



UNIVERSIDAD DE LAMBAYEQUE

FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

TESIS

**Determinación de los niveles de concentración de metales pesados en la
Cuenca Mashcón – Cajamarca en los meses de Setiembre y Diciembre, 2016**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL
DE INGENIERO AMBIENTAL**

AUTORES

HERRERA DELGADO, Abigail Estefany

HEREDIA QUISPE, Edgar Geiner

CHICLAYO, Octubre del 2017

FIRMA DEL ASESOR Y JURADO DE TESIS

Mg. César Alberto Cabrejos Montalvo
ASESOR

Mg. Marcos Guillermo García Paico
PRESIDENTE

Dr. Eduardo Julio Tejada Sánchez
SECRETARIO

Mg. James Jenner Guerrero Braco
VOCAL

DEDICATORIA

A Dios Padre por habernos guiado en cada etapa de nuestra vida, y darnos la fortaleza para afrontar cualquier adversidad. Por estar siempre presente y nunca dejarnos desfallecer.

A nuestros padres que nos dieron la vida, por su amor, confianza y apoyo incondicional. Esto es por y para ustedes, porque no hay manera de agradecerles todo lo que hicieron y hacen por nosotros. Por habernos apoyado en todo momentos, por sus sabios consejos, por la motivación constante que nos ha formado en personas de bien, pero más que nada, por su amor.

A nuestra familia, que siempre estuvieron a nuestro lado, alentándonos y aconsejándonos. Dándonos fuerza para seguir adelante y cumplir nuestras metas. Y por celebrar cada uno de nuestros logros como si fueran suyos.

AGRADECIMIENTO

A nuestros padres por habernos forjado como la persona que somos hoy en la actualidad, todos nuestros logros es gracias a ustedes. Por su amor, confianza y apoyo incondicional muchas veces no merecido, GRACIAS.

A nuestro asesor el MSc. Mblgo. Cabrejos Montalvo, César A. por su tiempo y dedicación en la elaboración de esta tesis. Por el apoyo incondicional y por el compartir sus conocimientos de manera desinteresada.

A nuestros maestros por sus sabios consejos y enseñanzas, por hacer de cada clase una experiencia única y un memorable recuerdo. Por su tiempo y conocimientos compartidos, y por impulsar el desarrollo de nuestra formación profesional.

CONTENIDO

DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTO	IV
I. INTRODUCCIÓN.....	9
II. MARCO TEÓRICO	11
2.1. ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS.....	11
2.2. BASES TEÓRICAS	16
2.2.1. Agricultura Familiar.....	16
2.2.2. Agricultura en Cajamarca	16
2.2.3. Minería	18
2.2.4. Minería en Cajamarca	19
2.2.5. Minera Yanacocha SRL.....	20
2.2.6. Metales Pesados	21
2.2.7. Toxicidad de los Metales Pesados.....	22
2.2.8. Marco Normativo	24
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	27
2.4. HIPÓTESIS	30
III. MATERIALES Y MÉTODOS	31
3.1. ÁREA DE ESTUDIO	31
3.2. TIPO DE ESTUDIO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	32
3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA DE ESTUDIO	32
3.3.1. Población de estudio	32
3.3.2. Muestra de estudio	32
3.3.3. Puntos de Monitoreo.....	32
3.3.4. Muestreo	33
3.4. MÉTODOS, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	34

3.4.1. Parámetros Fisicoquímicos.....	34
3.4.2. Parámetros Inorgánicos.....	36
3.5. PROCESAMIENTO DE DATOS Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	40
IV. RESULTADOS.....	41
V. DISCUSIÓN.....	50
VI. CONCLUSIONES	52
VII. RECOMENDACIONES	54
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55
IX. ANEXOS	61

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación de cuerpos de agua superficiales	25
Tabla 2: Puntos de Monitoreo	33
Tabla 3: Requisitos para toma de muestras de agua y su manipulación	36
Tabla 4: Concentración de metales pesados en el Río Porcón	42
Tabla 5: Concentración de metales pesados en el Río Grande	46
Tabla 6: Parámetros físicoquímicos medidos en campo	62
Tabla 7: Parámetros y Valores Consolidados. CATEGORÍA 1 – A	67

RESUMEN

En los últimos años la puesta en operación de diversas actividades ha generado diversos impactos en los componentes ambientales, ocasionando variación en sus características y propiedades, uno de los componentes más afectados por el desarrollo de estas actividades es el componente hídrico. Por lo que, el objetivo de esta investigación fue la determinación de los niveles de concentración de metales pesados en la Cuenca Mashcón – Cajamarca durante los meses de Setiembre y Diciembre del año 2016 para luego compararlo con los ECAs para agua, se realizó un monitoreo en época de estiaje (Setiembre) y uno en época creciente (Diciembre) en dos puntos de muestreo (Río Porcón y Río Grande) utilizando el Método EPA 200.7 Revisión 4.4 con la técnica de Espectrometría de masas con plasma de acoplamiento inductivo. Obteniendo como resultados que, la concentración de los metales pesados en época de estiaje y época creciente respectivamente fue: Aluminio (0.615 mg/L, 0.086 mg/L); Cd (<LCM, <LCM); Fe (1.021 mg/L, 1.680 mg/L); Pb (0.004 mg/L, <LCM) y Zn (0.06 mg/L, 0.027 mg/L).

PALABRAS CLAVE: Concentración, metales pesados, época de estiaje, época creciente, Río Porcón, Río Grande, ECAs.

ABSTRACT

In recent years the implementation of various activities has generated various impacts on the environmental components, causing variation in their characteristics and properties, one of the components most affected by the development of these activities is the water component. Therefore, the objective of this investigation was to determine the concentration levels of heavy metals in the Mashcón - Cajamarca Basin during the months of September and December of the year 2016 and then compare it with the RCTs for water. (September) and one in a growing season (December) at two sampling points (Río Porcón and Río Grande) using EPA Method 200.7 Revision 4.4 with the inductive coupling plasma mass spectrometry technique. As a result, the concentration of heavy metals in the dry season and growing season, respectively, was: Aluminum (0.615 mg / L, 0.086 mg / L); Cd (<LCM, <LCM); Fe (1021 mg / L, 1680 mg / L); Pb (0.004 mg / L, <LCM) and Zn (0.06 mg / L, 0.027 mg / L).

KEYWORDS: Concentration, heavy metals, dry season, growing season, Río Porcón, Río Grande, ECAs.

I. INTRODUCCIÓN

El mundo en la actualidad afronta una serie de problemas ecológicos, siendo la contaminación uno de los que causan mayor impacto a los diferentes organismos; definiéndose a esta como el factor que causa la modificación de las características del ambiente (Campos, 1990). Así, en los últimos años en el desarrollo de diversas actividades económicas, tanto productivas, extractivas, comerciales e industriales, en sus procesos utilizan diversos productos químicos, los cuales en su mayoría en su composición presentan un porcentaje significativo de metales pesados. Estos procesos generan salidas como efluentes, emisiones y residuos, los cuales no en todas las ocasiones tienen una disposición final adecuada; teniendo como receptor final a los cuerpos de agua, ya sea ríos, lagos, lagunas y mar. Lo que representaría la contaminación de éstos por residuos de productos químicos, como por ejemplo: los metales pesados, los cuales además de tener un grado de toxicidad elevado también son bioacumulables en los organismos vivos.

Según Nava, Méndez (2011) a pesar de los esfuerzos y avances científicos, la exposición de los humanos a metales tóxicos continua principalmente en los países en vías de desarrollo. El plomo y cadmio son metales que se encuentran en el aire y agua como contaminantes ambientales, y se asocian con múltiples efectos perjudiciales para el ambiente y salud de las personas. Los metales pesados para Purves (1985) son de gran importancia en la determinación de la calidad ecológica del agua, debido a su toxicidad y especialmente a su comportamiento bioacumulativo. Para Gallo (2011), los metales cadmio, mercurio y plomo son altamente tóxicos cuando se encuentran en forma soluble, ya que pueden ser fácilmente absorbidos por los organismos vivos.

Estas actividades, ya sean industriales, mineras o agrícolas generan impactos negativos sobre la flora y fauna, generando reducción de la biodiversidad y perjudicando los usos benéficos del agua superficial. Todo esto ocasionado por la acumulación de metales pesados como Aluminio (Al), Cadmio (Cd), Fierro (Fe),

Plomo (Pb), Zinc (Zn), y otros que son absorbidos en el medio acuático por vía atmosférica, vía terrestre y vía directa. La severidad y el daño de estos metales dependen del tiempo, nivel de exposición, y la ruta por el cual el metal es absorbido y susceptibilidad de la persona.

Ante la problemática expuesta, se formula el siguiente problema: ¿Los niveles de concentración de metales pesados en la Cuenca Mashcón – Cajamarca durante los meses de setiembre y diciembre del año 2016 se encuentran por encima de los Estándares de Calidad Ambiental (ECAs) para agua?, para responder al problema, se planteó como objetivo general: Determinación de los niveles de concentración de metales pesados en la Cuenca Mashcón – Cajamarca durante los meses de setiembre y diciembre del año 2016, y como objetivo específico: Determinación de los niveles de concentración de los metales pesados Al, Cd, Fe, Pb y Zn en la Cuenca Mashcón – Cajamarca durante los meses de Setiembre (Época de Estiaje) y Diciembre (Época Creciente) del año 2016, en base a los ECAs para agua.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS

Gómez et al. (2004), realizaron un estudio de investigación de la calidad del agua superficial del Río San Pedro (Sonora, México) en 8 estaciones de muestreo, cuyos monitoreos se hicieron en dos etapas: en la primera se realizaron cuatro muestreos (febrero, mayo, agosto y noviembre); y en la segunda, se realizaron dos muestreos (abril y agosto). Utilizaron la metodología EPA (Environmental Protection Agency - Espectroscopía de absorción atómica por flama), obteniendo como resultados valores superiores a los máximos permitidos según los Criterios Ecológicos de Calidad de Agua (SEDEU 1989) en los parámetros: Cd (0.255 mg/l), Cu (1.12 mg/l), Fe (3.02 mg/l), Mn (3.39 mg/l), Ni (0.43 mg/l), Pb (0.30 mg/l) y Zn (11.19 mg/l).

De igual forma; Contreras, Mendoza y Gómez (2003), realizaron 8 monitoreos en el Río Haina (República Dominicana) entre Octubre del 2002 y Septiembre del 2003, para determinar la calidad del agua superficial del río. Utilizaron la técnica de espectrometría de absorción atómica, logrando determinar elevados niveles de contaminación por metales pesados en los sedimentos del río, según la Canadian Environmental Quality Guidelines (ISQG -Interim Sediment Quality Guideline). Los metales fueron Cu (82.365 mg/kg), Pb (51.95 mg/kg), Cr (157.41 mg/kg). Así también, Delgado (2012) demostró la variación de la calidad del agua superficial de la Cuenca Guadiana (España y Portugal), provocado por los lixiviados ácidos de las actividades mineras.

García (2002) realizó un estudio sobre el estado actual de la contaminación por metales pesados y pesticidas organoclorados en el Parque Nacional de Monfragüe (Provincia de Cáceres, España), se tomaron 3 muestras mensuales en el Río Tajo, y 2 muestras mensuales en el Río Tiétar en el periodo comprendido entre septiembre de 1996 y agosto de 1997, haciendo un total de 60 muestras; utilizando la metodología de APHA-AWWA-WPCF (1992) con la técnica de voltamperometría de redisolución anódica. Los resultados que se obtuvieron fue que el metal Zn se

encuentra en concentraciones normales, con un valor promedio de 5,77 $\mu\text{g/L}$ en el Río Tajo y 2,91 $\mu\text{g/L}$ en el Río Tiétar; en el caso del metal Cd, el Río Tiétar presenta una mayor carga que en el Río Tajo, con concentraciones medias de 37,5 $\mu\text{g/L}$ y 34,57 $\mu\text{g/L}$ respectivamente; el metal plomo en el Río Tajo tuvo una concentración promedio de 2,01 $\mu\text{g/L}$, y en el Río Tiétar un valor de 1,07 $\mu\text{g/L}$. El autor concluye que los valores obtenidos presentan concentraciones normales y constantes, debido a que estos ríos no están expuestos a zonas mineras, es decir, sus aguas no son fuente receptora de efluentes mineros.

T. Espinoza y L. Espinoza (2005), realizaron un estudio sobre el impacto de la minería en la calidad del agua en la microcuenca del río Artiguas (Chontales, Nicaragua), realizando dos monitoreos en el mes de agosto en 9 puntos de muestreo. La técnica utilizada fue la de espectrometría de masa/plasma acoplado inductivamente (ICP/MS); obteniendo como resultados que el metal Pb presentó una concentración promedio de 51,32 $\mu\text{g/L}$, estando por encima del límite que es de 10 $\mu\text{g/L}$ según lo establecido por la OMS (1994), mientras que los demás metales se encontraron con concentraciones normales, por debajo de lo permitido.

Gallo (2011), realizó una investigación sobre el impacto ambiental de la minera Yanacocha en Cajamarca, evaluando la concentración de los metales pesados Fe, Cu, Zn, Ni, Mn y Pb en las fuentes de aguas superficiales del área de influencia directa de la mina, utilizando el Método EPHA y la técnica de espectrometría por absorción atómica con llama. Obteniendo como resultados que la concentración del metal Cianuro es de 8 ppm (40 veces sobre los niveles normales); el Cromo VI es de 375 ppm (7500 veces sobre los niveles normales); el Hierro es de 5900 ppm (17700 veces sobre los niveles normales); y el Manganeso es de 1750 ppm (3500 sobre los niveles normales).

Mancilla et. al (2012) realizó un estudio de metales pesados en agua para riego en las localidades de Puebla y Veracruz, México. Tomó 91 muestras duplicadas en el periodo comprendido desde noviembre del 2009 hasta marzo del 2010, siendo analizadas con el Método EPA con la técnica de espectrometría de emisión atómica mediante plasma de acoplamiento inductivo con el ICP (Inductively Coupled

Plasma). Los resultados que obtuvo fue que los metales As, Pb, Cd y Hg presentaron concentraciones por encima de 0.05 mg/L, 0.0015 mg/L, 0.01 mg/L y 0.002 mg/L respectivamente, según lo establecido por EPA 1986.

Salas (2014), realizó un estudio para determinar los niveles de concentración de metales pesados de la calidad del agua superficial del Río Ananea (Región Puno, Perú) realizando un muestreo en tres puntos a lo largo del río, durante los meses de marzo, junio y agosto (periodo de estiaje). Se utilizó la metodología de espectrometría de absorción atómica mediante la técnica del ICP (Inductively Coupled Plasma) EPA: 200.8. Revisión 5,4. 1994; obteniendo como resultados valores por encima de los límites máximos permisibles para Arsénico ($F=20204.17$, $P<0.0001$), Cadmio ($F=20.9$, $P=0.008$), Cobre ($F=127.76$, $P<0.001$); Cromo ($F=82.35$, $P=0.001$); Plomo ($F=115.55$, $P<0.001$) y Zinc ($F=56.04$, $P=0.001$). Determinando que 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

Así también, a nivel nacional, se han realizado diversas investigaciones con respecto a la presencia de metales pesados en aguas superficiales de ríos. En la región La Libertad, se realizó un monitoreo en el Río Moche, en donde Huaranga, F., Méndez, E., Quilcat, V. y Huaranga, A. (2012), evaluaron el cambio de la calidad del agua a causa de la variación en la concentración de los metales pesados provenientes de los relaves mineros en el periodo comprendido entre 1980 y 2010. Se tomaron tres muestras en 8 estaciones a lo largo de toda la cuenca, en época de avenida (febrero), época de transición (junio) y época de estiaje (noviembre); utilizaron el método de espectrometría de absorción atómica; y encontraron que las concentraciones promedio de los metales Fe (11.618 mg/l), Pb (0.022 mg/l), Cd (0.010 mg/l), Cu (1.190 mg/l), Zn (1.128 mg/l) y As (0.072 mg/l) se encuentran por encima de los ECAs.

Rivera et al. (2010) evaluaron la concentración de metales pesados en los Ríos Chancay y Huara, en donde tomaron 183 muestras del Río Chancay y 242 muestras de río Huaura, las cuales fueron analizadas utilizando el método del plasma

acoplado inductivamente y la técnica de espectrometría de masa (ICP-MS). Los resultados fueron que las concentraciones de metales pesados sobrepasan los límites establecidos para el arsénico, en el Río Chancay (136 mg/kg) y Río Huaura (80 mg/kg).

Ecofluidos Ingenieros S.A. (2012) realizaron un estudio de la calidad del agua de fuentes utilizadas para consumo humano en la microcuenca Santo Tomás en la región Cusco; y en la microcuenca Tambobamba en la región Apurímac. En Cusco se establecieron 7 estaciones de monitoreo; y en Apurímac 5 estaciones de monitoreo. Se utilizó el método EPA 2007, Rev. 4.4. 1994, con la técnica de espectrometría de emisión atómica mediante plasma de acoplamiento inductivo con el ICP (Inductively Coupled Plasma). Los resultados que se obtuvieron es que en todas las estaciones monitoreadas, los metales pesados se encontraron en valores normales, según lo establecido en el Reglamento de la calidad de agua para consumo humano aprobado por D.S. N° 032-2010-S.A.

Álvarez y Amancio (2014) realizaron un estudio en la Cuenca del Río Santa (Región Áncash), en donde lograron determinar que la presencia de metales pesados está asociada a la inadecuada eliminación de residuos sólidos generados por la actividad minera, ubicada en la parte alta de la cuenca. En donde analizaron 11 estaciones tanto en época creciente como vaciante. Para ello utilizaron el método EPA 200.7, Rev. 4.4. (1994), y la técnica de espectrometría de emisión atómica mediante plasma de acoplamiento inductivo con el ICP. Obteniendo como resultados que los metales Pb, Cr y Zn superan los límites máximos permisibles. Concluyendo que, la toxicidad de estos metales pesados en el agua y sedimentos del río Santa representa un serio problema para la flora y fauna ictiológica así como para la salud de las poblaciones que utilizan este río.

Atkins et al. (2005) determinaron que el Río Porcón cumple con los valores establecidos en los estándares de calidad ambiental para aguas de clase 2 (aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional), al analizar 675 muestras en toda la Cuenca Porcón en el periodo comprendido entre julio de 2004 y agosto de 2005, utilizando el Método EPA 200.7. Obteniendo como valores de

concentración promedio que el metal As (0.005 mg/l), Cd (0.005 mg/l), Cu (0.104 mg/l), Mn (0.344 mg/l), Hg (0.0002 mg/l), Pb (0.005 mg/l) cumplen con lo establecido en los estándares de la Ley General de Aguas. Pero en los seis monitoreos que realizó Villanueva (2014), en dos puntos de muestreo: uno en el Río Porcón y uno en el Río Grande en época de estiaje, arrojan resultados en donde el metal Al (9.413 mg/l), Fe (11.52 mg/l), B (5.45 mg/l), Mn (0.425) y Zn (3.33 mg/L) en el Río Porcón, se encuentran por encima de los ECA's permitidos según la normativa peruana. Pero, la actividad minera no es la única que contamina el agua de un río, también puede contaminar la actividad agrícola, por el uso inadecuado y excesivo de productos químicos los cuales liberan metales pesados presentes en su composición. Lo cual concuerda con lo expuesto por Martí, Burba y Cavagnaro (2002) quienes realizaron una investigación para determinar los niveles de metales pesados analizando 44 muestras de los principales productos comercializados por empresas agroquímicas: fertilizantes fosfatados (61%), nitrogenados (32%) y mixtos (7%). La técnica que utilizaron fue la de espectrofotometría de absorción atómica y de llama aire-acetileno, encontrando que todos los fertilizantes ensayados contienen Pb y Cd, y el fertilizante que presentó una mayor concentración de estos metales fueron los fosfatados, con valores en el metal Pb de 10,974 mg/kg y en el Cd de 10,439 mg/kg. Así también, Paz (2007) asegura que la contaminación del agua y del medio ambiente en la Cuenca del Alto Mayo en la región San Martín, se debe principalmente al desarrollo de la actividad agrícola, debido a las prácticas inadecuadas en el uso de productos químicos y en el tratamiento de los residuos agrícolas.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Agricultura Familiar

Para la Comunidad Andina (2011), la agricultura familiar tiene como fuerza prioritaria el trabajo familiar, con un acceso limitado a la tierra y capital financiero, y un uso múltiple de estrategias de supervivencia y generación de ingresos. La FAO (2014) tienen una opinión similar, ya que para ellos la agricultura familiar en América Latina y el Caribe representa el 80% de las explotaciones, incluyendo a más de 60 millones de personas, convirtiéndose en la principal fuente de empleo agrícola y rural.

Para Echarri (2007), los metales pesados presentes en las aguas superficiales provienen de diferentes actividades económicas, siendo una de ellas, la agricultura, ya que en esta se utiliza gran cantidad de productos químicos como fungicidas, pesticidas, fertilizantes, los cuales en su composición contienen metales pesados, que son liberados al ambiente en su utilización. Tiempo atrás Chang et al. 1992 (Citado por Peris, 2006) concluyeron que, en los suelos agrícolas, la entrada de metales se produce, por fertilizantes, plaguicidas, estiércol, los cuales pueden llegar a los seres humanos desde el suelo bien por ingestión directa o a través de la ingestión de plantas y/o animales, y aguas superficiales.

2.2.2. Agricultura en Cajamarca

Según el Censo Agropecuario. 1994 (Citado por Centro Ecuménico de Promoción y Acción Social Norte - CEDEPAS Norte 2010), se identificó en el departamento de Cajamarca 200,183 Unidades Agropecuarias (UA), de las cuales solo 199,622 UA contaban con tierras apropiadas para el cultivo, de éstas, el 84% tienen menos de 10 Has de tierras para el cultivo. Esto muestra una dominante explotación agropecuaria de tipo familiar, es decir, el desarrollo de una pequeña agricultura.

Luego de la aprobación de la Ley N° 27783, Ley de Bases de la Descentralización, se transfirieron al Gobierno Regional Cajamarca competencias y funciones en el sector agrícola, por lo que, a partir del 2003 hasta el año 2010, el gobierno regional

ha emitido 28 Ordenanzas Regionales relacionadas a la pequeña agricultura en la región. Por ejemplo, en la OR N° 007, se declara a la Taya (*Caesalpinia spinosa*) como cultivo prioritario en la región, ya que la región tiene las características suficientes para cultivar esta especie. A pesa de la emisión de diversas políticas regionales aún no se ha asumido con relevancia el tema de la pequeña agricultura o agricultura familiar, por lo que, el desarrollo rural aún no es posible en su totalidad.

En la región Cajamarca la actividad agrícola se divide en producción de autoconsumo y comercial, en la primera podemos encontrar cultivos como el trigo y la cebada, los cuales generalmente los encontramos en las laderas de los cerros y producen una cosecha al año; la papa y el maíz ocupan los mejores suelos, en donde se aplica fertilizantes químicos y abono orgánico; la oca, el olluco, la avena y centeno ocupan una pequeña extensión y generalmente están cubiertos por suelos marginales. Y en la comercial, encontramos cultivos como el arroz, café y la papa.

En la zona norte se cultiva el café, arroz, yuca y cacao; en la zona centro y sur se cultiva la papa, maíz amarillo duro, maíz amiláceo, frijol grano seco y trigo. Así también, hay cultivos con potencial de exportación como el mango, palto y chirimoya, los cuales se desarrollan en la zona sur de la región, en el valle Jequetepeque.

En la zona de estudio se puede encontrar cultivos como maíz, lechuga, frejol, vituca, alverjas, ajíes, siendo la más predominante el cultivo de maíz. Las familias siembran alimentos de pan llevar, el mayor porcentaje es para consumo propio y una poca cantidad para la comercialización en mercados.

2.2.3. Minería

La minería es entendida como el conjunto de actividades que implica el descubrimiento y extracción de minerales que se encuentran por debajo de la superficie de la tierra, estos pueden ser metales como el oro y el cobre. Pero estos metales en el suelo están mezclados con otros elementos, por lo que se utilizan sustancias químicas para lograr su separación y recuperación del metal puro. Estos metales están concentrados en pequeñas áreas, a las que se les llama yacimientos.

Esta actividad como cualquier otra, genera impactos positivos y negativos en todas las etapas de su proceso productivo. Pero en un escenario actual, la minería es vista como productora de daños ambientales irreparables, lo que viene generando problemas socioambientales en las localidades en donde se desarrolla. García (2015) explica que la minería por su naturaleza es financieramente costosa, ambientalmente invasora y socialmente intrusa. Lo que no está muy lejos de la realidad, ya que según Arborvitae, IUCN y WWF (1999), los países que basan su economía en la actividad minera tienden a tener tasas de crecimiento económico más lento que los países no mineros; y señalan a esta actividad como la causante directa de la pérdida y degradación de bosques.

En la década de los 90, ya se veían los problemas de crecimiento económico desigual de los países desarrollados y los países en vías de desarrollo, Arborvitae et al (1999) dan una posible explicación a esto, sustentando que los países productores de los minerales (países subdesarrollados) son los que se llevan toda la carga: pérdida de bosques, costos sociales y contaminación; además de la generación de otros problemas, como la tala y comercio ilegal de madera, lo que haría que el país tenga más problemas de los cuales ocuparse, creando atraso en su crecimiento. Pero a la vez, García (2015), opina que la inversión minera mundial es un generador de empleo, infraestructuras y de creación de riqueza para el país, pero no todos se benefician de igual forma.

Según De la Fuente (2016), entre 1990 y 2011 el precio de los minerales se cuadruplicó, lo que conllevó a que América Latina sea más atractiva y rentable para los inversionistas, lo que se refleja que en el año 2013 el porcentaje de inversión en exploración minera a nivel mundial fue del 27%. Los estados latinoamericanos vieron estas inversiones como uno de los principales medios para generar crecimiento económico en sus países, es así como cada país tuvo un importante crecimiento económico anual a pesar de la crisis económica mundial.

El otro lado de la moneda con respecto a la actividad minera, es la generación de conflictos entre la sociedad y la empresa minera, el Observatorio de Conflictos Mineros de América Latina tiene identificados 210 conflictos provocados por 220 proyectos mineros, afectando a 315 comunidades. Los países con mayores conflictos son México (37), Chile (36) y Perú (36).

2.2.4. Minería en Cajamarca

En la región Cajamarca se desarrolla la minería metálica (oro, plata y cobre) y en menor escala la minería no metálica (carolín, marmolina, etc). En la primera, la empresa Minera Yanacocha SRL explota oro y plata, la empresa Minera Gold Fields La Cima explota oro y cobre, ambas empresas han hecho que el Perú se posicione en el primer productor de oro de Latinoamérica y en el sexto del mundo.

Cajamarca es la primera región que produce oro en todo el país, y la empresa que explota este recurso es la más grande en toda Sudamérica, lo que según la producción anual de metales en el Perú generaría grandes ingresos a la región, lo cual no se ve reflejado en su situación actual, ya que es la segunda región más pobre del Perú, lo que viene generando conflictos entre la sociedad y las empresas mineras.

Actualmente, según el INGEMMET (Citado por Grupo Propuesta Ciudadana, 2014), la región tiene 1.3 millones de hectáreas concesionadas para la actividad minera, lo cual representa un porcentaje del 40.55% del territorio regional. Y según MEM (2016), Cajamarca está dentro de la cartera de proyectos mineros con un 16.2%, es

decir, una inversión de 9,432 millones de dólares. El Proyecto Minero Conga, de la empresa Yanacocha SRL, en el cual se invertirá 4,800 millones de dólares para la explotación de Cu y Au; el Proyecto Shahuindo, con una inversión de 132 millones de dólares para explotar Au. Ambos proyectos cuentan con Estudio de Impacto Ambiental aprobado, y se encuentran en la etapa de construcción. Los proyectos en exploración son: Michiquillay (Proinversión), Galeno (Lumina Copper S.A.C.), La Granja (Rio Tinto Minera Perú Limitada SAC), las cuales suman una inversión de 4,500 millones de dólares.

2.2.5. Minera Yanacocha SRL

Según Minera Yanacocha SRL (2009), la empresa opera en la parte alta de cuatro cuencas que reparten sus aguas a distintas áreas de Cajamarca, las cuales son Quebrada Honda, río Chonta, río Mashcón y río Rejo, en estas cuenta con 13 tajos abiertos, 9 depósitos de desmonte y 4 pilas de lixiviación. Las zonas operativas son: San José, Maqui Maqui, Yanacocha, La Quinoa, Cerro Negro. Wiener y Torres (2014) muestran datos sobre la ocupación territorial de la minera Yanacocha, la cual alcanza 288 047 hectáreas en toda la región Cajamarca, así la presencia de la minera se une con su enorme capacidad económica y al poder político de sus socios (Benavides y Newmont).

Hallman y Olivera (2015) expresan que desde 1993, la minera Yanacocha ha dado un rendimiento de más de 35 millones de onzas de oro, lo que la convierte en la mina más productiva del mundo. Y según datos proporcionados por la empresa minera, la cual afirma que desde que empezaron sus operaciones han aportado 2,750 millones de dólares en ingresos fiscales y derechos. Pero las autoras se cuestionan que en los pueblos más próximos a la mina, la pobreza sigue siendo una lacra sin resolver, y que la animadversión hacia Yanacocha está muy extendida. Por otro lado, Minera Yanacocha SRL (2006) afirma que los programas de desarrollo que ha llevado a cabo han permitido mejorar las condiciones de vida de la población de Cajamarca.

Wiener y Torres (2014) hacen referencia al origen de la palabra Yanacocha, la cual es una expresión quecha que quiere decir *Laguna Negra*, ésta era el nombre de una formación acuífera de una superficie de 3.5 ha ubicada en el corazón del proyecto minero, y que en la actualidad ya no existe. Sin embargo, Minera Yanacocha SRL (2006) asegura cumplir con los estándares nacionales e internacionales, lo cual asegura que todas sus actividades son en marco de los valores establecidos.

Minera Yanacocha SRL (2009) asegura realizar una buena gestión del agua, la cual no solo está orientada al tratamiento del agua que se usa en sus operaciones, sino también al almacenamiento del agua en la época de lluvia para ser utilizada en la época seca o de estiaje. El adecuado tratamiento y descarga de agua de buena calidad se logra mediante tres grandes programas: Programa de control de la erosión y sedimentos, tratamiento del agua, monitoreo permanente de la calidad del agua.

2.2.6. Metales Pesados

Según Adriano 1986 (Citado por Rosas, 2001) el contenido de elementos metálicos en un suelo, depende de la composición de la roca madre originaria y de los procesos erosivos sufridos por los materiales que la conforman. Los metales pesados también pueden tener origen antropogénico e industrial, debido a que la mayoría de industrias utilizan metales pesados en sus procesos productivos, mediante el uso de insumos químicos que en su composición tienen diversos metales pesados.

Según Rosas (2001) existen tres vías principales de entrada de los metales pesados en el medio acuático, vía atmosféricas (sedimentación de partículas emitidas a la atmósfera), vía terrestre (escorrentía superficial de terrenos contaminados y causas naturales), vía directa (vertidos de aguas residuales industriales y urbanos).

Para Salomons, 1995 (Citado por Rosas 2001), las altas concentraciones de metales pesados en las aguas superficiales asociados a sulfuros como As, Cd, Cu, Pb y Zn se pueden atribuir a la minería y son causa del fuerte impacto en el medio

ambiente. Así también, Nelson y Lamothe, 1993 (Citado por Rosas 2001) expresa que los metales no-sulfurosos como el Cr, Ni y Hg posiblemente indican una contaminación antropogénica de metales pesados asociados con las descargas industriales.

2.2.7. Toxicidad de los Metales Pesados

Actividades naturales y antrópicas generan contaminación en el medio ambiente, afectando la calidad de los recursos naturales. En el caso de la contaminación del recurso hídrico son diversas actividades económicas las que generan diversos contaminantes que alteran los parámetros normales de la calidad del agua. Por ejemplo, para Rosas (2001) el grado de toxicidad potencial y la biodisponibilidad que un metal pesado puede presentar en un ambiente, depende de una serie de factores bióticos y abióticos, los que hacen que el metal pesado sea más o menos tóxico en ese ambiente.

Eróstegui (2009), define a los metales pesados como sustancias propias de la naturaleza de peso molecular alto; los cuales tienen efectos negativos en la salud y en el medio ambiente cuando se encuentran en concentraciones altas. Para el autor, cada metal pesado tiene un mecanismo de acción y un lugar de acumulación tanto en la salud como en el ambiente. En la salud; el metal plomo afecta al sistema nervioso llegando a dañar las neuronas del cerebro; y el metal cadmio, afecta al riñón que con el tiempo puede llegar a causar insuficiencia renal. Y en el ambiente; el efecto por las altas concentraciones de metales pesados es silencioso, no se ve, y cuando nos damos cuenta del daño que produce, ya es demasiado tarde. El plomo, en cantidades excesivas puede producir algunas alteraciones en las plantas, también pueden degradar el suelo disminuyendo su productividad, e incluso pueden llegar a producir desertificación.

Son muchos los metales que se pueden encontrar en un cuerpo de agua superficial, pero los que provienen de actividades antrópicas son metales como Cadmio, Plomo, Zinc, Cobre, los cuales tienen un grado de toxicidad diferente. Por ejemplo, Ríos (2008), determina que en las aguas superficiales, el Cadmio se presenta como ion libre y su solubilidad influye en la dureza, el pH, los complejos solubles y los sulfuros coloidales de éstas; en este medio se une a la materia particulada. Así también, Alvites 2008 (Citado por Castro, 2011) expresa que la toxicidad del Cadmio se incrementa en presencia de concentraciones mayores de 100 mg/dm³ de Cu o Zn, el factor de bioacumulación es de 10 en músculos de peces, 130 en bivalvos y 600 en camarones.

Para la OMS 1989 (Citado por Cousillas, 1995), los compuestos de plomo en los peces les originan la formación de una película coagulante y les provoca alteraciones hematológicas. Así también, la toxicidad de aguas contaminadas con Pb para los peces varía considerablemente dependiendo de la disponibilidad y la ingestión del ión de Pb. Existen factores que afectan la disponibilidad del Pb, como son la dureza del agua, pH, salinidad y materia orgánica.

Para Ecofluidos Ingenieros S.A. (2012), el Zinc es un oligoelemento esencial que se encuentra en casi todos los alimentos y en el agua potable en forma de sales o complejos orgánicos. Las concentraciones de zinc en aguas superficiales y subterráneas no suelen sobrepasar la concentración de 0.01 y 0.05 mg/L respectivamente, en el agua de grifo puede haber concentraciones mayores como consecuencia de la disolución del zinc de las tuberías. Y para el Departamento de Salud y Servicios Humanos (2005), la cantidad de Zinc disuelta en el agua puede aumentar a medida que la acidez del agua aumenta.

Según DIGESA (2004) el Aluminio es un metal considerado tóxico debido a que éste puede acumularse en las plantas y causar problemas de salud de animales que consumen esas plantas. Elevadas concentraciones de Aluminio no sólo causan efectos sobre los peces, sino también sobre los pájaros y otros animales que consumen peces contaminados e insectos, y sobre animales que respiran el Aluminio a través del aire. Altas concentraciones de Aluminio se pueden encontrar

en lagos ácidos, aguas superficiales y subterráneas, y suelos ácidos. Hay fuertes indicadores de que el Aluminio puede dañar las raíces de los árboles cuando éstas están localizadas en las aguas subterráneas.

Según DIGESA (2004) el Hierro es un metal que si se presenta con una concentración demasiado alta en el agua, puede causar daño a los peces e incluso la muerte. El hierro se puede presentar en diferentes estados, Fe^{2+} (Hierro Ferroso) y Fe^{3+} (Hierro Férrico). Cuando el Fe^{2+} , entra en contacto con el aire, se oxida a Fe^{3+} . En peces, esta reacción puede generar obstrucción branquial por acumulación de hidróxido de hierro, causando efectos subletales o mortalidad. El tiempo que demore en presentarse esta adherencia de hierro, va a depender del pH del agua y su temperatura.

2.2.8. Marco Normativo

2.2.8.1. Resolución Jefatural N° 202-2010-ANA

La Autoridad Nacional del Agua (2010) emite la Resolución Jefatural N° 202-2010-ANA, con fecha 22 de Marzo del 2010, en donde aprueba la clasificación de cuerpos de agua superficiales y marino-costeros, presentando la lista de clasificación en el Anexo N° 1 de la resolución. En base a esta resolución, ubicamos al Río Porcón y Río Grande en la **Categoría 1-A2**, y la clase a la que pertenecen es la **Clase 2**; ambos ríos pertenecientes a la Cuenca Crisnejas. Según como se muestra en la siguiente Tabla N° 1:

Tabla 1:
Clasificación de cuerpos de agua superficiales

ID Cuerpo de Agua	Cuerpo de Agua	Categoría	Clase	Código de Cuenca	Cuenca a la que pertenece el recurso
49898-1*	Río Grande – en Mashcón	Categoría 1 – A2	Clase 2	49898	Crisnejas
49898 – 4*	Río Porcón	Categoría 1 – A2	Clase 2	49898	Crisnejas

Fuente: Anexo N° 1 de la Resolución Jefatural N° 202-2010-ANA

2.2.8.2. Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales

Este Protocolo fue aprobado mediante Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA, con fecha 11 de Enero del 2016, por la Autoridad Nacional del Agua. El objetivo de este documento según la Autoridad Nacional del Agua (2016) es el de estandarizar los criterios y procedimientos técnicos para desarrollar el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos, continentales y marino-costeros.

En el Capítulo 6 del protocolo se describe la metodología a utilizar para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales; en donde se considera la logística mínima necesaria, planificación, ejecución y aseguramiento de la calidad del muestreo.

2.2.8.3. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua

El MINAM (2017), aprueba el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, con la finalidad de compilar las disposiciones aprobadas mediante el Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, el Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM y el Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM, que aprueban los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, quedando sujetos a lo establecido en el presente Decreto Supremo y el Anexo que forma parte integrante del mismo. Esta compilación normativa modifica y elimina algunos valores, parámetros, categorías y subcategorías de los ECA, y mantiene otros, que fueron aprobados por los referidos decretos supremos.

Por lo que, en base a la clasificación establecida en la Resolución Jefatural N° 202-2010-ANA, ambos ríos son de Categoría 1-A2, y según lo estipulado en el D.S. N° 004-2017-MINAM en su **Tabla N° 1: Parámetros y valores consolidados**, esta categoría **Categoría 1-A**, es para Aguas destinadas a la producción de agua potable, y la clasificación según su uso es **A2**, la cual corresponde a Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional. Es decir, son aguas destinadas al abastecimiento de consumo humano, sometidas a un tratamiento convencional, mediante dos o más procesos: coagulación, floculación, decantación, sedimentación, y/o filtración o procesos equivalentes. Ver en Anexo N° 03, Tabla de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua.

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

Agricultura Familiar: Para el Ministerio de Agricultura y Riego (2015) la agricultura familiar incluye todas las actividades agrícolas de base familiar y está relacionada con varios ámbitos del desarrollo rural. La agricultura familiar es una forma de clasificar la producción agrícola, forestal, pesquera, pastoril y acuícola gestionada y operada por una familia y que depende principalmente de la mano de obra familiar, incluyendo tanto a mujeres como a hombres.

Agua: Según el Ministerio de Agricultura y Riego (2009) el agua es un recurso natural renovable, indispensable para la vida, vulnerables y estratégico para el desarrollo sostenible, el mantenimiento de los sistemas y ciclos naturales que la sustentan, y la seguridad de la Nación.

Bioacumulación: Acumulación de determinadas sustancias químicas en tejidos de organismos vivos de manera directa o a través de la cadena alimenticia, alcanzando concentraciones mayores que en el ambiente al que está expuesto. Usualmente se refiere a la acumulación de metales, pero el concepto también aplica a las sustancias orgánicas persistentes, como los compuestos organoclorados (Ministerio del Ambiente 2012).

Biomagnificación: El aumento en la bioacumulación de una sustancia a lo largo de la cadena trófica. Algunos productos químicos tienden a acumularse a lo largo de la cadena trófica presentando concentraciones sucesivamente mayores al ascender en misma (Ministerio del Ambiente 2012).

Concentración: Para Castro (2011) la concentración es la cantidad de soluto presente en una determinada cantidad de disolución.

Concesión minera: Según el Ministerio de Energía y Minas – MEM (1992) la concesión minera otorga a su titular el derecho a la exploración y explotación de los recursos minerales concedidos, que se encuentren dentro de un sólido de profundidad indefinida, limitado por planos verticales correspondientes a los lados

de un cuadrado, rectángulo o poligonal cerrada, cuyos vértices están referidos a coordenadas Universal Transversal Mercator (UTM).

Conductividad: Al determinar la conductividad se evalúa la capacidad del agua para conducir la corriente eléctrica, es una medida indirecta la cantidad de iones en solución (fundamentalmente cloruro, nitrato, sulfato, fosfato, sodio, magnesio y calcio). La Conductividad en los cuerpos de agua dulce se encuentra primariamente determinada por la geología del área a través de la cual fluye el agua (cuenca). (Álvarez y Amancio 2014).

Contaminante: El MINAM (2012) lo define como toda materia o energía que al incorporarse y/o actuar en el medio ambiente degrada o altera su calidad a niveles no adecuados para la salud y el bienestar humano y/o ponen en peligro los ecosistemas.

Contaminación: Según el MINAM (2012) es la acción y estado que resulta de la introducción por el hombre de contaminantes al ambiente por encima de las cantidades y/o concentraciones máximas permitidas tomando en consideración el carácter acumulativo o sinérgico de los contaminantes en el ambiente.

Cuerpo de Agua: Para Bastidas (2007) son todas aquellas que comprenden o integran las aguas de los ríos, lagos, estanques, etc. Estas provienen del agua de las lluvias que caen en una determinada cuenca hidrográfica receptora correspondiente.

ECA: Según el MINAM (2005) el Estándar de Calidad Ambiental – ECA es la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente. Según el parámetro en particular a que se refiera, la concentración o grado podrá ser expresada en máximos, mínimos o rangos.

Efluente: Según el MINAM (2012) la descarga directa de aguas residuales que son descargadas al ambiente, cuya concentración de sustancias contaminantes es medida a través de los Límites Máximos Permisibles (LMP).

Exploración Minera: Para el MEM (1992) es la actividad minera tendiente a demostrar las dimensiones, posición, características, reservas y valores de los yacimientos minerales.

Explotación Minera: Para el MEM (1992) es la actividad de extracción de los minerales contenidos en un yacimiento.

Lixiviación: Para el MEM (1992) es la Operación consistente en hacer pasar un solvente a través de una capa de material pulverizado, para extraer uno o varios constituyentes solubles en la misma.

Metales Pesados: Para Cargua (2010) son un grupo de elementos químicos que presentan una densidad relativamente alta y cierta toxicidad para el ser humano.

Minería: Para el MEM (2006) es toda actividad de reconocimiento, exploración y explotación de productos mineros.

Minería a cielo abierto: Para el MEM (2006) es la extracción minera que se realiza sobre la superficie, por medio de maquinaria para movimiento de tierra.

Parámetro: Según el MINAM (2010) es cualquier elemento, sustancia o propiedad física, química o biológica del efluente líquido de actividades minero -metalúrgicas que define su calidad.

pH: Para Izquierdo (2010) es uno de los factores con mayor influencia sobre la bioadsorción de metales pesados el cual indica el grado de acidez o basicidad de una solución.

Temperatura: Para Álvarez y Amancio (2014), la temperatura es uno de los parámetros físicos más importantes en el agua, pues por lo general influye en el retardo o aceleración de la actividad biológica, la absorción de oxígeno, la

precipitación de compuestos, la formación de depósitos, la desinfección y los procesos de mezcla, floculación, sedimentación y filtración.

Toxicidad: Según el MINAM (2012), la toxicidad es un término utilizado para hacer referencia a la capacidad para causar daño a un organismo vivo así como respecto de cualquier efecto adverso de una sustancia química en un organismo vivo.

Turbidez: Para Álvarez y Amancio (2014), la turbidez se refiere a lo clara o turbia que pueda estar el agua. El agua clara tiene un nivel de turbidez bajo y el agua turbia o lodosa tiene un nivel alto de turbidez. Los niveles altos de turbidez pueden ser causados por partículas suspendidas en el agua tales como tierra, sedimentos, aguas residuales y plancton

Yacimiento: Para el MEM (2006) es toda acumulación de rocas o concentración natural de uno o más minerales.

2.4. HIPÓTESIS

Los niveles de concentración de los metales pesados en la Cuenca Mashcón – Cajamarca, se encuentran por encima de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua – ECA's.

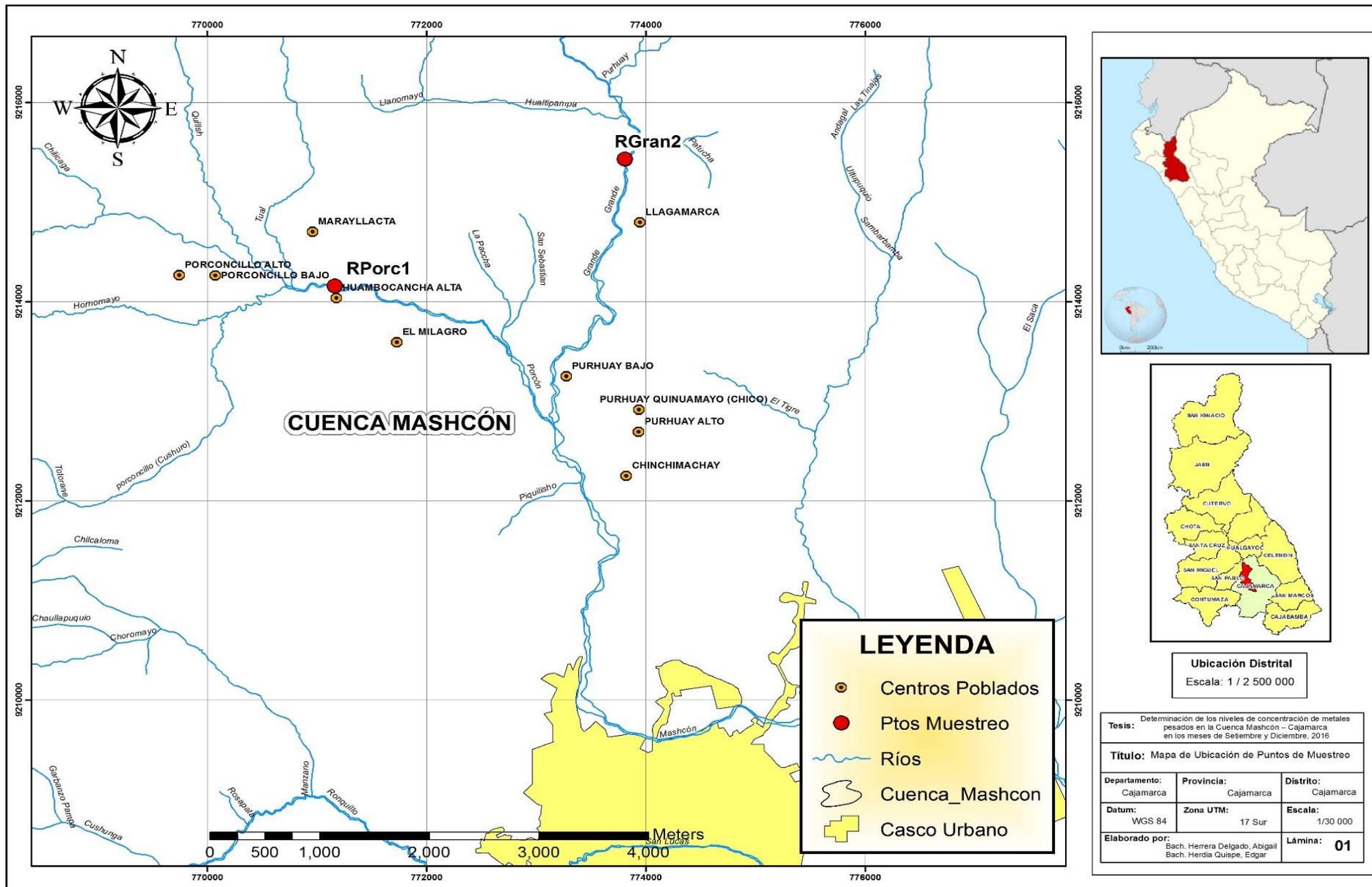
III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. ÁREA DE ESTUDIO

3.1.1. Ubicación del área de estudio

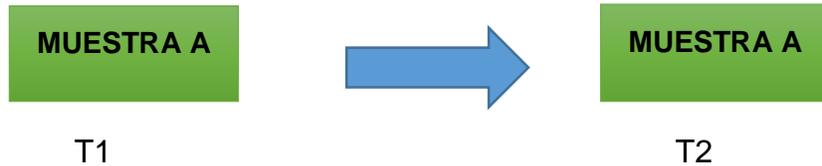
La Cuenca Mashcón está ubicada en el norte del Perú, en la región Cajamarca, Provincia y Distrito de Cajamarca, forma parte de la vertiente del Atlántico. Esta cuenca drena el lado sur del distrito minero de Yanacocha, en donde desarrolla actividades extractivas mineras la empresa Yanacocha S.R.L.

La Cuenca Mashcón la forman dos sub cuencas hidrográficas principales, el Río Porcón y el Río Grande. El Río Porcón nace al pie del Cerro Quilish, en donde una serie de manantiales lo forma, en su nacimiento recibe el nombre de Río Quilish, y luego al alimentarse con las aguas del Río Hornomayo, toma el nombre de Río Porcón. Y el Río Grande nace en el extremo sur de los Cerros Yanacocha, a partir de la confluencia de las quebradas Encajón y Coremayo; ambos ríos convergen al norte de Cajamarca para formar el Río Mashcón.



3.2. TIPO DE ESTUDIO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Según Sánchez y Reyes (1996) el tipo de estudio es descriptivo y el diseño de contrastación de Hipótesis es Longitudinal, ya que se observará el comportamiento de una variable a través del tiempo.



Donde:

- Muestra A: Es el objeto de estudio, es decir, las muestras de agua que fueron tomadas del Río Porcón y Río Grande.
- T1 y T2: Corresponde a las fechas en las que se realizaron los muestreos.

3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA DE ESTUDIO

3.3.1. Población de estudio

Agua del Río Porcón y Río Grande pertenecientes a la Cuenca Mashcón – Cajamarca.

3.3.2. Muestra de estudio

La muestra evaluada fue el agua del Río Porcón y Río Grande por metales pesados.

3.3.3. Puntos de Monitoreo

El primer punto de monitoreo (100 metros aguas arriba de la captación de la Planta de Tratamiento de Agua Potable “El Milagro” – Río Porcón), y el segundo punto de monitoreo (100 metros antes de la EH – SENAMHI - Río Grande), fueron tomados debido a antiguos monitoreos realizados en la Cuenca Mashcón, en donde se obtuvieron como resultados que los metales pesados se encuentran por encima de las Estándares de Calidad Ambiental.

Por lo que, se establecieron dos puntos de muestreo en los dos ríos (Río Grande y Río Porcón) de la cuenca Mashcón, los cuales se muestran en la Tabla N° 2:

**Tabla 2:
Puntos de Monitoreo**

Código	Descripción de puntos	Ubicación Geográfica UTM		Altura m.s.n.m.
		NORTE	ESTE	
RPorc1	100 m. aguas arriba de la captación de la Planta de Tratamiento de Agua Potable “El Milagro”	9214159	771160	2893
RGran2	100 metros antes de la EH – SENAMHI	9214180	771105	2865

Fuente: Elaboración propia.

3.3.4. Muestreo

El tipo de muestreo fue no probabilístico por cuotas, ya que se establecieron dos subgrupos poblacionales, basados en estudios y monitoreos realizados en el Río Porcón y Río Grande; para lograr la determinación de la concentración de metales pesados en ambos ríos. Así también, se establecieron dos tiempos de monitoreo: Época de Estiaje (Setiembre) y Época Creciente (Diciembre), con la finalidad de evaluar la diferencia de concentración de los metales pesados según las características de cada río en ambas épocas.

3.4. MÉTODOS, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.4.1. Parámetros Físicoquímicos

3.4.1.1. Métodos

- **Método del monitoreo de la calidad de los cuerpos naturales de agua superficial**

Se siguió la metodología establecida en el “Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales”, aprobado mediante Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA, de fecha 11 de Enero del 2016.

Los parámetros físicoquímicos fueron medidos en campo, basándose en lo dispuesto por la ANA (2016), los parámetros se midieron de acuerdo a la categoría del recurso hídrico según la R.J. N° 202-2010-ANA y el D.S. N.° 015-2015-MINAM.

Siguiendo lo establecido en el protocolo, se realizaron las siguientes acciones:

- **Reconocimiento del entorno y ubicación de puntos de monitoreo**

Se realizó un reconocimiento y descripción de las características del entorno del cuerpo natural de agua superficial y de los puntos de monitoreo, en donde se utilizó los instrumentos que permitieron registrar toda la información obtenida, como: GPS, fichas, cámara fotográfica. Este reconocimiento se puede apreciar en el Anexo 04.

- **Acciones preliminares a la medición de parámetros**

Calibración de equipo

Se preparó el equipo a utilizar, el cual fue un Multiparámetro. El equipo se calibró con agua destilada en el Laboratorio Regional de Agua – Cajamarca, a fin de obtener la confiabilidad de los datos requeridos. Ver Anexo 05.

- **Medición de parámetros en campo y registro de información**

Para aguas superficiales, según ANA (2016) las mediciones de los parámetros se debe realizar lo más alejado de la orilla y de preferencia en el centro del cauce, así como también se debe evitar las áreas de turbulencia excesiva, y debe realizarse en dirección opuesta al flujo del agua.

Teniendo estas consideraciones en cuenta, se procedió a la medición de los parámetros utilizando el multiparámetro. Cuidadosamente se colocó el equipo en el punto de medición, y se esperó a que éste se normalice para tomar la lectura. Los datos proporcionados por el multiparámetro fueron anotados en la cadena de custodia.

Para la medición del segundo punto de monitoreo, se limpió los electrodos del equipo con agua destilada, para garantizar la confiabilidad de los datos requeridos. Y se procedió de igual manera. Ver Anexo 05.

3.4.1.2. Instrumentos

Equipos:

- Multiparámetro
- GPS

Materiales:

- Cámara Fotográfica
- Guantes
- Guardapolvo
- Sujetapapeles
- Agua destilada
- Cadena de Custodia
- Material cartográfico
- Plumón Indeleble
- Papel Bond

3.4.2. Parámetros Inorgánicos

3.4.2.1. Métodos

- **Método EPA 200.7 – Revisión 4.4.**

Este método es utilizado para determinar los metales y algunos elementos no metálicos en solución. Es una consolidación de los métodos existentes para agua, aguas residuales y residuos sólidos.

Se realizó la toma de muestras puntuales, las cuales representan la composición del cuerpo natural del agua superficial original para un lugar, tiempo y circunstancia en la que fue recolectada la muestra. El objetivo del muestreo fue tomar una muestra representativa del cuerpo de agua, con un volumen apropiado, para analizar los parámetros establecidos en el monitoreo.

Tabla 3:

Requisitos para toma de muestras de agua y su manipulación

Parámetro	Material de envase	Volumen mínimo (ml)	Preservación	Tiempo de almacenamiento
Metales Pesados	P, V	500	Adicionar 25 gotas de HNO ₃ y refrigerar a T° de 0 a 12°C.	3 meses

Fuente: Método EPA 200.7 – Revisión 4.4.

Antes de realizar la toma de la muestra, se realizaron las siguientes acciones previas:

- **Preparación de los materiales**

En un cooler se colocaron dos frascos, guantes, reactivo de preservación química (HNO_3), ice pack, y la cadena de custodia para el llenado de los registros. Ver Anexo 06.

Luego, se procedió a ir a los puntos de monitoreo y tomar las muestras de agua, realizando las siguientes acciones:

a) En Campo

El personal se colocó los guantes de látex, luego se abrió el frasco que contendrá la muestra y se enjuagó tres veces, y se ubicó en el punto de monitoreo, el cual fue una zona sin turbulencia y en medio del cauce. Se sumergió el frasco en dirección opuesta al flujo de agua y se dejó aproximadamente el 1% de la capacidad del envase, para permitir la adición del preservante y la homogenización de la muestra.

Luego se procedió a adicionar el preservante (Ácido Nítrico) a la muestra de agua, se le agregó 25 gotas exactas, ya que esa es la cantidad estipulada para metales pesados según este método. Se cerró el frasco y se procedió con el etiquetado, colocando de forma clara y legible: ubicación del punto de monitoreo, fecha y hora de la toma de muestra, y los parámetros que a analizar. Posteriormente, los frascos se colocaron en un cooler con refrigerante (ice pack) de tal manera que se asegure su llegada al laboratorio en condiciones de conservación.

Finalmente, se llenó la cadena de custodia indicando la procedencia de la muestra, cantidad de muestras, fecha y hora de muestreo, tipo de muestra, tipo de matriz, número y tipo de recipientes, parámetros a analizar, parámetros medidos en campo. Ver Anexo 9.

3.4.2.2. Técnicas

b.1) Técnica de Espectrometría de masas con plasma de acoplamiento inductivo

Este método según la Agencia de Protección Ambiental (1994), se desarrolla con un equipo de absorción atómica el cual realiza las siguientes etapas: El sistema general de introducción de muestras consta de dos partes: un nebulizador y una cámara de spray. El nebulizador genera un aerosol a partir de la muestra empleando para ello un flujo de gas que dispersa el líquido en pequeñas gotas. Posteriormente, el aerosol entra a la cámara de spray cuya función es permitir que solo las gotas de tamaño adecuado pasen a la zona del plasma, descartando las gotas de mayor tamaño que podrían crear problemas analíticos si llegasen a la antorcha.

El plasma es generado pasando argón a través de la antorcha, la cual es una serie de tres tubos concéntricos usualmente de cuarzo y que se encuentra envuelta en un extremo por una bobina de radiofrecuencias. Luego, el plasma pasa por una interfase que permite el acoplamiento entre ésta y el discriminador de masas. Esta interfase consiste en que el flujo de iones pase a través de una serie de cámaras con presiones cada vez menores, lo cual se logra interponiendo entre el plasma y la primera cámara (cámara de expansión) un cono con un agujero muy pequeño, así se logra disminuir la entrada de argón y se posibilita el establecimiento de cierto nivel de vacío. El sistema de vacío se encarga de remover las moléculas de gas presentes dentro del espacio que existe entre la interface y el detector del equipo.

Luego, los iones son transportados al dispositivo de separación de masas, en donde el espectrómetro de masas separa los iones monocargados de cada isótopo de acuerdo a su masa.

3.4.2.3. Instrumentos

Material Biológico:

- Agua

Equipos:

- GPS
- Equipo de Absorción Atómica (ICP-MS)

Materiales:

- Cámara Fotográfica
- Guantes
- Guardapolvo
- Sujetapapeles
- Cadena de Custodia
- Material cartográfico
- Plumón Indeleble
- Papel Bond

Reactivos:

- Ácido Nítrico (HNO_3)

3.5. PROCESAMIENTO DE DATOS Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para el análisis e interpretación de los resultados obtenidos en el Laboratorio Regional del Agua – Cajamarca, se han elaborado tablas, las cuales contienen el código del punto de muestreo, ubicación, coordenadas, parámetros, época de monitoreo, resultados y los ECAs.

En estas tablas se utilizó el Método del Semáforo, el cual consistió en identificar a los parámetros que se encontraron dentro de los ECAs (Color Verde), al límite de los ECAs (Color Amarillo), y fuera de los ECAs (Color Rojo), de la siguiente manera:

	Dentro de los parámetros establecidos.
	En el límite de los parámetros establecidos.
	Fuera de los parámetros establecidos.

Leyenda de los colores establecidos en las Fichas y Cuadros

Se utilizó fichas para cada punto de muestreo, y se colocó los colores según los resultados obtenidos.

IV. RESULTADOS

Los valores de las concentraciones de los metales pesados (Al, Cd, Fe, P y Zn) han sido obtenidos del análisis de las muestras de agua de los puntos de monitoreo en el Río Porcón y Río Grande, por el Laboratorio Regional del Agua – Cajamarca.

Se realizaron dos muestreos según las fechas establecidas anteriormente: una fue el 16 de setiembre y la otra el 16 de diciembre del 2016.

✓ **Fecha y hora de muestreo:**

- **16/09/2016**

Río Porcón: 11:40 a.m.

Río Grande: 01:00 p.m.

- **16/12/2016**

Río Grande: 11:40 a.m.

Río Porcón: 01:00 p.m.

✓ **Tipo de muestreo:** Puntual

✓ **Número de muestras:** 02 muestras

✓ **Matriz de agua:** Natural

✓ **Descripción:** Superficial

✓ **Localización de la muestra:**

RPorc1 - 100 m. aguas arriba estación SENAMHI.

RGran2 - 100 m. aguas arriba de la estación SENAMHI.

Los resultados obtenidos del análisis de las muestras de agua del **Río Porcón**, analizadas en el Laboratorio Regional del Agua – Cajamarca, se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 4:

Concentración de metales pesados en el Río Porcón

Punto de Monitoreo			Parámetros	Época de Monitoreo	Resultados	ECA – CLASE 1 – A2	Método del Semáforo			
Código	Ubicación	Coordenadas de Ubicación (UTM-WGS84)								
RPorc1	100 m. aguas arriba de la captación de la Planta de Tratamiento de agua potable “El Milagro”	9214159 N 771160 E	Al	Estiaje (Setiembre)	0.615 mg/L	5 mg/L				
				Creciente (Diciembre)	0.086 mg/L					
			Cd	Estiaje (Setiembre)	<LCM	0.005 mg/L				
				Creciente (Diciembre)	<LCM					
			Fe	Estiaje (Setiembre)	1.021 mg/L	1 mg/L				

				Creciente (Diciembre)	1.680 mg/L				
			Pb	Estiaje (Setiembre)	0.004 mg/L	0.05 mg/L			
				Creciente (Diciembre)	<LCM				
			Zn	Estiaje (Setiembre)	0.06 mg/L	5 mg/L			
				Creciente (Diciembre)	0.027 mg/L				

FUENTE: Elaboración Propia.

En base a la Tabla N° 4 se describe los resultados de los parámetros analizados en el Río Porcón:

- El parámetro Aluminio (Al) se encuentra dentro de los ECAs, con una concentración de 0.615 mg/L en Época de Estiaje (Setiembre); y en Época Creciente (Diciembre) se ubicó por debajo del ECA con una concentración de 0.086 mg/L. Normalmente, la concentración de aluminio en aguas naturales suele ser muy baja, en este caso la concentración de aluminio en el agua superficial presenta valores normales, no representando ningún problema para el ecosistema.
- El parámetro Cadmio (Cd) se encuentra en concentraciones muy bajas, con valores menores a la concentración del analito del laboratorio (<LCM) en ambos monitoreos, tanto en Época de Estiaje (Setiembre) como en Época Creciente (Diciembre). Por lo que, al estar por debajo de los ECAs no representan ningún tipo de problema ambiental.
- El parámetro Fierro (Fe) se encuentra en concentraciones altas, con valores por encima de los ECAs en ambos monitoreos. En Época de Estiaje (Setiembre) el valor obtenido fue de 1.021 mg/L; y en Época Creciente (Diciembre) fue de 1.680 mg/L. Aunque no es posible determinar las causas del incremento del parámetro Fierro en el agua superficial del río Porcón, es muy probable que se deba a la disolución de rocas y minerales contenidos en el suelo, o a lixiviados de actividades agrícolas o industriales que se desarrollan en la parte alta y riberas del río.
- El parámetro Plomo (Pb) se encuentra en concentraciones bajas, con valores por debajo de los ECAs. En Época de Estiaje (Setiembre) el valor obtenido fue de 0.004 mg/L; y en Época Creciente (Diciembre) con valores menores a la concentración del analito del laboratorio (<LCM). Al estar por debajo de los ECAs no representa ningún tipo de problema ambiental.

- El parámetro Zinc (Zn) se encuentra en concentraciones bajas, con valores por debajo de los ECAs. En Época de Estiaje (Setiembre) el valor obtenido fue de 0.06 mg/L; y en Época Creciente (Diciembre) el valor fue de 0.027 mg/L. Por lo que, al estar por debajo de los ECAs no representa ningún tipo de problema ambiental.

Los resultados obtenidos del análisis de las muestras de agua del **Río Grande**, analizadas en el Laboratorio Regional del Agua – Cajamarca, se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 5:

Concentración de metales pesados en el Río Grande

Punto de Monitoreo			Parámetros	Época de Monitoreo	Resultados	ECA – CLASE 1 – A2	Método del Semáforo		
Código	Ubicación	Coordenadas de Ubicación (UTM-WGS84)							
RGran2	100 m. antes de la Estación Hidrológica SENAMHI	9214180 N 771105 E	Al	Estiaje (Setiembre)	0.045 mg/L	5 mg/L			
				Creciente (Diciembre)	0.038 mg/L				
			Cd	Estiaje (Setiembre)	<LCM	0.005 mg/L			
				Creciente (Diciembre)	<LCM				
			Fe	Estiaje (Setiembre)	0.107 mg/L	1 mg/L			

				Creciente (Diciembre)	0.365 mg/L			
			Pb	Estiaje (Setiembre)	<LCM	0.05 mg/L		
				Creciente (Diciembre)	<LCM			
			Zn	Estiaje (Setiembre)	0.067 mg/L	5 mg/L		
				Creciente (Diciembre)	<LCM			

FUENTE: Elaboración Propia.

En base a la Tabla N° 5 se describe los resultados de los parámetros analizados en el Río Grande:

- El parámetro Aluminio (Al) se encuentra por debajo de los ECAs. En Época de Estiaje (Setiembre) el valor obtenido fue de 0.046 mg/L, y en Época Creciente (Diciembre), el valor fue de 0.038 mg/L; encontrándose ambos valores por debajo de los ECAs. Normalmente, la concentración de aluminio en aguas naturales suele ser muy baja, en este caso se podría decir que los valores de aluminio en el agua superficial presentan valores normales que no representan ningún tipo de riesgo.
- El parámetro Cadmio (Cd) se encuentra en concentraciones muy bajas, con valores menores a la concentración del analito del laboratorio (<LCM) en ambos monitoreos, tanto en Época de Estiaje (Setiembre) como en Época Creciente (Diciembre). Por lo que, al estar por debajo de los ECAs no representan ningún tipo de problema ambiental.
- El parámetro Fierro (Fe) se encuentra en concentraciones bajas, con valores por debajo de los ECAs. En Época de Estiaje (Setiembre) el valor obtenido fue de 0.107 mg/L; y en Época Creciente (Diciembre) fue de 3.65 mg/L.
- El parámetro Plomo (Pb) se encuentra en concentraciones bajas, con valores por debajo de los ECAs. Los valores obtenidos en ambos monitoreos son menores a la concentración del analito del laboratorio (<LCM), tanto en Época de Estiaje (Setiembre) como en Época Creciente (Diciembre). Y al estar por debajo de los ECAs no representan ningún tipo de problema ni riesgo.

- El parámetro Zinc (Zn) se encuentra en concentraciones bajas, con valores por debajo de los ECAs. En Época de Estiaje (Setiembre) el valor obtenido fue de 0.067 mg/L; y en Época Creciente (Diciembre) el valor obtenido fue menor a la concentración del analito del laboratorio (<LCM). Por lo que, al estar por debajo de los ECAs no representan ningún tipo de problema ambiental.

V. DISCUSIÓN

La discusión de los resultados se ha realizado en base a los objetivos planteados, los cuales están orientados a la determinación de la concentración de metales pesados en la Cuenca Mashcón – Cajamarca en el Río Porcón y Río Grande en base a los ECAs para agua, tanto en Época de Estiaje (Setiembre) como en Época Creciente (Diciembre), en donde los metales pesados evaluados fueron: el Aluminio, Cadmio, Fierro, Plomo y Zinc.

En el Río Grande el metal pesado Pb en Época de Estiaje y Época Creciente se mantuvo en los parámetros establecidos de 0.05 mg/L; lo cual difiere con Contreras et al. (2003) donde monitorearon el Río Haina y encontraron Pb en sus niveles de 51.91 mg/Kg. Esta diferencia posiblemente dependa de las distintas zonas de toma de muestra (aguas superficiales y sedimentos).

En el Río Porcón el metal Zinc en Época de Estiaje tuvo una concentración de 0.06 mg/L; y en época creciente fue de 0.027 mg/L. Estos resultados difieren con el estudio realizado por Gómez et al., 2004, en el agua superficial del Río San Pedro (Sonora, México) en donde la concentración dio como resultado que el Zn se encuentra por encima de lo permitido según los Criterios Ecológicos de Calidad de Agua, con una concentración de 11,19 mg/L. Esta diferencia posiblemente se deba a que las técnicas usadas y las época de monitoreo fueron distintas; la primera fue en los meses de setiembre y diciembre; y la segunda, en los meses de febrero, abril, mayo, agosto y noviembre. La elevada concentración del metal Zn en el Río San Pedro el autor lo explica debido a que la ubicación de los puntos de monitoreo estuvieron cerca al área de explotación minera de la empresa Buena Vista del Cobre; en cambio, la ubicación de los puntos de monitoreo en la presente investigación fue en zonas cercanas a la planta de tratamiento de agua potable El Milagro, es decir, en zonas alejadas del área de influencia directa e indirecta de la explotación minera de la empresa Yanacocha S.A.

Atkins et al., 2005, quienes obtuvieron como valor de concentración del metal Cd en el Río Porcón, 0.005 mg/l. Lo cual concuerda con los resultados de esta investigación, en donde en el Río Porcón en ambas épocas de monitoreo (Época de Estiaje y Época Creciente) estuvieron por debajo a la concentración del analito del laboratorio ($<LCM - 0.002 \text{ mg/L}$). Esta similitud posiblemente depende a que en ambos estudios se trabajaron en la misma área de estudio, y con el mismo método y técnica de estudio.

Gallo (2011), realizó en las fuentes de aguas superficiales del área de influencia directa de la mina, utilizó el Método EPHA y la técnica de espectrometría por absorción atómica con llama. Obteniendo como resultados que la concentración del metal Hierro es de 5900 ppm (17700 veces sobre los niveles normales). Al igual que en esta investigación, en donde los resultados obtenidos para el metal Fe en el Río Porcón fueron de 1.021 mg/L y 1.680 mg/L. Ambos resultados se encuentran por encima de los ECAs para agua, pero la diferencia entre ambos resultados, es abismal. Esto puede deberse a que los puntos de muestreo fueron distintos.

En los seis monitoreos realizados por Villanueva (2014), en dos puntos de muestreo: uno en el Río Porcón y uno en el Río Grande en época de estiaje; arrojan resultados en donde el metal Fe (11.52 mg/l), se encuentra por encima de los ECA's permitidos. Lo cual concuerda con los resultados obtenidos en esta investigación, en donde el Río Porcón en época de estiaje (setiembre) presenta valores de 1.021 mg/L de Fe; y en época creciente el metal Fe presenta una concentración mayor a la primera, con un valor de 1.68 mg/L; estando este metal con concentraciones mayores a lo permitido en los ECAs para agua. Ambos estudios se realizaron en los mismos puntos de monitoreo: en el Río Grande a 100 metros de la EH – SENAMHI, y en el Río Porcón a 100 m. aguas arriba de la captación de la PTAP “El Milagro”. También utilizaron el método EPA 200.7 Revisión 4.4., y la técnica de Espectrometría de masas con plasma de acoplamiento inductivo; lo cual podría explicar el que el metal Fe siga presentando valores por encima de los ECAs.

VI. CONCLUSIONES

Después de la discusión de los resultados obtenidos y en base a los objetivos planteados se concluye lo siguiente:

Se determinó los niveles de concentración de metales pesados Al, Cd, Fe, Pb y Zn en la Cuenca Mashcón – Cajamarca en base a los ECAs para agua, en el área de estudio que comprende el Río Porcón y Río Grande, en Época de Estiaje (Setiembre) y en Época Creciente (Diciembre) del año 2016. Obteniendo los siguientes resultados:

- En el Río Porcón, en Época de Estiaje el parámetro Aluminio (Al) tuvo una concentración de 0.615 mg/L, y en Época Creciente una concentración de 0.086 mg/L. El parámetro Cadmio (Cd) en Época de Estiaje y en Época Creciente tuvieron un resultado menor a la concentración del analito del laboratorio (<LCM). El parámetro Fierro (Fe) en Época de Estiaje tuvo una concentración de 1.021 mg/L; y en Época Creciente una concentración de 1.680 mg/L. El parámetro Plomo (Pb) en Época de Estiaje tuvo una concentración de 0.004 mg/L; y en Época Creciente un valor menor a la concentración del analito del laboratorio (<LCM). El parámetro Zinc (Zn) en Época de Estiaje tuvo una concentración de 0.06 mg/L; y en Época Creciente una concentración de 0.027 mg/L. Por lo tanto, el único metal que se encontró por encima de los ECAs en ambas épocas de monitoreo, fue el Fe.

- En el Río Grande, en Época de Estiaje el parámetro Aluminio (Al) tuvo una concentración de 0.045 mg/L; y en Época Creciente una concentración de 0.038 mg/L. El parámetro Cadmio (Cd) en Época de Estiaje y en Época Creciente tuvieron un resultado menor a la concentración del analito del laboratorio (<LCM). El parámetro Fierro (Fe) en Época de Estiaje tuvo una concentración de 0.107 mg/L; y en Época Creciente una concentración de 3.65 mg/L. El parámetro Plomo (Pb) en Época de Estiaje y en Época Creciente tuvieron un resultado menor a la concentración del analito del laboratorio (<LCM). El parámetro Zinc (Zn) en Época de Estiaje tuvo una concentración de 0.067 mg/L; y en Época de Estiaje un valor menor a la concentración del analito del laboratorio (<LCM). Por lo tanto, todos los metales evaluados en ambas épocas se encontraron en concentraciones normales, estando por debajo de los ECAs para agua.

VII. RECOMENDACIONES

- ✓ Realizar monitoreos de la calidad del agua evaluando parámetros físicos, químicos y microbiológicos, para poder determinar si el agua que consumen los Centros Poblados de Huambocancha Alta y Baja cumple con la normatividad ambiental vigente de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua.

- ✓ Realizar los monitoreos en el Río Porcón y Río Grande en agua superficial y sedimentos.

- ✓ Realizar tratamientos para disminuir la concentración del metal Fe en el Río Porcón.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez, J., Amancio, F. (2014). *Bioacumulación de metales pesados en peces y análisis de agua del Río Santa y Laguna Chinancocha - Llanganuco periodo*. (Tesis de ingeniería ambiental). Universidad Nacional “Santiago Antúnez de Mayolo”. Huaraz – Ancash, Perú.
- Arborvitae et al (1999). *Los bosques y sus minerales*. Costa Rica: UICN y WWF.
- Alvites, S. (2008). *Evaluación de la contaminación debido a la presencia de metales pesados: arsénico, cadmio, cromo, mercurio y plomo en las aguas del Río Huaura y plan de manejo ambiental*. (Tesis de Maestro en Ecología y Gestión Ambiental). Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. Perú - Huacho.
- Atkins, D., Calderón, C., Montoya, E., Morales, E. (2005), *Evaluación de la Calidad del Agua en Cajamarca, Perú* (Informe anual de monitoreo N° 01). Cajamarca – Perú.
- Autoridad Nacional del Agua (ANA, 2009). *Ley de Recursos Hídricos. Ley N° 29338*. Lima – Perú.
- Autoridad Nacional del Agua. (ANA, 2016), *Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Superficiales*. Lima, Perú.
- Azamar, A. y Ponce, J. (2014). *Extractivismo y desarrollo: Los recursos mineros Mexico*. Revista Latinoamericana de economía, vol. (45), p179 – p182.
- Baca, E., Avila, G. (2014), *Concesiones Mineras en el Perú Análisis y Propuestas de Política*. (Informe de grupo propuesta ciudadano) Lima- Perú.
- Castro, W. (2011). *Influencia del vertido del efluente líquido de la compañía minera Aurex S.A. en el ecosistema acuático del Río San Juan*. (Título de ingeniería ambiental). Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. Perú.

- Contreras, J., Mendoza, C y Gómez, A. (2004). *Determinación de metales pesados en aguas y sedimentos del Río Haina*. Revista de Ciencia y Sociedad, vol. (29), p38 - p71.
- Delgado, J. (2012). *Estudio de la Contaminación por Metales Pesados en la Cuenca Baja del Rio Guadiana*. (Tesis de doctorado). Universidad de Huelva. España.
- De la Fuente, D. (2016). *Extractivismo en América Latina: el despojo de los derechos*. (Informe N° 23). América Latina.
- Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA, 2004). *Grupo de Estudio Técnico Ambiental - Agua*. Lima –Perú.
- Ecofluidos Ingenieros S.A. (2012). *Estudio de la calidad de fuentes utilizadas para consumo humano y plan de mitigación por contaminación por uso doméstico y agroquímicos en Apurímac y Cusco*. (Informe final de estudio de calidad de efluentes). Apurímac y Cusco – Perú.
- Escobar; J. (2002). *División de recursos naturales e infraestructura. La contaminación de los Ríos y sus Efectos en las Áreas Costeras y el Mar*. (Informe N° 50). Santiago de Chile: CEPAL.
- Echarri, L. (2007). *Población, Ecología y Ambiente: Contaminación por metales pesados en aguas superficiales*. (Informe N° 2). España.
- Eróstegui, C. (2009). *Contaminación por metales pesados*. Revista Científica Ciencia Médica, vol. (12), p45 - p46.
- Espinoza, T., Espinoza. L.S. (2005). *Impacto de la minería en la calidad del agua en la microcuenca del río Artiguas*. (Tesis de ingeniería en calidad ambiental). Universidad centroamericana – UCA. Managua – Nicaragua.
- Flores, L. (2009). *Análisis Estadístico o Descriptivo*. Conceptos básicos. Universidad Inca Garcilaso de la Vega. Lima, Perú.
- Gallo, I. (2011). *Estudio de impacto en la minera Yanacocha oeste*. (Informe final de investigación 2009 al 31 de marzo de 2011). Callao – Lima.

- García, J. (2002). *Estado actual de la contaminación por metales pesados y pesticidas organoclorados en el Parque Nacional de Monfragüe*. Edita Universidad de Extremadura servicios de publicaciones. Cáceres - España.
- García (2015). *La Minería en el Mundo: un Negocio Global*. Vicepresidente de desarrollo de negocios. La minería por su naturaleza es financieramente costosa, ambientalmente invasora y socialmente intrusa (párr. 1)
- Gómez, A., Villalba, A., Acosta, G., Castañeda, M. y Kamp, D. (2004). *Metales pesados en el agua superficial del Río San Pedro durante 1997 y 1999*. Revista Internacional Contaminación Ambiental, vol. (20), p5 - p12.
- Gómez, E. y Carrillo, N. (2008). *El paradigma de la educación ambiental y los conflictos sociales en minería*. Revista del Instituto de Investigaciones FIGMMG, vol. (11), P82 - P88.
- Gómez, R. (1995). *Diagnóstico Sobre la Contaminación Ambiental en la Amazonia Peruana*. (Documento técnico N° 15). Iquitos – Perú.
- Guadalupe, E., Romero, A., Cabrera, C., De la Cruz, E., Tumialán, P., Campoblanco, H., Blas, W., Cantorin, M., Campian, M. y Zevallos, C. (2006). *El patrimonio minero metalúrgico del Tinyahuarco*. Revista del Instituto de Investigaciones, vol. (9), p23 - p31.
- Huaranga, F., Méndez, E., Quilcat, V. y Huaranga, A. (2012). *Contaminación por metales pesados en la Cuenca del Río Moche, 1980 – 2010, La Libertad – Perú*. Revista de Ciencias Agropecuarias, vol. (3) p235 – p247.
- Mancilla, O., Ortega, H., Ramírez, C., Uscanga, E., Ramos, R. y Reyes, A. (2012). *Metales pesados totales y arsénico en el agua para riego de Puebla y Veracruz, México*. Revista Int. Contam. Ambie, vol. (28) p39-p48.
- Marrugo, J. (2011). *Evaluación de la contaminación por metales pesados en la Ciénaga la Soledad y Bahía de Cispatá, Cuenca del Bajo Sinú*. (Tesis de maestría). Universidad de Córdoba. España.

- Martí, L., Burba, J. y Cavagnaro, M. (2002). *Metales Pesados en Fertilizantes Fosfatados, Nitrogenados y Mixtos*. Revista FCA UNCUYO. Tomo XXXIV, p43 – p47.
- Mendoza, R. (2006). *Explotación de recursos en la cordillera Huayhuash - Perú: la minería y el turismo*. Revista de Investigaciones Sociales, vol. (4), p93 - p126.
- Ministerio del Ambiente (MINAM, 2017). *Aprueba los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua y establecen disposiciones complementarias para su aplicación*. Lima - Perú: El peruano.
- Ministerio del Ambiente (MINAM 2012). *Glosario de Términos para la Gestión Ambiental Peruana* (pp 50, 61, 68, 115). Lima- Perú: El peruano.
- Minera Yanacocha S.R.L. (2014). *Reporte de sostenibilidad*. (Informe preliminar N°5 materia económica, social y medioambiental). Cajamarca – Perú.
- Ministerio de Energía y Minas. (MEM, 2006). *Glosario de Términos Mineros*. (P1-9). Recuperado de http://www.mem.gob.gt/wp-content/uploads/2012/05/4_Glosario_Minero_2006.pdf
- Nava, C., Méndez, M. (2011). *Efectos neurotóxicos de metales pesados (cadmio, plomo, arsénico y talio)*. Revista Arch Neurocién México, vol. (16) p140. México.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (FAO, 1990). *Lucha Contra la Contaminación Agrícola de los Recursos Hídricos*. Naciones unidas.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (FAO, 2014). *Agricultura Familiar en América Latina y el Caribe*. Santiago de Chile.
- Paz, A. (2007). *Reporte del proyecto “Pago por Servicios Ambientales en las microcuencas Rumiyacu - Mishquiyacu, Almendra y las Subcuencas Avisado y Yuracyacu”*. San Martín, Perú: OAI.

- Pérez, R. y Aguilar, A. (2012), *Agricultura y contaminación del agua*. Revista problemas del desarrollo, vol. (45) p199 – p201.
- Peris, M. (2006). *Estudio de metales pesados en suelos bajo cultivos hortícolas de la Provincia de Castellón*. España: UNIVERSITAT DE VALENCIA servei de publicacions.
- Planeamiento Estratégico del Ministerio de Agricultura y Riego (PESEM- MINAGRI ,2015). *Acrónimos y Glosarios de Términos*. Recuperado de <http://minagri.gob.pe/portal/download/pdf/pnapes/glosario141015.pdf>
- Quintana, R. (2014). *Actores sociales rurales y la nación mexicana frente a los megaproyectos mineros*. Revista problemas del desarrollo, vol. (45) p159 – p180.
- Rivera, H., Chira, J., Chacón, I., Medina, A. y Casallo, I. (2011). *Geodisponibilidad de metales pesados en sedimentos de los Ríos Supe y Pativilca, departamento de Lima*. Revista del Instituto de Investigación (RIIGEO), FIGMMG-UNMSM, vol. (14) p29 - p36.
- Rivera, H., Chira, J., Chacón, I., Campian, M., Cotrina, J. y Rosales, A. (2010). *Geodisponibilidad de Metales Pesados en Sedimentos de los Ríos Chancay y Huaura, departamento de Lima*. Revista de del Instituto de Investigaciones de la Facultad de Geología, Minas, Metalurgia y Ciencias Geográfica, vol. (13) p28.
- Rosas, H. (2015). *Estudio de la contaminación por metales pesados en la cuenca del Llobregat*. (Título doctoral). Universidad Politècnica de Catalunya. Barcelona – España.
- Salas, F. (2014). *Determinación de metales pesados en las aguas del Río Ananea debido a la actividad minera aurífera, Puno-Perú*. Revista de Investigación de la Escuela de Posgrado-Universidad Nacional del Altiplano Puno-Perú, vol. (5) p47 – p53.

- Sánchez, H y Reyes, C (2002). *Metodología y diseño en la investigación científica*. (pp15 - 16). Lima - Perú: Editorial de la Universidad Ricardo Palma.
- Valverde, P., Galarza, B. (2012). *Caracterización geoquímica e isotópica del agua superficial y subterránea en el área de influencia del Río Siete y de las actividades mineras en el distrito minero de Ponce Enríquez*, (Título de Ingeniero Químico). Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil-Ecuador.
- Villanueva, M. (2014). *Análisis e Interpretación de los resultados del Laboratorio de los Monitoreos de Calidad del Agua para consumo humano en la ciudad de Cajamarca y aguas superficiales del Río Porcón*". (Informe N°0028 - 2014). Cajamarca – Perú.
- Wiener, R., Torres, J. (2014). *La Gran Minería: ¿paga los impuestos que debería pagar? El caso Yanacocha*. Cajamarca – Perú: Hildebrand en sus trece.

IX. ANEXOS

ANEXO 01:

Tabla 6:

Parámetros físicoquímicos medidos en campo

Punto de Monitoreo			Parámetro	Resultados	Equipo de Medición
Código	Ubicación	Coordenadas de Ubicación (UTM-WGS84)			
RPorc1	100 m. aguas arriba de la captación de la Planta de Tratamiento de agua potable “El Milagro”	9214159 N 771160 E	pH	6.97	Multiparámetro
				7.46	
			Temperatura	17.95 °C	
				14 °C	
			Conductividad	309 uS/cm	
				412 uS/cm	
			Oxígeno Disuelto	7.13 mg/L	
				7.60 mg/L	
RGran2	100 m. antes de la Estación Hidrológica SENAMHI	9214180 N 771105 E	pH	4.74	Multiparámetro
				7.32	
			Temperatura	17.05 °C	
				12.30 °C	
			Conductividad	167 uS/cm	
				264 uS/cm	
			Oxígeno Disuelto	15.46 mg/L	
				7.60 mg/L	

Fuente: Elaboración Propia.

ANEXO 02:**Fichas del Método del Semáforo****ÉPOCA DE ESTIAJE (SETIEMBRE)**

FICHA N° 01 – RPorc1				
CÓDIGO	MATRIZ	UBICACIÓN	ESTE	NORTE
RPorc1	Natural	Río Porcón a 100 metros de la EH - SENAMHI	771160	9214159
FECHA: 16/09/2016		HORA: 11:40:00 a.m.		
N°	Parámetros	UNIDAD	ECA 1 – A2	RESULTADO
1	Aluminio (Al)	mg/L	5	0.615
2	Cadmio (Cd)	mg/L	0.005	<LCM
3	Hierro (Fe)	mg/L	1	1.021
4	Plomo (Pb)	mg/L	0.05	0.004
5	Zinc (Zn)	mg/L	5	0.06

FICHA N° 02 – RGran2

FICHA N° 02 – RGran2				
CÓDIGO	MATRIZ	UBICACIÓN	ESTE	NORTE
RGran2	Natural	Río Grande a 100 metros de la EH - SENAMHI	771105	9214180
FECHA: 16/09/2016		HORA: 11:40:00 a.m.		
N°	Parámetros	UNIDAD	ECA 1 – A2	RESULTADO
1	Aluminio (Al)	mg/L	5	0.045
2	Cadmio (Cd)	mg/L	0.005	<LCM
3	Hierro (Fe)	mg/L	1	0.107
4	Plomo (Pb)	mg/L	0.05	<LCM
5	Zinc (Zn)	mg/L	5	0.067

ÉPOCA CRECIENTE (DICIEMBRE)

FICHA N° 03 – RPorc1				
CÓDIGO	MATRIZ	UBICACIÓN	ESTE	NORTE
RPorc1	Natural	Río Porcón a 100 metros de la EH - SENAMHI	771160	9214159
FECHA: 16/09/2016		HORA: 11:40:00 a.m.		
N°	Parámetros	UNIDAD	ECA 1 – A2	RESULTADO
1	Aluminio (Al)	mg/L	5	0.086
2	Cadmio (Cd)	mg/L	0.005	<LCM
3	Hierro (Fe)	mg/L	1	1.68
4	Plomo (Pb)	mg/L	0.05	<LCM
5	Zinc (Zn)	mg/L	5	0.027

FICHA N° 04 – RGran2

FICHA N° 04 – RGran2					
CÓDIGO		MATRIZ	UBICACIÓN	ESTE	NORTE
RGran2		Natural	Río Grande a 100 metros de la EH - SENAMHI	771105	9214180
FECHA: 16/09/2016			HORA: 11:40:00 a.m.		
N°	Parámetros	UNIDAD	ECA 1 – A2	RESULTADO	
1	Aluminio (Al)	mg/L	5	0.038	
2	Cadmio (Cd)	mg/L	0.005	<LCM	
3	Hierro (Fe)	mg/L	1	0.365	
4	Plomo (Pb)	mg/L	0.05	<LCM	
5	Zinc (Zn)	mg/L	5	<LCM	

ANEXO 03:

D.S. N° 004-2017, Modifican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua y establecen disposiciones complementarias para su aplicación.

Tabla 7:

Parámetros y Valores Consolidados. CATEGORÍA 1 – A.

PARÁMETRO	UND	Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable		
		A1: Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	A2: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	A3: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
INORGÁNICOS				
Aluminio	mg/L	0,9	5	5
Cadmio	mg/L	0,003	0,005	0,01
Hierro	mg/L	0,3	1	5
Plomo	mg/L	0,01	0,05	0,05
Zinc	mg/L	3	5	5

ANEXO 04:

Reconocimiento del entorno y ubicación de puntos de monitoreo.



Foto N° 1: Reconocimiento del entorno en el Río Porcón.



Foto N° 2: Reconocimiento del entorno en el Río Grande



Foto N° 3: Ubicación de puntos de muestreo en el GPS



Foto N° 4: Ubicación de puntos de muestreo.

ANEXO 05:
Medición de parámetros fisicoquímicos



Foto N° 5: Calibración de Equipo Multiparámetro



Foto N° 6: Medición de parámetros fisicoquímicos.

ANEXO 06:
Primer Monitoreo en Época de Estiaje (Setiembre)



Foto N° 07: Preparación de materiales.



Foto N° 08: Toma de muestra de agua en recipiente de plástico de 500 ml.



Foto N° 09: Adición de 25 gotas de preservante (HNO_3 – Ácido Nítrico)



Foto N° 10: Sellado y rotulado de muestras

ANEXO 07:
Segundo Monitoreo en Época Creciente



Foto N° 11: Toma de muestra de agua en recipiente de plástico de 500 ml



Foto N° 12: Adición de 25 gotas de preservante (HNO_3 – Ácido Nítrico)



Foto N° 13: Sellado y rotulado de muestra

ANEXO 08:

Análisis de Muestras en equipo de Absorción atómica (ICP –MS) en el Laboratorio Regional del Agua - Cajamarca

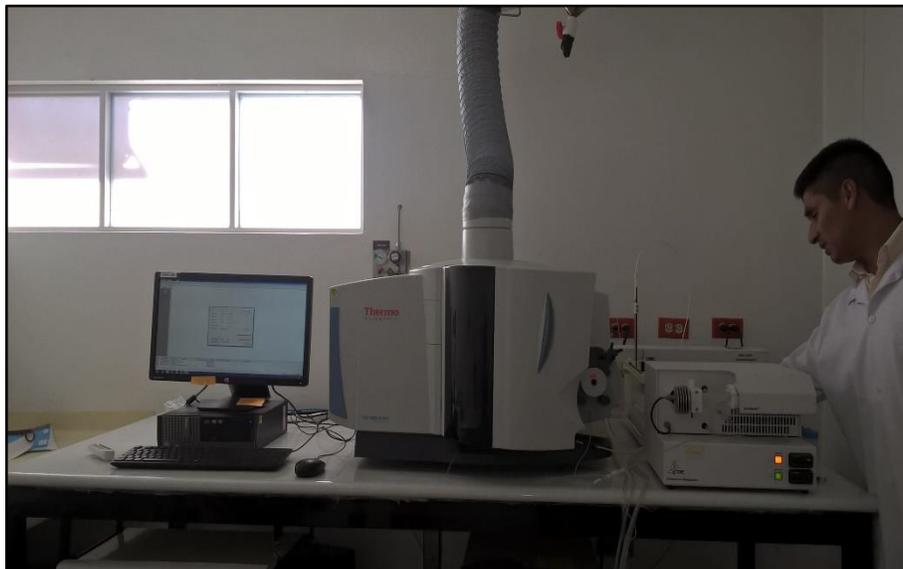


Foto N° 14: Preparación de Equipo ICP – MS



Foto N° 15: Incorporación de muestras al equipo ICP – MS para su análisis



Foto N° 16: Selección de parámetros a analizar en el equipo ICP – MS



CADENA DE CUSTODIA

RT2.5.8.01

FECHA DE EMISIÓN: 16/09/2016

Nº DE REVISIÓN: 05

PÁGINA: 1 de 2



La manera de tomar la muestra puede ser de dos formas:
A= Automático (Equipos automuestreadores)
Ma= Manual (Realizado por una persona)

Tipo de muestra
S= Simple (Una toma en un punto)
C= Compuesta (Varias tomas en el mismo punto)
I= Integrada (Varias tomas en distintos puntos)

Tipo Recipiente en el que se tomara la muestra
V= Vidrio: 250, 500 y 1000mL.
P= Plástico: 500/1000mL.
B= Bolsa

Tipo Preservante necesario para conservar la muestra según su ensayo	
1= HNO ₃ (Para llevar hasta:	6= Acetato de Zn (C ₂ H ₃ O ₂ Zn) precipitación
2= H ₂ SO ₄ (Para llevar hasta:	7= Buffer tampon: NH ₄ SO ₄ + NH ₄ OH
3= NaOH (Para llevar hasta: pH ≥ 12)	
4= Na ₂ S ₂ O ₄ (Para remover el cloro)	
5= EDTA (Agente quelante)	
8= Conservar: 0-6°C	

MATRIZ DE AGUA
AN: AGUAS NATURALES
S= Superficial
Sb= Subterránea
AR: AGUA RESIDUAL
D= Domestica
I= Industrial
M= Municipal
AUCH: USO Y CONSUMO HUMANO
B= Bebida
P= Piscina

Prámetros	Parametros que pueden ir Juntos	Volumen minimo	Preservante o conservante
Turbidez	A	500mL	T°C ≤6
Aniones	A		
pH	A	500mL	T°C ≤6
Conductividad	A		
Acidez	A		
Alcalinidad	A		
Metales Totales (preservar)	B	500mL	25 gtas de HNO ₃ ó H ₂ SO ₄ prop 1:1
Dureza	B		
Mercurio	B		
Metales Disueltos (Filtrar y preservar)	C	500mL	5ml NaOH 1M
Cianuro Total , Cianuro Wad y Cianuro Libre	D		
DBO5	E	1000mL	T°C ≤6
DQO	F	500mL	20 gtas de H ₂ SO ₄ prop 1:1
N-amoniaco o Amoniaco	F		
Solidos disueltos, Suspendidos, Totales	G	1000mL	T°C ≤6
Solidos Sedimentable	G	1000mL	T°C ≤6
Oxigeno disuelto	H	300mL	R1= MnSO ₄ R2= IK-azida.Na
Sulfuros	I	500mL	20 gta. C ₂ H ₃ O ₂ Zn + 10 gta NaOH 6N 5ml Buffer + 5ml NaOH 5N
Cromo hexavalente	J	500mL	40 gtas de H ₂ SO ₄ prop 1:1
Aceites y Grasas	K	1000mL	T°C ≤6
Coliformes Totales	L	500mL	T°C ≤6
Coliformes Termotolerantes	L	500mL	T°C ≤6
Bacterias Heterotrófas	L	500mL	T°C ≤6
Escherichia coli	L	500mL	T°C ≤6

RECOMENDACIONES PARA LA TOMA DE MUESTRAS DE AGUAS

- Toma de Muestras para Análisis Microbiológicos**
- Utilizar guantes descartables antes de recolectar la muestra.
 - Conserve la botella de muestreo cerrada hasta el momento del muestreo.
 - Retire la envoltura de aluminio o papel kraf, evitando contaminar la tapa y el cuello de la botella.
 - Cuando la muestra es colectada dejar un espacio de al menos 2,5 cm para facilitar la mezcla por agitación antes del análisis.
 - Llene el recipiente sin enjuagar y tape inmediatamente el recipiente y coloque nuevamente la envoltura asegurándolo alrededor del cuello de la botella.

- Toma de Muestras para Análisis Químicos.**
- Colocarse los guantes descartables antes del inicio de la toma de muestra y desecharlo luego de culminado el muestreo en cada punto.
 - En todo momento evitar tomar la muestra cogiendo el frasco por la boca.
 - Enjuagar los frascos con el agua a ser recolectada de dos a tres veces con la finalidad de eliminar posibles sustancias existentes en su interior.
 - Después de preservar las muestras y tapan, homogenizar el contenido.
 - Para el caso de muestras para análisis de metales disueltos, primero filtrar con membrana de 0.45um diametro y luego preservar.
 - Para el caso de la toma de muestras de sulfuros, primer enjuagar el recipiente y luego agregar los preservantes antes de tomar la muestra con la menor aireación posible y llenarla al tope.
 - Conservar las muestras a temperatura ≤6°C.

Considerar la cantidad de preservante para AGUAS RESIDUALES tal como se describe:

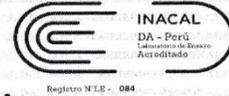
- 3ml (60 gotas) HNO₃ 1:1, para los ensayos de metales totales y disueltos.
- 2.5ml (50 gotas) H₂SO₄ 1:1, para ensayos de Dureza, DQO y N- NH₃ o NH₄.

ANEXO 10: Resultados Obtenidos del Laboratorio Regional de Agua – Cajamarca.

ANEXO 10.1: Resultados en Época de Estiaje (Setiembre).



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084

INFORME DE ENSAYO N° IE 0916407

Razón Social /Usuario: **ABIGAIL HERRERA DELGADO**
Dirección: **Jr. Miguel Iglesias N°829**
Ciudad: **Cajamarca**
Atención: **--**

Presente:

Anexo al presente me permito remitir a usted el Informe con resultados de Ensayos realizados a la(s) muestra(s) de agua(s).

De acuerdo con la cadena de custodia N° CC. 407 -16, se recepcionan las muestras en las instalaciones de nuestro laboratorio el día 16 de Setiembre de 2016, para la determinación de parámetros Físicoquímicos.

El informe contiene la descripción de fecha/hora y punto de recepción de muestras, Métodos de ensayo, resultados de laboratorio y observaciones generales.

Sin otro particular de momento, nos es grato reiterarle un cordial saludo.

Atentamente

GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA
LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

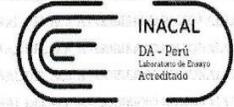
Bigo. Juan V. Diaz Saenz
RESPONSABLE
CBP 7395

Cajamarca, 23 de Setiembre de 2016.

La válidez de los resultados es aplicable sólo a las muestras analizadas



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE-084

INFORME DE ENSAYO N° IE 0916407

DATOS DEL CLIENTE/USUARIO

Razon Social/Usuario **ABIGAIL HERRERA DELGADO**
N° RUC/DNI **70493339**
Dirección **Jr. Miguel Iglesias N°829**
Persona de contacto **--**
Ciudad/Provincia/Distrito **Cajamarca**

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha y Hora del Muestreo **16.09.16** Hora: **11:40**
Tipo de Muestreo **Puntual**
Número de Muestra **02 Muestras** N° Frascos x muestra **01**
Ensayos solicitados **Fisicoquímicos**
Breve descripción del estado de la muestra **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen y preservación.**
Responsable de la toma de muestra **Las muestras fueron tomadas por el personal usuario.**

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato **SC - 415** Cadena de Custodia **CC - 407 - 16**
N° Orden de Trabajo **0916407**
Fecha y Hora de Recepción **16.09.16** **14:00** Inicio de Ensayo **16.09.16** **15:00**
Fecha Término de Ensayo **23.09.16** **12:00** Reporte Resultado **23.09.16** **15:30**

Condiciones Ambientales de Trabajo

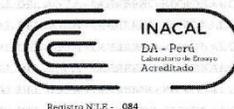
Temperatura ambiental (°C) **22** Humedad Relativa (%) **53**
Presión atmosférica (mmHg) **554**



Cajamarca, 23 de Setiembre de 2016.



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084

INFORME DE ENSAYO N° IE 0916407

ENSAYOS			FISICOQUÍMICOS					
Código Cliente	Río Porcón	Río Grande	-	-	-	-	-	
Código Laboratorio	0916407-01	0916407-02	-	-	-	-	-	
Matriz de Agua	NATURAL	NATURAL	-	-	-	-	-	
Descripción	Superficial	Superficial	-	-	-	-	-	
Localización de la Muestra	Estación Senamhi 100 mts. Arriba	Estación Senamhi 100 mts. Arriba	-	-	-	-	-	
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Aluminio (Al)	mg/L	0.022	0.615	0.045	-	-	-	
Cadmio (Cd)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM	-	-	-	
Hierro (Fe)	mg/L	0.019	1.021	0.107	-	-	-	
Plomo (Pb)	mg/L	0.003	0.004	<LCM	-	-	-	
Zinc (Zn)	mg/L	0.016	0.060	0.067	-	-	-	

OBSERVACIONES

BFL: Blanco fortificado de Laboratorio, MFL: Matriz fortificada de Laboratorio, RSD: Desviación estandar relativa
LDM: Límite de detección del Método, LCM: Límite de cuantificación de los métodos, ECA: Estandar de calidad ambiental, VE: valor estimado
Los Resultados Químicos <LCM, significa que la concentración del analito es menor al LCM del Laboratorio establecido.
(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA. NA: No aplica ND: No determinado
(*) Los Resultados son referenciales, fueron procesados fuera del tiempo estipulado por el método.

NOTAS FINALES

- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo en este Laboratorio Regional del Agua.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua, su autenticidad será válida sólo si tiene firma y sello original.
- ✓ Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ El Sistema de Gestión de Calidad del Laboratorio Regional del Agua, está ACREDITADO en base a la norma NTP ISO/IEC 17025:2006.
- ✓ La incertidumbre de medición se expresa cuando los resultados están dentro del alcance del método.
- ✓ El tipo de preservante utilizado corresponde al requerido por la normativa vigente para los diferentes parámetros
- ✓ Los resultados del informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que la produce.
- ✓ Los materiales o muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua, durante el tiempo indicado de preservaciones posteriores a la emisión del informe, por lo que toda comprobación o reclamación que, en su caso, deseara efectuar el solicitante, se deberá ejercer en el plazo indicado.

Cajamarca, 23 de Setiembre de 2016.



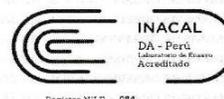
LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA

ANEXO 10.2: Resultados en Época Creciente (Diciembre).



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084**



INFORME DE ENSAYO N° IE 1212603

Razón Social /Usuario: **ABIGAIL HERRERA DELGADO**
Dirección: **Jr. Miguel Iglesias N°829**
Ciudad: **Cajamarca**
Atención: **--**

Presente:

Anexo al presente me permito remitir a usted el Informe con resultados de Ensayos realizados a la(s) muestra(s) de agua(s).

De acuerdo con la cadena de custodia N° CC. 072-17, se recepcionan las muestras en las instalaciones de nuestro laboratorio el día 17 de Diciembre de 2016, para la determinación de parámetros Físicoquímicos.

El informe contiene la descripción de fecha/hora y punto de recepción de muestras, Métodos de ensayo, resultados de laboratorio y observaciones generales.

Sin otro particular de momento, nos es grato reiterarle un cordial saludo.

Atentamente

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA
LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

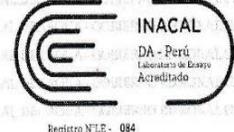
Juan V. Díaz Saenz
Bigo. Juan V. Díaz Saenz
RESPONSABLE
CBP 7298

Cajamarca, 23 de Diciembre de 2016.

La validez de los resultados es aplicable sólo a las muestras analizadas



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084**

INFORME DE ENSAYO N° IE 1212603

DATOS DEL CLIENTE/USUARIO

Razon Social/Usuario **ABIGAIL HERRERA DELGADO**
N° RUC/DNI **70493339**
Dirección **Jr. Miguel Iglesias N°829**
Persona de contacto **--**
Ciudad/Provincia/Distrito **Cajamarca**

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha y Hora del Muestreo **16.12.16** Hora: **11:40**
Tipo de Muestreo **Puntual**
Número de Muestra **02 Muestras** N° Frascos x muestra **01**
Ensayos solicitados **Fisicoquímicos**
Breve descripción del estado de la muestra **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen y preservación.**
Responsable de la toma de muestra **Las muestras fueron tomadas por el personal usuario.**

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

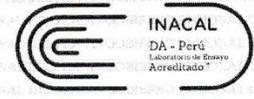
N° Contrato **SC - 089/17** Cadena de Custodia **CC - 072 - 17**
N° Orden de Trabajo **1212603**
Fecha y Hora de Recepción **16.12.16** **14:00** Inicio de Ensayo **20.12.16** **15:00**
Fecha Término de Ensayo **22.12.16** **12:00** Reporte Resultado **23.12.16** **15:30**
Condiciones Ambientales de Trabajo
Temperatura ambiental (°C) **22** Humedad Relativa (%) **53**
Presión atmosférica (mmHg) **554**



Cajamarca, 23 de Diciembre de 2016.



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084

Registro N.º LE- 084

INFORME DE ENSAYO N° IE 1212603

ENSAYOS			FISICOQUÍMICOS				
Código Cliente	E - 1		E - 2	-	-	-	-
Código Laboratorio	0217072-01		0217072-02	-	-	-	-
Matriz de Agua	NATURAL		NATURAL	-	-	-	-
Descripción	Superficial		Superficial	-	-	-	-
Localización de la Muestra	Río Porcón		Río Grande	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados				
Aluminio (Al)	mg/L	0.022	0.086	0.038	-	-	-
Cadmio (Cd)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM	-	-	-
Hierro (Fe)	mg/L	0.019	1.680	0.365	-	-	-
Plomo (Pb)	mg/L	0.003	<LCM	<LCM	-	-	-
Zinc (Zn)	mg/L	0.016	0.027	<LCM	-	-	-

OBSERVACIONES

BFL: Blanco fortificado de Laboratorio, MFL: Matriz fortificada de Laboratorio, RSD: Desviación estandar relativa
LDM: Limite detección del Método, LCM: Limite de cuantificación de los métodos, ECA: Estandar de calidad ambiental, VE: valor estimado
Los Resultados Químicos <LCM, significa que la concentración del analito es menor al LCM del Laboratorio establecido.
(* Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA. NA: No aplica ND: No determinado
(* Los Resultados son referenciales, fueron procesados fuera del tiempo estipulado por el método.

NOTAS FINALES

- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo en este Laboratorio Regional del Agua.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua, su autenticidad será válida sólo si tiene firma y sello original.
- ✓ Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ El Sistema de Gestión de Calidad del Laboratorio Regional del Agua, está ACREDITADO en base a la norma NTP ISO/IEC 17025:2006.
- ✓ La incertidumbre de medición se expresa cuando los resultados están dentro del alcance del método.
- ✓ El tipo de preservante utilizado corresponde al requerido por la normativa vigente para los diferentes parámetros
- ✓ Los resultados del informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que la produce.
- ✓ Los materiales o muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua, durante el tiempo indicado de preservaciones posteriores a la emisión del informe, por lo que toda comprobación o reclamación que, en su caso, deseara efectuar el solicitante, se deberá ejercer en el plazo indicado.



Cajamarca, 23 de Diciembre de 2016.

LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA