

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



**CONTAMINACIÓN DEL AGUA POR LAS ACTIVIDADES MINERO
METALURGICAS**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

PRESENTADO POR:

Bach. DEYBE ROYER PACCARA ZELA

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO DE MINAS**

PUNO – PERÚ

2019



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS

**CONTAMINACIÓN DEL AGUA POR LAS ACTIVIDADES MINERO
METALURGICAS**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PRESENTADO POR:

Bach. DEYBE ROYER PACCARA ZELA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO DE MINAS

APROBADO POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

PRESIDENTE:



Mag. Mario Serafín Cuentas Alvarado

PRIMER MIEMBRO:



M. Sc. Fidel Huisa Mamani

SEGUNDO MIEMBRO:



ING. Juan Carlos Chayña Contreras

Área : Ingeniería de Minas

Tema : Contaminación del agua

Fecha de sustentación: Puno 14 de noviembre de 2019

DEDICATORIA

Al todo poderoso Dios, por guiar y dirigir mi vida en todo momento.

A mi familia por el apoyo incondicional a mis padres: Pedro Paccara Tiña y a mi madre Serafina Zela Huarachi, por su lucha constante; por haberme motivado a luchar por mis sueños.

A mi novia Sandra por acompañarme en mi vida, por brindarme toda su comprensión.

A mi hija April Romina por ser mi motor y motivo.

AGRADECIMIENTOS

*A mi alma mater la Universidad Nacional del Altiplano
Puno.*

*A mi querida Facultad de Ingeniería de Minas, por mi
formación académica, y a toda la plana de docentes.*

Deybe Royer Paccara Zela

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

RESUMEN	10
ABSTRACT	11
I. INTRODUCCIÓN	12
II. MÉTODOS Y MATERIALES	14
2.1. Ubicación de los puntos de monitoreo	14
2.1.1. La laguna Quiulacocha.....	14
2.1.2. La laguna Yanamate.....	14
2.1.3. Río San Juan.....	15
2.1.4. Río Tingo	15
2.1.5. Río Huallagua.....	15
2.2. Técnica de investigación	16
III. RESULTADOS	16
3.1. Análisis de la empresa minera Cerro de Pasco Copper Corporation S.A.....	16
3.1.1. Análisis de la laguna Quiulacocha	16
3.1.2. Análisis de la laguna Yanamate	17
3.1.3. Análisis del río San Juan	18
3.1.4. Análisis del río Tingo.....	18
3.1.5. Análisis del río Huallaga.....	18
IV. DISCUSIÓN	19
V. CONCLUSIONES	19
AGRADECIMIENTOS	20



LITERATURA CITADA	20
ANEXOS	22

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de los puntos de monitoreo laguna Quiulacocha.....	14
Figura 2. Ubicación de los puntos de monitoreo laguna Yanamate.....	14
Figura 3. Ubicación de los puntos de monitoreo río San Juan.....	15
Figura 4. Ubicación de los puntos de monitoreo río Tingo.....	15
Figura 5. Ubicación de los puntos de monitoreo río Huallagua.....	16
Figura 6. Ubicación de los puntos de monitoreo de las muestras de agua.....	22

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Puntos de monitoreo en coordenadas WGS84.	14
Tabla 2. Concentración de metales pesados en la laguna Quiulacocha.	17
Tabla 3. Concentración de metales pesados en la laguna Yanamate	17
Tabla 4. Concentración de metales pesados en el río San Juan.	18
Tabla 5. Concentración de metales pesados en el río Tingo	18
Tabla 6. Concentración de metales pesados en el río Huallaga.	19

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

ECA	: Estandar de calidad ambiental.
LMP	: Limite maximo permisible.
m ³ /día	: Metro cubico por día.
msnm	: Metros sobre el nivel del mar.
pH	: Potencial de hidrogeno.
mg/l	: Miligramos por litro.

Contaminación del agua por las actividades minero metalúrgicas

Water pollution by metallurgical mining activities

Deybe Royer Paccara Zela

Facultad de Ingeniería de Minas - UNA - PUNO

E-mail: davispacara17@gmail.com

RESUMEN

Desde el desarrollo de la actividad minera metalúrgica en nuestro país se ha constituido como una fuente principal de recursos sin embargo ha generado la problemática del alto nivel de contaminación del agua, por los sistemas de explotación y transformación de los recursos mineros, la gran cantidad de desmontes, relaves, aguas ácidas, la emisión de metales pesados y la remoción de los materiales de mina. Esta investigación se realizó en la ciudad de Cerro de Pasco el objetivo de la investigación es analizar el nivel de contaminación del agua por metales pesados de la empresa minera Cerro de Pasco Copper Corporation S.A. Donde abarco la muestra de cinco objetos de investigación los cuales son la laguna Quiulacocha, la laguna Yanamate, el río San Juan, el río Tingo y el río Huallagua. En donde se tomaron puntos de muestras de agua aledañas a la empresa minera Cerro de Pasco Copper Corporation S.A. La investigación es cuantitativa el método de investigación es del tipo descriptivo, la investigación se realizó por la técnica de la revisión documentaria. La cantidad y el nivel de contaminación del agua es de muy alto grado se concluye que por el vertimiento de aguas toxicas, que se encuentra fuera del rango de los ECA para el agua y los LMP.

Palabras Clave: metales pesados; agua acidas; relaves.

ABSTRACT

Since the development of the metallurgical mining activity in our country it has been constituted as a main source of resources, however, it has generated the problem of the high level of water pollution, due to the exploitation and transformation systems of the mining resources, the large amount of clearing, tailings, acidic waters, the emission of heavy metals and the removal of mine materials. This research was carried out in the city of Cerro de Pasco. The objective of the research is to analyze the level of heavy metal water contamination of the mining company Cerro de Pasco Copper Corporation S.A. Where I cover the sample of five research objects which are the Quiulacocha lagoon, the Yanamate lagoon, the San Juan river, the Tingo river and the Huallagua river. Where points of water samples were taken from the mining company Cerro de Pasco Copper Corporation S.A. The research is quantitative the research method is of the descriptive type, the research was carried out by the technique of documentary review. The amount and level of water contamination is very high and it is concluded that the dumping of toxic waters, which is outside the range of the ECAs for water and LMP.

Key Words: heavy metals; acid wáter; mine waste.

I. INTRODUCCIÓN

El vertimiento de aguas tóxicas por parte de las empresas mineras. Han causado daños ambientales que constituyen una de las principales fuentes de contaminación del agua.

El presente estudio se realizó en el año 2016 en la ciudad de Cerro de Pasco esta es la capital del departamento de Pasco, ubicado en la parte central del Perú a 4.338 msnm.

El objetivo de la investigación es analizar el nivel de contaminación del agua por metales pesados de la empresa minera Cerro de Pasco Copper Corporation S.A. El objetivo específico es determinar la cantidad de contaminación del agua por metales pesados de la empresa minera Cerro de Pasco Copper Corporation S.A.

La hipótesis se plantea de la siguiente forma, hipótesis general: los sistemas de explotación, transformación de los recursos mineros, la gran cantidad de desmontes, relaves, aguas ácidas, la emisión de metales pesados y la remoción de los materiales de mina son factores que determinan el grado de contaminación del agua de la empresa minera Cerro de Pasco Copper Corporation S.A. La hipótesis específica la empresa involucrada, no cumple sus obligaciones establecidas de acuerdo a ley en sus diferentes etapas y procesos.

La investigación realizada se dio para conocer el impacto de la contaminación del agua hacia efluentes líquidos aledaños a la

mina como son la laguna Quiulacocha, la laguna Yanamate, el río San Juan, el río Tingo, y el río Huallagua. Que son contaminadas por parte de la empresa minera; es por eso que la investigación se realizará para poder plantear una solución al nivel de contaminación.

El uso del agua en el sector minero es muy diverso y tiene características propias de acuerdo a la magnitud de la operación: artesanal, mediana y grande; así como al tipo de mineral en extracción, proceso y nivel de procesado. En la etapa de exploración normalmente el uso es mínimo o menor y puede variar de 2 a 40 m³/día dependiendo de la faena, esto es un equivalente a 0.02 l/s a 1.0 l/s además de ser un uso temporal (De Pierola-C, 2017).

Se ha demostrado que la actividad minera, ha provocado grandes daños ambientales ya que la inadecuada disposición de relaves, drenaje de aguas ácidas y desmontes son evacuados hacia cauces de ríos más cercanos (Quecaño-Mamani, 2018).

El centro minero la Rinconada la cual en su proceso de recuperación del oro con mercurio, pero la inadecuada aplicación de este procedimiento ocasiona la contaminación del agua, situación que ha llevado a plantear varias alternativas de solución para trabajar la minería artesanal con métodos que no tengan efectos en la contaminación (Mina-Aycaya, 2017).

Los metales pesados se encuentran entre los contaminantes ambientales más tóxicos de los últimos tiempos, debido a su permanencia y tendencia a acumularse en los organismos acuáticos (Salas-Urviola, 2014).

La contaminación de las aguas continentales es un problema de escala mundial, principalmente debido al impacto de los relaves mineros. Utilizando tecnologías de punta, como plantas de neutralización de aguas ácidas (Huaranga-Moreno, Méndez-García, Quilcat-León, & Huaranga-Arévalo, 2012).

La contaminación del agua por efecto de las operaciones mineras y los conflictos sociales en la ciudad de Cajamarca, es el estudio de dos variables que se relaciona debido a una causa – efecto, y lo que se quiere demostrar es que debido a la contaminación del agua por causa de las operaciones mineras se generan los conflictos sociales en la ciudad de Cajamarca (Malaver-Danos, 2018).

Con el auge de la minería en el Perú, y especialmente en Cajamarca, es muy notoria la afectación de los diversos recursos naturales como el agua, el suelo, la flora y la fauna. De todos ellos, el que ocasiona la mayor preocupación y conflictividad, es sin duda alguna el agua, que por diversos hechos a raíz de la minería en cabecera de cuenca, la concentración de metales pesados se ha incrementado en las aguas de los diversos ríos, cuyas aguas tienen influencia directa e

indirecta con esta actividad (Florez-Lozano, 2016).

Lamentablemente minería y medio ambiente no han logrado convivir en el tiempo, ya que la minería es una contaminación perpetua del agua por el drenaje ácido, los derrames de cianuro y la liberación hacia el ambiente de metales pesados tóxicos (Ibañez-Zavaleta, 2016).

La liberación al medio ambiente de importantes volúmenes de residuos sólidos, líquidos y gases. Debido a minerales, los volúmenes de residuos de la actividad minero-metalúrgica son significativamente mayores que los residuos domésticos e industriales juntos (Rodríguez, Oldecop, Linares, & Salvado, 2012).

La contaminación con metales pesados se produce fundamentalmente a través de los drenajes mineros, la erosión de escombreras y depósitos de colas de explotaciones. Los drenajes se producen por la acción del agua, y las soluciones acuosas resultantes incorporan los metales pesados de la mena, incorporarse a la red fluvial, la dispersión de sus contenidos aumenta y puede tener influencia muy lejos de su lugar de origen y extenderse mucho después que las actividades extractivas han cesado (Nuñez-Del Carpio, 2015).

II. MÉTODOS Y MATERIALES

2.1. Ubicación de los puntos de monitoreo

Para el presente trabajo se tomaron 5 objetos de investigación las cuales comprenden 2 lagunas y 3 ríos aledaños a la empresa minera Cerro de Pasco Copper Corporation S.A.

Tabla 1. Puntos de monitoreo en coordenadas WGS84.

Puntos de Monitoreo	Coordenadas WGS 84		Altitud m.s.n.m
	Este	Norte	
Laguna Quiulacocho	359410.8403	8816652.749	4255
Laguna Yanamate	363701.8549	8814919.276	4364
rio San Juan 1	357375.7099	8816521.321	4178
rio San Juan 2	357014.5027	8815721.033	4182
rio San Juan 3	359243.3688	8805868.866	4124
rio San Juan 4	362032.2866	8792547.477	4082
rio Tingo 1	361910.7686	8822008.509	4179
rio Tingo 2	361628.5118	8824157.817	4030
rio Tingo 3	366834.2198	8840552.457	3495
rio Huallagua 1	373091.1327	8822574.451	3733
rio Huallagua 2	370818.9419	8836819.84	3312
rio Huallagua 3	367572.5798	8851000.038	2786

Fuente: Asociación Civil Centro de Cultura Popular Labor 2016.

2.1.1. La laguna Quiulacocho

Está ubicada en el distrito de Simón Bolívar muestra tomada con el nombre “laguna Quiulacocho”. (ver fig 1).



Figura 1. Ubicación de los puntos de monitoreo laguna Quiulacocho.

2.1.2. La laguna Yanamate

Está ubicada en el distrito de Tinyahuarco muestra tomada con el nombre “laguna Yanamate” (ver fig. 2).



Figura 2. Ubicación de los puntos de monitoreo laguna Yanamate.

2.1.3. Río San Juan

Se tomaron 4 puntos de muestreo (ver fig. 3).

San Juan 1, fue tomada cerca del puente de Yurajhuanca distrito de Simón Bolívar.

San Juan 2, fue tomada en el distrito de Simón Bolívar.

San Juan 3, fue tomada en el distrito de Tinyahuarco.

San Juan 4, fue tomado bajo el puente de Upamayo.

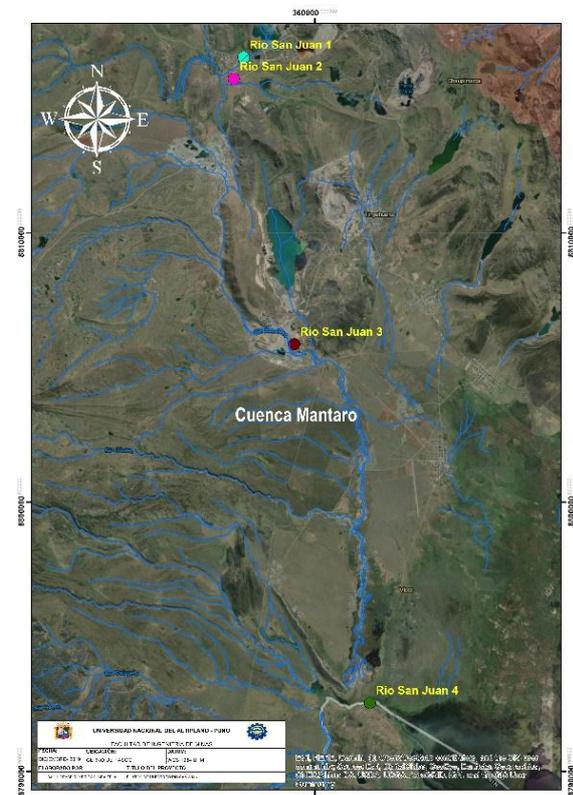


Figura 3. Ubicación de los puntos de monitoreo río San Juan.

2.1.4. Río Tingo

Se tomaron 3 puntos de muestreo (ver fig. 4).

Tingo 1 fue tomada en los límites entre los distritos de Simón Bolívar y Yanacancha.

Tingo 2 fue tomada en la comunidad el Pilar distrito de Yanacancha,

Tingo 3 fue tomada en la comunidad Chauyar distrito de Yarusyacan.

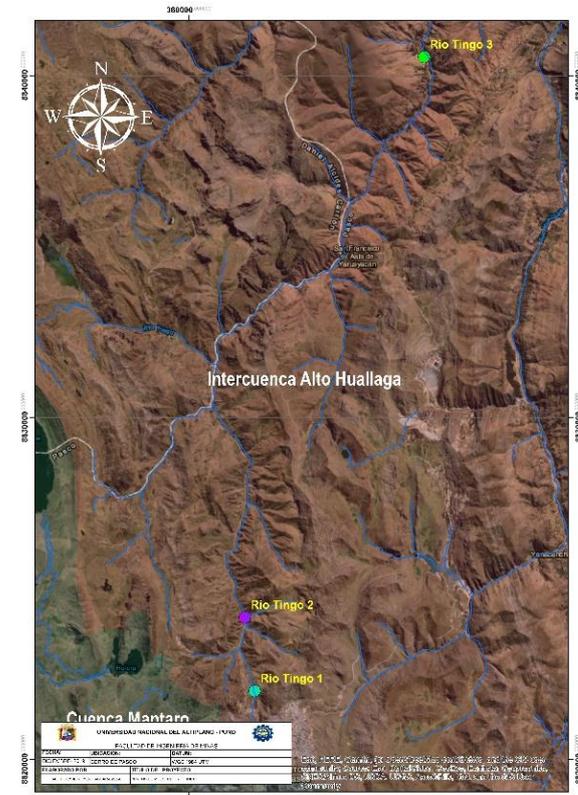


Figura 4. Ubicación de los puntos de monitoreo río Tingo.

2.1.5. Río Huallagua

Se tomaron 3 puntos de muestreo (ver fig. 5).

Huallagua 1 se encuentra en la naciente del río Huallagua en el distrito de Yanacancha.

Huallagua 2 se encuentra en la comunidad de San Antonio de Malauchaca distrito de Ticsacayan.

Huallagua 3 se encuentra antes de la comunidad de Salcachupan, distrito de Pallanchacra.

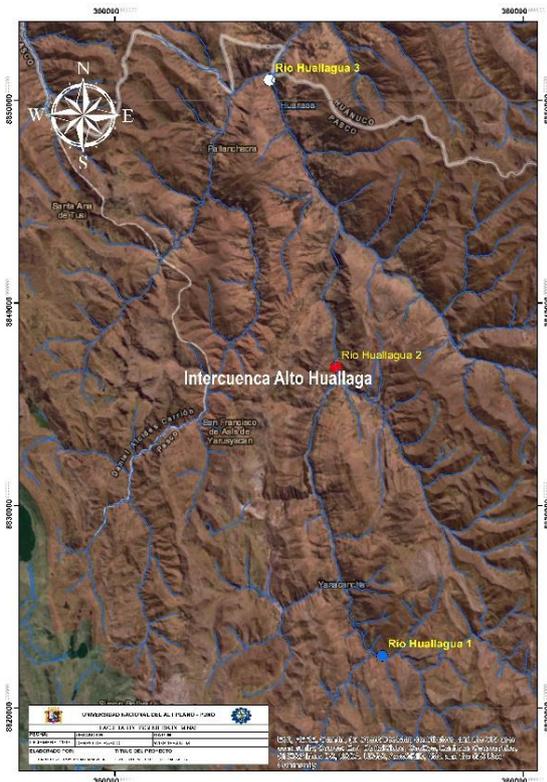


Figura 5. Ubicación de los puntos de monitoreo río Huallaga.

2.2. Técnica de investigación

Para identificar los factores que determinan el grado de contaminación del agua se recolectaron los datos para los métodos cuantitativos, descriptivos y explicativos para el proceso. Referente a la obtención de información, se solicitó la información necesaria en los diferentes repositorios institucionales.

III. RESULTADOS

El trabajo realizado se aplica a la muestra seleccionada, en la cual se tuvo que analizar la cantidad y el nivel de contaminación por metales pesados a las lagunas y a los ríos, esto en los puntos próximos a la mina, las mismas que se desarrollaron a los cinco objetos de investigación de la muestra seleccionada, y

los resultados se muestran de la siguiente manera.

3.1. Análisis de la empresa minera Cerro de Pasco Copper Corporation S.A.

La grave contaminación ambiental del agua por metales pesados a las lagunas y ríos en Cerro de Pasco se relaciona por la actividad minera extractiva por parte de empresa Cerro de Pasco Copper Corporation.

3.1.1. Análisis de la laguna Quiulacocha

Esta laguna presenta un color rojizo anaranjado por las enormes cantidades de metales, en mayoría óxidos de hierro.

En la laguna Quiulacocha los sólidos totales disueltos superan los límites de más de 500 mg/l. Desde un punto de vista organoléptico el agua de la laguna Quiulacocha es severamente impactada.

La laguna Quiulacocha presenta un alto nivel de contaminación y degradación ambiental, los metales pesados que se analizaron están por encima de las normas nacionales.

Tabla 2. Concentración de metales pesados en la laguna Quiulacocha.

Elemento mg/l	LMP Minería	ECA Cat4 (Lagunas)	Laguna Quiulacocha
Aluminio	-	-	57.3
Arsénico	0.1	0.15	7.26
Cadmio	0.05	0.00025	1.96
Cromo	0.1(Cr6)	0.011(Cr6)	0.102
Cobre	0.5	0.1	11.6
Hierro	2	-	6098
Mercurio	0.002	0.0001	<0.0005
Manganeso	-	-	2216
Plomo	0.2	0.0025	0.39
Estaño	-	-	<0.5
Talio	-	0.0008	2.68
Zinc	1.5	0.12	197

Fuente: Asociación Civil Centro de Cultura Popular Labor 2016.

El arsénico, cadmio, cromo, cobre, hierro, manganeso, plomo y zinc, sobrepasan los ECA para el agua (para la descarga de los efluentes mineros) y por el Gobierno Nacional, que con el decreto 010-2010, fija los niveles que los metales deben tener en los efluentes de origen minera.

3.1.2. Análisis de la laguna Yanamate

La laguna Yanamate ahora es una laguna desecada la situación es peor denotamos una situación muy severa de esta ex laguna natural.

La concentración de 69.9 mg/l de arsénico es exageradamente alta, considerando que su límite de ley es de 0.1 mg/l siendo una de las sustancias más toxica y altamente peligrosa por su incapacidad a ser destruida.

Tabla 3. Concentración de metales pesados en la laguna Yanamate.

Elemento mg/l	LMP Minería	ECA Cat4 (Lagunas)	Laguna Yanamate
Aluminio	-	-	521
Arsénico	0.1	0.15	69.9
Cadmio	0.05	0.00025	1.98
Cromo	0.1(Cr6)	0.011(Cr6)	0.333
Cobre	0.5	0.1	127
Hierro	2	-	5903
Mercurio	0.002	0.0001	<0.0005
Manganeso	-	-	360
Plomo	0.2	0.0025	2.32
Estaño	-	-	<0.5
Talio	-	0.0008	0.86
Zinc	1.5	0.12	164

Fuente: Asociación Civil Centro de Cultura Popular Labor 2016.

Situación todavía más seria en la que se encuentra la laguna Yanamate el aluminio está presente en altas concentraciones (521 mg/l) el arsénico, cadmio, cromo, cobre, hierro, manganeso, plomo, zinc, están en las aguas de esta laguna utilizada para desechar, a través de tuberías las aguas acidas y relaves mineros, provenientes de la unidad de producción de Cerro de Pasco desde el año 1981.

El cobre, presente en 127 mg/l es fuertemente dañino para el ambiente y toxico.

El nivel del hierro es increíblemente alto (5903 mg/l), así como los del manganeso (360 mg/l) y zinc (164 mg/l) que están por muy encima de los LMP para la minería y ECA del agua.

3.1.3. Análisis del río San Juan

La calidad organoléptica de este río es suficiente, la situación ambiental en el que se encuentra este río, se observa que en el punto de monitoreo río San Juan 1 y río San Juan 2 presenta altos niveles de hierro y manganeso en comparación con las otras cuencas.

Tabla 4. Concentración de metales pesados en el río San Juan.

Elemento mg/l	LMP Minería	ECA Cat1	rio San Juan 1	rio San Juan 2	rio San Juan 3	rio San Juan 4
Aluminio	-	0.9	0.303	0.322	0.271	0.168
Arsénico	0.1	0.01	0.04	0.03	0.01	0.01
Cadmio	0.05	0.003	0.003	0.003	<0.001	<0.001
Cromo	0.1(Cr6)	0.05	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Cobre	0.5	2	0.098	1.43	0.081	0.005
Hierro	2	0.3	6.13	6.53	0.444	0.472
Mercurio	0.002	0.001	<0.0005	0.0006	<0.0005	<0.0005
Manganeso	-	0.4	3.06	2.99	0.829	0.074
Plomo	0.2	0.01	0.03	0.04	0.01	0.01
Estaño	-	-	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Talio	-	-	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Zinc	1.5	3	1.5	1.7	0.13	0.05

Fuente: Asociación Civil Centro de Cultura Popular Labor 2016.

El aluminio, arsénico, cadmio, cobre, hierro, manganeso, plomo y zinc, son los metales en excedencia respecto a los niveles establecidos. Tomando como referencia las normas nacionales (ECA) para el agua.

3.1.4. Análisis del río Tingo

La calidad del río es suficiente y los parámetros medidos no sobrepasan los límites

Tabla 5. Concentración de metales pesados en el río Tingo.

Elemento mg/l	LMP Minería	ECA Cat1	rio Tingo 1	rio Tingo 2	rio Tingo 3
Aluminio	-	0.9	0.555	0.128	0.035
Arsénico	0.1	0.01	0.02	0.01	<0.01
Cadmio	0.05	0.003	0.001	0.001	<0.001
Cromo	0.1(Cr6)	0.05	<0.005	<0.005	<0.005
Cobre	0.5	2	0.035	<0.005	<0.005
Hierro	2	0.3	3.53	2.33	0.101
Mercurio	0.002	0.001	<0.0005	<0.0005	<0.0005
Manganeso	-	0.4	0.587	1.75	0.033
Plomo	0.2	0.01	0.06	0.02	<0.01
Estaño	-	-	<0.5	<0.5	<0.5
Talio	-	-	<0.02	<0.02	<0.02
Zinc	1.5	3	0.44	2.11	0.02

Fuente: Asociación Civil Centro de Cultura Popular Labor 2016.

En el punto de monitoreo río Tingo 1 presenta contaminación por hierro, zinc y manganeso. El hierro es bastante alto, así como el manganeso.

La mayoría de los metales bajan de concentración (del punto río Tingo 1 al punto río Tingo 2), a excepción del manganeso y zinc, que suben de concentración en esos puntos.

3.1.5. Análisis del río Huallaga

La calidad organoléptica del río Huallaga es suficiente. La cuenca del río Huallaga no presenta niveles de metales pesados sobre los límites impuestos por las normas en materia de efluentes mineros nacionales.

Tabla 6. Concentración de metales pesados en el río Huallaga.

Elemento	LMP	ECA	rio	rio	rio
mg/l	Mineria	Cat1	Huallaga 1	Huallaga 2	Huallaga 3
Aluminio	-	0.9	0.181	0.129	0.035
Arsénico	0.1	0.01	0.01	0.02	< 0.01
Cadmio	0.05	0.003	< 0.001	< 0.001	< 0.001
Cromo	0.1(Cr6)	0.05	< 0.005	< 0.005	< 0.005
Cobre	0.5	2	0.043	0.096	< 0.005
Hierro	2	0.3	0.286	0.227	0.097
Mercurio	0.002	0.001	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005
Manganeso	-	0.4	0.117	0.184	0.036
Plomo	0.2	0.01	0.01	0.02	0.01
Estaño	-	-	< 0.5	< 0.5	< 0.5
Talio	-	-	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Zinc	1.5	3	0.09	0.13	0.02

Fuente: Asociación Civil Centro de Cultura Popular Labor 2016.

En el lugar, analizando la situación ambiental, se observa que en el punto de monitoreo río Huallaga 2 presenta altos niveles de arsénico, cobre, plomo y zinc. En comparación con las otras cuencas, la situación del río Huallaga es menos preocupante.

IV. DISCUSIÓN

Quecaño-Mamani (2008). Menciona que en la actividad minera principalmente una inadecuada disposición de relaves, drenaje de aguas ácidas y desmontes son las principales fuentes de contaminación hacia cauces de ríos más cercanos.

Entre ellos los contaminantes ambientales más tóxicos son los metales pesados, debido a su permanencia y tendencia a acumularse en los organismos acuáticos (Salas-Urviola, 2014).

Los metales pesados de la mena, al incorporarse a una red fluvial, la dispersión de sus contenidos aumenta y puede concentrarse en diferentes lugares y

extenderse a lo largo de la cuenca de un río (Nuñez-Del Carpio, 2015).

La inadecuada aplicación de procedimiento ocasiona la contaminación del agua por metales pesados, en el cual se debería plantear varias alternativas con métodos que no tengan efectos en la contaminación (Mina-Aycaya, 2017).

La contaminación de las aguas es un problema que abarca principalmente, al impacto y vertimiento de los relaves mineros hacia cauces de los ríos más cercanos (Huaranga-Moreno, 2012).

V. CONCLUSIONES

El mayor grado de contaminación del agua de la empresa minera Cerro de Pasco Copper Corporation S.A. por el vertimiento de aguas tóxicas hacia lagunas y ríos se encuentra fuera del rango de los ECA para el agua.

Las faltas de control para conservar y preservar las aguas, explican la contaminación del agua por parámetros físicos, químicos y biológicos las cuales están por encima del límite máximo permisible (LMP). Que afectan a la sociedad en la zona del ámbito de estudio.

Se recomienda para el cuidado del medio ambiente se deben realizar periódicamente monitoreos, para registros sobre la evolución de los impactos ambientales en el agua, que permitan adecuar y sirva como apoyo en la toma de decisiones para las medidas de control y mitigación a nuevas realidades.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional del Altiplano - Puno.

A la Escuela Profesional de Ingeniería de Minas.

LITERATURA CITADA

Asociación Civil Centro de Cultura Popular Labor. (2018). *Estudios en poblaciones afectadas por metales pesados en Pasco*. Sonimágenes del Perú, 1-102.

Florez-Lozano, H. H. (2016). *Evaluación de la concentración de metales pesados en las aguas de río Grande y su relación con la actividad minera*. (Tesis de posgrado). Universidad Nacional de Cajamarca. Cajamarca, Perú.

Huaranga-Moreno, F., Méndez-García, E., Quilcat-León, V., & Huaranga-Arévalo, F. (2012). *Contaminación por metales pesados en la cuenca del río Moche, 1980 - 2010, La Libertad - Perú*. Scientia Agropecuaria, (3), 235-247.

Ibañez-Zavaleta, E. M. (2016). *Estudio de la contaminación por plomo y cianuro en las aguas de la laguna de Sausacocha Huamachuco - provincia de Sanchez Carrion, La Libertad, Perú. 2015*. (Tesis de posgrado). Universidad Nacional de Trujillo. La Libertad, Perú.

De Pierola-C, J. (2017). *El agua y su uso en minería y agricultura en el Perú, una primera aproximación*. Asociación Peruana de Ingeniería Hidráulica y

Ambiental APHIA, 1-18.

Malaver-Danos, R. C. (2018). *La contaminación del agua por efecto de las operaciones mineras y los conflictos sociales en la ciudad de Cajamarca*. (Tesis de posgrado). Universidad Inca Garcilaso de la Vega. Lima, Perú.

Mina-Aycaya, O. R. (2017). *Propuesta de mitigación de la contaminación por el uso minero del mercurio de la laguna Rinconada*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Jorge Basadre Grohman. Tacna, Perú.

MINAM. (2017). Decreto Supremo N° 004-2017. *Estandares de calidad ambiental (ECA) para el agua*. El Peruano, 1-10

MINAM. (2010). Decreto supremo N° 010-2010. *Límites máximos permisibles para la descarga de efluentes líquidos de actividades minero- metalúrgicas*. El Peruano, 1-4.

Núñez-Del Carpio, D. A. (2015). *Contaminación del agua por metales pesados en el distrito Mariscal Cáceres – San José en la provincia de Camaná – Arequipa*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Agustín. Arequipa, Perú.

Quecaño-Mamani, N. C. (2018). *Determinación de metales tóxicos en el río Cruzero – Puno*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú.

Rodríguez, R., Oldecop, L., Linares, R., &

- Salvado, V. (2012). *Los grandes desastres medioambientales producidos por la actividad minero-metalúrgica a nivel mundial: causas y consecuencias ecológicas y sociales*. Revista Del Instituto de Investigación de la UNMSM-Lima, (12), 7 -25.
- Salas-Urviola, B. F. (2014). *Determinación de metales pesados en las aguas del río Ananea debido a la actividad minera aurífera, Puno - Perú*. Instituto de Investigación de la Escuela de Posgrado UNA-Puno, (5), 47-53.
- Ticona-Ticona,S. (2012). *Regulación e influencia de las políticas tributarias frente a la contaminación de aguas tóxicas del Lago Titicaca en la region de Puno*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Del Altiplano. Puno,Perú.

ANEXOS

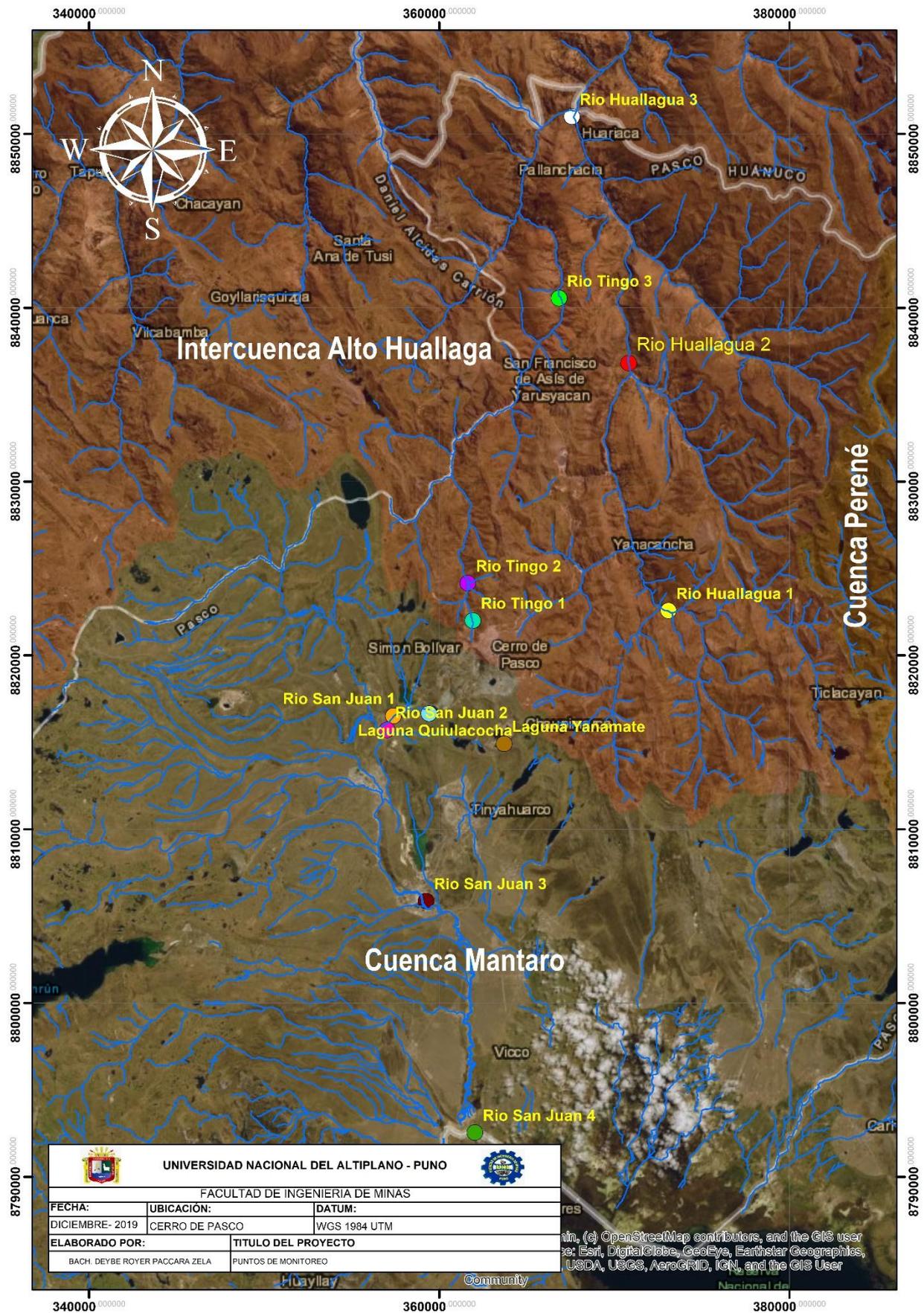


Figura 6. Ubicación de los puntos de monitoreo de la toma de muestras de agua.