los problemas ambientales y plantea que el crecimiento económico puede ser compatible con el medio ambiente. Finalmente, la corriente del humanismo crítico, expresado en la propuesta de ecodesarrollo, propone nuevos estilos de desarrollo basados en el potencial ecológico de las diferentes regiones y capacidades propias de los pueblos del Tercer Mundo. No obstante, el término desarrollo sostenible ganó prestigio en 1980 cuando la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) presentó la carta Estrategia Mundial de Conservación<sup>3</sup> (EMC), en la cual menciona como objetivo el desarrollo sostenible mediante la preservación y mantenimiento de los procesos ecológicos, diversidad genética y el uso sostenible de las especies y ecosistemas (Pierri 2009, 28-66). En este contexto, la ONU plantea en el Informe de Brundtland (1987) que el desarrollo sostenible es aquel que "satisface las necesidades del presente sin comprometer las necesidades de las futuras generaciones".

### **Degradación Ambiental**

El término *degradación ambiental* aparece en el informe de Brundtland, y se utiliza para referirse a problemas ambientales como el calentamiento global, destrucción de la capa de ozono, entre otros (ONU 1987, 7). La degradación ambiental puede definirse como la pérdida progresiva de la aptitud de los recursos naturales para prestar bienes y servicios a la humanidad, producida

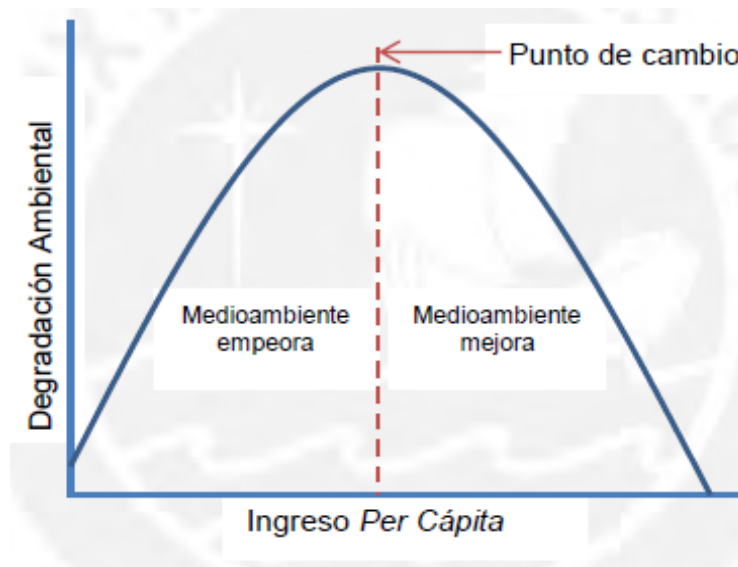
por contaminación del ambiente y también por depredación de los recursos naturales. Debido a las complejas relaciones de interdependencia que existe entre los ecosistemas y las actividades humanas, la degradación suele tener efectos en cadena (Andaluz 2011, 40-41). De igual manera, degradación ambiental es definida como un conjunto de alteraciones de origen humano que afectan a los ecosistemas y ciclos ecológicos, lo cual incrementa la probabilidad de cierto tipo de desastres y aumenta su poder destructivo, como, por ejemplo, la deforestación intensifica el peligro de inundaciones y deslizamientos de tierras; la extracción masiva de aguas subterráneas y contaminación de aguas superficiales produce escasez de agua dulce. (Chafe 2007, 85).

Los vínculos entre pobreza, inequidad, y degradación ambiental forman parte del análisis y recomendaciones del informe de Brundtland. Bajo este esquema se han realizado múltiples relaciones de causalidad para la degradación ambiental. Una de ellas es la relación entre crecimiento económico y degradación ambiental explicada con la curva de Kuznets, forma de U invertida— mediante una relación empírica entre emisiones gaseosas y el ingreso *per cápita*. Así, a medida que los ingresos aumentan, se presenta degradación ambiental hasta un cierto punto como máximo. Después, los ingresos continúan incrementándose y la degradación ambiental disminuye. Una explicación de este resultado es que las personas en los países pobres no pueden priorizar la protección ambiental. Consecuentemente, en las primeras etapas del crecimiento económico, el

aumento de la contaminación es considerado como un efecto secundario y aceptable; sin embargo, cuando un país ha alcanzado un nivel de vida estándar suficientemente alto, la gente presta más atención y preocupación por el medio ambiente. Esto conduce a la creación de la legislación ambiental y nuevas instituciones para la protección del medio ambiente (Arrow, y otros 1996, 13).

**Figura N° 02:**

**Curva Medioambiental de Kuznets**



**Fuente:** Brudtland

**Elementos Tóxicos**

Durante las dos últimas décadas, el término metales pesados ha sido utilizado para nombrar a un grupo de elementos metales y metaloides que están asociados con contaminación y potencial tóxico. Los metales pesados son expresados como elementos con densidad atómica mayor a 6 g/cm<sup>3</sup> o controversialmente definidos como elementos con propiedades metálicas y

un número atómico mayor que 20. Sin embargo, no hay una definición que agrupe las características, componentes y propiedades tóxicas de los elementos que constituyen arbitrariamente los metales pesados; es decir, no tiene base química o toxicológica (Duffus 2002, 794). Por ello, es necesaria una clasificación de los metales y sus compuestos basada en sus propiedades químicas que permita anticipar la toxicidad. Asimismo, se debe determinar qué especies de iones o compuestos metálicos tienen la probabilidad de ser más tóxicos.

El entendimiento de la biodisponibilidad es la clave para la evaluación del potencial toxicológico de los elementos metálicos y sus compuestos. Al mismo tiempo, la biodisponibilidad depende de parámetros biológicos del ambiente y de propiedades fisicoquímicas de los elementos metálicos (Duffus 2002, 803-804). Debido a la indeterminación del término metales pesados, se utiliza en este documento la denominación de elementos tóxicos a elementos como Al, Pb, Cu, Zn, Hg, As y Cd.

Las plantas absorben elementos esenciales del suelo, como Fe, Mn, Mo, Cu, Zn y Ni, o micronutrientes porque son requeridos en pocas cantidades. Pero también absorben elementos que no cumplen función biológica como Cd, Cr, Hg y Pb, tóxicos incluso en bajas concentraciones. Además, es importante señalar que los micronutrientes pueden ser tóxicos para las plantas cuando son absorbidas encima de ciertos valores umbrales (Peralta-Videa, y otros 2009, 1665).

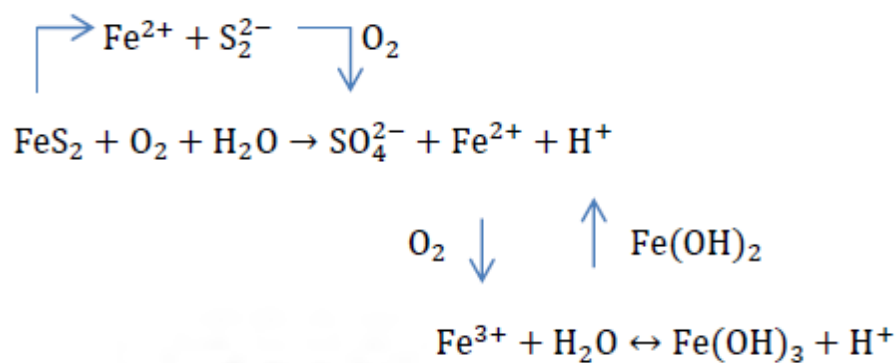
## **Drenaje Ácido de Mina (DAM)**

El drenaje ácido de mina es considerado como uno de los principales contaminantes del agua en muchos países con actividades mineras históricas o en operación. La generación de ácidos de mina, su liberación, movilidad y atenuación implican procesos complejos gobernados por una combinación de factores físicos, químicos y biológicos; por ejemplo, la geología de la región de mineralización, microorganismos, temperatura y la disponibilidad de agua y oxígeno. Sin embargo, estos factores son altamente variables de una región a otra y, por esta razón, la predicción, prevención y tratamiento de aguas ácidas debe ser considerada cuidadosamente y con bastante especificidad. Las causas del drenaje ácido de minas no solo se limitan a la industria minera, también puede ocurrir cuando los sulfuros son expuestos por medio de cualquier actividad, por ejemplo, túneles, carreteras y otros tipos de excavaciones profundas.

El drenaje ácido de mina es un agua residual muy ácida y muy rica en sulfatos ferrosos y no ferrosos en altas concentraciones, así como sales. Si el drenaje ácido no es tratado, este puede contaminar aguas superficiales y subterráneas, cuyo efecto colateral es el daño a la salud de especies acuáticas, plantas, animales y humanos. Por ello, la búsqueda de remediación para el drenaje ácido es extensa desde la década de 1970. A pesar de los esfuerzos de las empresas mineras, gobiernos y organizaciones no gubernamentales, no se ha desarrollado aún la combinación de escala, recursos y credibilidad para enfrentar el problema (Simate y Ndlovu 2014, 1786).

El proceso de producción de drenaje ácido se puede explicar mediante las reacciones de la pirita (FeS<sub>2</sub>), que es el mineral sulfurado más común y uno de los principales productores de aguas ácidas. La oxidación de la pirita puede seguir diferentes caminos, los cuales implican interacciones superficiales con oxígeno (O<sub>2</sub>) disuelto, Fe<sup>3+</sup> y otros minerales catalizadores como pirosulita (MnO<sub>2</sub>).

### Modelo de oxidación de la pirita



Fuente: MM Urrutia, 1987

### Efectos del drenaje ácido de mina en la salud humana

En relación con los humanos y animales, el peligro de los metales y metaloides como contaminantes en el agua está expresado de dos maneras. Primero, los metales y metaloides tienen la capacidad de persistir en los ecosistemas por un largo periodo. Segundo, ellos pueden acumularse en niveles superiores de la red trófica, y causar así enfermedades graves y crónicas (véase **Tabla N° 01**). En general, la toxicidad o envenenamiento por metales y metaloides resulta de la perturbación de las funciones metabólicas. Estas sustancias tóxicas se acumulan en órganos vitales y glándulas como el corazón, cerebro, riñones, huesos e hígado, perturban sus funciones, e

inhiben la absorción, interfieren o desplazan los minerales nutricionales vitales de su lugar original; de este modo, entorpecen sus funciones fisiológicas (Akport y Muchie 2010, 1808).

**Tabla N° 01:**  
**Sustancias tóxicas y sus efectos en la salud humana**

Sustancia tóxica	Efecto agudo	Efecto crónico	Nivel permisible (mg/L)
Arsénico (As)	Orina ensangrentada, malestar gastrointestinal, diarreas, dolores de cabeza, vómitos, convulsiones, coma y muerte	Dermatitis, ampollas, enfermedad del pie negro, mal funcionamiento y daño a los órganos, diabetes, cáncer y propiedades mutagénicas	0,02
Cadmio (Cd)	Heridas hepáticas, pulmonares y testiculares	Osteoporosis, heridas renales y de los huesos; carcinoma (principalmente en la próstata y riñones), tóxico para otros órganos	0,06
Cromo (Cr)	Vómitos y diarrea, hemorragia y pérdida de sangre en el tracto gastrointestinal	Necrosis al hígado y riñones, ulcera en la piel, dermatitis; ulceración y perforación del tabique nasal, carcinomas nasales, faríngeas y gastrointestinales	0,05
Plomo (Pb)	Retardo mental en niños, retardo en el desarrollo, poca capacidad de atención; fatiga leve, dolores de cabeza, náuseas, vómitos	Comportamiento antisocial, alteración de la síntesis de hemoglobina; alteración de la función renal, sodera, ceguera, retardo; disminución de la capacidad intelectual, pérdida de la memoria; disminución del libido, fatiga	0,10
<b>Efectos Negativos</b>			
Manganeso (Mn)	La inhalación o contacto causa daño al sistema nervioso central		0,26
Mercurio (Hg)	Daño al sistema nervioso, envenenamiento al citoplasma, aborto espontaneo, cambios fisiológicos menores; parálisis agitante (temblores), gingivitis, acrodinia caracterizada por la decoloración de manos y pies		0,01
Zinc (Zn)	Daño a la membrana nerviosa		0,15



Cobre (Cu)	Anemia, daño al pulmón y riñón; irritación estomacal e intestinal	0,10
------------	-------------------------------------------------------------------	------

FUENTE: Monachese, Burton y Reid 2012, 6399. Simate y Ndiouu 2014,1989

### Efectos del drenaje ácido de mina en la vida vegetal

Las altas concentraciones o algunas mezclas de metales y metaloides en los tejidos de las plantas pueden afectar su crecimiento de diferentes maneras. En general, las plantas experimentan estrés oxidativo en cuanto a la exposición a los metales y metaloides que dañan las células y perturban la homeostasis iónica celular, tanto en la fisiología como la morfología de las plantas. En la (**Tabla N° 02**) se resumen los principales efectos de algunos elementos tóxicos en las plantas.

**Tabla N° 02:**  
**Sustancias tóxicas y sus efectos en las plantas**

Sustancia tóxica	Efectos
Cadmio	Disminuye la germinación de semillas, contenido de lípidos y el crecimiento de las plantas; induce la producción de fitoquelatinas
Plomo	Reduce la producción de clorofila y el crecimiento de la planta; incrementa el superóxido dismutasa
Níquel	Reduce la germinación de semillas, acumulación de masa seca, producción de proteínas, clorofila y enzimas; incrementa aminoácidos libres
Mercurio	Disminuye la actividad fotosintética, absorción de agua y enzimas antioxidantes; acumula fenol y prolina
Zinc	Reduce la toxicidad del níquel y la germinación de semillas; incrementa el crecimiento de la planta y el ratio del ATP/clorofila
Cromo	Disminuye la actividad enzimática y el crecimiento de la planta; produce daño a la membrana, clorosis y daño a la raíz
Cobre	Inhibe la fotosíntesis, el crecimiento de la planta y el proceso reproductivo; disminuye la superficie del área de la tilacoide

FUENTE: Akport y Muchie 2010

### Estándares de Calidad Ambiental

Un antecedente del desarrollo de estándares es lo ocurrido a finales de la década de 1960 en el río Cuyahoga, Ohio, Estados Unidos. Este río se

cubrió de basura y desperdicios, que flotaban formando una capa oleaginosa negra y pesada que se incendió y se convirtió en un símbolo de la degradación ambiental resultante de la industrialización descontrolada. Junto con imágenes de la eutrofización y peces muertos flotando en la superficie del lago Erie, el efecto de la contaminación conmovió a la opinión pública y provocó la promulgación de las legislaciones ambientales más destacadas, como el *Clean Water Act* (Ley de Calidad del Agua) en 1972 sobre calidad del agua en ríos, lagos, estuarios y tierras húmedas (Masters y Wendell 2008, 184). En Estados Unidos, los estándares de calidad de agua son establecidos por cada Estado. Los estándares están de acuerdo con el uso designado al cuerpo de agua; con respecto a la designación de usos, los estados especifican en función de sus objetivos y expectativas para sus aguas y, si acuerdan cambiarlo, necesitan previa aprobación de la Agencia de Protección Ambiental (EPA 2011, 1).

En nuestro país, para una aplicación legal de la definición de contaminación, es imprescindible que el Estado apruebe mediante las normas correspondientes los límites máximos permisibles (LMP) y los estándares de calidad ambiental (ECA). Los LMP regulan la concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos que caracterizan a un efluente o emisión de una operación, teniendo en consideración criterios específicos de la capacidad de dilución de la descarga del cuerpo receptor y que se obtienen midiéndolos directamente de la fuente contaminadora, mientras que los ECA establecen el nivel de calidad

adecuado de los cuerpos receptores como el mar, la atmósfera, un río, un lago, entre otros (Andaluz 2011, 41-42, De La Fuente Brunke 2008, 8).

En el 2006, Pulgar Vidal manifestaba que los LMP no se actualizaban desde hacía diez años y que los estándares de calidad de agua provenían de los años setenta (Pulgar Vidal 2006, 46, óp. cit. Gil 2009, 339). Respecto de estas afirmaciones se puede citar un ejemplo de la variación de los LMP para efluentes líquidos mineros. En el anexo 1 de la Resolución Ministerial N° 011-96-EM/VMM del MINEM<sup>6</sup> se señala que el valor de descarga en cualquier momento para Zn es 3,0 mg/L y, para Pb, 0,4 mg/L, en contraste con el anexo 1 de la norma vigente Decreto Supremo N° 010-2010-MINAM<sup>7</sup>: el valor para Zn es 1,5 mg/L y, para Pb, 0,2 mg/L. Claramente, los límites para la mayoría de elementos han disminuido a la mitad, por lo que la normatividad vigente es más restrictiva. Por otro lado, la normatividad de Estados Unidos 40 CFR Part 4408 (Effluent Limitation Guidelines for Metallic Mineral Mining) promulgada por el EPA guarda mayor similitud con los LMP peruanos vigentes (véase **Tabla N° 03**). Finalmente, con relación a las emisiones gaseosas provenientes de las unidades mineras, la Defensoría del Pueblo, en el 2005, concluía que los LMP eran demasiado permisivos con respecto a los estándares internacionales y realizó una comparación de la Resolución Ministerial N° 315-96-EM/VMM<sup>9</sup> del MINEM y los límites del Banco Mundial (véase **Tabla N° 04**) (Defensoría del Pueblo 2005, 19).

Finalmente, en cuanto a la contaminación, la ciencia cumple un papel fundamental en la asignación de límites. Los estándares trazan de manera

general la línea de tolerancia entre lo aceptado y lo no aceptado. Sin embargo, asignar un valor estándar tiene una serie de limitaciones. En primer lugar, las condiciones naturales no se pueden utilizar como la base de los valores umbrales ya que las condiciones naturales a veces pueden presentar alto estrés o hasta características letales para los ecosistemas. En segundo lugar, el manejo de parámetros de calidad para aguas naturales con el objetivo de conocer un valor umbral fomenta la homogenización de los sistemas naturales diversos y dinámicos. Las leyes deben reconocer que la variabilidad es una propiedad inherente a los ecosistemas acuáticos (Bisson, y otros 1997, 455). Asimismo, la relevancia biológica de un nivel de umbral específico para una población de organismos es difícil de definir, en parte porque el umbral está basado en la respuesta al estrés de organismos individuales (una especie o algunas especies) en lugar de tomar en cuenta el requerimiento del hábitat para poblaciones enteras (Poole, y otros 2004, 157).

**Tabla N° 03:**

**Comparación de Niveles Máximos Permisibles para la descarga de efluentes líquidos de actividades minero-metalúrgicas**

PARÁMETROS	Perú 1996 RM 011-96-EM/VMM		Perú 2010 DS 010-2010-MINAM		Estados Unidos 40 CFR Part 440	
	Límite en cualquier momento	Límite promedio anual	Límite en cualquier momento	Límite promedio anual	Límite máximo para un día	Promedio de valores diarios por 30 días consecutivos
pH	6-9	6-9	6-9	6-9	6-9	6-9
SS (mg/L)	50	25	50	25	30	20
Plomo (mg/L)	0.4	0.2	0.2	0.16	0.6	0.3
Cobre (mg/L)	1.0	0.3	0.5	0.4	0.3	0.15
Cinc (mg/L)	3.0	1.0	1.5	1.2	1.0	0.5
Fierro (mg/L)	2.0	1.0	2.0	1.6		
Arsénico (mg/L)	1.0	0.5	0.1	0.08		
Mercurio(mg/L)			0.002	0.0016	0.002	0.001

Cadmio (mg/L)			0.05	0.04	0.10	0.05
---------------	--	--	------	------	------	------

FUENTE: Elaboración propia

**Tabla N° 04:**

**Comparación de Niveles Máximos Permisibles para las emisiones gaseosas de actividades minero-metalúrgicas**

Contaminantes	Banco Mundial 1998		Perú RM-315-96-EM/VMM
	Fundiciones Primarias de Pb/Zn	Fundiciones Primarias de Cu	
	Valor Máximo de Concentraciones (mg/m <sup>3</sup> )		
Arsénico (As)	0.1	0.5	25
Plomo (Pb)	0.5	0.2	25
Material Particulado (PM)	20	20	100

FUENTE: Defensoría del Pueblo 2005,19

**Tabla N° 05:**

**Estandares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua**

**(DECRETO SUPREMO N° 004-2017-MINAM)**

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
Arsénico	mg/L	0,1		0,2
Bario	mg/L	0,7		**
Berilio	mg/L	0,1		0,1
Boro	mg/L	1		5
Cadmio	mg/L	0,01		0,05
Cobre	mg/L	0,2		0,5
Cobalto	mg/L	0,05		1
Cromo Total	mg/L	0,1		1
Hierro	mg/L	5		**
Litio	mg/L	2,5		2,5
Magnesio	mg/L	**		250
Manganeso	mg/L	0,2		0,2
Mercurio	mg/L	0,001		0,01
Níquel	mg/L	0,2		1
Plomo	mg/L	0,05		0,05
Selenio	mg/L	0,02		0,05
Zinc	mg/L	2		24

FUENTE: Diario Oficial El Peruano-Normas Legales, 2017,17

## **Actividad Minera en el Perú**

La definición de una mina puede ser amplia. La Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) definió en 1982 una mina como "un área de terreno sobre o debajo de la superficie, donde los minerales o menas de metales son extraídos de los depósitos naturales de la tierra por diversos métodos, lo cual afecta el área total en el que se producen las actividades o se altera la superficie del terreno natural" (Coelho y Teixeira 2011, 790). Las actividades mineras proceden esencialmente en cuatro pasos: exploración, explotación, procesamiento de minerales, y proceso metalúrgico; y además una fase posterior, importante por el tema ambiental, el cierre. No obstante, es preciso señalar que en las diferentes etapas de las actividades mineras se generan residuos y emisiones y liberaciones con potencial de crear impactos en el medio ambiente y la salud (Coelho y Teixeira 2011, 790-792, Kitula 2006, 405).

Se afirma que la minería es la columna vertebral de la economía del Perú, teniendo en cuenta que las regiones donde se realiza esta actividad extractiva se benefician con la transferencia de canon minero y la promoción de recursos para el desarrollo mediante el aporte directo de recursos. El Perú tiene un lugar significativo en la producción minera mundial, debido a su ubicación entre los primeros países productores de plata, cobre, zinc, estaño, plomo y oro. A manera de ejemplo, la minería metálica registró en febrero de este año un aumento por la mayor producción de zinc en 8.59%; hierro, 41.17%; cobre, 0.67%; plata, 2.02%; plomo, 5.75%, y estaño, 5.87%.

Actualmente contribuye al 10% del Producto Bruto Interno (PBI) del país. (Diario Oficial el Peruano, 2017).

En el Perú, la industria minera está experimentando un boom desde mediados de la década de 1990 (Gil 2009, 53). Así, la minería se ha constituido como una de las actividades económicas más importantes del país que representa el 59% de las exportaciones (Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía 2012, 1) y su contribución al incremento del Producto Bruto Interno (PBI) nacional es de 14,4% (Instituto Nacional de Estadística e Informática 2014, 55), a pesar de que la Población Económicamente Activa (PEA) del sector minero sea solo 1,3% comparada con 24,2% de agricultura (Instituto Nacional de Estadística e Informática 2013,105).

La ciudad de Cerro de Pasco es considerada como uno de los principales centros mineros del Perú, ubicada a 4,338 m.s.n.m., cuenta con un promedio actual de 100,000 habitantes, cuenta con reservas minerales como el plomo, zinc y plata, etc.; actualmente vienen operando más de doce empresas mineras y siete plantas de beneficio mineral, produciendo todas ellas una gran diversidad de agentes contaminantes que son fuentes importantes de impactos directos e indirectos para el medio ambiente y la vida humana y natural de Cerro de Pasco y de las zonas periféricas donde se desarrollan estas actividades.

Por otro lado, el alto crecimiento del sector minero promovido por una política agresiva, en la que los temas ambientales y sociales fueron poco relevantes, ocasionó que en muchas áreas donde se ha asentado la actividad minera existan conflictos sociales y ambientales (Amezaga, Rötting, y otros 2008, 1, Amezaga y Balvín 2006, 7, Banco Mundial 2005, 5, Bebbington, Connarty, y otros 2007, 9). Según el Reporte de Conflictos Sociales N° 125, existen aproximadamente 208 conflictos sociales, de los cuales 133 son socioambientales y 95 (46%) de estos están relacionados con la actividad minera (Defensoría del Pueblo 2014, 9-12). Forma parte de estos conflictos la ciudad de Cerro de Pasco por las operaciones y los pasivos mineros de actividad minera, situación que afronta actualmente con la Empresa Administradora Cerro SAC.; empresa que demuestra falta de control en su procesos operativos, no obstante en la zona de estudio ubicada en la Quebrada de Rumiallana (cabecera del Río Tingo), que es la más afectada, dando lugar a la contaminación del Río Tingo.

### **Agua y Minería en el Perú**

El agua que sale del altiplano andino sirve como depósito de agua que sustenta a la población aguas abajo y permite el desarrollo de actividades agrícolas (Bebbington y Williams 2008, 191). No obstante, el altiplano andino también puede incluir dentro de sus ventajas comparativas la riqueza geológica que se concentra principalmente en la cordillera de los Andes (Comunidad Andina 2010, 25). El desarrollo de actividades mineras requiere volúmenes grandes de agua durante los procesos de extracción y



procesamiento de minerales. Sumado a ello, la mayoría de estas actividades se concentra en las cuencas altas de los ríos y su mal manejo afecta negativamente la calidad del agua y repercute en toda la cuenca llevando aguas abajo la contaminación o las especies contaminadas, extendiéndose a través del tiempo, espacio y persistiendo por varias generaciones (Bebbington, Humphreys Bebbington y Bury 2010, 307, Preciado 2011, 214, Sabogal 2009, 10). El desarrollo de actividades mineras no solo afecta la calidad de agua y sus funciones ecosistémicas sino también los derechos y las relaciones sociales y culturales en torno al recurso hídrico (Orlove y Caton 2010, 402, Urteaga 2011, 10).

Los impactos en la calidad y cantidad de agua están entre los aspectos más polémicos de los proyectos mineros. Diversos expertos en el tema, calculan que más de la mitad de comunidades campesinas en el Perú han sido afectadas por actividades mineras. Se ha estimado que cada año la minería y la metalurgia liberan 13 000 Mm<sup>3</sup> de efluentes en cursos de agua de Perú (Bebbington y Williams 2008, 191). Consecuentemente, a pesar de la atracción por los posibles beneficios económicos de la minería, las poblaciones también se preocupan por los potenciales efectos negativos al medio ambiente y las implicaciones para la subsistencia, el consumo, el bienestar y la salud. Muchas organizaciones no gubernamentales, comités ambientales comunitarios y civiles, y la Defensoría del Pueblo expresan significativa preocupación por el agua y la minería aunque las políticas de los gobiernos han fomentado el rápido crecimiento de la inversión minera. Otro factor

importante es la ausencia de información clara, fiable, transparente e independiente sobre la naturaleza de los riesgos de la actividad minera. La larga historia corporativa de malas prácticas ambientales (pasivos ambientales mineros) y de la débil regulación del Estado han dejado comunidades que desconfían del gobierno central y las compañías mineras (Bebbington y Williams 2008, 191-192, Bebbington, Humphreys Bebbington y Bury 2010, 308-309).

El uso del agua en la industria minera ha crecido a medida que la producción mundial se ha incrementado. El orden de magnitud del consumo de agua en actividades mineras realizadas en Perú es de 206,8 Mm<sup>3</sup>/año, de los cuales 73% se consume en la cuenca del Pacífico y 26% en la cuenca del Atlántico. El restante 1% se usa en la cuenca del lago Titicaca (Kuroiwa 2012, 410). Existen, sin duda, acciones industriales que no se destacan por el alto consumo de recursos hídricos en el proceso productivo, pero que sí lo hacen por los daños generados mediante la contaminación de las fuentes hídricas (Isch 2011, 102). En esta línea, la Autoridad Nacional de Agua (ANA) menciona lo siguiente:

*“La actividad minera se ha constituido en un factor preocupante de la gestión del agua en las cuencas, no por el volumen de demanda, que es relativamente pequeño [2 % a nivel nacional], sino por el alto riesgo de su contaminación debido a los vertimientos resultantes del procesamiento de los minerales. Este temor se funda en la mala experiencia con antiguas minas, hoy convertidas en pasivos ambientales diseminados por todo el país”. (ANA 2009, 65).*

Evidentemente, la información de la Autoridad Nacional del Agua (ANA) indica que tanto la empresa como el Estado solo se enfocan en el agua de consumo. Sin embargo, desde una visión de Gestión Integrada de Recursos Hídricos en las actividades mineras se debe considerar el agua de bombeo, de drenaje y la degradación del ecosistema, además del agua utilizada para la actividad.

Las visiones contradictorias sobre el agua producen una serie de conflictos socioambientales; por un lado, las poblaciones locales campesinas e indígenas conciben el agua como un ser vivo, un ser divino, creador y transformador, y un derecho universal y comunitario. Así, el agua ha sido reconocida en multitud de culturas como el origen y la fuente de vida. Por ello, le han conferido un carácter sagrado que ha sido y es parte fundamental de su cosmovisión (Albro 2005, 265, Boelens, Cremers y Zwarteveen 2011, 14, Comunidad Andina 2010,4). Por otro lado, una visión primordialmente económica sostiene que debe asignarse un criterio de eficiencia económica y productividad para responder a las necesidades económicas estatales y empresariales de la explotación de minerales.

Así, "en esta propuesta, las consideraciones sociales, culturales, políticas e inclusive económicas locales se subordinan a una lógica economicista de gran escala que es capaz de postular el desplazamiento de las poblaciones locales con tal de usar de manera «eficiente» las aguas disponibles" (Urteaga 2011,10).

La cordillera de los Andes concentra riqueza geológica y sirve como depósito de agua, lo cual permite el desarrollo de diversas actividades, como la agricultura, en las cuencas media y baja de los ríos (Comunidad Andina. Secretaría General 2010, 25, Huang, y otros 2010, 4177). Por ello, la actividad minera desarrollada mayormente sobre los 3 500 msnm, es un factor preocupante de la gestión del agua en las cuencas debido al alto riesgo de contaminación por los vertimientos del procesamiento de minerales y por la existencia de pasivos ambientales mineros (Bury 2002, 15, Bury 2007, 49-50, Isch 2011, Liverman y Vilas 2006, 338-339). En el Perú, la actividad minera libera anualmente 13,000 Mm<sup>3</sup> de efluentes tratados ineficientemente a los que se suma la presencia de los pasivos ambientales mineros (Autoridad Nacional del Agua 2009, 65, Bebbington y Williams 2008, 191).

Se ha estimado que más de la mitad de las 5,818 comunidades campesinas ubicadas principalmente en la sierra del Perú coexisten con actividades mineras, lo cual constituye un riesgo ambiental al modo de vida rural, porque ellos dependen de actividades agropecuarias como medios de sustento (Gil 2009, 54, Kitula 2006, 406, Ramírez 2005, 180).

Esta idea se ha fortalecido por la existencia de aproximadamente 8,616 pasivos ambientales mineros de acuerdo al último inventario publicado por Ministerio de Energía y Minas el 9 de Marzo del 2015 (R.M. N° 102-2015-MEM/DM), debido a que las cuencas fluviales, como las del Rímac, Mantaro, Huallaga, etc; han sido contaminadas principalmente por estos pasivos (Banco Mundial 2005, 6-7, Damonte 2008, 35-36). En este caso las zonas

rurales y comunidades en los Andes peruanos. Como ejemplo se da a conocer la situación actual de la Quebrada Rumiallana, aguas arriba, y de las comunidades de Tingo Palca y Chauchay, que forman parte del recorrido de la Microcuenca del Río Tingo, ubicado en el Distrito de Yanacancha; donde la situación ambiental de la zona de estudio y la agricultura de las comunidades en mención se encuentra amenazada por el riego de aguas contaminadas con metales pesados (elementos tóxicos), producto del ineficiente tratamiento de aguas residuales de la minería y de la presencia de pasivos.

## **CUENCAS NATURALES**

### **Definición de Cuenca: aspectos ecológicos y geográficos**

Una cuenca es una unidad geográfica que acarrea las aguas de un espacio geográfico unificado por el flujo del agua y la pendiente. La cuenca constituye un factor crucial en la distribución del agua. En un país como el Perú, la altitud y la pendiente varían fuertemente a lo largo de una cuenca; por ello esta constituye una compleja mezcla de diversidad de ecosistemas y de recursos naturales, unificados por este corredor ecológico que lleva recursos biológicos a través del agua.

Se ha dicho muchas veces que la cuenca debe constituir una unidad de manejo de recursos. En ella, tanto la cadena trófica (o alimentaria) de cada ecosistema, como del conjunto de ecosistemas a la largo de toda la cuenca, desencadenan procesos importantes para el manejo de los recursos. Tal es el caso de la contaminación de la cabecera de cuenca. A la luz de las

cadenas tróficas deben analizarse procesos como la erosión, el manejo de riberas, la agricultura y los procesos de contaminación producidos tanto por la minería como por el uso de agroquímicos, y por los desechos sólidos y líquidos de pueblos y ciudades. La microflora y la microfauna, fundamentales en la descomposición de desechos y en el reciclaje de nutrientes, son los primeros que se ven afectados cuando los ecosistemas presentan alteraciones. Por ello debe realizarse un monitoreo constante de dicha cadena, específicamente de la microflora y microfauna.

Cabe resaltar la importancia de la microflora y microfauna como organismos acumuladores de sustancias tóxicas, los que constituyen importantes indicadores biológicos de la contaminación. El monitoreo de la cadena trófica terrestre puede evitar la contaminación de la cadena acuática, ya que la contaminación necesariamente debe haber pasado por el suelo antes de llegar al río.

En una cuenca siempre se puede identificar tres espacios: cuenca alta, cuenca media y cuenca baja. La cuenca alta se caracteriza por grandes pendientes, río profundo y estrecho, presencia de especies bénticas (que se adhieren al fondo del río y se alimentan de detritus) y especies de gran fuerza acostumbradas a nadar en contra de la corriente, como la trucha, conocidas como grupo de nectón. Es por ello que en este espacio, donde la corriente es muy fuerte y pocas especies pueden sobrevivir, a pesar de ser una especie importada, la trucha encuentra un hábitat con poca competencia, razón por la cual se ha podido desarrollar, desplazando a las especies nativas.

La actividad minera se concentra generalmente en la cuenca alta, la que de ser mal manejada puede repercutir en toda la cuenca, llevando aguas abajo la contaminación o las especies contaminadas. Los peces son especies que al estar en un lugar relativamente bajo en la cadena trófica, acumulan productos tóxicos que entran directamente al cuerpo humano a través de su consumo, donde se acumulan y repercuten seriamente en la salud. Es así como el mercurio, utilizado todavía en la explotación de oro, o el plomo — entre otros metales— liberados en el proceso, pueden entrar en la cadena trófica<sup>1</sup>. Los pastos contaminados por el agua de la cuenca también son una seria amenaza para su aprovechamiento. (Ana Sabogal, 2009).

### **La Cuenca como Unidad Estratégica de Gestión.**

La cuenca hidrográfica, en su concepción sistémica, se considera como la unidad estratégica ideal para una intervención planificada, con un enfoque integral y participativo de manejo de cuencas. La cuenca o subcuenca hidrográfica es la unidad geográfica natural, definido por sus límites físicos (Divortium Acuarium) y por un funcionamiento dinámico de sus elementos que ofrece el marco apropiado para la planificación del desarrollo sostenible del espacio cuenca.

La cuenca es donde ocurre parte del ciclo hidrológico, interactúan los factores naturales, así como factores sociales, económicos políticos e institucionales que son variables en el tiempo. *“La cuenca es un sistema que puede ser dividida en Subcuencas y Microcuencas como unidades menores. Los tamaños se determinarán en función al grado de ramificación de los*

*curso de agua, el orden está determinado y se inicia a partir del cauce más pequeño*". (PRONAMACHCS, 2006, p.72).

Por lo tanto, el manejo de la cuenca se entiende como la gestión que el hombre realiza a nivel de toda esta área para aprovechar y proteger los recursos naturales que le ofrece (fundamentalmente el agua, suelo y vegetación), con el fin de obtener una producción óptima y sostenida, con el mínimo deterioro ambiental, para beneficio de los pobladores de la cuenca y de las poblaciones vinculadas a ella. "Conjunto de acciones que se llevan a cabo para lograr un buen uso de los RRNN y productivos, existentes en el ámbito de la cuenca con la finalidad de darle sostenibilidad en el tiempo contribuyendo de este modo al bienestar del hombre. PRONAMACHCS considera al manejo de cuencas como parte de la Gestión de Cuencas". (PRONAMACHCS, 2006, p.72).

### **Manejo y Gestión de Cuencas en el Perú**

El Perú actualmente enfrenta problemas bastante serios en la gestión de sus recursos naturales, especialmente del agua y la tierra, los cuales se agudizarán con el pasar del tiempo, en un contexto de demandas crecientes y de oferta limitada de estos recursos, con fenómenos hidrológicos extremos<sup>1</sup> y procesos de erosivos. Del mismo modo, siendo este un país, con una maciza presencia de los andes en su territorio, con grandes pendientes, áreas deforestadas y climas extremos, genera que la población más vulnerable a estos problemas se encuentre en las zonas altas de la región de la sierra, también llamados cabeceras de cuencas o cuencas altas.



En este contexto, es importante la acción estratégica en las cabeceras de cuenca en la sierra, siendo una de las propuestas más antiguas e importantes la del Programa Nacional de Manejo de Cuencas Hidrográficas y Conservación de Suelos (PRONAMACHCS), creada en 1981, como un programa adscrito al Ministerio de Agricultura de Perú. Su accionar estuvo orientada a la lucha contra la desertificación y la pobreza rural de la sierra altoandina (sobre los 2.500 m.s.n.m.), mediante el fomento de prácticas del manejo de cuencas, en especial del recurso agua y suelo; del cual se debe rescatar las enseñanzas de su larga trayectoria, que permita la retroalimentación de las gestiones futuras en manejos de cuencas, y que estos generen los incentivos adecuados para lograr la eficiencia, equidad y sostenibilidad de los recursos. (Manejo de Cuencas Altoandinas en el Perú"- Erika Betania –CHILE- 2009).

Para la gestión y manejo de cuencas se considera imprescindible la participación activa de la población local debidamente organizada, con el apoyo coordinado de las instituciones públicas y privadas pertinentes. PRONAMACHCS a partir del 90' incorporó en su trabajo la concepción de cuencas, iniciando su delimitación a nivel de microcuencas con los elementos que en ese momento disponían.

Uno de los aspectos importantes de las conclusiones a las que llegó el trabajo de la ANA, es que sólo el 50% del territorio del país delimitado por cuencas está dentro del ámbito de los gobiernos regionales, en otras palabras, "no están compartidos", y el otro 50% sí está compartido por más

de un gobierno regional, “están compartidas”. Es decir, las cuencas no coinciden con los límites de los gobiernos regionales. En otras palabras, *“de las 159 unidades hidrográficas o cuencas, actualmente demarcadas 96 son intrarregional y 63 interregionales, existiendo entre ambas 32 transfronterizas con los países vecinos, cifras que nos muestran la potencialidad de los conflictos internos y externos vinculados con los recursos hídricos”* (Comisión Técnica Multisectorial, 2009, p.31). Esto implicará que los trabajos que PRONAMACHCS realice a nivel de cuencas y microcuencas, conlleven un esfuerzo adicional de promoción y coordinación con los diversos gobiernos regionales, ya que serán un número de actores en la cuenca e intereses que deben conciliarse *“a menos que el número de individuos sea muy pequeño, o a menos que exista coerción o algún otro dispositivo especial para hacer que los individuos actúen a favor de su interés común, individuos racionales con intereses propios no actuarán para lograr sus intereses comunes o de grupo”* (Ostro, 2000, p.31).

La distribución del agua en el país da cuenta de una realidad política, de una distribución del poder. De ella depende la riqueza de los demás recursos naturales del espacio ya que estos se encuentran estrechamente vinculados a la cantidad y calidad del agua, y de esta dependen los ecosistemas y su funcionamiento. Si bien en la época prehispánica hubo un manejo tecnificado para el aprovechamiento del agua, con un enorme desarrollo de canales en la costa y andenes en la sierra, el poder central nunca ejerció un rol protagónico en el manejo de las cuencas en la costa, la selva o la sierra. Ni

durante ni después del incanato se manejó el concepto de cuenca, pues la comunicación entre la costa y la selva fue siempre muy exigua.

Actualmente no existe un manejo de las cuencas y la distribución del agua no corresponde a la distribución geográfica de este recurso. Cada autoridad local tiende a centrar el manejo de cuenca en su espacio de acción sin tener en consideración la cuenca en su conjunto, y menos el país. Es necesario pensar en un sistema de manejo que considere los daños por deterioro y contaminación de la cuenca, y el volumen de agua que puede ser usado por cada localidad. También es necesario fijar un límite al uso del agua — llamado *caudal ecológico*— para la renovación de los acuíferos y la conservación del ecosistema. Cada gobierno local debe *devolver* el agua por lo menos tan limpia como la recibió. Esta función de conciliación de intereses y de unificación del país a través del agua recae actualmente sobre la Autoridad Nacional del Agua (ANA), entidad que debe velar no solo por la distribución justa del agua, sino también debe tener en cuenta la renovación y por ende el mantenimiento de los acuíferos.

Esta propuesta implica un trabajo detallado por cuenca que involucre el cálculo del caudal de agua. Deberán contemplarse en este cálculo: la variación de la napa freática a lo largo del año y de los años, considerando aspectos como las variaciones multianuales de los cauces, el evento de El Niño, los volúmenes de erosión y el uso actual de las riberas, para calcular el volumen máximo del agua que puede contener el río sin que este se

desborde. Para una adecuada planificación del uso todos estos cálculos deben considerar estadísticas por un período no menor de diez años.

Cabe resaltar que *el agua del planeta es una sola*, y que esta debe alcanzar para todos los seres que la habitan, humanos y no humanos. Uno de los grandes retos que se plantea actualmente al considerar el agua como bien ambiental con valor monetario es definir *a quién pertenece el agua*. Aquí definitivamente debe quedar claro que el agua no es propiedad de la población que ocupa la cabecera de la cuenca. El agua es un recurso que debe satisfacer no solo las necesidades de todos los habitantes de la cuenca, sino que debe distribuirse de manera que permita el desarrollo sostenible e integrado del país, y permita la regeneración de los acuíferos para un manejo sostenible del agua a largo plazo. En el caso de las cuencas multinacionales, deberá tenerse en cuenta los intereses de todos los países que la componen, sí como la existencia de acuerdos explícitos sobre su distribución y aprovechamiento. (Sabogal, Ana. 2009).

### **Delimitación de Cuencas**

La Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (OIERN-INRENA), desarrolló el 2001, la demarcación de 107 cuencas hidrográficas, a partir de cartas nacionales, pero a una escala de 1:125.000, posteriormente este fue creado en versión digital y ha sido hasta este año el plano que ha sido utilizado por las diferentes instituciones como el plano de delimitación de cuencas estándar. Sin embargo, con la actual tecnología, que es de mayor

precisión, se ha logrado clasificar 159 unidades geográficas, que han sido representadas en un mapa.

Cabe precisar que hasta el 2003 se habían realizado algunos esfuerzos por desarrollar los planos de delimitación de cuencas, pero estos no han sido guiados por un criterio estándar. Aun así, se logró identificar 28 cuencas hidrográficas de segundo orden y quebradas menores e intercuencas.

Actualmente, la Autoridad Nacional de Agua (ANA), ha logrado estandarizar en formato digital las cartas nacionales a escala 1:100,000 de las 159 cuencas, lo cual tiene proyectado usarse de base para futuras subdivisiones. Este es un aporte importante para los gobiernos regionales y locales para fines de ordenamiento del territorio, para la planificación en el aprovechamiento de sus recursos naturales y emprender procesos de desarrollo regional, además que ayudará a la resolución de conflictos de manera más práctica y rápida.

### **Distribución de Cuencas y Calidad del Agua**

A pesar de la importante oferta hídrica existente, considerando las cuencas existentes en la región (Huallaga, Mantaro, Tingo, Perené, Pachitea y Marañón, todas en la vertiente Atlántica), los recursos hídricos están deteriorándose en su calidad, por ende conservar su calidad es el gran reto para ciudades como Cerro de Pasco y las zonas altas, así como las existentes que van cuenca abajo, están a merced de vertimientos industriales y urbanos-domésticos los que son arrojados sin tratamiento alguno a los cuerpos de agua.

Las principales cuencas y fuentes de los recursos hídricos como son las cuencas del Tingo, Alto Huallaga, Mantaro, se encuentran deterioradas por recibir relaves de las explotaciones mineras, y de desechos industriales, aguas residuales y residuos sólidos de origen doméstico. El resto de cuencas como Pachitea, Marañón, Perené, entre otras, se encuentran en peligro de correr igual o peor riesgo irreparable.

Según los datos obtenidos por la Dirección Regional de Salud Pasco (2011), las brechas respecto a acceso al agua potable en la región son muy grandes, hacia el 2007 el 60% de los distritos tienen solamente al 28% de la población con acceso al agua.

Por otro lado, la calidad del agua en los cuerpos como río San Juan (2011) presenta alta turbidez y color parduzco por el arrastre de material de los pasivos ambientales sobre su curso y de las aguas residuales domésticas provenientes de la ciudad de Cerro de Pasco e industriales de los vertimientos mineros de Empresa Administradora Cerro SAC.; Compañía Minera Aurex y Sociedad Minera El Brocal. A partir de la vigencia de los Estándares de Calidad

Ambiental del Agua (ECA, 2008) este río presenta contaminación química por metales: plomo, cadmio, arsénico, cobre, mercurio y zinc. Según la misma fuente, el Mantaro tiene contaminación por Hierro y Manganeso, mientras que los ríos Tingo y Huallaga, presentan contaminación química por metales: Plomo, Hierro, Manganeso y Zinc. Finalmente, las lagunas de Huayllay: Huaroncocha, Naticocha Norte, Llacsacocha, Quimacocha Shuegue y Huascacocha, presentan valor de pH, por encima de lo

establecido en los ECA's – 2008, básicamente debido a la composición geológica del lecho. También presenta contaminación por Manganeso y Plomo. Finalmente, el Río San Jose-Anticona presenta contaminación química por metales: Plomo, Hierro, Manganeso y Cobre. (Agenda Ambiental Regional 2015-2016).

### **Características Generales de la Microcuenca del Río Tingo**

A continuación se describen algunas características naturales y sociales de la zona de estudio, resaltando la importancia de su conservación.

#### **Zona Natural de la Quebrada Rumiallana**

En la zona de estudio, la ocupan zonas de puna y jalca; por tanto, la puna cuenta escasa vegetación, pero con pajonales de ichus, la champa estrella, que es una variedad de las gramíneas, que enraíza abundantemente, y que los pobladores la extraen del suelo para utilizarlos como combustible, se observa las formaciones vegetales que están presentes como los quenuales, así como las comunidades de flora y fauna existentes en el área que se ven afectadas por el funcionamiento del Botadero Rumiallana. Dentro de la fauna se apreciaron aves que habitan y se diversifican entre: gaviotas, yanavicos, garzas, guachuas, y otra clase de aves propios de la región puna; así mismo la crianza de auquénidos como llamas, alpacas y ovinos.

**Imágenes N° 01 y 02:**

**Flora y Fauna en la Quebrada Rumiallana**



**Vegetación Hidromórfica:** En la zona de la Quebrada de Rumiallana, se hallaron bofedales que son formaciones altoandinas que ocupan zonas circundantes a riachuelos y filtraciones de los puquiales, se distribuyen entre los 3800 y 5400 m.s.n.m. Este tipo de vegetación se caracteriza por permanecer verde durante el año. La especie predominante es la juncácea conocida como “champa” (*Distichia muscoides*), la cual forma densos cojines en diferentes áreas de la zona de estudio.

**Imágenes N° 03 y 04:**

**Formación de Bofedales y Manantiales en la Quebrada en Rumiallana**





### **Actividades Económicas de la Zona de Estudio**

La Quebrada Rumiallana, se ubica en el Distrito de Yanacancha, cuya actividad económica es múltiple, la cabecera de la Microcuenca del Río Tingo colinda con otros ecosistemas con características similares, como es el caso de la Quebrada Pucayacu, lugar donde se encuentra ubicado La Cooperativa Agraria Producción Pucayacu – Limitada 004, con más de ochenta socios de la zona cuya actividad económica principal es la ganadería que es también afectada directamente hace más de treintaicinco años por los desmostes y relaves mineros que perjudican a ambas quebradas.

A lo largo del recorrido del Tingo, se encuentran ubicados varias comunidades, entre ellas destacan la Comunidad Campesina de Tingo Palca y Anasquizque que pertenecen al distrito de Yanacancha; Cochacharao, Pachacrahuay, Yanatambón, Chauyar, Junipalca y Chacra Colorada, que pertenecen al distrito de Yarusyacán; Huichpin, Pallanchacra y Salcachupan que pertenecen al distrito de Pallanchacra, donde el 80% de la Población Económicamente Activa (PEA), se dedican a la actividad agropecuaria. Sin embargo su principal recurso hídrico está siendo contaminado limitando su producción agropecuaria que no ha podido sobresalir frente a la actividad minera debido a que los recursos naturales existentes en las riberas, han sido afectados a causa de la degradación de las aguas de este río y actualmente no se le viene dando ningún uso; en las comunidades solo es considerado como el principal captador de residuos sólidos y de aguas

servidas producto de las actividades domésticas. (Centro de Cultura Popular Labor: Participación - 2009).

## **2.3 Marco legal**

### **Organismos Reguladores en el Perú**

La necesidad de armonizar los objetivos de desarrollo económico y social con un adecuado manejo del medio ambiente, ha obligado establecer en el Perú instrumentos jurídicos modernos que se adecuan a los estándares internacionales. Promoviendo la inversión privada para el aprovechamiento de los recursos naturales en forma sostenida y procurando una adecuada protección del medio ambiente y los derechos de ciudadano bajo conceptos de desarrollo sustentable, exigiendo compromisos para la protección ambiental y participación ciudadana, mediante el establecimiento de normas ambientales.

#### **Consejo Nacional del Ambiente – CONAM.**

De acuerdo a la Ley General del Ambiente N° 28611, Octubre 2005, El CONAM es la Autoridad Ambiental Nacional, creada el 22 de diciembre de 1994 mediante Ley 26410, como el organismo rector de la política nacional ambiental que tiene por finalidad planificar, promover, coordinar, controlar, velar por el ambiente y patrimonio natural de la Nación.

#### **Ministerio de Energía y Minas.**

**Dirección General de Asuntos Ambientales Mineros – DGAAM.** Es la entidad a cargo de proponer y establecer normas ambientales, promover la

ejecución de actividades orientadas a la conservación y protección del medio ambiente y el fortalecimiento de las relaciones empresas con la sociedad.

**Dirección General de Minería-DGM.** Programas anuales de fiscalización, a través del Decreto Supremo 046-2001-EM.

## 2.4 Definición de Términos

**Cuenca:** La Cuenca es una unidad del territorio en donde funciona la combinación de un subsistema hídrico que produce agua, simultáneamente con los subsistemas ecológico, económico, social y político. *(Muñoz s/f, 2003)*

Un rápido resumen de las funciones, valores y beneficios de las cuencas pone de manifiesto que éstas son un elemento clave para hacer frente a la crisis ambiental; debido a que los principales beneficios de las cuencas, son fruto de las funciones inherentes a los ecosistemas.

Muchas veces hay cierta confusión cuando se utilizan los términos de Cuenca Hidrológica y Cuenca Hidrográfica, por ello, coincidimos con *Carabias y Landa (2005)* en la aclaración de que:

**Cuenca Hidrográfica:** Se refiere a la definición geográfica de la misma, es el contorno o límite de la misma que drena agua en un punto en común.

**Cuenca Hidrológica:** Se suele entender como una unidad para la gestión que se realiza dentro de la cuenca hidrográfica.

En la cuenca hidrográfica, se distinguen por lo general tres sectores característicos: Alto, Medio y Bajo, los cuales en función a las características

topográficas del medio pueden influir en sus procesos hidrometeorológicos y en el uso de sus recursos (Llerena, 2003).

**Zona de Cabecera de Cuencas:** Es la zona donde nacen las corrientes hidrológicas, por ende se localizan en las partes más altas de la cuenca. Generalmente la rodean y por su función –principalmente de captación de agua- presentan la mayor fragilidad hidrológica.

**Zona de Captación – Transporte:** Es la porción de la cuenca que en principio se encarga de captar la mayor parte del agua que entra al sistema, así como de transportar el agua proveniente de la zona de cabecera. Esta zona puede considerarse como de mezcla ya que en ella confluyen masas de agua con diferentes características físico-químicas.

**Subcuencas:** Conjunto de microcuencas que drenan a un solo cauce con caudal fluctuante pero permanente.

**Microcuencas:** Una microcuenca es toda área en la que su drenaje va a dar al cauce principal de una subcuenca; es decir, que una subcuenca está dividida en varias microcuencas.

**Quebradas:** Es todo área que desarrolla su drenaje directamente a la corriente principal de una microcuenca.

**Depósito de Desmonte:** Es el área ocupada por los materiales extraídos del interior de la mina o del área de explotación a tajo abierto, que no contiene valores extraíbles u/o que su extracción no es económica, por lo que se han

dispuesto en un lugar donde no se realizan actividades de explotación. (Red Muqui, 2015).

**Pasivos Ambientales Mineros (PAMs):** Son aquellas instalaciones, efluentes, emisiones, restos o depósitos de residuos producidos por operaciones mineras, en la actualidad abandonadas o que constituyen un riesgo permanente y potencial para la salud de la población, el ecosistema circundante y la propiedad (Art. 2° Ley N° 28271, Ley que regula los pasivos ambientales de la actividad minera). (Anida Yupari. Pasivos Ambientales Mineros en Sudamérica).

**Tabla N° 06:**

**Tipos y Subtipos de Pasivos Ambientales Mineros (PAMs)**

<b>Tipo</b>	<b>Subtipos</b>
<b>Labor minera</b>	Bocaminas, chimeneas, piques, tajeos comunicados, trincheras y tajos abiertos.
<b>Residuo minero</b>	Relaves, desmontes de mina, botaderos de lixiviación
<b>Infraestructura</b>	Campamentos, oficinas, talleres, plantas de procesamiento y otras instalaciones relacionadas con el proyecto minero.

FUENTE: Red Muqui, Propuestas y Acción.

**Basura:** Se llama así a aquellos objetos que ya no se pueden volver a usar, se le conoce mejor como residuos sólidos o desperdicios sólidos.<sup>1</sup>

**Composición de residuos sólidos:** es el estudio realizado para conocer el porcentaje y la cantidad de cada uno de los residuos sólidos generados.<sup>2</sup>

**Botadero:** Acumulación inapropiada de residuos sólidos en vías y espacios públicos, así como en áreas urbanas, rurales o baldías que generan riesgos sanitarios o ambientales y carecen de autorización sanitaria.<sup>3</sup>

**Disposición final:** Procesos u operaciones para tratar o disponer en un lugar los residuos sólidos como última etapa de su manejo en forma permanente, sanitaria y ambientalmente segura.<sup>4</sup>

**Gestión de residuos sólidos:** Es el conjunto de prácticas orientadas a educar a la población y a sus autoridades, a manejar y utilizar técnicas de minimización en los residuos sólidos, de tal forma que se pueda controlar la cantidad que se genera. Según la Ley 27314, menciona que es toda actividad técnica administrativa de planificación, concertación, diseño, aplicación y evaluación de políticas, estrategias, planes de acción de manejo apropiado de los residuos sólidos de ámbito nacional, regional y local.<sup>5</sup>

**Relleno Sanitario:** Instalación destinada a la disposición sanitaria y ambiental de los residuos sólidos en la superficie o bajo la tierra, basados en los principios y métodos de la ingeniería sanitaria ambiental.<sup>6</sup>

(1, 2, 3, 4, 5, 6): Definiciones tomadas de la ley 27314 “Ley General de Residuos Sólidos” – Publicada el 21 de julio del 2000).

**Evaluación multicriterio:** También conocido como análisis multi objetivo, también abreviado como AMO, es un instrumento que se utiliza para evaluar diversas posibles soluciones a un determinado problema, considerando un número variable de criterios, se utiliza para apoyar la toma de decisiones en la selección de la solución más conveniente.

## **2.5 Hipótesis General y Específicas**

### **2.5.1 Hipótesis General**

La disposición de pasivos ambientales mineros, la disposición final y acumulación de toneladas de residuos sólidos municipales peligrosos y los efluentes de aguas residuales urbanos, son factores que determinan el grado de contaminación de la cabecera de Microcuenca del río Tingo en la quebrada de Rumiallana.

### **2.4.2 Hipótesis Específicas**

1. La Empresa Administradora Cerro SAC. involucrada, no cumple sus obligaciones establecidas de acuerdo a ley en sus diferentes etapas y procesos para el pre tratamiento de sus aguas ácidas y la disposición final de los desmontes mineros, producto de sus actividades; ubicados en la Quebrada Rumiallana, zona de estudio.
2. A pesar de ser uno de los casos importantes de contaminación minera de la ciudad de Cerro de Pasco, hasta la actualidad, las autoridades locales y regionales no han realizado las acciones suficientemente y necesarias para hacer cumplir las leyes y exigir a las empresas mineras desarrollen sus actividades de tratamiento de aguas ácidas y acumulación de desmontes en función a los procedimientos establecidos en el sector minero.
3. El “Botadero de Rumiallana”, en la zona de propiedad de la Empresa Administradora Cerro SAC, sirve actualmente para la disposición final

de residuos sólidos municipales debido a la inexistencia de un relleno sanitario en la ciudad de Cerro de Pasco; como exige la Ley General de Residuos Sólidos N° 27314.

## **2.6 Identificación de las Variables**

### **2.6.1 Variable Independiente**

- ❖ Factores que determinan el grado de contaminación en la Cabecera de Microcuenca del Río Tingo ubicada en la Quebrada de Rumiallana.

### **2.6.2 Variables Dependientes**

- Incumplimiento de la Empresa Administradora Cerro SAC. con sus obligaciones establecidas de acuerdo a ley.
- Nivel de intervención de las Autoridades Locales y Regionales, que deben exigir a las Empresas Mineras cumplan su responsabilidad y promuevan adecuados planes de manejo ambiental que permitan disminuir la situación de la zona; esto con el propósito de proteger el bienestar de la población y de hacer cumplir las Leyes Ambientales establecidas.
- Nivel de responsabilidad de las Autoridades Municipales, por hacer uso del “Botadero Rumiallana”, para la disposición final de los residuos sólidos municipales, sin promover la construcción de un relleno sanitario para tal fin.



## **CAPÍTULO III.**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1 Tipo de Investigación**

La presente Tesis corresponde a una investigación aplicada con nivel exploratorio, descriptivo, cuantitativo y correlacional.

Es exploratorio, porque identifica los factores que determinan grado de contaminación en la Cabecera de la Microcuenca del río Tingo, Quebrada de Rumiallana del distrito de Yanacancha; es descriptivo y cuantitativo porque describe su estructura, forma generación (área, tipo, causa efecto), variables hidrológicas y socioeconómicas; y correlacional porque da a conocer la relación entre las actividades humanas negativas, crecimiento urbano demográfico (alteración del medio ambiente) con la presencia de los riesgos ambientales.

### **3.2 Diseño de la Investigación**

El diseño de la presente investigación es NO experimental, con el estudio y caracterización de los factores y tipos de contaminación del área de estudio.

### **3.3 Población y Muestra**

La Población y Muestra está conformada por el área de influencia directa de la naciente de Microcuenca del Río Tingo; la zona de estudio está ubicada entre Quebrada de Rumiallana, que es la cabecera de la microcuenca y las comunidades que forman parte de la zona alta del Río Tingo, pertenecientes al distrito de Yanacancha, provincia de Pasco. La zona específica de estudio se ubica entre las coordenadas 10800 N - 7600 E y 11700 N – 8800 E; a una altura promedio de 4,350 m.s.n.m., al lado Este de la carretera Cerro de Pasco- Pallanchacra, aproximadamente a 200 metros de las pozas de sedimentación y manantial de la naciente del Río Tingo.

La Población y Muestra se determinó considerando cuatro aspectos fundamentales: en primer lugar, las características de los efluentes y drenajes mineros vertidos al agua; en segundo lugar, el contenido de aguas residuales municipales vertidos por canales de aguas habilitadas en el botadero; en tercer lugar, el uso del agua necesaria para la actividad ganadera en la cabecera de microcuenca (zonas altas), asimismo para las actividades agrícolas de los sectores y comunidades (aguas abajo); y finalmente, el aporte de contaminantes originada en la cabecera de la Microcuenca del Río Tingo, que involucran al cuerpo de agua de toda la

Cuenca del Tingo y otros cuerpos de agua natural de la zona.(véase *Imagen 06*).

### **3.4 Métodos de Investigación**

Las interacciones socioecológicas son complejas; por ello, el presente estudio se ha abordado desde un enfoque multidisciplinario que permitió identificar diferentes aspectos de los recursos y de las relaciones que se establecen con el hombre. Asimismo, se trabajó desde una aproximación sistémica debido a que es una alternativa al individualismo y al holismo, ya que el individualismo solo considera el árbol, pero pierde el bosque; en cambio, el holismo considera el bosque, pero no los árboles. Así, el enfoque sistémico permite la visión de los árboles y sus componentes como el bosque y su entorno más amplio (Bunge 2004, 61). Desde esa perspectiva, se utilizaron métodos cuantitativos como la Espectroscopia de emisión con fuentes de plasma que determina la cantidad o concentración de sustancias o elementos presentes en la muestra por medio de las interacciones de varios tipos de radiación con la materia; para el análisis del agua e identificar los factores contaminantes de agua de la naciente de la Microcuenca del Río Tingo, Quebrada Rumiallana y conocer la calidad de agua del Río, parte alta de la zona. De igual manera, se emplearon métodos cualitativos como el Enfoque Ecosistémico cuyo concepto se deriva de la ecología, de la teoría de sistemas, la cibernética, el holismo y la economía ecológica. Esta aproximación es el resultado de la predominancia del pensamiento sistémico de finales de la década de 1960 y de la difusión del concepto ecosistémico para comprender las relaciones hombre - naturaleza (Andrade 2007, 51-52).

Para abordar los usos de los ecosistemas por parte de algunas comunidades que conforman la Cabecera de Microcuenca, y para identificar a los principales actores y sus opiniones frente a los pasivos ambientales mineros y la inadecuada disposición de residuos sólidos municipales en el “botadero rumiallana”.

### **3.4.1 Métodos Cuantitativos**

#### **➤ Espectroscopia de emisión con fuentes de plasma:**

Para la determinación de la composición de muestra se ha utilizado la espectroscopia como método químico analítico cuantitativo, la cual determina la cantidad o concentración de sustancias o elementos presentes en la muestra por medio de las interacciones de varios tipos de radiación con la materia. Existen diversos métodos espectrométricos que dependen de la cantidad medida de intensidad de energía absorbida o producida. Entonces, los tipos de espectrometría están definidos, en primer lugar, por la naturaleza de la excitación atómica medida, los que pueden ser de tipo electromagnética, electrones, masa, acústica, dieléctrica y mecánica. En segundo lugar, por el tipo de proceso de medida, ya sea atómico o molecular; finalmente, se pueden distinguir diferentes tipos de espectroscopia según su naturaleza de interacción: absorción, emisión y dispersión. Los tres principales métodos espectrométricos utilizados son el óptico, de masas y de fluorescencia de rayos X.

El espectrofotómetro de emisión óptica con fuente de plasma acoplado por inducción constituye el equipo ICP- OES. En este método la interacción de la

muestra líquida con el sistema de nebulización forma un aerosol que es transportado por el argón a la antorcha del plasma en que los analitos, debido a la alta temperatura, son atomizados e ionizados para generar los espectros de emisión atómica de líneas características. Estos espectros son dispersados por la red de difracción y el detector sensible a la luz mide las intensidades de las líneas. Este método es usado por la EPA para determinar metales y algunos no metales en solución. Asimismo, es un método consolidado para agua, aguas residuales y residuos sólidos referenciado en el método 200.7 para Trazas de Elementos en Agua, Sólidos y Biosólidos (Environmental Protection Agency 2001, 1).

### **3.4.2 Métodos Cualitativos**

#### **➤ Evaluación Social Multicriterio:**

El modelo de sostenibilidad más conocido es el que concibe a la sociedad, la economía y el medio ambiente (ecosistemas) como subsistemas que se intersecan. Sin embargo, el concepto de economía ecológica percibe a la sociedad y economía como subsistemas del medio ambiente, cuyos recursos son finitos. Por otro lado, la economía ecológica promueve el análisis multicriterio de las actividades humanas; es decir, no solo utiliza dimensiones socioeconómicas sino también culturales, ecológicas y tecnológicas para el análisis de las actividades antrópicas (Gamboa Jiménez 2007, 20). Sobre la base de la economía ecológica, cuyas bases son la sostenibilidad fuerte, Giuseppe Munda desarrolló la metodología de Evaluación Social Multicriterio (SMCE).

Para enfrentar la problemática de la incertidumbre, conflicto de valores y complejidad — en casos en los que los científicos no pueden proveer algún aporte sin la interacción con el resto de la sociedad y la sociedad no pueda tomar una decisión sin interactuar con los científicos — la SCME se fundamenta en la ciencia posnormal. La ciencia posnormal, desarrollada por Funtowicz y Ravetz, plantea extender la participación en la toma de decisiones más allá de los círculos tradicionales conformados por políticos y expertos (científicos) (Funtowicz y Ravetz 1994, 1881-1882). Mediante el diálogo del conocimiento científico y tradicional se puede obtener como resultado la mayor cantidad de perspectivas de un sistema complejo y, con ello, reducir la incertidumbre y los conflictos de valores.

El enfoque ecosistémico es un concepto que se deriva de la ecología, de la teoría de sistemas, la cibernética, el holismo y la economía ecológica. Esta aproximación es el resultado de la predominancia del pensamiento sistémico de finales de la década de 1960 y de la difusión del concepto ecosistémico para comprender las relaciones hombre - naturaleza (Andrade 2007, 51-52). Asimismo, la creciente preocupación por el medio ambiente debido a problemas de contaminación y degradación ambiental condujeron a la consolidación del manejo ecosistémico.

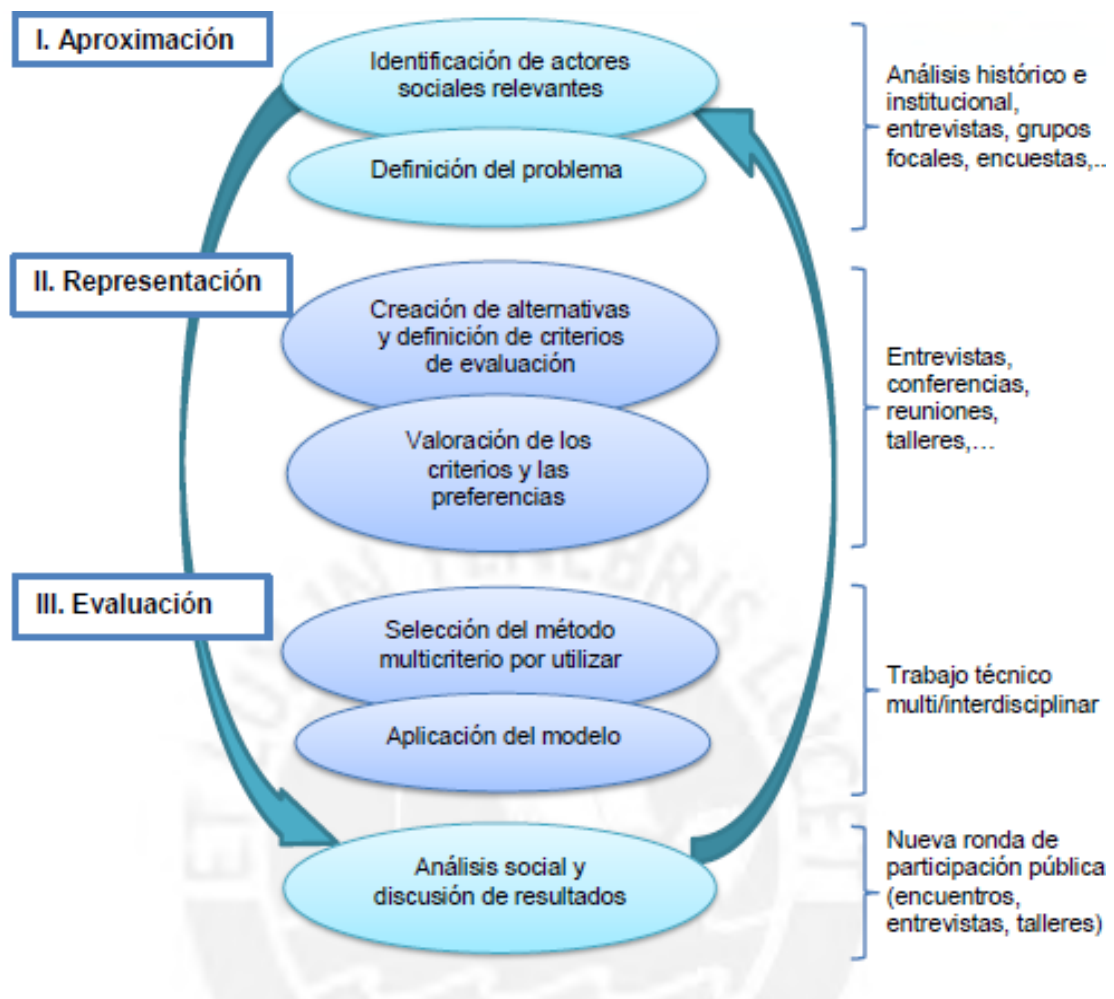
Los sistemas sociales, económicos y ecológicos son multidimensionales; aceptar esta característica implica aceptar también que la evaluación de proyectos y programas públicos se realicen sobre la base de procedimientos que saquen a relucir los diferentes puntos de vista e intereses sobre estos

sistemas. Bajo este contexto la evaluación multicriterio es la más apropiada para la toma de decisiones a nivel político. En este punto, es necesario aclarar que la aplicación de esta metodología evidencia que el resultado final de la toma de decisiones no optimiza todos los objetivos simultáneamente (Munda 2004, 664-665). Por ejemplo, el concepto de desarrollo sostenible transmite el ideal de armonización u optimización simultánea entre el crecimiento económico y la preservación del medio ambiente. Sin embargo, es evidente que, para obtener sostenibilidad ambiental y social, se debe realizar una gran inversión económica, con lo cual el objetivo de maximizar ganancias es sacrificado de alguna manera.

Para facilitar la comprensión de la aplicación de la SCME véase (*Figura 03*) que resume su desarrollo. En la aplicación de esta metodología a casos reales se ha observado que algunos pasos se superponen; por ello, es altamente recomendable realizar de manera reflexiva cada uno de las etapas. Finalmente, todo el proceso y la información generada deben ser comunicados de forma adecuada y cuidadosa a todos los actores sociales para el análisis y retroalimentación. En el caso que sea necesario, se debe redefinir o reestructurar el problema, y continuar de manera cíclica con el procedimiento hasta encontrar consenso (Gamboa Jiménez 2007, 22-24).

**Figura N° 03:**

**Esquema Teórico de la Evaluación Multicriterio**



FUENTE: Gamboa Jiménez 2007, 22-24

### 3.5 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

Para identificar los factores que determinan el grado de contaminación de la Cabecera de Microcuenca del Río Tingo, en la Quebrada de Rumiallana, distrito de Yanacancha; se recolectaron los datos siguiendo la metodología de aproximación sistémica así como los métodos cuantitativos y cualitativos para el proceso. Los datos fueron registrados en los formatos de campo



respectivo (ficha de coteo), y el uso de la técnica de fichaje fotográfico. Asimismo se hizo uso de encuestas a la población afectada directa e indirectamente con el impacto ambiental mencionado en el estudio de investigación con el propósito de conocer sus expectativas.

Referente a la obtención de información de las Instituciones Públicas, se solicitó la información necesaria para la retroalimentación del tema de investigación mediante los procedimientos establecidos.

Se utilizó la información de las variables climáticas realizado por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), que tiene instaladas estaciones en cada provincia. Los datos de monitoreo y análisis de la calidad de agua en los parámetros físicos, químicos y biológicos se mandaron analizar en el Laboratorio de la Universidad del Callao de Lima, que nos brindó apoyo; asimismo algunos elementos se mandaron analizar en un laboratorio privado.

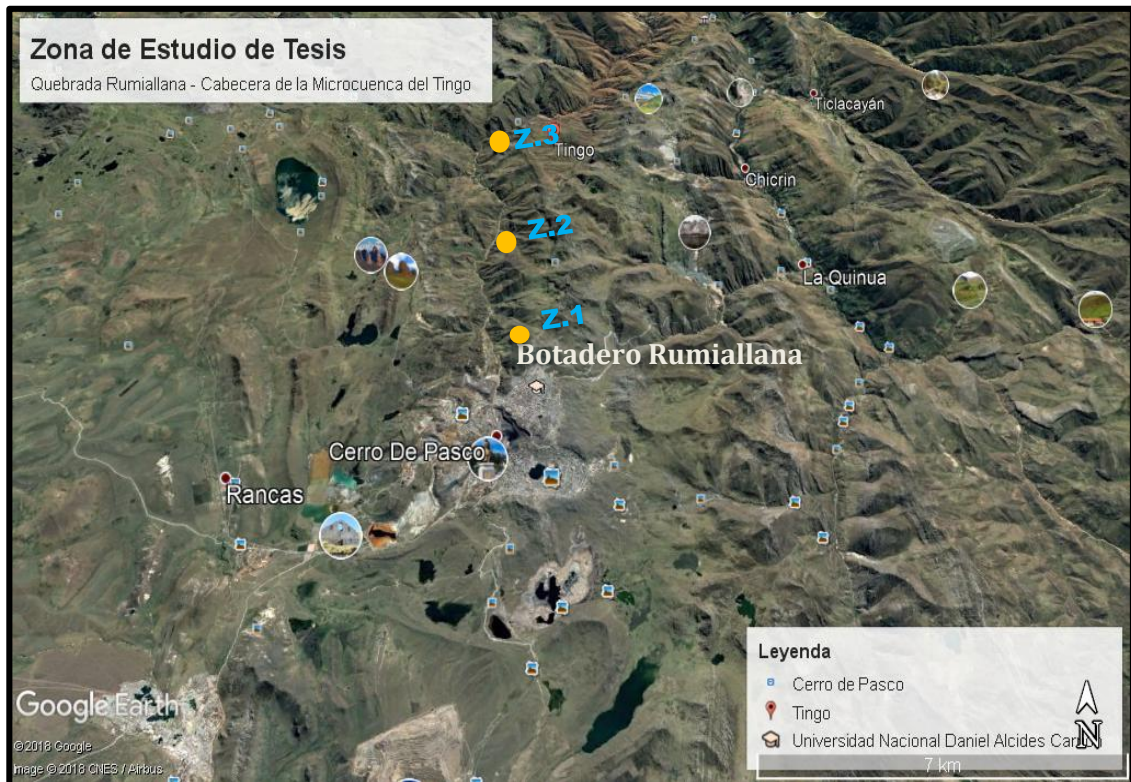
## **ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGUA DE LA NACIENTE DE LA MICROCUENCA DEL RÍO TINGO**

### **3.5.1 Muestreo de Agua**

Antes de realizar el muestreo de agua se desarrolló la etapa de gabinete para la recopilación de información relacionada con la problemática de los drenajes ácidos y pasivos mineros en la cabecera de la Microcuenca del Río Tingo. Se realizó una visita de campo para ver los accesos a los puntos de muestreo, ubicados en la Quebrada Rumiallana (zona alta), y en el curso del Río (zona media y baja).

Los puntos de muestreo de agua se dividieron en 03 zonas de identificación (dos muestras por zona). Los seis puntos de muestreo se distribuyeron de la siguiente manera: dos en la Quebrada Rumiallana; específicamente (M1: Punto de desemboque de las aguas servidas / M2: Punto de desemboque de aguas ácidas del “*botadero rumiallana*”); dos iniciando el recorrido del Río Tingo zona alta y media (M3: 200 m aguas abajo del bofedal Rumiallana / M4: Cruzando la relavera El Pilar); y dos en la zona baja de la cabecera del Río Tingo (M5: Por la comunidad Tingopalca / M6: Antes de comunidad de Chauyar).

**Imagen N°05:**  
**Zona de Muestreo**



FUENTE: Google Earth – 2018

**Imágenes N° 06-07-08-09-10-11:**

**Puntos de Muestreo de la Calidad de Aguas del Río Tingo**

**M1: Desemboque de aguas residuales**



**M2: Desemboque de drenajes de aguas**



**M3: A 200m aguas abajo del bofedal Rumiallana**



**M4: Cruzando la relavera El Pilar**



**M5: Cerca de la comunidad Tingopalca**



**M6: Antes de comunidad de Chauyar**



**Tabla 07:**  
**Ubicación de los puntos de muestreo de agua - sistema de coordenadas UTM**

Punto de Muestreo	Fecha	Ubicación		Lugar de Muestreo
		Este	Norte	
M-1	05/08/2017	360562	8886078	Desemboque de aguas residuales municipales
M-2	05/08/2017	360573	8886167	Desemboque de los drenajes de aguas ácidas
M-3	05/08/2017	361540	8887628	A 200 mt. aguas abajo del bofedal Rumiallana
M-4	05/08/2017	362572	8884453	Cruzando la relavera El Pilar
M-5	05/08/2017	366532	8882298	Cerca de la comunidad Tingopalca
M-6	05/08/2017	370846	8885478	Antes de comunidad de Chauyar

**FUENTE:** Elaboración propia

Los seis puntos de muestreo fueron georreferenciados con un GPS (véase *Tabla N° 06*). Las muestras fueron recolectas de acuerdo con las normas establecidas por el Protocolo Nacional de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales, aprobado mediante la R.J. N° 182-2011-ANA. Para asegurar el control de calidad del muestreo se consideró lo siguiente:

- El volumen de agua requerido fue de un litro para el análisis por el método de ICP – OES, en el Laboratorio de la Empresa Baltic Control S.A.
- La recolección de las muestras de agua en la cabecera de Microcuenca del Río Tingo se realizó con botellas de polietileno de 1 L; se tomaron muestras donde desembocan los canales de aguas residuales municipales y drenajes de aguas ácidas superficiales y en el curso del río aguas abajo. Asimismo, en cada punto de muestreo se midió pH *in situ*.

- El proceso de etiquetado y preservación de muestras se cumplió de acuerdo con los procedimientos y recomendaciones del laboratorio. Para el caso de metales totales, se disminuyó el pH con ácido nítrico hasta 3; para la medición de metales disueltos, se preservó la muestra a  $-4^{\circ}\text{C}$  en una caja térmica con gel refrigerante.

### **3.6 Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos**

#### **3.6.1 Espectroscopia de Emisión con Fuentes de Plasma**

Después de recolectadas las muestras se llevaron al Laboratorio Baltic Control S.A., para que puedan ser analizadas por medio del espectrofotómetro de emisión óptica con fuente de plasma acoplado por inducción (equipo ICP-OES). Las muestras para el análisis de metales totales fueron conservadas con temperaturas bajas en la etapa de muestreo ( $-4^{\circ}\text{C}$ ), ya en el laboratorio fueron filtradas para separar los sólidos. Posteriormente, todas las muestras se digestaron, lo cual es un procedimiento de preparación para el análisis elemental en química analítica. Primero se calentaron las muestras para que se degrade, los reactivos utilizados fueron ácido nítrico, ácido clorhídrico y agua oxigenada. Como resultado de la digestión se obtuvo una disolución acuosa ácida del analito, preparada para la lectura de los elementos por medio del espectrofotómetro. Una de las ventajas comparativas de esta metodología es que de un solo barrido puede leer varios elementos, en este caso la lectura de más de veinte elementos.

### **3.6.2 Aplicación de la Evaluación Social Multicriterio**

La metodología de SCME ha sido diseñada, principalmente, para el proceso de toma de decisiones a nivel participativo, por lo cual es extensa y está definida principalmente por tres etapas: aproximación, representación y evaluación (véase **Figura 3.1**); en consecuencia, solo se ha utilizado la etapa de aproximación para determinar los aspectos sociales y ambientales de la zona de estudio, Cabecera de la Microcuenca del Rio Tingo (distrito de Yanacancha y demás comunidades cercanas). Para el desarrollo de la SCME de los pasivos mineros se utilizaron diferentes fuentes de información tanto primarias como secundarias, entre ellas entrevistas, informes nacionales, leyes y libros.

#### **Realización de Entrevistas a la Población en la Zona de Estudio**

Las preguntas diseñadas sirvieron como indicadores de estudio de caso. Se realizaron en total diez entrevistas (véase **Anexo 02: Entrevistas**), a nivel general. El primer entrevistado fue el señor Víctor Sovero Chuquillanqui, natural de Cerro de Pasco, uno de los pobladores más afectados de la Quebrada Rumiallana, cuya vivienda se encuentra aproximadamente a 50 mts de los desmontes mineros, canales de aguas residuales, drenajes de aguas ácidas y botadero de residuos sólidos municipales, quien ha exigido a las autoridades locales y dependencias correspondientes (DREM, DIRESA, ALA, OEFA) y a EMPRESA ADMINISTRADORA CERRO SAC. SA.A, para que realicen las auditorías ambientales y el control necesario de los daños ambientales generados en su Parcela y en el ámbito de la zona, por la

acumulación de desmontes mineros y el depósito diario de toneladas de residuos sólidos en el botadero de Rumiallana, y el mal manejo y ubicación inadecuada de las pozas de aguas ácidas mineras, el segundo entrevistado fue Juan Peña Díaz, trabajador del área de limpieza pública de la Municipalidad de Yanacancha, quien indicó que el trabajo que realizan él y sus compañeros, está bajo la supervisión de sus superiores; y que la “basura” son dispuestos en el botadero, en cumplimiento de sus obligaciones, el tercer entrevistado fue un trabajador del sector minero quien prefirió mantenerse en anónimo para evitar problemas con su trabajo, quien indicó que es poblador de Tingopalca, y tiene tierras de cultivo y crianza de animales que son afectadas por el uso de agua del Río Tingo, sin embargo no puede culpar a la minería porque es su actual dependencia económica. Y así sucesivamente se fue entrevistando a diversos pobladores de la zona afectada.

**Tabla N°08:**  
**Indicadores Utilizados para las Entrevistas**

<b>Nombre:</b>
<i>Pregunta N° 01: ¿Es usted de la zona, y en qué distrito o comunidad reside permanentemente, y cuál es su actividad económica principal?</i>
<i>Pregunta N° 02: Tiene conocimiento actualmente los problemas ambientales que origina el uso del botadero Rumiallana en Pasco</i>

<b><i>Pregunta N° 03: Conoce usted la situación actual del Río Tingo</i></b>
<b><i>Pregunta N° 04: Es usted usuario del Río Tingo, y de qué manera está siendo afectado</i></b>

**FUENTE:** Aprobado por la asesoría profesional del asesor de tesis, Dr. Romel López Alvarado.

### **Determinación de la Responsabilidad Legal por Pasivos Mineros**

El inventario de pasivos ambientales mineros, desarrollado por el MINEM, es un paso muy importante para la determinación de la responsabilidad sobre estos pasivos; actualmente están registrados 8,571, y tienen un porcentaje de avance de 85 %. La responsabilidad le corresponde al causante de este pasivo. Por ello, en caso de que el titular de una concesión vigente la perdiera por alguna causa establecida por la Ley General de Minería, este titular seguirá manteniendo la responsabilidad por los pasivos ambientales que hubiera generado. Las transferencias o cesiones de derechos que se hubieran efectuado o se efectúen respecto de las áreas que contienen pasivos ambientales no afectan la responsabilidad sobre los mismos. El Estado solo asume la tarea de remediación por aquellos pasivos cuyos responsables no han podido ser identificados.



De acuerdo al marco legal vigente, las empresas e instituciones del sector privado pueden participar en la remediación de las áreas con pasivos ambientales que no sean de su responsabilidad, sin que ello implique que asuman responsabilidad legal de carácter administrativo judicial por las infracciones, delitos o reparaciones que se hubieren configurado en torno a dichos pasivos. Esto no significa que, una vez aprobado el plan de cierre correspondiente, no se encuentre obligada a su debida ejecución, en los términos y plazos aprobados. Lo mismo se aplica en los casos de un titular minero en cuyas concesiones se ubican pasivos ambientales, luego de que el MINEM determine que no es legalmente responsable del mismo. Esto no impedirá que, si posteriormente se logra identificar al responsable, este titular pueda iniciar acciones legales para repetir y recuperar lo invertido en la remediación (De la Puente Brunke 2010, 261).

### **Instrumentos para la recuperación de los pasivos ambientales mineros**

Como resultado de una gran preocupación de los efectos negativos de las minas abandonadas o pasivos ambientales mineros el 2004 se aprobó la Ley que Regula los Pasivos Ambientales de la Actividad Minera. El objetivo de la ley es regular la identificación de los pasivos ambientales de la actividad minera, la responsabilidad y el financiamiento para la remediación de las áreas afectadas por ellos. Asimismo, el 2005 la Ley General del Ambiente estableció que los planes de descontaminación y de tratamiento de pasivos ambientales mineros deben estar dirigidos a remediar los impactos ambientales originados por uno o varios proyectos de inversión o actividades,

pasadas o presentes, y que deben ser promovidos por la entidades con competencias ambientales. Evidentemente, el MINAM es quien debe establecer los criterios para la elaboración de dichos planes en conjunto con los demás sectores involucrados (De la Puente Brunke 2010, 60-63).

### **Facultades Ambientales de los Gobiernos Regionales**

De acuerdo a la ley, los gobiernos regionales deben promover el desarrollo y la economía regional, en armonía con las políticas, planes nacionales y locales de desarrollo. En este contexto, estos organismos son componentes para promover y regular actividades y/o servicios en materia de minería y medio ambiente, conforme a la Constitución Política del Perú. Entre las funciones regionales en materia de minera está fomentar y supervisar las actividades de la pequeña y la minería artesanal, la exploración y explotación de los recursos mineros de la región. La propia Ley Orgánica de Gobiernos Regionales señala que el Gobierno Regional tiene por función otorgar concesiones para pequeña minería y minería artesanal de alcance regional (De la Puente Brunke 2010, 166-167).

A diferencia de otros sectores, la relación de procedimientos a cargo de cada Dirección Regional de Energía y Minas o del órgano regional competente, ya ha sido aprobada por el MINEM. Entre estos procedimientos, se encuentra la autorización para el inicio de las actividades mineras de exploración y explotación de las concesiones mineras para la pequeña minería y minería artesanal, así como la autorización del plan de minado de canteras de materiales de construcción, la autorización de operaciones de concesión,

beneficio de minerales de productor minero artesanal, entre otros procedimientos.

### **3.7 Tratamiento Estadístico de Datos**

Para el presente proyecto de tesis, fue necesario realizar diversos trabajos de campo con la aplicación de distintos instrumentos de recolección de datos, se obtuvieron obviamente los datos que requeríamos en el proyecto, los que permitieron arribar a conclusiones científicamente fundamentadas; los datos obtenidos aportaron muchos elementos; los cuales fue necesarios procesarlos, los que permitieron obtener los nexos genéticos de las causas de la problemática socioambiental planteada en el proyecto. Para el procesamiento de datos se organizaron, tabularon, presentaron y analizaron, de manera que faciliten nuestra labor investigativa.

Los datos obtenidos fueron mediante la aplicación de las técnicas e instrumentos métodos físicos y químicos, como la microscopía y espectrometría; los que fueron incorporados a programas computarizados, tales como los aplicativos de MS Office y SPSS; y con precisiones porcentuales y relaciones u ordenamientos de mayor a menor, los promedios o sumas, que son presentados como informaciones en forma de figuras, gráficos, cuadros o resúmenes, en los resultados de los ensayos de análisis de agua y a través del análisis multicriterio realizadas para en el enfoque multicriterio que facilitaron la evaluación social y ambiental de la zona de estudio.

## **CAPÍTULO IV.**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **4.1 Tratamiento Estadístico e Interpretación de Cuadros**

##### **4.1.1 Resultado del Análisis de Agua Cabecera de Microcuenca del Río Tingo**

Los resultados de análisis de calidad de agua emitidos por el Laboratorio de Ensayo Baltic Control S.A., son los siguientes:

**Tabla N° 09:**  
**Resultados de Análisis de Agua**

ANÁLISIS DE SOLUCIONES ACUOSAS							
Código de muestra		M-1	M-2	M-3	M-4	M-5	M-6
Fecha de muestreo		2017-08-05					
Hora de muestreo		01:50	02:10	02:23	02:40	03:05	03:20
Parámetro	Unidad	Resultados					
Aluminio total	mg/L	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Arsénico total	mg/L	<0,01	<0,06	<0,01	<0,03	<0,01	<0,01
Bario total	mg/L	0,0144	0,0226	0,0386	0,0227	0,0315	0,0127
Berilio total	mg/L	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Boro total	mg/L	0,139	0,257	0,332	0,254	0,145	0,254
Cadmio total (*)	mg/L	0,007	0,018	ND	0,018	ND	ND
Calcio total	mg/L	25,95	78,95	65,97	98,78	45,86	53,67
Cobre total (*)	mg/L	11,09	27,90	26,53	5,62	7,47	3,65
Cromo total (*)	mg/L	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Estaño total	mg/L	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Hierro total	mg/L	4,07	12,08	4,89	3,76	1,98	2,06
Magnesio total	mg/L	6,23	9,34	7,98	12,28	9,25	7,89
Manganeso total	mg/L	17,96	29,09	28,06	24,07	19,98	15,95
Mercurio total	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Níquel total (*)	mg/L	N.D.	N.D.	<0,015	<0,015	N.D.	0,015
Plata total	mg/L	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Plomo total (*)	mg/L	0,16	0,27	0,13	0,09	0,08	0,10
Potasio total	mg/L	0,45	1,68	0,86	2,98	0,79	0,57
Sodio total	mg/L	4,67	7,56	6,75	7,56	5,43	6,97
Vanadio total	mg/L	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Zinc total	Mg/L	9,08	12,02	5,87	8,75	5,90	6,07
(*) Acreditado por el Servicio Nacional de Acreditación de INDECOPI							
N.D.: no determinado							

Fuente: Laboratorio de Ensayo Baltic Control S.A

#### 4.1.2 Resultados de la Evaluación Social Multicriterio a los Principales Actores

Los resultados obtenidos de la aplicación SMCE se presenta en la matriz de actores y discursos (Véase tabla N° 10).

**Tabla N° 10:**  
**Resultado de la Evaluación Multicriterio**

<b>Actor</b>	<b>Escala</b>	<b>Discursos e Influencia</b>
<b>Comunidad</b>	Local	Se ubican más cerca de la cabecera de la Microcuenca del Río Tingo. Respecto de la actividad minera, generan mayor crítica, sin embargo están de acuerdo con sus procesos, por ser generador de empleo para la zona; desconocen los riesgos fundamentales y del uso del agua del Río tingo por los efluentes mineros y residuales. Son los más perjudicados de los desmontes mineros y drenajes de agua acida, ya que su actividad ganadera colinda con la zona alta de la microcuenca.
<b>Comunidad</b>	Local	A pesar de no colindar directamente con los desmontes y drenajes de agua acida y residual del “botadero rumiallana”, se ven perjudicado por las aguas del Río Tingo, ya que su actividad principal es la agricultura y ganadería, que no evitan el uso de las aguas contaminadas. Reconocen la importancia de la minería pero muestran su rechazo a por los perjuicios causados. Sugieren que el Estado y los Gobiernos locales deben intervenir para mayor control
<b>Postas Medicas</b>	Local	No tienen ningún parámetro de medición para verificar el grado de impacto de las aguas contaminadas en la salud de lapoblaciones como Tingopalca y Chauyar. Del periodo enero diciembre 2016, los datos de morbilidad son mayores para las enfermedades respiratorias. Manifiestan que el personal es inestable.
<b>Municipalidad de Yanacancha</b>	Local	El principal problema es la discontinuidad en la gestión de alcaldes. La persona del área de medio ambiente manifestó, que sobre la existencia del Plan de Desarrollo Sostenible para el Distrito de Yanacancha del 2018, todos deberíamos contribuir. Por otro lado, considera que no reciben apoyo; que no pueden formular proyectos por ser una municipalidad distrital; y que no cuentan con la Organización Territorial y la Zonificación Ecológica y Económica, lo cual compete al Gobierno Regional, es una barrera.
<b>ONG Centro Labor</b>	Local	Activa vigilancia de la ciudad de Cerro de Pasco, y específicamente del Río Tingo ya que años anteriores se ha dedicado a realizar estudios para analizar la situación de calidad de aguas Río Tingo y su influencia
<b>ALA - PASCO</b>	Regional	La Autoridad Local del Agua, adjudicado a la Dirección de Agricultura Pasco, cumple mayormente la función de otorgar los permisos de uso de agua para la actividad minera y eléctrica; y se ve participar en algunas denuncias hechas por la actividad minera.
<b>Gobierno Regional de Pasco - Dirección Regional de Energía y Minas Pasco (DREM)</b>	Regional	La Ley Orgánica de Gobiernos Regionales señala que el Gobierno Regional tiene por función otorgar concesiones para pequeña minería y minería artesanal. Así, se puede manifestar que las concesiones mineras otorgadas a Empresa Administradora Cerro SAC. no es responsabilidad de esta dirección, por ser considerada como gran minería, y su única función es la de vigilar e informar sobre daños ocasionados en la zona, y solicitar una sanción prudente por el Ministerio de Energía y Minas. La mayoría de los cargos en el Gobierno Regional son políticos. Los

		representantes de la DGM – MINEM mencionaron que continuamente capacitan al personal regional. Lamentablemente, con el cambio de mandato, ingresan otros trabajadores con poca o ninguna capacidad técnica. El MINEM no puede intervenir debido a un tema de competencias y soberanía. Esto se verifica en el <i>ranking</i> de la OEFA sobre Fiscalización Ambiental a la Pequeña Minería y Minería Artesanal, aplicado a los 25 gobiernos regionales y a la Dirección General de Minería.
<b>Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET)</b>	Nacional	El INGEMMET otorga concesiones para la mediana y gran minería. Mediante el programa SIDCADMIN se puede visualizar el estado del derecho minero y el historial de denuncias previas y actuales. Sin embargo, si los derechos mineros han sido transferidos, estos datos primero se registran en la SUNARP y pueden pasar varios meses hasta que el INGEMMET actualice esa información. Sobre la entrega de derechos en zonas urbanas, para realizar la consulta a la población, en primer lugar, la Dirección General de Minería envía un oficio a la municipalidad en el que pide su estudio de expansión urbana. Si es que no se cuenta con este estudio, se otorga el derecho minero sin consulta a la población.
<b>Autoridad Nacional del Agua (ANA)</b>	Nacional	A través de la Dirección de Gestión de Calidad de los Recursos Hídricos, la ANA realiza inspecciones sobre la calidad de agua de la Cuenca del Huallaga, cuyo principal tributario es el Río Tingo, sin embargo son muy pocos los puntos de muestreo tomados para el análisis.
<b>Ministerio de Energía y Minas (MINEM)</b>	Nacional	Por medio de la DGM, se otorga el derecho de concesión de beneficio. Asimismo, la Dirección General de Minería se encarga del tema de los pasivos ambientales mineros. Tiene cuatro etapas: 1) identificación de ubicación de los pasivos, cuyo avance es de 85 %; 2) identificación de responsables, lo cual es un tema muy complicado debido a la antigüedad y los diferentes titulares sobre un derecho minero, y es muy difícil determinar el generador; 3) estudio de preinversión para remediar los PAM, el cual está a cargo de Activos Mineros SAC; y, 4) ejecución de los proyectos de remediación. Actualmente, se están priorizando los pasivos mineros ambientales de alto riesgo.
<b>Empresa Administradora Cerro SAC.</b>	Internacional	Empresa Administradora Cerro SAC. es uno de los mayores productores mundiales de zinc, plomo y plata. Inició sus operaciones en 1943 en las alturas del abra de Ticlio. Todas sus operaciones están ubicadas en la Sierra Central de Perú, e incluyen las unidades operativas Yauli, Chungar, Alpamarca y Cerro de Pasco. Estas cuatro unidades operativas incluyen en total doce minas, siete plantas concentradoras y una planta de lixiviación.

**FUENTE:** Elaboración propia

## 4.2 Presentación de Resultados, Tablas, Gráficos, Figuras, etc.

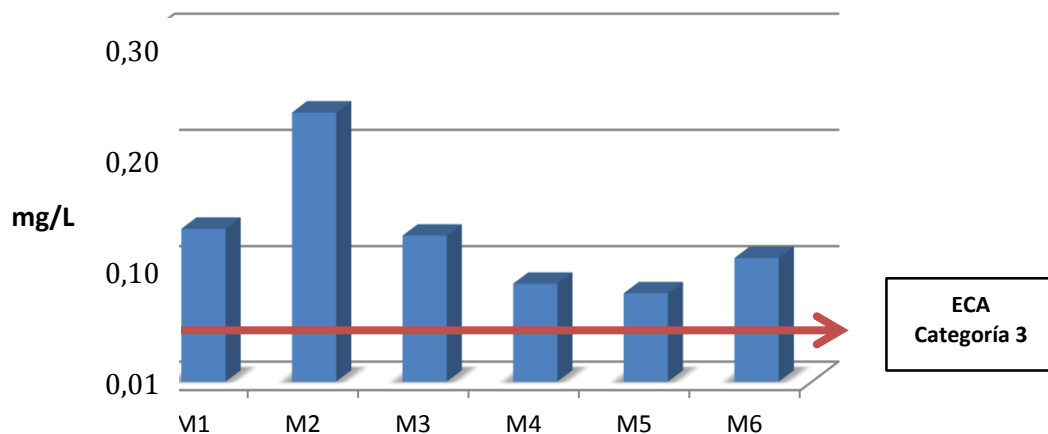
### 4.2.1 Presentación de Gráficos e Interpretación de Resultados

#### A. Resultados Gráficos de los Análisis de Agua de la Zona de Estudio

**Plomo (Pb).** En el curso del río presenta variaciones significativas, en las áreas de muestreo M1: (Punto de desemboque de las aguas servidas) M-2 (Punto de desemboque de aguas ácidas del “botadero rumiallana), M-3 (200 m aguas abajo del bofedal Rumiallana), cuyos valores exceden el valor establecido de (0,05 mg/L), en los Estándares de Calidad Ambiental para Agua del D.S. N° 004-2017-MINAM.

**Gráfico N° 01:**

**Variación de Plomo en el Curso del Río Tingo**



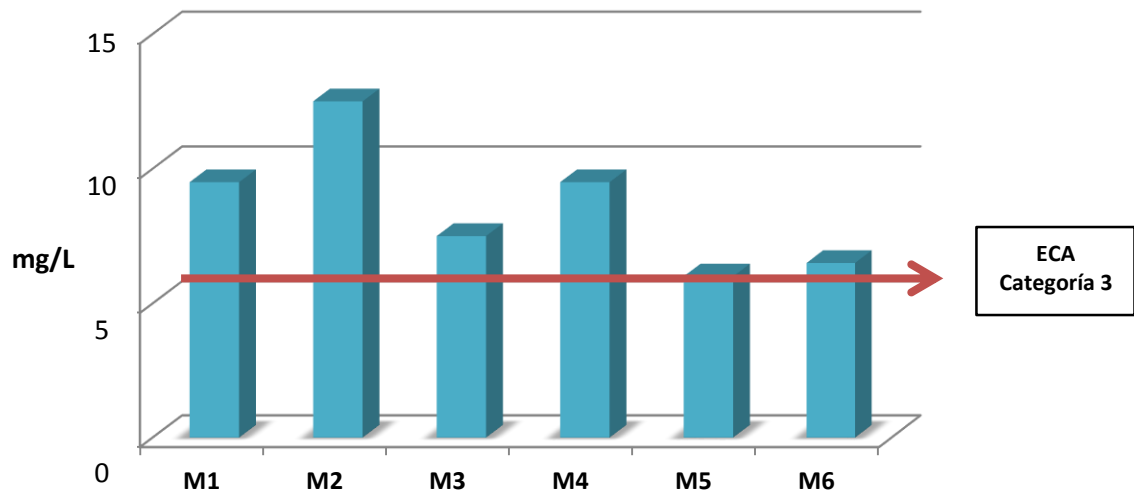
**Zinc (Zn).** En el curso del río se presenta variaciones importantes, valores que oscilan entre 10,160 mg/L en el área de muestreo M-2 (Punto de desemboque de aguas ácidas del “botadero rumiallana) y 6,720 mg/L en M-6 (Cercana a la comunidad de Chauyar), que se aproximan y exceden el valor



establecido de (5mg/L), en los Estándares de Calidad Ambiental para Agua del D.S. N° 004-2017-MINAM.

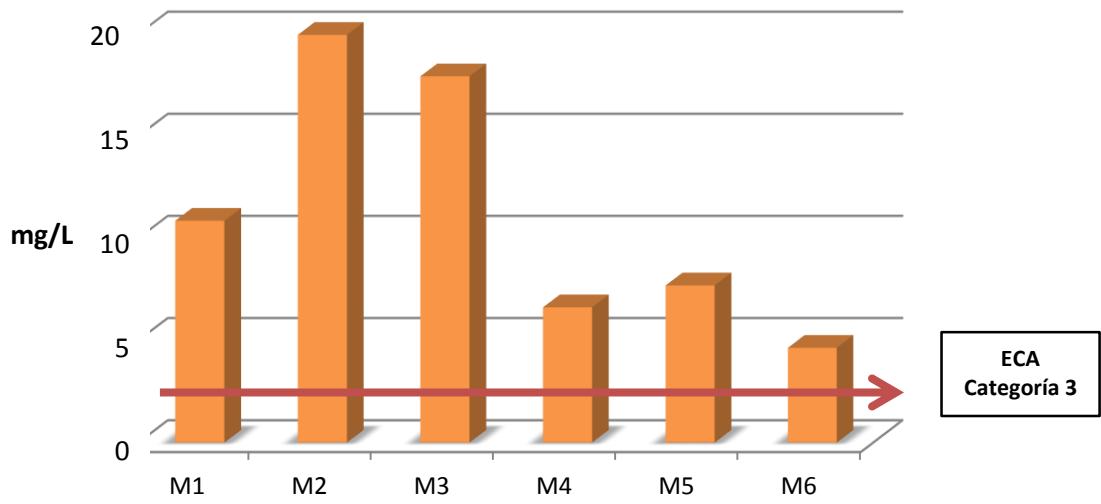
. Estas variaciones en el curso del río es un indicativo de la calidad de aguas afectados por descarga o vertimientos de aguas ácidas y residuales.

**Gráfico N° 02:**  
**Variación de Zinc en el Curso del Río Tingo**



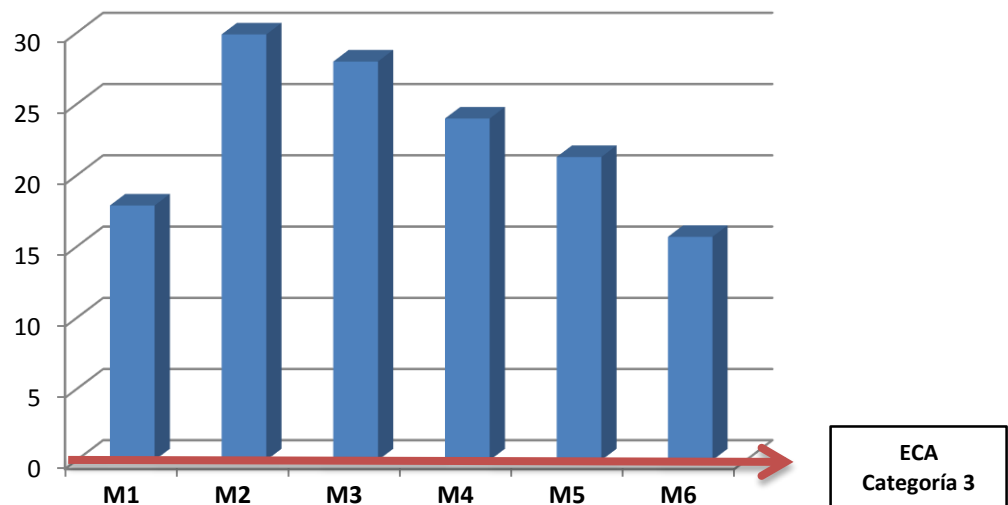
**Cobre (Cu).** En los puntos de muestreo M2 y M3 del curso del río se registran concentraciones de cobre, que son veinte veces mayor al límite establecido de (2,0 mg/L) en los Estándares de Calidad Ambiental para Agua del D.S. N° 004-2017-MINAM.

**Gráfico N° 03:**  
**Variación de Cobre en el Curso del Río Tingo**



**Manganeso (Mn).** El Manganeso es el elemento más abundante a lo largo de toda la zona de muestreo del río. En el punto de muestreo M2, se presenta una concentración elevada de 29,90 mg/l que supera treinta veces el valor establecido en los Estándares de Calidad Ambiental para Agua del D.S N° 004-2017-MINAM, que es de 0,50 mg/L

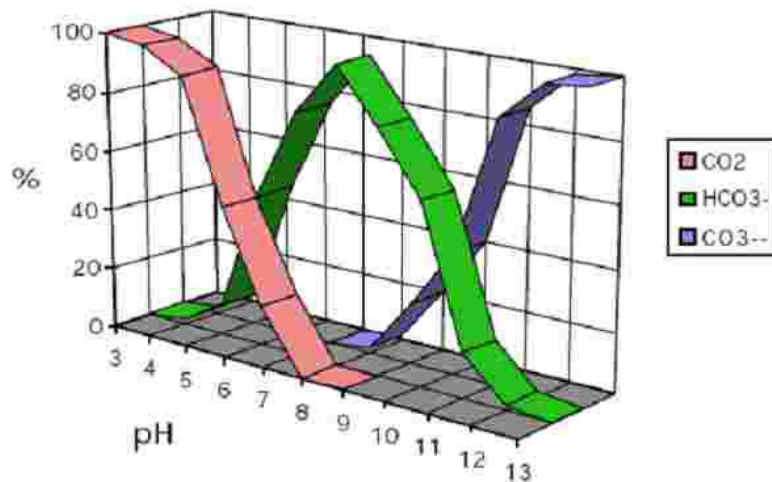
**Gráfico N° 04:**  
**Variación de Manganeso en el Curso del Río Tingo**



**Temperatura.** Los valores de temperatura en la zona de estudio, curso del río presentan variaciones significativas que oscilan entre 9,0 y 14,9°C. Los valores registrados en los seis puntos de muestreos no cumplen con los límites establecido en el en los Estándares de Calidad Ambiental para Agua del DS N° 004-2017-MINAM.

**Potencial de Hidrogeno (pH).** Los resultados del potencial de hidrogeno en el curso del río demuestran que el pH promedio en los seis puntos de muestreo tiene un promedio de 8.5 a 9.0, mostrándose ligeramente alcalino; valores que se encuentran dentro del rango (6,5 a 8,5) del DS N° 004-2017-MINAM.

**Gráfico N° 05:**  
**Rango del pH en el Agua**



Fuente: MINAM

## B. Resultados de Análisis de Agua de Otras Fuentes de Información

Se presenta los resultados de otras fuentes de información, con el propósito de dar a conocer los parámetros necesarios, no medidos por las limitaciones

en la elaboración de la tesis; sin embargo, es necesario y básico para informar por la complejidad del tema planteado en el proyecto de tesis.

**Tabla N° 11:**

**Resultados de Inspección en Rumiallana realizado por ALA PASCO (Mayo del 2011)**

PUNTO DE MUESTREO	HORA	PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO	ENCA-AGUA Categoría 3		CONCLUSION
					Riego Vegetal	Bebida Animal	
PM-2	15:58	pH	Unidad de pH.	7.89	6.5-8.5	6.5-8.4	Cumple
		T°	Grados Celsius	12.50			
		OD	mg/L	6.49	≥4	>5	Cumple
		CE	us/cm	3.21	<2000	≤5000	Cumple
		TDS	mg/L	1650			
		SAL	%	1.70			

**OD: Oxígeno Disuelto, CE: Conductividad Eléctrica, TDS: Sólidos Totales Disueltos, SAL: Salinidad**

PUNTO DE MUESTREO	HORA	PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO	ENCA-AGUA Categoría 3		CONCLUSION
					Riego Vegetal	Bebida Animal	
PM-4	16:18	pH	Unidad de pH.	8.30	6.5-8.5	6.5-8.4	Cumple
		T°	Grados Celsius	12.8			
		OD	mg/L	6.15	≥4	>5	Cumple
		CE	us/cm	534	<2000	≤5000	Cumple
		TDS	mg/L	258			
		SAL	%	0.30			

**OD: Oxígeno Disuelto, CE: Conductividad Eléctrica, TDS: Sólidos Totales Disueltos, SAL: Salinidad**

**CONCLUSIONES DE LOS RESULTADOS (ALA-PASCO):**

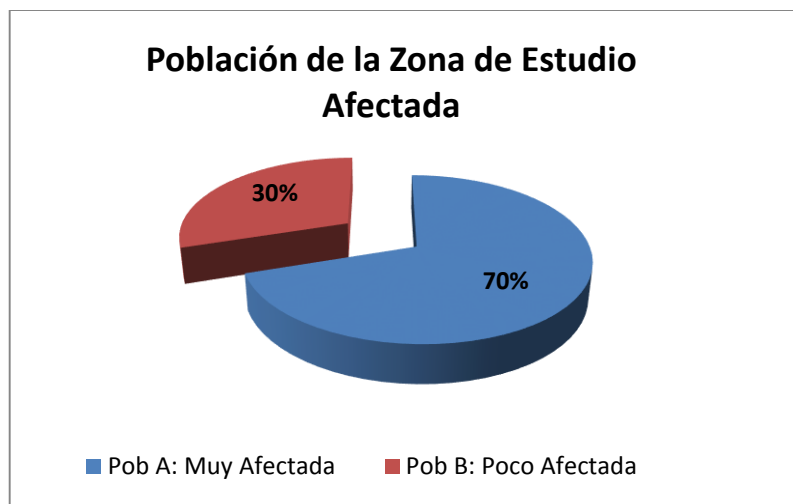
- El resultado del punto de monitoreo signado como PM-3, solo cumple con los parámetros de pH, T°, TDS, Salinidad, CE (Conductividad Eléctrica), mas no con el OD (Oxígeno Disuelto), quedando limitado su uso para bebida de animales.
- El resultado del punto de monitoreo signado como PM-5, solo cumple con los parámetros de pH, T°, TDS, Salinidad, CE (Conductividad Eléctrica), mas no con el OD (Oxígeno Disuelto), quedando limitado su uso para riego de vegetales y bebida de animales.

**(FUENTE: AUTORIDAD LOCAL DEL AGUA- PASCO, 2011)**

### C. Resultados Gráficos Porcentuales de la Entrevistas Realizadas

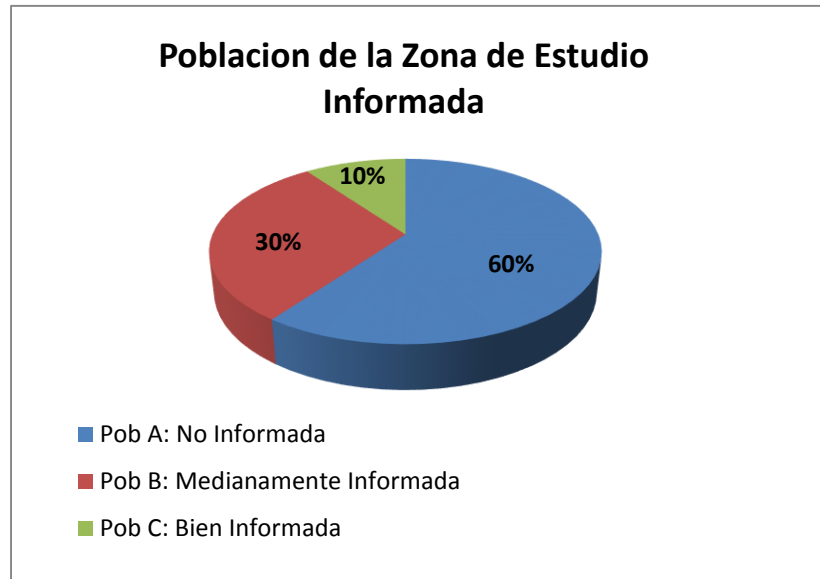
**Población de la Zona de Estudio Afectada:** Las 10 entrevistas realizadas en la zona de estudio, nos muestran los siguientes resultados: 80% entrevistados son muy afectados (50% directa y 20% indirectamente) por la situación del Botadero Rumiallana; el 30% restante indica ser poco afectados.

**Gráfico N° 06:**



**Población de la Zona de Estudio Informada:** Las 10 entrevistas realizadas en la zona de estudio, nos muestran los siguientes resultados: la mayoría de la población, el 60% de entrevistados desconoce de una información seria y objetiva de la situación, en muchos casos por la no existencia de la misma y en algunos por la falta de interés en informarse; el 30% demostró tener poca información del tema. Solo el 10%, demostró tener regular información del tema, por las demandas que hace a Vocan Compañía Minera, por afectar directamente sus terrenos en Rumiallana.

**Gráfico N° 07:**



### **4.3 Prueba de Hipótesis**

#### **4.3.1 Prueba de Hipótesis General**

Después de reunir la información necesaria realizado a través de los muestreos de campo, entrevistas, visitas a la zona de estudio, búsqueda de información en diferentes entidades públicas y privadas, así como en textos bibliográficos, etc; se puede asegurar que la presente tesis contiene la información necesaria y suficiente para dar a conocer y afirmar que la situación actual de la Cabecera de Microcuenca del Río Tingo en la Quebrada de Rumiallana, está en estado crítico, por los pasivos ambientales mineros (efluentes de aguas ácidas, desmontes, etc.), ubicados en la Quebrada Rumiallana; constituyen en la actualidad múltiples factores de riesgo y contaminación, debido a la presencia de metales y metaloides que

fluyen a las nacientes de cuerpos de agua del Río Tingo que sucesivamente se expanden y van degradando todo el cuerpo de agua cuencas abajo, por el alto contenido de sulfuros y demás químicos de pre tratamiento de aguas ácidas; la exposición de los pasivos al aire y humedad causan oxidación produciendo ácido sulfúrico, formándose el drenaje de aguas ácidas que disuelven elementos tóxicos y pueden transportarlos a los cuerpos de agua superficiales (manantiales naturales y riachuelos) Los cuerpos de aguas del Río Tingo están calificados como Categoría 3, en consideración a lo establecido en los Estándares de Calidad Ambiental para Agua del D.S. N° 004-2017-MINAM.

**Tabla N° 12:**

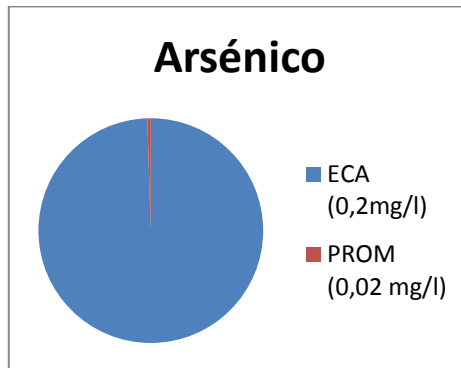
<b>Diferencia del Contenido de Metales Analizados del Muestreo de Agua con los Estándares de Calidad Ambiental de Perú ECA-MINAM</b>								
<b>Parámetros (mg/L)</b>	<b>ECA-MINAM C-3</b>	<b>Promedio Total de Diferencia</b>	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>	<b>M4</b>	<b>M5</b>	<b>M6</b>
<b>Arsénico</b>	0,2	<0.02	<0,01	<0,06	<0,01	<0,03	<0,01	<0,01
<b>Cobre</b>	0,5	13.20	11,09	27,90	26,53	5,62	7,47	3,35
<b>Hierro</b>	5	4.82	4,07	12,08	4,89	3,76	1,98	2,06
<b>Manganeso</b>	0,2	22.31	17,96	29,09	28,06	24,07	19,98	15,95
<b>Plomo</b>	0,05	0.14	0,16	0,27	0,13	0,09	0,08	0,10
<b>Zinc</b>	2	7.45	9,08	12,02	5,87	8,75	5,90	6,07

**FUENTE:** Elaboración propia

Se realizó el promedio total del contenido de los diversos metales en las muestras, que permitieron diferenciar los resultados de los análisis de las muestras de estudio con los Estándares de Calidad de Agua ECA-MINAM; con el objetivo de comprobar que estos elementos analizados forman parte de los factores que determinan el grado de contaminación de la nacientes de Microcuenca del Río Tingo.

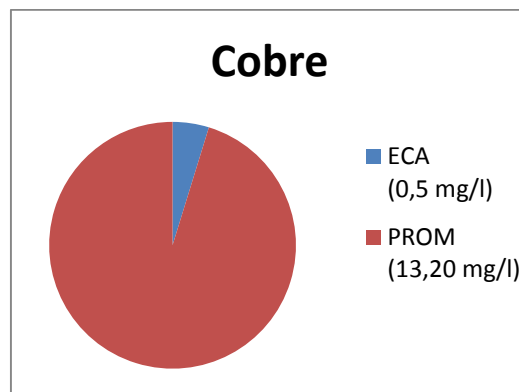
➤ **Caso del Arsénico (As):** Los resultados demuestran que el promedio de emisión de Arsenico en los puntos de muestreo de la naciente de Microcuenca del Río Tingo, son poco significativas ( $<0.02\text{mg/L}$ ), y están por debajo de los establecidos ( $0,2\text{ mg/L}$ ), sin embargo se debe realizar un monitoreo constante, para mantener el promedio actual.

**Gráfico N° 08:**



➤ **Caso del Cobre (Cu):** Los resultados demuestran que el promedio de emisión de Cobre en la naciente de Microcuenca del Río Tingo, es muy preocupante, por la gran diferencia que presentan ( $13.20$ ); esto indica que las emisiones de este elemento, en la zona de estudio son trece veces mayor que los establecidos en el ECA-MINAM ( $0.5\text{mg/L}$ ).

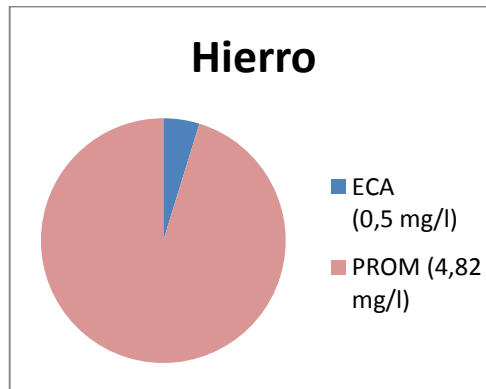
**Gráfico N° 09:**





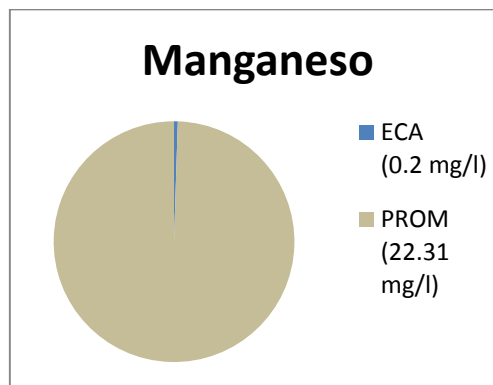
➤ **Caso Hierro (Fe):** Los resultados demuestran que el promedio de emisión de Hierro en la naciente de Microcuenca del Río Tingo, es minima moderada por la diferencia que presenta (4.82 mg/L ); esto indica que las emisiones de este elemento, en las zona de estudio son mayores a los establecidos en el ECA-MINAM (0.5mg/L).

**Gráfico N° 10:**



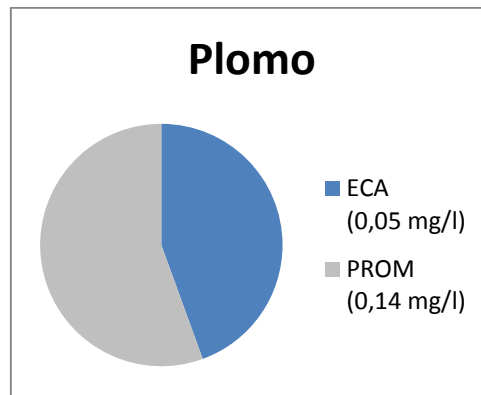
➤ **Caso del Manganeso (Mn):** Los resultados demuestran que el promedio de emisión de Manganeso, es demasiado preocupante (22,31 mg/L) por mostrar una diferencia mayor a veintidos veces con los límites establecidos en el ECA-MINAM (0,2mg/L), tendiendo a elevarse por su inadecuado control.

**Gráfico N° 11:**



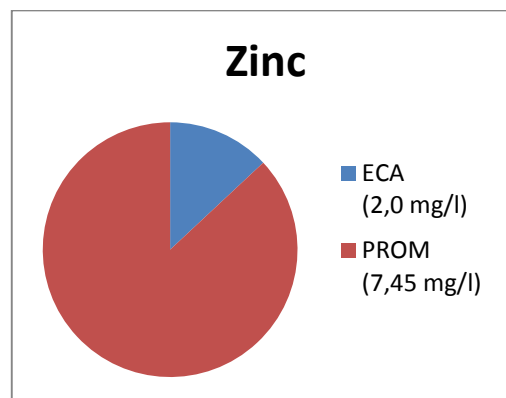
➤ **Caso del Plomo (Pb):** Los resultados demuestran que el promedio de emisión de Plomo en la naciente de Microcuenca del Río Tingo, es moderadamente alta por la diferencia que presenta (0,14 mg/L); y supera los límites establecidos en el ECA-MINAM (0,05 mg/L).

**Gráfico N° 12:**



➤ **Caso del Zinc (Zn):** Los resultados demuestran que el promedio de emisión de Zinc en los puntos de muestreo de la naciente de Microcuenca del Río Tingo, son también preocupantes (7,45 mg/L); mostrándose valores que indican una elevada presencia de este elemento en la zona de estudio, superando los límites establecidos en el ECA-MINAM (2,0 mg/L).

**Gráfico N° 13:**



### **Imágenes N° 12 y 13:**

#### **Sedimentación y Drenajes de Aguas Ácidas Mineras**

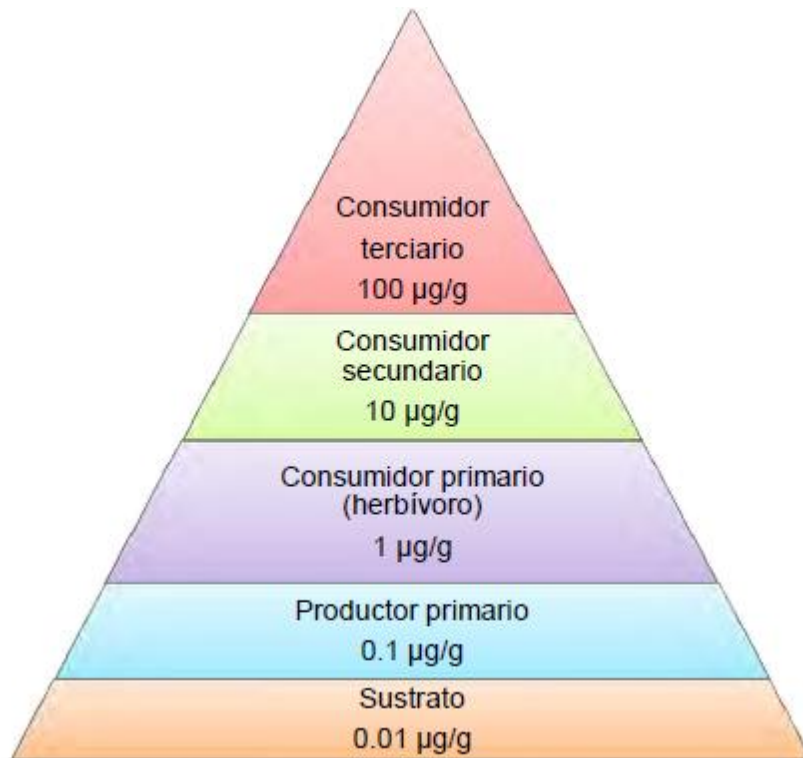


Los elementos: Cu, Fe, Mn, Pb, Zn, etc., muestran la tendencia de ser más abundantes cuando están más cerca de la fuente de contaminación (relaves, efluentes y desmontes) y conforme se alejan estos disminuyen.

Entonces, si aguas abajo se reduce la cantidad de estos elementos, ¿dónde se quedan? La respuesta es muy compleja, principalmente, porque el destino de los elementos tóxicos liberados en los ríos depende de diversos procesos físicos y químicos. Lo más probable es que, entre todos los procesos físicos y químicos, la sedimentación y la dilución sean las principales causas para que aguas abajo los elementos disminuyan. Lo concreto es que, al comparar y promediar los resultados de análisis de metales totales de las muestras (véase Tabla N° 10), se observa que los elementos se encuentran en mayor cantidad de los niveles establecidos en los ECA-MINAM para la Categoría 3; ello agudiza el riesgo de la población de la Microcuenca del Rio Tinco cuenca media y baja porque utilizan esta agua para regar sus cultivos, y bebidas de animales.

**Figura N° 04:**

**Concentración sucesiva de metales en un ecosistema simple**



**FUENTE:** (Wright y Welbourn 2002, 269)

Otro factor de contaminación importante que perjudica la cabecera de Microcuenca del Rio Tingo es la disposición final y acumulación de toneladas de diversos tipos de residuos sólidos expuestas al aire libre, sin ningún tipo control, cuyo estado es muy crítico por estar colapsando. La variedad y tipo de residuos sólidos dentro de los cuales se encuentra: plásticos, neumáticos, residuos hospitalarios, baterías, etc; estarían originando en el lugar gases tóxicos como el gas metano, el CO<sub>2</sub> y CO, provocando la degradación de la calidad del aire, suelo, áreas verdes de la zona. Y finalmente se observa los efluentes de aguas residuales municipales en moderadas cantidades, que se

vierten a la Quebrada Rumiallana a través de canaletas, no controlando su disposición y curso de las mismas.

**Imágenes N° 12 y 13:**

**Disposición Final de Residuos Solidos**



En consecuencia, la presencia de pasivos ambientales mineros, la acumulación de residuos sólidos y vertimiento de aguas residuales está afectando el ecosistema de la zona y la salud poblacional y ambiental de las comunidades que integran la microcuenca; sumándose a ello la falta de información efectiva del caso a la población.

**4.3.2 Prueba de las Hipótesis Específicas**

Después de obtener los resultados de los análisis cuantitativos y cualitativos a través de los análisis químicos de agua y análisis socioambientales; y evaluar la situación a nivel local, regional, nacional se comprueba las siguientes hipótesis específicas planteadas:

- A. La disposición final de los pasivos mineros que realiza Empresa Administradora Cerro SAC. está involucrada directamente con la

contaminación de la Cabecera de Microcuenca del Río Tingo, esto prueba el no cumplimiento de sus responsabilidades y el poco interés en mitigar los impactos irreversibles de los pasivos mineros producto de sus actividades en la zona de estudio.

- B. La visita al lugar de estudio, la referencia de los pobladores, la poca información que proporcionan las autoridades locales, y las evidencias fotográficas de la Cabecera de la Microcuenca del Río Tingo; comprueban que la intervención de las Autoridades Locales y Regionales son someras con las empresas mineras, y lo procesos de tratamiento de aguas ácidas y acumulación de desmontes mineros en la zona, no se cumplen de acuerdo a Ley por la falta de responsabilidad y vigilancia ambiental.
- C. Finalmente se reitera que el “Botadero de Rumiallana”, en la zona de propiedad de la Empresa Administradora Cerro SAC, sirve actualmente para la disposición final de residuos sólidos municipales debido a la inexistencia de un relleno sanitario en la ciudad de Cerro de Pasco, esta responsabilidad recae sobre las autoridades locales municipales por el inadecuado manejo y disposición final de las mismas, incumpliendo la Ley General de Residuos Sólidos N° 27314 y la Ley Orgánica de Municipalidades Ley N° 27972.

**Participación Ciudadana:** Es muy importante el rol que pueden desempeñar los actores sociales en el manejo de los residuos sólidos y la gestión ambiental en general. Mediante su participación se puede lograr que la

gestión ambiental sea eficiente y cumpla con las expectativas de la población, evitando así conflictos entre la sociedad y el estado. La participación recoge las experiencias y posibles temores de las personas vinculadas o interesadas en la gestión ambiental, fin de que sean consideradas en el proceso de toma de decisiones y se alcancen, así, resultados eficaces y la satisfacción de la comunidad. La participación ciudadana contribuye a prevenir los conflictos inmediatos y futuros que son generados, en la mayoría de los casos, innecesariamente, por una inadecuada comunicación y falta de entendimiento mutuo.

Para que la participación ciudadana se haga efectiva, es necesario contar con líderes dentro de una comunidad. El liderazgo motiva la participación ciudadana en la gestión ambiental; en efecto, son líderes los que convocan a las personas, recogen sus opiniones y las transmiten al funcionario a cargo de la gestión. Sin embargo, debemos saber cuándo estamos frente a un verdadero líder, para evitar que personas sin escrúpulos valiéndose del interés común, pueda obtener un cierto tipo de ventaja o beneficio.

En el caso de la Microcuenca del Río Tingo, se ha observado una escasa participación ciudadana, por la falta de interés y por la escasa información verídica que tienen los pobladores, acerca de la situación real de la zona de estudio.

#### **4.4 Discusión de Resultados**

a) Con el uso del proceso de espectroscopia como método químico analítico cuantitativo, fueron analizados las seis muestras de agua de

diferentes puntos de la cabecera de Microcuenca del Río Tingo; del cual se obtuvieron resultados que comprueban la alteración de los cuerpos de agua del Río Tingo y sus tributarios. Y gracias a la aplicación de la evaluación social multicriterio, se comprendió una serie de eventos que mantienen el riesgo de contaminación de los pasivos mineros, y su influencia a nivel local, regional, nacional e internacional.

- b) A través de los resultados de análisis de agua, se observó la presencia excesiva de diversos metales y metaloides tales como plomo, cobre, zinc, manganeso, etc.; que contribuyen a la degradación y contaminación del agua de la microcuenca; en la zona media y baja de toda la Cuenca Tingo.
- c) En la visita al botadero rumiallana se ha observado mala disposición de drenajes de aguas ácidas, acumulación en exceso de desmontes mineros y residuos sólidos, que ocupan grandes espacios, degradando el suelo, agua, aire; que son zonas de nacimiento hidrológicas importantes, asimismo son zonas de pastoreo del ganado ovino de los pobladores del lugar.



**Imágenes N° 14 y 15:**

**Mala Disposición de Drenajes de agua Acida y Desmontes Mineros**



- d) De acuerdo a la evaluación multicriterio, las personas demostraron tener poco conocimiento del tema; sin embargo por ser los más afectados e interesados, coincidieron en opinar que los gobiernos regionales deben promover el desarrollo y la economía regional, en armonía con las políticas, planes nacionales y locales de desarrollo. En este contexto, estos organismos deberían ser componentes para promover y regular actividades y/o servicios en materia de minería y medio ambiente, conforme a la Constitución Política del Perú.

Los resultados de los análisis de muestras de agua obtenidas en la Quebrada Rumiallana, Cabecera de la Microcuenca y parte del curso del Río Tingo, los análisis multicriterio, las encuestas realizadas a la población afectada y las imágenes de evidencia comprueban la alteración del ecosistema de la zona de estudio, que se encuentra en estado muy crítico producto de los pasivos ambientales mineros que constituyen una de las principales fuentes de contaminación del recurso hídrico del Río Tingo y

demás tributarios porque exponen al ambiente los sulfuros y, como resultado, estos producen drenaje ácido de mina. Estas aguas ácidas liberan los metales y metaloides (Pb, Cu, Mn, Zn, Ag, etc.) los cuales son transportados por los cursos de agua y pueden llegar hasta la población por medio de la bioacumulación en la cadena trófica.

Es importante resaltar que el artículo 75° de la Ley General del Ambiente N° 28611, señala la responsabilidad de toda empresa y su compromiso a adoptar medidas de prevención de riesgos y daños ambientales en la fuente de generación, así como también la responsabilidad de asumir los costos necesarios ante la realización de proyectos de inversión que en su ejecución posean un impacto en el medio ambiente. Los resultados de análisis de la presente tesis nos demuestra la no consideración de la ley por parte de los titulares de las empresas mineras. El Reglamento para la Protección Ambiental en la Actividad Minero-Metalúrgica, aprobado mediante Decreto Supremo N° 016-93-EM "Artículo 6, menciona que obligación del titular poner en marcha y mantener programas de previsión y control contenidos en el Estudio de Impacto Ambiental y/o Programas de Adecuación y Manejo Ambiental, basados en sistemas adecuados de muestreo y análisis.

## CONCLUSIONES

1. En la naciente de la Microcuenca del Río Tingo se encuentran ubicados grandes depósitos de desmontes mineros, producto de la actividad de Empresa Administradora Cerro SAC.; en esta zona también son depositados los residuos sólidos y aguas residuales generados en la ciudad de Cerro de Pasco. Esta situación ha generado durante muchos años, la alteración en la composición de las aguas del Tingo e influido en la degradación de la calidad de las mismas. Los estudios realizados, en la presente tesis, confirma que las causas mencionadas son los factores que determinan el grado de contaminación de la Microcuenca de Río Tingo.
2. Empresa Administradora Cerro SAC. propietaria del terreno; a través del Estudio de Impacto Ambiental para la “Ampliación Paragsha - San Expedito”, hizo mención la extensión del Botadero Rumiallana, donde se asegura realizar *“actividades minero-metalúrgicas con tecnologías de avanzada que respetan el medio ambiente y la vida humana contando con un Sistema de Gestión Ambiental implementada, que contempla un programa de monitoreo y control de diferentes variables ambientales”* posteriormente fue sancionado por OEFA, el año 2013, por el mínimo cumplimiento de sus propuestas ambientales y la extensa degradación de la zona de estudio, haciendo énfasis de la irresponsabilidad de dicha empresa minera.

3. Actualmente las autoridades del sector, siguen proponiendo un “Plan de Contingencia del Botadero de Rumiallana a fin de evitar un colapso que ponga en peligro la salud de la población; y de implementar una campaña de sensibilización que permita crear conciencia ambiental”; sin embargo con los resultados obtenidos en el proyecto de tesis, y las consultas de caso, se puede afirmar que la salud de los pobladores de Cerro de Pasco y específicamente de toda la zona de estudio, Microcuenca del Río Tingo, principal efluente del Río Huallaga; ya está en riesgo y en peligro hace más de treinta años atrás; y las autoridades, sin exigir a las empresas, se cumplan las leyes establecidas.
4. La disposición final diaria de toneladas de residuos sólidos municipales, en la Quebrada de Rumiallana es otro factor grave de contaminación y alteración del ecosistema en la ciudad de Cerro de Pasco, y específicamente en el área de estudio; situación que demuestra la falta de responsabilidad de las autoridades municipales, por el inadecuado manejo y gestión de las mismas, que exige la Ley General de Residuos Sólidos N° 27314, sin promover la ejecución del [proyecto de “Mejoramiento y Ampliación de la Gestión Integral de Residuos Sólidos Municipales”](#) que plantea la ubicación del relleno sanitario en el Asentamiento Humano de Uliachin, desde hace más de cuatro años.

## RECOMENDACIONES

1. Los problemas socioeconómicos, y ambientales, están y seguirán relacionados en la zona de estudio, por pertenecer ésta a una zona minera; por lo que es necesario que se establezcan monitoreos permanente de las nacientes de Microcuenca del Río Tingo, con la presencia de las autoridades del sector e ir estableciendo estrategias y para exigir a las empresas mineras que eliminen y disminuyan sus emisiones de aguas ácidas a este recurso hídrico por ser una naciente de cuenca; sobre todo en la actualidad que se viene discutiendo la cantidad y calidad del agua como parte del cambio climático.
2. Respecto de las operaciones y diversos procesos mineros en la zona; es tiempo de que sea enfocado más humanamente, en compensación, a los más de 70 años de explotación de la bondadosa riqueza mineral, la actividad minera en general, debe tener un carácter aún más sostenible previniendo impactos negativos al Medio Ambiente, recuperando los ecosistemas naturales dañados, y finalmente mejorando las buenas relaciones con las comunidades de su entorno. Eso es en resumen lo que debería realizar la Compañía Minera Volcan para el cumplimiento de sus obligaciones.
3. Toda autoridad nacional, regional y local tienen sus roles definidos que cumplir, tanto en el sector minero como en los demás sectores; y está por demás exigir que los cumplan, debido a que es una obligación social y moral de los encargados del sector. Asimismo es importante

una mejor participación ciudadana de los sectores civiles que esté mejor informada de la situación de la Microcuenca del Río Tingo, para mayor exigencia y lograr mejores acuerdos y conciliaciones.

4. Finalmente es importante mencionar que cada día se forman más profesionales en nuestra Universidad Daniel Alcides Carrión - Pasco; en diversas especialidades como: ambiental, minero, sociológico, etc.; por lo que los gobiernos locales junto con la autoridades universitarias deberían organizar campañas con el asesoramiento y voluntariado de los estudiantes de los últimos ciclos , que contribuyan a dar una solución multidisciplinaria y brindar los aportes necesarios de conocimientos académico a la sociedad minera y civil de la zona.

## BIBLIOGRAFÍA

- Andaluz, Carlos. "Manual de Derecho Ambiental". Tercera. Lima: Editorial Iustitia, 2011.
- Autoridad Nacional del Agua. Monitoreo, 65, 2009.
- Arrow, 1996, 13. Estudios de protección ambiental.
- Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental (DESA).
- Banco Mundial. Riqueza y Sostenibilidad: Dimensiones Sociales y Ambientales de la Minería en el Perú. Lima: Banco Mundial, 2005.
- Calla, Helen. "Calidad del agua en la cuenca del río Rímac-Sector de San Mateo, afectado por las actividades mineras". Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica.
- Cerro de Pasco. Visión Compartida, 30,2008
- Centro de Cultura Labor-Boletín18 "Microcuenca del Río Tingo"18,15,2008
- Centro de Cultura Labor-Boletín 21 "Microcuenca del Río Tingo",05,2009
- Chacón, Raúl. "El nacimiento del ecologismo popular en el Perú, o la lucha sin fin de las comunidades de Vicco y San Mateo". Ecología y Política, N° 24 (2003): 113-127.
- CADE-IDEPE Consultores en Ingeniería. Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de Calidad - Cuenca Río Loa. Santiago: Gobierno de Chile - Dirección General de Aguas, 2004.

- Comunidad Andina. El Agua de los Andes: un recurso clave para el desarrollo e integración de la región. Secretaría General, Lima: Doc Print Sac, 2010.
- Congreso de la República del Perú. “Ley 28271. Ley que Regula los Pasivos Ambientales de la Actividad Minera. 02 de julio”. 2004.
- De La Puente Brunke, Lorenzo. Derecho Ambiental e Industria Minera en el Perú. Lima: Instituto de Estudios Energéticos Mineros, 2010.
- Defensoría del Pueblo. «Minería, desarrollo sostenible, y derechos ciudadanos: una aproximación inicial de la Defensoría del pueblo.» Lima, 2005.
- Diario Oficial El Peruano. “Estándares de Calidad Ambiental del Agua”, 17-18,2017.
- Gil 2009, 54, Kitula 2006, 406, Ramírez 2005, 180).
- Integrada de Recursos Hídricos.» En Agua e industrias extractivas: cambios y continuidades en los Andes, editado por Patricia Urteaga, 171-215. Lima: Instituto de Estudios Peruanos, 2011.
- Isch, Edgar. «La contaminación del agua como proceso de acumulación.» En Justicia hídrica: acumulación conflicto y acción social, de Rutgerd Boelens, Leontien Cremers y Margreet Zwarteveen, 97-109. Lima: Instituto de Estudios Peruanos, Fondo editorial PUCP, 2011.
- Kuroiwa, Julio. «Recursos Hídricos en el Perú.» En Diagnóstico del Agua en las Américas. Red Interamericana de Academias de Ciencias.,



editado por Blanca Jiménez y José Galiza, 405-419. México: IANAS, Foro Consultivo Científico y Tecnológico AC, 2012.

- Ley N0 28611- Ley del Ambiente. Diario Oficial El Peruano. Lima, Perú, publicada el 15 de octubre del 2005. (2010).
- Ley No 28245- Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental. Diario Oficial El Peruano. Lima, Perú, publicada el 8 de junio del 2004.
- Ley N0 27314- Ley General de Residuos Sólidos. Diario Oficial El Peruano. Lima, Perú, publicada el 21 de julio del 2000.
- Ministerio de Energía y Minas. "Inventario de Pasivos Ambientales Mineros. Actualizan el Inventario Inicial de Pasivos Ambientales Mineros. Aprobado por RM 324-2014-MEM/DM" 2014.
- Ministerio del Ambiente. «Estándares Nacionales de Calidad Ambiental - D.S. N° 002-2008-ONU. "Declaración de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano"
- Organización de las Naciones Unidas (ONU), Estocolmo, 1972.
- Organización de las Naciones Unidas (ONU), 1987, 7.
- Programa Nacional de Manejo de Cuencas Hidrográficas y Conservación de Suelos-PRONAMACHCS, 2006, p.72
- Preciado, Ruth. «El agua y las industrias extractivas en el Perú: un análisis desde la Gestión
- Sabogal, Ana. "Distribución del agua en el Perú desde una perspectiva de cuenca". Debates en Sociología, nº 34 (2009): 9-20.
- Sadler, Barry. "Environmental Assessment in a Changing World. Evaluating Practice to Improve Performance". Canadian Environmental

Assessment Agency, International Association for Impact Assessment, Ottawa, 1996.

- Daniel Behar Rivero: Metodología de la Investigación.
- Pinilla Moscoso, 2012: Investigación Ambiental.
- Schwarzenbach, René, Thomas Egli, Thomas Hofstetter, Urs von Gunten, y Bernhard Wehrli. "Global Water Pollution and Human Health". Annual Review of Environment and Resources 35 (2010): 109-136.

# **ANEXOS**

**Anexo N° 01:**

**Matriz de Consistencia**

### Matriz de consistencia

<b>PROBLEMA</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>HIPÓTESIS</b>	<b>VARIABLES</b>	<b>INDICADOR</b>	<b>INSTRUMENTO</b>
<p><b>Problema Principal</b></p> <p>¿Qué factores determinan el grado de contaminación de la Cabecera de Microcuenca del Río Tingo en la Quebrada de Rumiallana, en la actualidad?</p> <p><b>Problema específico</b></p> <p>¿Las empresas mineras, involucradas directamente con la contaminación de la Cabecera de Microcuenca del Río Tingo, cumplen con sus obligaciones establecidas de acuerdo a Ley, para mitigar los impactos ambientales producidos por sus actividades?</p>	<p><b>Objetivo general</b></p> <p>Describir los factores que determinan el grado de contaminación de la Cabecera de Microcuenca del Río Tingo en la Quebrada de Rumiallana en la actualidad, ubicada en el distrito de Yanacancha, provincia y departamento de Pasco.</p>	<p><b>Hipótesis general</b></p> <p>La disposición de pasivos ambientales mineros, la disposición final y acumulación de toneladas de residuos sólidos municipales peligrosos y los efluentes de aguas residuales urbanos, son factores que determinan el grado de contaminación de la cabecera de Microcuenca del río Tingo en la quebrada de Rumiallana.</p>	<p><b>Independiente</b></p> <p>Factores que determinan el grado de contaminación en la Cabecera de Microcuenca del Río Tingo ubicada en la Quebrada de Rumiallana.</p>	<p>Entrevistas a la Población en la Zona de Estudio.</p> <p>Análisis físico químico del río Tingo.</p>	<p>Encuestas.</p> <p>Multiparámetro.</p> <p>Laboratorio de análisis de agua.</p>
<p>¿Cuál es el grado de intervención de las autoridades locales y regionales para exigir que las empresas mineras realicen sus actividades de tratamiento de aguas ácidas y acumulación de desmontes de acuerdo a Ley, o en caso contrario sean sancionadas?</p>	<p><b>Objetivos específicos</b></p> <p>Conocer el cumplimiento de las obligaciones de las empresas mineras, directamente involucradas con la contaminación de la Cabecera de Microcuenca del Río Tingo, para mitigar los impactos ambientales producidos.</p>	<p><b>Hipótesis específicas</b></p> <p>La Empresa Administradora Cerro SAC involucrada, no cumple sus obligaciones establecidas de acuerdo a ley en sus diferentes etapas y procesos para el pre tratamiento de sus aguas ácidas y la disposición final de los desmontes mineros,</p>	<p><b>Dependiente</b></p> <p>Incumplimiento de la Empresa Administradora Cerro SAC con sus obligaciones establecidas de acuerdo a ley.</p> <p>Nivel de intervención de las Autoridades Locales y</p>		

<p>¿Qué responsabilidades deben asumir las autoridades municipales, que han agravado la problemática ambiental de la zona de estudio por la gestión inadecuada y el mal manejo y disposición final de los residuos sólidos en el botadero Rumiallana?</p>	<p>Verificar el grado de intervención de las autoridades locales y regionales para exigir a las empresas mineras la acción de tratamiento de aguas ácidas y acumulación de desmontes de acuerdo a Ley.</p> <p>Conocer que responsabilidades deben asumir las autoridades municipales por el inadecuado manejo y disposición final de los residuos sólidos en el “botadero Rumiallana”.</p>	<p>producto de sus actividades; ubicados en la Quebrada Rumiallana, zona de estudio.</p> <p>A pesar de ser uno de los casos importantes de contaminación minera de la ciudad de Cerro de Pasco, hasta la actualidad, las autoridades locales y regionales no han realizado las acciones suficientemente y necesarias para hacer cumplir las leyes y exigir a las empresas mineras desarrollen sus actividades de tratamiento de aguas ácidas y acumulación de desmontes en función a los procedimientos establecidos en el sector minero.</p> <p>El “Botadero de Rumiallana”, en la zona de propiedad de la Empresa Administradora Cerro SAC, sirve actualmente para la disposición final de residuos sólidos municipales debido a la</p>	<p>Regionales, que deben exigir a las Empresas Mineras cumplan su responsabilidad y promuevan adecuados planes de manejo ambiental que permitan disminuir la situación de la zona; esto con el propósito de proteger el bienestar de la población y de hacer cumplir las Leyes Ambientales establecidas.</p> <p>Nivel de responsabilidad de las autoridades municipales, por hacer uso del “Botadero de Rumiallana” para la disposición final de residuos sólidos municipales, sin promover la construcción de un relleno sanitario para tal fin.</p>		
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	--

		inexistencia de un relleno sanitario en la ciudad de Cerro de Pasco; como exige la Ley General de Residuos Sólidos N° 27314.			

**Anexo N° 02:**

**Resultados de los análisis químicos del  
agua**





BALTIC CONTROL-  
CMA,  
LABORATORIOS Y  
CERTIFICACIONES  
S.A.

REGISTRO N° LE - 074

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR INSTITUTIONACIONAL DE CALIDAD-  
INACAL CON REGISTRO N° LE - 074**

### INFORME DE ENSAYO BCL/CMA-236/2018

<b>SOLICITANTE:</b>	Sr. Cesar Picoy Estrella
<b>SERVICIO SOLICITADO:</b>	Análisis químico en 06 (seis) muestras de agua
<b>REFERENCIA:</b>	BCL/CMA-275
<b>MUESTREO:</b>	Realizado por el solicitante. 2017-08-05
<b>OTROS DATOS:</b>	-----
<b>FECHA:</b>	13 de agosto del 2017

#### 1. DESCRIPCIÓN DE LAS MUESTRAS

Fueron recibidos 06 muestras (frascos de plástico) conteniendo muestras de agua para el análisis determinado en la referencia.

ANALISIS DE SOLUCIONES ACUOSAS					
Código Solicitante	Fecha y Hora de Muestreo		Fecha de Recepción de muestras	Código BCL/CMA	METALES DISUELTOS pH
M1	2013-08-05	01:50	2017-08-17	0327	1,0
M2	2013-08-05	02:10	2017-08-17	0328	1,0
M3	2013-08-05	02:23	2017-08-17	0329	1,0
M4	2013-08-05	02:40	2017-08-17	0330	1,0
M5	2013-08-05	03:05	2017-08-17	0331	1,0
M6	2013-08-05	03:20	2017-08-17	0332	1,0

#### 2. MÉTODOS DE ENSAYO

ACREDITADOS POR SCC (**)	Determinación de metales disueltos- BCL-3.18-Rev. 2016-07-18. Determinación de metales disueltos en aguas basado en EPA Method 2007, 1994 Rev. 4.4
NO ACREDITADOS	Determinación de metales totales disueltos, mediante la espectroscopía de emisión por plasma método basado en EPA 2007, 1994 Rev. 4.4

Dirección de Laboratorio  
  
BC Baltic Control

MZA. A LOTE. 1 HUERTOS DE VILLENNA (ALT. DEL KM.32 DE LA ANTIGUA PANAMERICANA) LIMA - LIMA - LURIN Teléfono: (01) 6602323/ Correo Electrónico: [info@balticcontrol.us](mailto:info@balticcontrol.us)

**Anexo N° 03:**

**Evidencias Fotográficas de la Cabecera de la  
Microcuenca del Río tingo - Quebrada Rumiallana**

**1 CANALES DE CAPTACIÓN DE AGUAS RESIDUALES EN RUMIALLANA**



**2. CANALES DE CAPTACION DE AGUAS ÁCIDAS EN RUMIALLANA**



3. POZAS DE SEDIMENTACIÓN DE AGUAS ÁCIDAS



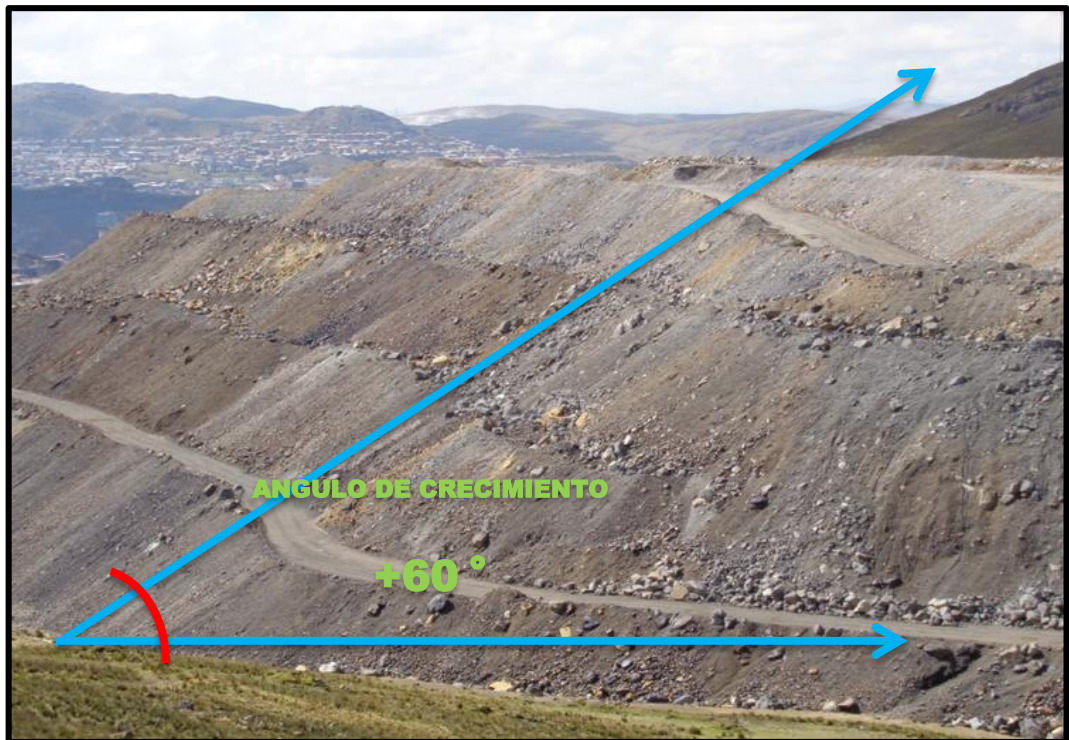
4. RESIDUOS SÓLIDOS Y POZAS DE AGUAS ÁCIDAS - CABECERA DEL RÍO TINGO



5. ACUMULACIÓN DE DESMONTES MINEROS EN RUMIALLANA



6. INCREMENTO DEL DESMONTE MINERO EN RUMIALLANA



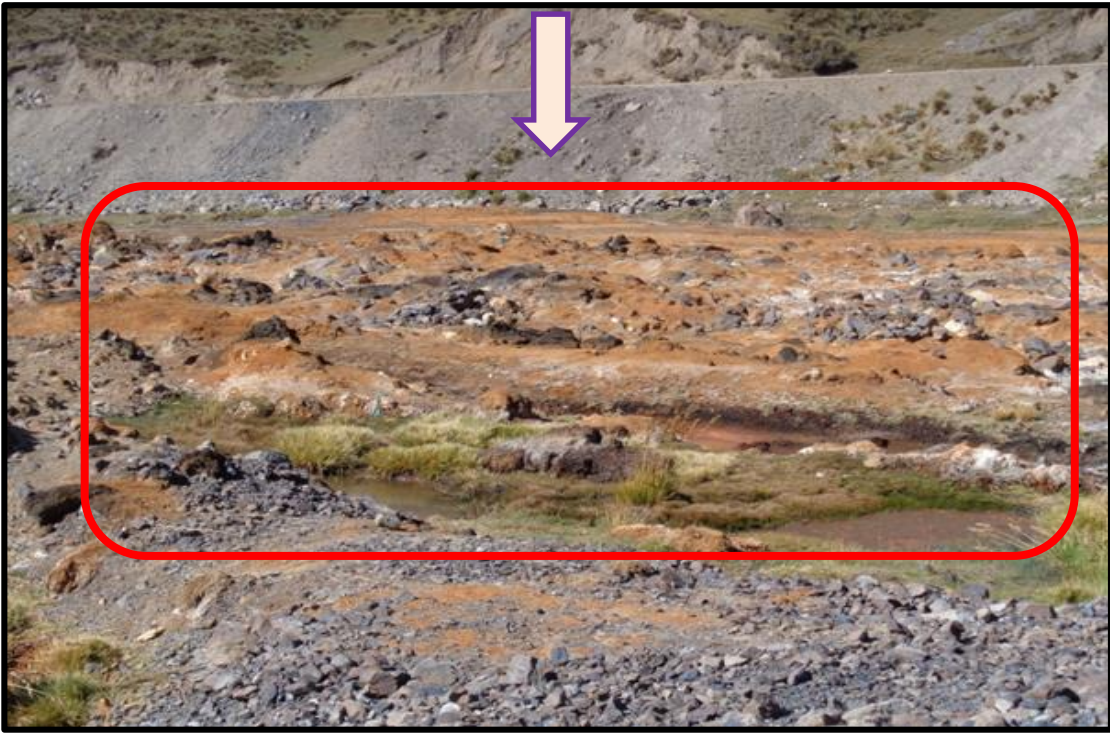
**7. COMPACTACIÓN DE DESMONTE MINERO CON RESIDUOS SOLIDOS**



**8. DEGRADACIÓN DE SUELOS CAMPOS DE PASTOREO - QUEBRADA DE RUMIALLANA**



**9. EROSIÓN DE SUELOS: DESMONTES MINEROS Y AGUAS ÁCIDAS EN RUMIALLANA**



**10. CRIANZA DE GANADO PORCINO EN LA QUEBRADA RUMIALLANA**



**11. AGUA DE MANANTIALES ALTERADAS POR AGUAS RESIDUALES**



**12. ACTIVIDAD GANADERA DE LA ZONA AFECTADA POR LAS AGUAS ÁCIDAS**





**Anexo N° 04:**

**Solicitudes de Información a las Autoridades sobre el  
caso del “Botadero Rumiallana” - Cabecera de  
Microcuenca del Río Tingo**