



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

**TESIS**

**“DETERMINACIÓN Y EVALUACIÓN DE Hg, Cu, As y Cd EN AGUA  
DE LAS MICROCUENCAS CORDONCILLO Y HUABAYACU  
DENTRO DE LA CONCESIÓN PARA CONSERVACIÓN EL BREO –  
DISTRITO DE HUICUNGO, PROVINCIA DE MARISCAL CACERES,  
REGION SAN MARTIN-2016”**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. HILDEBRANDO RENGIFO VÁSQUEZ**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AMBIENTAL**

**TARAPOTO – SAN MARTIN**

**2016**

**ACTA DE TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL**

En Tarapoto, siendo las 11:00 Hrs. del 24 de Setiembre de 2016, bajo la presidencia del catedrático principal:

**Ing. CARDENAS SOTO, Rolando**

Se inició la Sesión Pública de Sustentación y Evaluación correspondiente, para obtener el Título Profesional de **INGENIERO AMBIENTAL**, bajo la modalidad de Sistema de Tesis (Resolución 5395-2003-R-UAP), en el que:

**RENGIFO VASQUEZ, Hildebrando**

Sustento la Tesis titulada:

**“DETERMINACIÓN Y EVALUACIÓN DE Hg, Cu, As y Cd EN AGUA DE LAS MICROCUENCAS CORDONCILLO Y HUABAYACU DENTRO DE LA CONCESIÓN PARA CONSERVACIÓN EL BREO-DISTRITO DE HUICUNGO, PROVINCIA DE MARISCAL CÁCERES, REGIÓN SAN MARTÍN – 2016”**

Ante el Jurado integrado por los señores catedráticos:

<b>Ing. CÁRDENAS SOTO, Rolando</b>	<b>Presidente</b>
<b>Blgo-Mblgo JAVE CONCEPCIÓN, Henry Giovani</b>	<b>Miembro/Secretario</b>
<b>Ing. VASQUEZ VASQUEZ, Fernando</b>	<b>Miembro</b>

Sustentado el mismo, el graduando obtuvo el siguiente resultado:

---

En fe de lo cual se asentó la presente Acta que firman el Señor Presidente y los demás miembros del Jurado.

.....  
**Blgo-Mblgo. JAVE CONCEPCIÓN, Henry Giovani**  
Miembro/Secretario

.....  
**Ing. VASQUEZ VASQUEZ, Fernando**  
Miembro

.....  
**Ing. CÁRDENAS SOTO, Rolando**  
Presidente

## DEDICATORIA

*A Dios, mis Padres, Docentes Universitarios y Colegas en General por haber permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos y arduo apoyo.*

**Hildebrando Rengifo Vásquez**

## **AGRADECIMIENTO**

A DIOS padre por sobre todas las cosas, por darme la vida, la salud y las fuerzas para seguir adelante por permitirme la oportunidad de realizar mi sueño, estudiar una carrera y realizar una tesis para optar el título de Ingeniero Ambiental.

A mis padres, Bany Vásquez Torrejón e Hildebrando Rengifo Torres, que siempre me han dado su apoyo incondicional y a quienes debo este triunfo profesional, por todo su trabajo y dedicación para darme una formación académica y sobre todo humanista y espiritual. De ellos es este triunfo y para ellos es todo mi agradecimiento.

A la UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS, por enseñarme desde el primer día de clases los conocimientos que me han permitido llegar a ser profesional, para crecer a nivel personal.

A todos mis amigos, amigas y todas aquellas personas que han sido importantes para mí durante todo este tiempo. A todos mis maestros que aportaron a mi formación, cuyas enseñanzas durante mi etapa académica me otorgaron la posibilidad de contar con herramientas trascendentales para mi vida fuera de las aulas, permitieron que vaya siempre en búsqueda de conocimientos nuevos que me enriquezcan como persona y profesional.

## ÍNDICE GENERAL

Páginas

DEDICATORIA .....	III
AGRADECIMIENTO .....	IV
ÍNDICE GENERAL .....	V
LISTA DE CUADROS .....	VII
LISTA DE TABLAS .....	VII
RESUMEN .....	IX
ABSTRACT .....	X
INTRODUCCIÓN .....	XI
<b>CAPÍTULO I: PROBLEMA .....</b>	<b>12</b>
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	12
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	13
1.3. OBJETIVO .....	14
1.4. JUSTIFICACIÓN.....	14
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>16</b>
2.1. ANTECEDENTES .....	16
2.2. BASES TEÓRICAS.....	19
2.3. BASES LEGALES.....	25
2.4. HIPÓTESIS .....	27
2.5. VARIABLES.....	27
2.6: OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES .....	28
<b>CAPITULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>29</b>
3.1. ÁMBITO DE ESTUDIO.....	29
3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	29
3.3. NIVEL DE INVESTIGACIÓN .....	30
3.4. MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN .....	30
3.5. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....	32
3.6. POBLACIÓN Y MUESTRA .....	32
3.7. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....	32
3.8. PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....	32
3.9. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS .....	33
<b>CAPITULO IV: RESULTADOS.....</b>	<b>34</b>
4.1. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS .....	34

4.2. DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	36
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>37</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>38</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>39</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>43</b>

## LISTA DE CUADROS

1. Estándares de Calidad Ambiental .....	25
2. Límites Máximos Permisibles. ....	26

## LISTA DE TABLAS

1. Operacionalización de las variables.....	27
2. Resultados promedio de los parámetros correspondientes a los muestreos de agua en los ríos Huayabamba, Habayacu y Cordoncillo.....	34
3. Resultados correspondientes al primer muestreo de agua en los ríos Huayabamba, Habayacu y Cordoncillo.....	43
4. Resultados correspondientes al segundo muestreo de agua en los ríos Huayabamba, Habayacu y Cordoncillo.....	43
5. Resultados obtenidos en primer muestreo correspondiente a los valores de Mercurio, Cobre, Arsénico y Cadmio.....	49
6. Resultados obtenidos en primer muestreo correspondiente a los valores de pH, Cianuro total y Sólidos Suspendedos Totales.....	50
7. Resultados obtenidos en segundo muestreo correspondiente a los valores de Mercurio, Cobre, Arsénico y Cadmio.....	51
8. Resultados obtenidos en segundo muestreo correspondiente a los valores de pH, Cianuro total y Sólidos Suspendedos Totales.....	52

## LISTA DE FIGURAS

1. Fotografía correspondiente al proceso de muestreo y determinación de Parámetros.....	42
2. Muestras etiquetadas listas para ser remitidas a laboratorio.....	42
3. Mapa de ubicación de los puntos de muestreo y puntos auríferos.....	53

## LISTA DE GRAFICAS

1.	Grafica correspondiente a los valores de caudal (m <sup>3</sup> /s).....	44
2.	Grafica correspondiente a a los valores de temperatura (°C).....	44
3.	Grafica correspondiente a a los valores de pH.....	45
4.	Grafica correspondiente a a los valores de SST (mg/L).....	45
5.	Grafica correspondiente a a los valores de CIANURO TOTAL (mg/L).....	46
6.	Grafica correspondiente a a los valores de Cadmio (mg/L).....	46
7.	Grafica correspondiente a a los valores de Arsénico (mg/L).....	47
8.	Grafica correspondiente a a los valores de Cobre (mg/L).....	47
9.	Grafica correspondiente a a los valores de Cobre (mg/L).....	48

## RESUMEN

El objetivo principal de esta tesis fue la de analizar la presencia de Hg, Cu, As y Cd en agua de las microcuencas Cordoncillo y Huabayacu, Concesión para Conservación El Breo (Anexo 22). Para lograr el desarrollo y producción de la presente, ha sido necesaria la realización de una evaluación, la misma que se llevó a cabo entre los meses de enero y mayo del 2016, con la finalidad de evaluar y confirmar la existencia de la actividad minera de la cual sus efluentes son vertidos a los ríos que atraviesan la concesión, visualizándose de este modo las debilidades y amenazas ambientales con las que cuenta.

De acuerdo a la DIGESA<sup>1</sup> los datos obtenidos en la determinación de metales pesados en los ríos Huayabamba (0.9999908 mg/L), Huabayacu (0.0405555 mg/L), Cordoncillo (0.9938556 mg/L) y Huayabamba (0.0655051 mg/L) existe presencia de cobre, sin embargo las muestras fueron tomadas en época de invierno, y por tanto es posible que los resultados obtenidos varíen debido a que un factor de distribución es el arrastre producido por la misma corriente de los ríos. En los demás elementos analizados Hg, As y Cd, en los cuatro puntos de muestreo, no sobrepasan los ECA, siendo escasos o nulos; probablemente este comportamiento es debido precisamente al arrastre producidos por las corrientes o el caudal.

También presenta una ligera variación de temperatura en las cuatro muestras tomadas *in situ*, los Sólidos Suspendidos Totales –SST varían ligeramente según las muestras obtenidas sobrepasando los ECA s, con excepción del río Cordoncillo (Anexo 8), en cuanto al pH se mantiene en 5.5 en las cuatro muestras tomadas (Anexo 7).

**Palabras clave:** Metales pesados, cuenca, río, agua, antrópicos, minería.

## ABSTRACT

The main objective of this thesis was to analyze the presence of heavy metals in water from Cordoncillo and Huabayacu microwatersheds Conservation Concession The Breo (Appendix 22). To achieve the development and production of this conducting an evaluation thereof was carried out between month January and May 2016, in order to evaluate and confirm the existence of mining activity has been necessary which effluents are discharged into rivers that cross the concession, thus visualizing the weaknesses and environmental threats that account.

According to DIGESA data obtained in the determination of heavy metals in Huayabamba (0.9999908 mg / L), Huabayacu (0.0405555 mg / L), Cordoncillo (0.9938556 mg / L) and Huayabamba (0.0655051 mg / L) rivers are high for copper, however samples were taken in winter time, and therefore it is possible that the results vary because a distribution factor is the drag produced by the same flow of rivers. In the other analyzed elements Hg, As, Cd and CN in the four sampling points, do not exceed the ECA, It is little or no; this behavior is probably precisely because of the drag produced by the currents or the flow rate.

It also has a slight variation of temperature in the four samples taken in situ, Total suspended solids varies slightly -SST samples obtained exceeding the ECA, with the exception of the river Cordoncillo (Appendix 8), as the pH is maintained at 5.5 in the four samples (Appendix 7).

**Keywords:** Heavy metals, basin, river, water, anthropic mining.

## INTRODUCCIÓN

El agua es un elemento fundamental y determinante para la vida en el planeta, incluyendo la humana. La escasez y el uso excesivo del agua dulce plantean una creciente y seria amenaza para el desarrollo sostenible, la protección del medio ambiente y la salud pública.

La contaminación de las aguas en nuestro país es originada por la descarga de sustancias orgánicas e inorgánicas. Como parte de sus procesos productivos, la industria minera vierte en el agua gran cantidad de elementos contaminantes como los metales pesados.

Las microcuencas del Cordoncillo y Huabayacu se localizan al nor-orienté de la región hidrológica, dentro de la Concesión para Conservación El Breo, distrito de Huicungo, provincia de Mariscal Cáceres - región San Martín, territorio que se ubica en las Yungas peruanas, donde se encuentran una gran cantidad de puntos auríferos, por tal motivo se hizo la investigación correspondiente a identificar si dentro de dicha área existe actividad minera, y que se reflejara en los ríos, donde van a terminar los vertidos.

Las aguas provenientes de la Concesión desembocan en el río Huayabamba, principal fuente de abastecimiento de este líquido elemento para las poblaciones asentadas en dicha cuenca, siendo esta usada para los servicios básicos, generando una problemática para su consumo. La presencia de metales pesados en agua puede generar para quien lo consume efectos en el sistema nervioso, dolor de cabeza, anemia, etc.

## CAPÍTULO I: PROBLEMA

### 1.1. Planteamiento del Problema

El crecimiento poblacional y la industrialización son factores que contribuyen al vertido de sustancias contaminantes de forma desmesurada al ambiente, entre ellas tenemos el uso de pesticidas en el área agrícola, aceites y grasas en la industria petroquímica, metales pesados en la fabricación de productos electrónicos, biomédicos, centrales térmicas además de otros como la minería. De estos contaminantes los metales pesados juegan un papel muy importante en los procesos de biomagnificación que aquejan hoy en día a muchas cadenas tróficas, por definición estos metales pesados, no se crean ni destruyen por intervención del hombre, sino más bien que se encuentran constituyendo parte de la corteza terrestre de forma natural, también en sedimentos y en procesos naturales tal es el caso de las erupciones volcánicas. Sin embargo, en la actualidad muchos de los procesos industriales y artesanales sin un control adecuado, generan enormes impactos ambientales debido al proceso mismo o el tratamiento y disposición final de sus residuos.<sup>2</sup>

Recientemente las investigaciones sobre metales pesados en ecosistemas acuáticos han sido de gran interés debido a la preocupación de proteger el medio y a causa del papel que algunos de estos elementos juegan papeles importantes en los seres vivos simulando a metales fisiológicos y produciendo daños irreversibles. Es así, que existe la imperiosa necesidad de profundizar las investigaciones que permitan conocer el origen y destino de estos elementos para así poder determinar y cuantificar los efectos ecotoxicológicos que tienen sobre toda la biota que habita en estos medios (agua)<sup>3</sup>. Los metales pesados han sido identificados como contaminantes de los más peligrosos en ecosistemas acuáticos debido a su persistencia y elevada toxicidad, entre ellos destacan el Sb, Cu, Hg, Se, As, Cr, Pb, Cd, Ni y Zn ya que para la mayoría de los organismos su exposición por encima de una concentración del umbral puede ser potencialmente perjudiciales.<sup>4</sup>

Respecto a los procesos antrópicos, especialmente en los procesos de minería; sus aguas residuales pueden presentar metales pesados como Hg, Cu, As y Cd en algunos casos plomo; en este sentido resulta vital los procesos de evaluación y

monitoreo permanente en aguas que podrían provenir de aprovechamiento en la extracción minera.

Se sabe que la peligrosidad de los metales pesados es mayor al no ser degradables y su poca capacidad para ser transformados de forma natural en menos contaminantes o no contaminantes. Pueden permanecer en el ambiente durante cientos de años. Además, su concentración en los seres vivos aumenta a medida que ascienden en la cadena trófica (Biomagnificación), por lo que la ingesta de plantas o animales contaminados puede provocar serios problemas de intoxicación y en el peor de los casos mutagénesis y la muerte.

La contaminación de los ríos se produce, bien por la presencia de compuestos o elementos que normalmente no estarían sin la intervención del hombre, o por un aumento o descenso de la concentración normal de las sustancias ya existentes debido a la acción antrópica. Es así, dentro de la dirección de conservación de la Concesión para Conservación El Breo-CCEB, se encuentra estipulada el área de investigación. Por tal motivo se formula el proyecto de Determinación y Evaluación de Hg, Cu, As y Cd en aguas de las microcuencas de Cordoncillo y Huabayacu, Concesión para Conservación El Breo, distrito de Huicungo, provincia de Mariscal Cáceres, región San Martín 2016; sabiendo que en la parte alta de las microcuencas dentro de la CCEB y otras aledañas, se encuentran puntos auríferos como se detalla en Zonificación Ecología Económica de la CCEB, explotando y aprovechando los recurso minerales de forma ilegal y produciendo graves problemas de contaminación en los tributarios de los ríos más caudalosos en la parte baja de las mencionadas áreas.

## **1.2. Formulación del Problema de Investigación**

### **1.2.1. Problema Principal**

- ¿Existirá metales pesados como Hg, Cu, As y Cd en el agua de las microcuencas Cordoncillo y Huabayacu dentro de la Concesión para la Conservación el Breo – Distrito de Huicungo?

### **1.2.2. Problema Especifico**

- ¿Cuál será la concentración de Hg, Cu, As y Cd en agua de las microcuencas de Cordoncillo y Huabayacu?
- ¿Qué acciones antropogénicas y otros procesos podrían influir en los valores encontrados de Hg, Cu, As y Cd a evaluarse?
- ¿Cuál será la influencia del caudal en cada una de las microcuencas en estudio con la concentración de Hg, Cu, As y Cd a evaluarse?

### **1.3. Objetivo**

#### **1.3.1. Objetivo General**

Determinar la presencia de Hg, Cu, As y Cd en agua de las microcuencas de Cordoncillo y Huabayacu, Concesión para Conservación El Breo, distrito de Huicungo.

#### **1.3.2. Objetivos Especificos**

- Evaluar las concentraciones de Hg, Cu, As y Cd en agua de las microcuencas de Cordoncillo y Huabayacu.
- Determinar las acciones antropogénicas y otros procesos que podrían influir en los valores de Hg, Cu, As y Cd a evaluar.
- Determinar la influencia de los niveles de caudal en la concentración de Hg, Cu, As y Cd a evaluar.

### **1.4. Justificación**

La sub-cuenca del Huayabamba es el eje central en el que desembocan varios ríos de la provincia de Mariscal Cáceres y tributarios provenientes de la parte alta, que en sus trayectos recoge gran cantidad de vertidos contaminantes, tanto de forma directa como indirecta proveniente de actividades antrópicas como generadas por procesos naturales confluyendo en el río Huayabamba. Los vertidos que se pueden encontrar pueden ser provenientes de la actividad minera ilegal que se desarrolla en la parte alta de los ríos Huabayacu y Cordoncillo. La determinación de la presencia de Hg, Cu, As y Cd en la microcuenca del Huayabamba tiene interés especial para Concesión para

conservación EL BREO (CCEB), Teniendo en cuenta que el agua rio abajo es utilizada para el consumo humano y de animales en su mayoría.

En la actualidad se considera que los monitoreos de cuerpos de agua, son de vital importancia, ya que a partir de ellos se puede acceder a información precisa en la determinación de la calidad de agua de estos recursos hídricos. Así, la contaminación por metales pesados en los sistemas acuáticos continentales, además de ser reservorios metálicos potenciales que pueden generar graves problemas en el ambiente y los organismos que lo aprovechan.

Es así, la determinación y evaluación de Hg, Cu, As y Cd en aguas de la sub-cuenca del Huayabamba, permitirá la elaboración de informes y con visión de futuro sobre el estado del rio e incidir directamente sobre la calidad y la localización de los vertidos en los distintos tramos. Con ello se puede facilitar una mejor identificación y control de dichas afluencias para que los organismos pertinentes puedan tomar medidas preventivas y decisiones de mejora.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes

Entre los principales temas de investigación se citan los siguientes:

**CALLA, H. (2010).** “**Calidad del agua en la cuenca del Río Rímac - Sector de San Mateo, afectado por las actividades mineras**”. La tesis de investigación aborda los efectos que ha presentado la calidad del agua del río Rímac frente al desarrollo de la actividad minera en el distrito de San Mateo de Huanchor ubicado en la provincia de Huarochirí del departamento de Lima.

**TORO, P. S. (2013).** “**Determinación de los metales pesados Cobalto, Mercurio y Plomo en la represa Daule Peripa por medio de Espectrómetro de emisión atómica con fuente de Plasma de argón con Acoplamiento Inductivo**”. Determinar de los metales pesados Cobalto, mercurio y plomo en la represa Daule Peripa por medio de Espectrómetro de emisión atómica con fuente de Plasma de argón con Acoplamiento Inductivo.

Los niveles de trazas encontrados de los diferentes metales que se están estudiando, no son perjudiciales para la salud, ya que según estudios realizados, dependiendo de los niveles de detección de un metal es que se puede determinar si este puede afectar al ser humano y los niveles de los metales analizados en la represa no son altos, algunos de ellos están cerca del límite de detección como en el caso del plomo que según los datos obtenidos en ambos años presenta bajas concentraciones; los niveles de cobalto son valores que se pueden tolerar ya que el cobalto es un metal pesado que solo en elevadas cantidades o en una unión radioactiva es que podría afectar y dañar el organismo esto en cuanto al 2012, en el 2013 los niveles de Cobalto disminuyen, a esto le podemos añadir que el cobalto si bien puede llegar a convertirse en un metal pesado, no es un metal toxico, ya que el ser humano si requiere de la presencia del cobalto a diferencia del plomo y mercurio; este último analito nombrado no presenta ni valores pequeños de trazas que pueden existir ya que estos son infinitesimales esto en cuanto al 2012, en el 2013 se puede notar el incremento de trazas de mercurio, aunque no sean tomadas como perjudiciales para la salud.

**HUARANGA, F. y Col. (2012). “Contaminación por metales pesados en la Cuenca del Río Moche, La Libertad – Perú”.** Se realizaron muestreos de agua en ocho estaciones del río Moche (Trujillo, Perú), y en cuatro sectores de sus márgenes para suelos y cultivos. Los metales pesados más representativos en el agua se presentaron en el Cuenca Alta: hierro (557.500 ppm), plomo (100.375 ppm), cadmio (4.550 ppm), cobre (6.900 ppm), zinc (262.900 ppm) y arsénico (9.000 ppm); mientras que en los suelos las mayores concentraciones se encontraron en la margen derecha de la Cuenca Baja: hierro (83.400 mg/kg); plomo (0.820 mg/kg); cadmio (0.012 mg/kg); cobre (1.240 mg/kg); zinc (0.380 mg/kg) y arsénico (0.016 mg/kg); en relación con la acumulación de metales en los cultivos, el hierro (0.6525 mg/kg) fue el de mayor predominio, siendo la yuca (*Manihot esculentus*) el cultivo donde se presentó. Se concluye que la mayor contaminación a nivel del análisis de agua se presentó en la cuenca alta; mientras que la margen derecha de la cuenca media presentó los mayores niveles de contaminación en las muestras de suelos; así como a nivel de los cultivos, la yuca (*Manihot esculentus*) fue la especie más contaminada.

**JIMENES, D. (2012). “Cuantificación de Metales Pesados (Cadmio, Cromo, Níquel y Plomo) en agua superficial, sedimentos y organismos (*Crassostrea columbiensis*) Ostión de mangle en el puente Portete del Estero Salado (Guayaquil)”.**<sup>5</sup> El presente trabajo fue realizado durante los meses de julio y agosto del 2012 en el área del Puente Portete del Estero Salado de Guayaquil, donde se realizaron cuatro muestreos quincenales, en los cuales se determinaron las concentraciones de metales pesados Cadmio (Cd), Cromo (Cr), Níquel (Ni) y Plomo (Pb), en las matrices agua superficial sedimento y organismo (Ostión: *Crassostrea columbiensis*). Los valores para agua superficial de Cadmio fueron de No detectable a 0.18 ppm, Cromo No detectable, Níquel de No detectable a 0.21 ppm y Plomo No detectable. Las concentraciones de Cadmio en sedimento fueron de 2 a 6.9 ppm, Cromo 4.6 a 38.9 ppm, Níquel entre 21.9 y 129 ppm y Plomo de 13.7 a 54 ppm. Los ostiones presentaron concentraciones de Cadmio de 0.07 a 0.30ppm, en Cromo de 0.13 a 0.29 ppm, Níquel de 0.40 a 1.16 ppm y Plomo entre 0.14 y 1.50 ppm. Todos estos valores analizados en cada una de las matrices (agua superficial, sedimento y organismo-ostión) nos refleja la gran problemática medio ambiental existente en este

ecosistema debido principalmente a las actividades industriales, crecimiento poblacional acelerado, deforestación y el mal manejo de desecho y descargas de uso doméstico e industrial no tratadas, ocasionando así el deterioro de este ecosistema.

La investigación en la calidad del agua ha sido desarrollada en una serie de tiempo de diez años tomando como patrones de análisis a los iones metálicos; los cuales han tenido un análisis comparativo con las normativas legales ambientales tanto nacionales como internaciones tales como los Estándares de la Organización Mundial de la Salud, los Estándares de Canadá para Agua de Irrigación, la Ley General de Aguas y los Estándares Nacionales de Calidad del Agua (ECAS) para la Categoría III aprobados mediante Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, siendo estos últimos el referente legal ambiental decisivo para el análisis de la calidad del agua del año 2008, ya que constituyen los valores óptimos que aseguran la calidad de los recursos hídricos superficiales del país.

Luego de obtener estos resultados se seleccionó la fuente aportante a tratar y se eligió como caso de estudio el efluente final de Compañía Minera San Juan S.A, por ser la empresa minera con mayor trayectoria histórica en la zona y la que tiene mayor capacidad de producción en el distrito de San Mateo; asimismo porque se observó que había un mayor incremento en las concentraciones de los iones metálicos en las aguas del Rímac luego de recibir el vertimiento final de la mencionada empresa, en comparación con otros puntos de muestreo que presentaban concentraciones menores; para lo cual se presentó una propuesta técnica económica basada en la aplicación de la tecnología HDS – Lodos de Alta Densidad para el tratamiento del efluente final de Compañía Minera San Juan por ser la mejor tecnología usada en todo el mundo para el tratamiento de efluentes mineros con contenido de plomo, cadmio, arsénico, manganeso y fierro, y porque presenta un nivel de eficiencia que permite obtener efluentes con las mínimas concentraciones de metales permitiendo que su descarga al cuerpo receptor no ocasione ningún efecto adverso en los componentes del ecosistema, permitiendo así cumplir con los estándares fijados por las actuales exigencias de la normativa ambiental. Con lo cual se tuvo como objetivo reducir las concentraciones de los elementos metálicos en las aguas del río Rímac del distrito de

San Mateo y mejorar el actual sistema de tratamiento de efluentes mineros de Compañía Minera San Juan, poniendo en práctica una tecnología que ofrece los más altos estándares de calidad ambiental; beneficiando así el equilibrio ecológico y la calidad de las aguas del río Rímac. Se observaron mayores niveles de concentración de metales pesados en los meses de verano e invierno.

## 2.2. Bases teóricas

### A. Contaminantes

**Metales pesados (Moreno, M. 2003):** Los metales pesados son componentes naturales de la corteza de la tierra que son cinco veces más pesados en densidad que el agua. Estos metales pesados son encontrados en varias formas no pueden ser destruidos o degradados. De los 35 metales que son expuestos comúnmente, varias agencias han definido 20-25 de estos metales pesados, como tóxicos. Algunos de estos elementos son más tóxicos que otros y pueden ser amenaza para la salud cuando se bioacumulan en los tejidos del cuerpo. Algunos de estos metales pesados incluyen; Arsénico, antimonio, talio, mercurio, plomo y cadmio. Otros elementos en formas de rastro (cantidades apropiadas y grados apropiados), así como zinc, cobre, cromo, cobalto, selenio, hierro, y manganeso son esenciales para nuestro metabolismo celular propio y función normal de nuestro organismo. En cantidades equivocadas aun siendo elementos esenciales no son saludables y pueden causar efectos detrimentales al cuerpo. La toxicidad de los metales pesados es responsable de una amplia gama de diferentes enfermedades basadas en la exposición aguda y crónica y muchas veces puede ser difícil a diagnosticar.

La toxicidad de los metales pesados puede dañar o reducir las funciones de la mente y el sistema nervioso central, niveles bajos de energía, y daño a la composición de la sangre, pulmones, riñones, hígado y otros órganos vitales. Exposición a largo plazo puede resultar en el progreso lento de los procesos físicos, musculares y neurológicos degenerativos que imitan la enfermedad de Alzheimers, la distrofia muscular, la enfermedad de Parkinsons, y la esclerosis múltiple. Las alergias no son infrecuentes y el contacto repetido a largo plazo con algunos metales y sus compuestos pueden aún causar cáncer.

**B. Aguas<sup>6</sup>:** El agua es elemento fundamental, prácticamente fuente de toda vida, constituyendo parte integrante de todos los tejidos animales y vegetales, siendo necesaria como vehículo para el proceso de las funciones orgánicas, pero, además, es indispensable para toda una serie de usos humanos que proporcionan un mayor bienestar, desde la salud y la alimentación, hasta la industria y el esparcimiento. El agua se encuentra en la naturaleza en diversas formas y características, y cada una de ellas tiene su función dentro del gran ecosistema; el planeta Tierra.

### **Aguas oceánicas**

*Océanos:* Los océanos cubren el 71 % de la superficie de la Tierra, desde su formación hace casi 4000 millones de años los océanos contienen la mayor parte del agua líquida de nuestro planeta; siendo el Pacífico el mayor de ellos.

*Mares:* Los términos mar y océano se emplean a menudo como sinónimos para referirse a las extensiones de agua salada; el mar es una masa de agua sustancialmente menor que un océano.

- *Mares cerrados o interiores:* Están limitados por la masa continental, como el mar Muerto o Caspio, y son propios de las zonas endorreicas, caracterizados por la gran evaporación.
- *Mares litorales o costeros:* Son los que están ubicados en los bordes de los océanos.
- *Mares continentales:* Se encuentran cerrados casi completamente teniendo poca comunicación con el océano. Ejemplos de este tipo son el mar Rojo y el mar Mediterráneo.

### **Aguas continentales**

Las aguas continentales son aquellos cuerpos de aguas permanentes que se encuentran en el interior, es decir, que se encuentran en tierra firme alejados de las zonas costeras.

- *Aguas lénticas o estancadas*: Comprenden todas las aguas interiores que no presentan corriente continua. A este grupo pertenecen los lagos, lagunas, charcas, humedales y pantanos. En estos sistemas, según su tamaño, puede haber movimientos de agua: olas y mareas.
- *Aguas lólicas o corrientes*: Incluyen todas las masas de agua que se mueven continuamente en una misma dirección. Existe por consiguiente un movimiento definido y de avance irreversible. Este sistema comprende: los manantiales, barrancos, riachuelos, esteros y ríos.

### **Tipos de agua<sup>7</sup>**

- *Agua potable*: Se denomina agua potable al agua "bebible" en el sentido que puede ser consumida por personas y animales sin riesgo de contraer enfermedades.
- *Agua salada*: es aquella en la que la concentración de sales es relativamente alta (más de 10,000 mg / l).
- *Agua salobre*: Se llama agua salobre al agua que tiene más sal disuelta que el agua dulce, pero menos que el agua de mar.
- *Agua dulce*: Es agua que contiene cantidades mínimas de sales disueltas, está contenida en gran parte de las aguas continentales y subterráneas.
- *Agua dura*: es aquella que posee una dureza superior a 120 mg de carbonato de calcio por litro (CaCO<sub>3</sub>/L).
- *Agua blanda*: es el agua que no es dura, tiene flexibilidad y se le encuentra generalmente en las estepas; siempre es dulce y de diferentes colores, en función de las partículas en suspensión.
- *Aguas negras*: tipo de agua que está contaminada con sustancias fecales y orina, procedentes de desechos orgánicos humanos o animales.
- *Aguas grises*: Son las aguas generadas por los usos domésticos, tales como el lavado de utensilios y de ropa, así como el baño de las personas.

### **Otros tipos de agua (APHA-AWWA-WPCF. 1992)**

- *Agua bruta*: Agua que no ha recibido tratamiento de ningún tipo, o agua que entra en una planta para su posterior tratamiento.

- *Aguas muertas*: Aguas en estado de escasa o nula circulación, generalmente con déficit de oxígeno.
- *Agua fósil*: Agua infiltrada en un acuífero durante una antigua época geológica bajo condiciones climáticas y morfológicas diferentes de las actuales y almacenada desde entonces.
- *Agua primitiva*: Agua proveniente del interior de la tierra, que no ha existido antes en forma de agua atmosférica o superficial.
- *Agua magmática*: Agua impulsada hasta la superficie terrestre desde gran profundidad, por el movimiento ascendente de rocas ígneas intrusivas.

**C. Áreas de conservación<sup>8</sup>:** Es un área protegida determinada al que se le ha otorgado alguna medida de protección legal a fin de mantener o preservar sus valores, ya sean características o formaciones naturales, de patrimonio cultural o la biota. Entre ellas encontramos, en general, reservas naturales, parques (nacional, natural, etc), un proyecto de rehabilitación o rescate de terrenos (por ejemplo, de ex uso industrial).

**D. Los Estándares de Calidad Ambiental (ECA)<sup>9</sup>:** Los ECA son indicadores de calidad ambiental, y miden la concentración de elementos, sustancias u otros en el aire, agua o suelo. Tienen la finalidad de establecer metas que representan el nivel a partir del cual se puede afectar significativamente el ambiente y la salud humana. Por ello, no son de exigencia legal, sino que son usados para el establecimiento de políticas ambientales públicas. En la medida en que son estándares generales, éstos deben ser aplicados a la sociedad en su conjunto. Es decir, no miden las emisiones de alguien en particular, sino que buscan establecer un nivel aceptable de calidad para las emisiones realizadas por todos nosotros.

Su medición se realiza directamente en el aire, agua o suelo (conocidos como cuerpos receptores), dependiendo del caso. Así los ECA indican, por ejemplo, que en el aire sólo puede existir una determinada concentración de partículas por millón (ppm) de CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono), sin importar qué industria, municipio o persona es la que generó la emisión. De encontrarse que las

emisiones totales superan el valor determinado por el ECA, la entidad correspondiente, en este caso el Ministerio del Ambiente, se encargará de investigar y determinar las razones de la excedencia para tomar las medidas correctivas del caso, en coordinación con autoridades y otros actores locales.<sup>7</sup>

**E. Minería ilegal<sup>10</sup>:** La minería ilegal o extracción ilegal de minerales es una actividad económica que consiste en la explotación de minerales metálicos (como el oro), y no metálicos (arcilla, mármoles, entre otros), sin control ni regulación social y ambiental de parte del Estado. Los que la promueven y realizan disponen de medios y formas de organización, que actúan al margen de los mecanismos de control del Estado y evaden de manera sistemática las normas legales pertinentes, Según Antonio Brack, la ilegalidad de esta actividad reside en la falta de estudios de impacto ambiental.

**F. Contaminantes de la minería (Muro, D. 1999):** Los metales no solo son importantes para el uso que hacemos de ellos, sino que también son parte integral de nuestra naturaleza y de otros organismos vivos. Sin embargo, así como hay elementos metálicos que son componentes esenciales para los organismos vivos, las deficiencias y excesos de ellos pueden ser muy perjudiciales para la vida. Algunos metales, como cadmio y el mercurio, metaloides como el antimonio o arsénico, los cuales son muy comunes en pequeñas cantidades en depósitos metálicos son altamente tóxicos, aun en pequeñas cantidades, particularmente en forma soluble, la cual puede ser absorbida por los organismos vivos.

Lo mismo se aplica al plomo, pero afortunadamente este metal es poco reactivo a menos que sea ingerido y la mayoría de los minerales naturales de plomo son muy insolubles en agua subterránea. Mientras que el cianuro mismo no es un problema, ya que se descompone bajo la influencia de los rayos ultravioleta en las capas superficiales.

**G. Efectos del cianuro en el ambiente<sup>11</sup>:** Se trata de un veneno mortal cuando es ingerido en dosis lo suficientemente altas, no causa problemas sanitarios ni

ambientales crónicos en bajas concentraciones”. No obstante, el cianuro tiende a reaccionar efectivamente con muchos otros compuestos y moléculas químicas para formar, al menos, cientos de compuestos distintos. A muchos de estos compuestos resultantes de la descomposición, aunque menos tóxicos que el cianuro original, se les conoce por su toxicidad para los organismos acuáticos y por su persistencia en el ambiente por periodos prolongados.

Además, existe evidencia de que algunas formas de estos compuestos se pueden acumular en el tejido vegetal. Debido a que el cianuro es a base de carbón (un compuesto orgánico), reacciona de forma efectiva con otra materia a base de carbón, incluyendo organismos vivos.

- H. ***Efectos del mercurio en el ambiente (Moran, R. 2000)***: El mercurio es el único metal que presenta biomagnificación; se encuentra de forma natural (meteorización de rocas, desgaseificación de la corteza terrestre), y antropogénica (carbón, incineración de residuos, extracción mineral). En los humanos el metil-mercurio provoca asfixia, convulsiones y muerte, mientras que, en dosis elevada aguda, daña riñón, corazón y aparato digestivo. Mientras que en otros seres vivos presenta bioacumulación en ambientes acuáticos.
- I. ***Efecto de los metales pesados (Mancilla, O.R. y Col. 2012)***: Los metales pesados son consecuencia de su presencia espontánea en la naturaleza o de la actividad humana que incide directamente en los posibles riesgos químicos que su presencia puede generar para la salud humana. Resultan peligrosos por su carácter no biodegradable, la toxicidad que ejercen sobre los diferentes seres vivos y su biodisponibilidad, se encuentran generalmente como componentes naturales de la corteza terrestre, en forma de minerales, sales u otros compuestos, pueden ser absorbidos por las plantas y así incorporarse a las cadenas tróficas; pasar a la atmósfera por volatilización y moverse hacia el agua superficial o subterránea. No son degradados fácilmente de forma natural o biológica ya que no tienen funciones metabólicas específicas para los seres vivos.
- J. ***Solubilización de minerales<sup>12</sup>***: Solubilidad es la cualidad de soluble (que se puede disolver). Se trata de una medida de la capacidad de una cierta sustancia para

disolverse en otra. Los minerales son sustancias inorgánicas sólidas que poseen una composición química definida; debido a esto, los mismos llegan a ser susceptibles a ser disueltos, bien sea por distintos ácidos o simplemente por el agua común.

## 2.3. Bases Legales

### A. Normativa nacional

**Ley General del ambiente**<sup>13</sup>: La presente Ley N° 28611 es la norma ordenadora del marco normativo legal para la gestión ambiental en el Perú. Establece los principios y normas básicas para asegurar el efectivo ejercicio del derecho a un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, así como el cumplimiento del deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como sus componentes, con el objetivo de mejorar la calidad de vida de la población y lograr el desarrollo sostenible del país.

**Ley General de recursos hídricos**<sup>14</sup>: La presente Ley N°29338 regula el uso y gestión de los recursos hídricos. Comprende el agua superficial, subterránea, continental y los bienes asociados a esta. Se extiende al agua marítima y atmosférica en lo que resulte aplicable. Tiene por finalidad regular el uso y gestión integrada del agua, la actuación del Estado y los particulares en dicha gestión, así como en los bienes asociados a esta.

**Reglamento de calidad de agua para consumo humano**<sup>15</sup>: El presente Reglamento (DS N° 031-2010-SA) establece las disposiciones generales con relación a la gestión de la calidad del agua para consumo humano, con la finalidad de garantizar su inocuidad, prevenir los factores de riesgos sanitarios, así como proteger y promover la salud y bienestar de la población.

**Estándares Nacionales de calidad Ambiental para Agua**<sup>16</sup>: Artículo 31° de la Ley General del Ambiente, establece que toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, y el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como sus componentes, asegurando particularmente la salud de las personas en forma individual y colectiva, la conservación de la

diversidad biológica, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y el desarrollo sostenible del país.

**Cuadro 1:** Estándar de Calidad Ambiental para Agua.

PARÁMETRO	VALOR
Sólidos suspendidos (mg/L)	100
Cobre (mg/L)	2
Mercurio (mg/L)	0.001
Cadmio (mg/L)	0.01
Arsénico (mg/L)	0.01
Cianuro libre (mg/L)	0.022

*Fuente: D.S. N° 015-2015-MINAM - Estándares de Calidad Ambiental, 2015.*

**Límites Máximos Permisibles Minería<sup>17</sup>:** El artículo 32° de la Ley General del Ambiente, define el “Límite Máximo Permisible – LMP, es la medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su determinación corresponde al Ministerio del Ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por el Ministerio del Ambiente y los organismos que conforman el Sistema Nacional de Gestión Ambiental. Los criterios para la determinación de la supervisión y sanción serán establecidos por dicho Ministerio. El LMP guarda coherencia entre el nivel de protección ambiental establecido para una fuente determinada y los niveles generales que se establecen en los ECA.

**Cuadro 2:** Límites Máximos Permisibles para efluentes minero-metalúrgicos.

VALORES MÁXIMOS DE EMISIÓN PARA LAS UNIDADES MINERAS EN OPERACION O QUE REINICIAN OPERACIONES		
PARAMETRO VALOR	EN CUALQUIER MOMENTO	VALOR PROMEDIO ANUAL
pH	Mayor que 5.5 y menor que 10.5	Mayor que 5.5 y menor que 10.5
Sólidos suspendidos (mg/l)	100	50
Plomo (mg/L)	1	0.5
Cobre (mg/L)	2	1
Zinc (mg/L)	6	3
Fierro (mg/L)	5	2
Mercurio (mg/L)	0.1	0.05
Cadmio (mg/L)	1	0.5
Arsénico (mg/L)	1	0.5
Cianuro total (mg/L)	2	1

*Fuente: Límites máximos permisibles (D.S. N° 023-2009-MINAM).*

## **2.4. Hipótesis**

### **2.4.1. Hipótesis General**

- **H1:** Concentraciones superiores a 0.0000326, 0.000339, 0.0133 y 0.0000145 mg/L de Hg, Cu, As y Cd determinarían la presencia de estos metales pesados posiblemente influenciados por actividades antropogénicas en aguas de las microcuencas Cordoncillo y Huabayacu, Concesión para Conservación El Breo, distrito de Huicungo.

### **2.4.2. Hipótesis Específico**

- **H2:** Concentraciones superiores a 0.001, 2.000, 0.010 y 0.010 mg/L de Hg, Cu, As y Cd podrían estar influenciados por procesos de contaminación.
- **H3:** Acciones como la actividad minera informal - artesanal, procesos agrícolas, procesos de erosión y meteorización serían las principales acciones y procesos que influyan en la generación y disponibilidad de Hg, Cu, As y Cd en las cabeceras de las microcuencas o sus tributarios.
- **H4:** Caudales altos en las microcuencas permitirán disminuir la concentración de los Hg, Cu, As y Cd a evaluarse, teniendo en cuenta los procesos de óxido-reducción.

## **2.5. Variables**

### **2.5.1. Variable independiente (X)**

- Actividades antropogénicas.

### **2.5.2. Variable Dependiente (Y)**

- Concentración de metales pesados como Hg, Cu, As y Cd.

### **2.5.3. Variable Interviniente (Z)**

- Procesos naturales.

## 2.6: Operacionalización de las variables

Tabla 1: Operacionalización de las variables.

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
<b>INDEPENDIENTE</b> Actividades antropogénicas.	Conjunto de acciones que se llevan a cabo para cumplir las metas de un programa o subprograma de operación, que consiste en la ejecución de ciertos procesos o tareas (mediante la utilización de los recursos humanos, materiales, técnicos, y financieros asignados a la actividad con un costo determinado)	Las actividades se llevan a cabo con la finalidad de cumplir las metas propuestas, a cargo de una entidad administrativa o lograr algún bien individual, tiene categoría programática. Se consideran así a una acción o conjunto de acciones, de operaciones o tareas que son ejecutadas como parte de una función.	Modificación del régimen.	Modificación de habitat, alteración de cubierta terrestre, etc.	Razón/proporción.
			Transformación del territorio y construcción.	Urbanización, dragados, y alineación de canales, etc.	Razón/proporción. Continua:
			Extracción de recursos.	Voladuras y perforaciones, excavaciones, etc.	Razón/proporción.
			Procesos.	Alimentación, ganadería, minería, etc.	Razón/proporción.
			Alteración del terreno.	Vertederos, almacenamiento de residuos.	Razón/proporción. Continua: Razón/proporción.
<b>DEPENDIENTE</b> Concentración de metales pesados como Hg, Cu, As y Cd.	Son elementos químicos cuya densidad es por lo menos cinco veces mayor que la del agua. Tienen aplicación directa en numerosos procesos, algunos son muy tóxicos capaces de causar desequilibrios en el ambiente y daños en la salud de los seres vivos. Algunos, en bajas concentraciones son indispensables para ciertos seres vivos.	Los metales pesados de importancia ambiental por lo general son tóxicos y su concentración en el ambiente puede causar daños a la salud de las personas.	Explotación minera.	Procesos de lixiviación, refinerías.	Razón/proporción.
			Canteras.	Extracción y movilización de materiales y minerales.	Razón/proporción. Continua: m <sup>3</sup> .
			Agricultura.	Labranza y movilización de tierra.	Razón/proporción.
			Erosión hídrica, eólica y biológica.	Riego, precipitación fluvial, desgaste por el viento del suelo y rocas, crecimiento de raíces, etc.	Razón/proporción.
<b>INTERVINIENTE</b> Procesos naturales	Conjunto de etapas sucesivas ocasionadas por una agente físico o químico para alcanzar la estabilidad de ciertos elementos, compuestos, sustancias o componentes de un medio determinado.	En condiciones naturales se desarrollan procesos químicos de óxido reducción, además de la hidrólisis, fotólisis, etc.	Erosión.	Acción sobre los suelos expuestos a agentes químicos y físicos.	Continua: g, m <sup>3</sup> .
			Meteorización.	Acción sobre los suelos expuestos a agentes químicos y físicos.	Razón/proporción.
			Hidrólisis.	Acción progresiva por acción del agua.	Razón/proporción. Continua:
			Fotólisis.	Acción progresiva por acción de la luz.	Razón/proporción. Continua:
			Mineralización.	Acción de acomplejamiento de los elementos en el suelo.	Razón/proporción. Continua:

FUENTE: Elaboración propia, 2016.

## CAPITULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

### 3.1. **Ámbito de estudio**

El presente trabajo de investigación sobre determinación y evaluación de Hg, Cu, As y Cd en aguas de las microcuencas de Cordoncillo y Huabayacu, que se desarrolló dentro de la Concesión para Conservación El Breo-CCEB, se encuentra ubicada en la Región San Martín, provincia de Mariscal Cáceres, distrito de Huicungo, Centro Poblado Dos de Mayo, entre las coordenadas UTM 222264mE y 269102mE; 9192640mN y 9228850mN; tiene una superficie de 113,826.13 ha y un perímetro de 165,308.54 metros lineales. El rango altitudinal de la zona varía entre los 300 y 3500 m.s.n.m.<sup>18</sup>

Está ubicado en la ecoregion Yunga peruana, reconocida como una de la más importante del Neotrópico en términos de biodiversidad<sup>18</sup>, y al mismo tiempo con potenciales amenazas y por ende con mayores urgencias para ejecutar acciones de conservación y estudios de investigación.

El desarrollo de la investigación tiene una gran importancia sobre las poblaciones cercanas al área de estudio, de una manera directa, siendo la pesca una de las actividades que pueden tener consecuencias en la salud, y también de forma indirecta, como es el caso de algunas áreas agrícolas que se abastecen aguas abajo o a personas ajenas al lugar, cual es el caso de turistas e investigadores; se desarrollara en un tiempo estimado de cinco (05) meses, el mismo que comprende desde el mes de enero hasta el mes mayo del 2016.

### 3.2. **Tipo de Investigación**

Por el nivel de conocimientos que se adquieren, la investigación es **descriptiva y explicativa**; ya que se requiere en la evaluación para determinar las causas del problema y luego comparar con bases teóricas que permita comprender e interpretar los efectos generados.

### **3.3. Nivel de Investigación**

Aplicativo, porque se planteará la solución de problemas, y se apunta a evaluar el éxito de la intervención.

### **3.4. Método de la investigación**

El presente proyecto de investigación, se desarrolla en el marco de generar conocimiento científico de los cambios en el ecosistema del bosque pre-montano tropical sobre las microcuencas de Huabayacu y Cordoncillo, la información que resulte servirá para afrontar retos conjuntos con las comunidades en la lucha contra el cambio climático, en tal sentido el proyecto se desarrollará de acuerdo a las siguientes etapas:

#### **ETAPA 01: PRELIMINAR**

Teniendo en cuenta estudios anteriores relacionados, se coordinó con la Asociación de Protección de Bosques Comunales Dos de Mayo Alto Huayabamba – APROBOC, el desarrollo del presente proyecto de investigación que tiene objetivo “Determinación y evaluación de Hg, Cu, As y Cd en agua en las microcuencas de Cordoncillo y Huabayacu, centro poblado Dos de Mayo, distrito de Huicungo, provincia de Mariscal Cáceres, región San Martín”, se ha presentado carta de intención para el desarrollo de la investigación.

#### **ETAPA 02: TRABAJOS EN CAMPO**

Mediciones directamente de los cuerpos de agua. En los ríos Huabayacu, Cordoncillo y Huayabamba, durante los meses de enero a marzo del presente año, se monitoreo los parámetros de caudal (método por flotación), temperatura y pH, estos fueron evaluados de manera directa del cuerpo de agua, previo a la salida de campo nos aseguraremos que los equipos estén en perfecto estado de operación, limpieza y calibración.

Luego de utilizar los equipos fueron limpiados, respetando las indicaciones del fabricante respecto a su cuidado y mantenimiento en especial durante su traslado y uso en condiciones riesgosas.

Posteriormente se recolectaron las muestras de agua para ser reportados al laboratorio. Se recolectaron las muestras en envases de vidrio de 1000 ml (previamente esterilizados), y acidificándolas con 20 gotas de Ácido Trioxonitrico ( $\text{HNO}_3$ ), hasta  $\text{pH} < 2$ , las muestras fueron etiquetadas con datos de nombre del muestreador, fecha y hora del muestreo, coordenadas, nombre del punto de muestreo, altitud, tiempo. Cabe señalar que el método de análisis para metales pesados es por ICP (Inductively Coupled Plasm).

Se llevó los materiales para la colecta de muestras previamente esterilizados (envases de vidrio), un muestreador simple (balde) en caso que no se pueda maniobrar para lograr muestrear el agua, incluido una nevera con hielo para mantener una temperatura de  $5\text{ }^\circ\text{C}$ , con el objeto de evitar en lo posible alteraciones químicas durante el tiempo entre la toma de muestra y su análisis; posteriormente la muestras son enviadas al laboratorio.

### **ETAPA 03: ANÁLISIS DE LABORATORIO**

Las muestras de agua colectada fueron enviadas a un laboratorio que se encuentra en la ciudad de Trujillo, debido a que allí brindan el servicio de análisis de muestras de agua que necesitamos. Para el análisis de estas muestras se utilizarán procesos internos que el laboratorista conoce, para determinar la concentración de los parámetros a evaluar.

### **ETAPA 04: PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS**

Se elaboró el informe final y se efectuó un resumen con el registro de las operaciones de las tareas de campo, horarios de llegada al punto de muestreo, inconvenientes acontecidos durante la toma, condiciones meteorológicas reinantes. El conocimiento de la performance de los equipos de muestreo y medición, problemas acontecidos y soluciones halladas durante una campaña, mejorará y acortará los tiempos previstos para los monitoreos siguientes. Con los datos obtenidos en laboratorio se elaboró gráficos comparativos con el Estándares de Calidad Ambiental utilizando el programa EXCEL.

### **3.5. Diseño de la investigación**

Según el propósito del estudio corresponde a un diseño descriptivo, ya que el investigador tiene el manejo de las variables dependientes; según el número de mediciones será longitudinal, ya que recolectan datos a través del tiempo en puntos o periodos especificados para hacer inferencias respecto al cambio, determinantes y consecuencias.

### **3.6. Población, muestra y muestreo**

- Población: Concentración de Hg, Cu, As y Cd en agua de las microcuencas Cordoncillo y Huabayacu.
- Muestra: Un volumen 1000 mL de agua recolecta en cada microcuenca (Ver anexo 22) según protocolo de muestreo de agua para metales pesados.
- Muestreo: El muestreo se realizó siguiendo el protocolo de INDECOPI (Método por atributos).

### **3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **3.7.1. Técnicas**

- Observación directa.
- Utilización de Software Ar-Gis 2014 10.2
- Revisión de libros virtuales referente al tema.
- Utilización de internet, para la búsqueda de páginas relacionada al tema.
- Interpretación de los resultados teniendo en cuenta la normativa nacional.

#### **3.7.2. Instrumentos de recolección de datos**

- GPS
- Cronometro
- Libreta de campo
- Cadena de custodia (Ver Anexo 22).

### **3.8. Procedimiento de recolección de datos**

Para la recolección de datos se identificó los problemas que se están desarrollando dentro de la Concesión, y su ámbito de influencia; teniendo ya esta información se

procedió a la identificación de los puntos de muestreo para la determinación de metales pesados, teniendo algunos retrasos por el acceso y el tiempo que presenta el lugar; se procedió a tomar los datos de coordenadas con el GPS y identificar una zona recta una vez llegado al lugar. Se registró los problemas que se suscitaron en ese momento, el tiempo y hora.

### **3.9. Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

T de student: Se aplica cuando la población estudiada sigue una distribución normal pero el tamaño muestral es demasiado pequeño como para que el estadístico en el que está basada la inferencia esté normalmente distribuido, utilizándose una estimación de la desviación típica en lugar del valor real

## **CAPITULO IV: RESULTADOS**

### **4.1. Presentación de resultados**

A continuación se presentan los resultados correspondientes a cada uno de los parámetros que fueron evaluados en el desarrollo del presente trabajo de investigación; los mismos que fueron comparados con la normativa nacional vigente (Estándares de Calidad Ambiental).

Debe tenerse en cuenta que los análisis fueron realizados mediante el método Inductively Coupled Plasma (ICP) y la norma – método de los Estados Unidos, Environmental Protection Agency (EPA) en un laboratorio (NKAP SRL) con parámetros acreditados para los requeridos.

**Tabla 2:** Resultados promedio de los parámetros correspondientes a los muestreo de agua en los rios Huayabamba, Habayacu y Cordoncillo durante los meses de Febrero y Marzo del año 2016 comparados con la normativa nacional vigente.

MUESTRA	Hg (mg/L)	Cu (mg/L)	As (mg/L)	Cd (mg/L)	CN TOT. (mg/L)	SST (mg/L)	pH	TEMP (°C)	CAUDAL (m <sup>3</sup> /s)
Huayabamba	0.0001326	0.9999908	< 0.0133	< 0.000145	0.115	53	5.5	21.8	58.703
Huabayacu	< 0.0000326	0.0405555	< 0.0133	< 0.000145	< 0.01	55	5.5	21.0	18.521
Cordoncillo	0.0003505	0.9938556	< 0.0133	< 0.000145	0.111	50.5	5.5	21.3	3.724
Huayabamba	< 0.0000326	0.0655051	< 0.0133	< 0.000145	< 0.01	69	5.5	22.0	80.948
Normativa	0.001000*	2.0000000*	0.0100*	0.0100*	0.022*	50*	8.5*	32.0*	Indeterminado

**FUENTE:** Elaboracion propia, 2016.

\* ECA: Estandares de Calidad Ambiental (D.S. N° 015-2015-MINAM).

## 4.2. Discusión de resultados

De acuerdo a la DIGESA los datos obtenidos en la determinación de Hg, Cu, As y Cd en los ríos Huayabamba (0.9999908 mg/L), Huabayacu (0.0405555 mg/L), Cordoncillo (0.9938556 mg/L) y Huayabamba (0.0655051 mg/L) existe cobre, sin embargo las muestras fueron tomadas en época de invierno, y por tanto es posible que los resultados obtenidos varíen debido a que un factor de distribución es el arrastre producido por la misma corriente de los ríos. Las concentraciones de cobre se hace notar en los ríos Cordoncillo (0.9938556 mg/L) y Huayabamba (0.9999908 mg/L), no sobrepasando los ECA (anexo 12). En los demás elementos analizados Hg, As, y Cd, en los puntos de muestreo, no sobrepasan los ECA, siendo escasos o nulos; probablemente este comportamiento es debido precisamente al arrastre producidos por las corrientes o el nivel de caudal.

En el anexo 22 se muestra el mapa de los puntos de muestreo, con el objetivo de estudiar las relaciones que existen en las diferentes zonas de estudio; también presenta una ligera variación de temperatura en las cuatro muestras tomadas *in situ*, los Sólidos Suspendidos Totales –SST varían ligeramente según las muestras obtenidas sobrepasando los ECA, con excepción del río Cordoncillo (Anexo 8), en cuanto al pH se mantiene en 5.5 en las cuatro muestras tomadas (Anexo 7).

Los metales pesados, al ser bioacumulables pueden permanecer en el cuerpo de los peces y estos a su vez ser consumidos por los pobladores de la zona y de esta manera, los individuos podrían presentar una concentración elevada de dichos elementos en la sangre, a la cual llamamos biomagnificación. Sin embargo, al tratarse de metales nobles como el oro que son solubles en el agua no presentan ningún problema; en comparación de metales pesados como el mercurio, cadmio y otros que no se disuelven en agua, por tal motivo están presentes en determinadas concentraciones, pero si se pueden disolver en medios ácidos.

## CONCLUSIONES

- La determinación de contaminantes como los metales pesados (Hg, Cu, As y Cd) aun sin superar la normativa ambiental (ECA, 2015) vigente invita a realizar seguimientos y monitoreos constantes, así como la implementación de programas por las instituciones estatales y particulares que mitiguen la contaminación por las actividades como la minería ilegal y la agricultura, utilizando técnicas con alternativas limpias.
- La minería ilegal que se desarrolla en la parte alta y las nacientes de los ríos Huayabamba y Cordoncillo junto a las actividades agrícolas que hacen uso de agroquímicos inciden en gran medida sobre la presencia de Hg, Cu, As y Cd en cada una de las fuentes de agua antes mencionadas.
- Los niveles de caudal influyen sobre la concentración de metales pesados (Mercurio y cobre), ya a mayor caudal menor es la concentración de dichos metales; esto se puede explicar gracias al mismo proceso de dilución o la capacidad de auto purificación que se da en las fuentes de agua.

## RECOMENDACIONES

- Implementar la evaluación de otros parámetros indicadores característicos a fin de tener una mejor certeza acerca de la influencia en la calidad de agua respecto a contaminantes de minería en las zonas de área de influencia directa.
- Realizar seguimientos y monitoreo a fin de determinar fuentes exactas de contaminación por minería artesanal ilegal en las áreas de influencia.
- Proponer planes y ejecutar programas útiles para prevenir, mitigar o remediar problemas tan graves como la contaminación de estas fuentes de recursos hídricos.
- Se recomienda coordinar las actividades de vigilancia con los principales organismos estatales y entidades privadas en las áreas de influencia que ayuden a fortalecer los programas establecidos como medida de prevención y/o mitigación ambiental.
- Que los muestreos y monitoreo se extiendan en toda la temporada anual en puntos estratégicos para evaluar la presencia de Hg, Cu, As y Cd.
- Proponer y ejecutar planes con alternativas viables que beneficien a la población que genera la contaminación y opte por otras actividades en las zonas de influencia.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CALLA, H. (2010). "Calidad del agua en la cuenca del Río Rímac - Sector de San Mateo, afectado por las actividades mineras". Tesis para optar el grado académico de Magíster en Ciencias Ambientales con Mención en Desarrollo Sostenible en Minería y Recursos Energéticos. Lima-Perú.
2. TORO, P. S. (2013). "Determinación de los metales pesados Cobalto, Mercurio y Plomo en la represa Daule Peripa por medio de Espectrómetro de emisión atómica con fuente de Plasma de argón con Acoplamiento Inductivo". Tesis para optar el título de ingeniero químico. Guayaquil-Ecuador.
3. HUARANGA, F. y Col. (2012). Contaminación por metales pesados en la Cuenca del Río Moche, La Libertad – Perú. Revista: Scientia agropecuaria. Volumen 3. Pág. 235-247. Trujillo-Perú.
4. MORENO, M. (2003). Toxicología Ambiental "Evaluación de riesgos para la salud humana", Mc Graw-Hill/Interamericana de España. Madrid-España.
5. APHA – AWWA - WPCF (1992). Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales. Ediciones Díaz de Santos, S.A. Madrid- España.
6. MUNRO, D. (1999). Impacto de la actividad minera. Revista: Nuestro futuro común. Chile
7. MORAN, R. (2000). El Cianuro en la minería: Algunas observaciones sobre la química, toxicidad y análisis de las aguas asociadas a la minería. Golden – Colorado – USA.
8. MANCILLA, O.R. y Col (2012). Metales Pesados Totales y Arsénico en el Agua para Riego. Revista Int. Contaminación ambiental. Volumen 28. Pág. 39-48. Puebla y Veracruz – Mexico.

## LINKOGRAFIA

1. DIGESA. (2008). Calidad del agua. Disponible: <http://www.digesa.com.pe/calidad del agua>.  
Visitado: 20-02-15
2. RAINBOW, P. (1995). Biomonitoring of heavy metal availability in the marine environment. Mar. Poll. Bull. 31 (4 – 12): 183 -192. Disponible: <http://users.uoa.gr/~kelepert/pdf/Heavy%20metals%20baseline%20baseline%20concentrations%20in%20soft%20tissues%20of%20Patella%20sp.%20from%20the%20Stratoni%20coastal%20environment,%20NE%20Greece.pdf>.  
Visitado: 20-02-15.
3. MARTÍNEZ, L. (2000). Toxicity of nickel in artificial sediment on acetyl cholinesterase activity and hemoglobin concentration of the aquatic flea, moina macrocopa. Journal of environmental hidrology 8(4):1-10.  
Disponible: file:///C:/Users/MASTER/Downloads/hyalella%20diclofenaco.pdf  
Visitado: 20-02-15
4. METALES PESADOS: IMPORTANCIA Y ANÁLISIS.  
Disponible: [https://www.google.com.pe/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=6&cad=rja&uact=8&ved=0CDwQFjAF&url=http%3A%2F%2Fwww.revistasbolivianas.org.bo%2Fpdf%2Frcm%2Fv12n1%2Fv12n1\\_a13.pdf&ei=Y2khVc6YNYYPusAXr44CYCw&usg=AFQjCNFGERN4cimmESPDzHAoiibDT414hg&bvm=bv.89947451,d.b2w](https://www.google.com.pe/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=6&cad=rja&uact=8&ved=0CDwQFjAF&url=http%3A%2F%2Fwww.revistasbolivianas.org.bo%2Fpdf%2Frcm%2Fv12n1%2Fv12n1_a13.pdf&ei=Y2khVc6YNYYPusAXr44CYCw&usg=AFQjCNFGERN4cimmESPDzHAoiibDT414hg&bvm=bv.89947451,d.b2w)  
Visitado: 25-02-15.
5. JIMENES, D. (2012). Cuantificación de Metales Pesados (Cadmio, Cromo, Níquel y Plomo) en agua superficial, sedimentos y organismos (Crassostrea columbiensis) Ostión de mangle en el puente Portete del Estero Salado (Guayaquil). Tesis para optar el título de Biólogo. Guayaquil-Colombia.  
Disponible: file:///C:/Users/MASTER/Downloads/A038% 20(1).pdf  
Visitado: 04-04-15.
6. DEFINICION DE SOLUBILIDAD. Disponible: [http:// geologiavenezolana.blogspot.com /... /solubilidad-de-los-minerales.html](http://geologiavenezolana.blogspot.com/.../solubilidad-de-los-minerales.html)  
Visitado: 05-03-16.
7. TIPOS DE AGUA. Disponible: <http://www.cuidoelagua.org/empapate/origendelagua /tiposagua.html>

- Visitado: 11-08-16.
8. ÁREAS DE CONSERVACIÓN.  
Disponible: [http://es.wikipedia.org/wiki/%C3%81rea\\_de\\_conservaci%C3%B3n](http://es.wikipedia.org/wiki/%C3%81rea_de_conservaci%C3%B3n)  
Visitado: 04-03-15
  9. Normas legales-Estándares de Calidad Ambiental Perú. 2008.  
Disponible: [http://www.digesa.minsa.gob.pe/publicaciones/descargas/reglamento\\_calidad\\_agua.pdf](http://www.digesa.minsa.gob.pe/publicaciones/descargas/reglamento_calidad_agua.pdf)  
Visitado: 04-03-16.
  10. DEFINICIÓN DE MINERÍA ILEGAL.  
Disponible: [http://es.wikipedia.org/wiki/Miner%C3%ADa\\_ilegal\\_en\\_Per%C3%BA](http://es.wikipedia.org/wiki/Miner%C3%ADa_ilegal_en_Per%C3%BA)  
Visitado: 04-03-15.
  11. DEFINICION CIANURO. Disponible: <http://es.wikipedia.org/wiki/Cianuro>  
Visitado: 04-04-15.
  12. DEFINICION DE SOLUBILIDAD. Disponible: [http:// geologiavenezolana.blogspot.com /... /solubilidad-de-los-minerales.html](http://geologiavenezolana.blogspot.com/.../solubilidad-de-los-minerales.html)  
Visitado: 05-03-16.
  13. LEY GENERAL DEL AMBIENTE. Disponible: <http://cdam.minam.gob.pe/novedades/leygeneralambiente2.pdf>  
Visitado: 11-08-16.
  14. LEY DE RECURSOS HIDRICOS. Disponible: [http://www.ana.gob.pe:8090/media/7747/ley\\_recursos\\_hidricos\\_29338.pdf](http://www.ana.gob.pe:8090/media/7747/ley_recursos_hidricos_29338.pdf)
  15. REGLAMENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO. Disponible: [http://www.digesa.minsa.gob.pe/publicaciones/descargas/reglamento\\_calidad\\_agua.pdf](http://www.digesa.minsa.gob.pe/publicaciones/descargas/reglamento_calidad_agua.pdf)  
Visitado: 11-08-16.
  16. ESTÁNDARES NACIONALES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUA. Disponible: [http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wpcontent/uploads/sites/22/2013/10/ds\\_002\\_2008\\_eca\\_agua.pdf](http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wpcontent/uploads/sites/22/2013/10/ds_002_2008_eca_agua.pdf)  
Visitado: 11-08-16.
  17. LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES PARA MINERIA: Disponible: <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2015/12/Decreto-Supremo-N%C2%B0-015-2015-MINAM.pdf>  
Visitado: 11-08-16.

18. CONCESION PARA CONSERVACION EL BREO. Disponible:  
<https://aprobocelbreo.wordpress.com/acerca-de-nosotros/> Visitado: 04-04-15

# ANEXOS



**Anexo 1:** Fotografía correspondiente al proceso de muestreo y determinación de parámetros de campo (pH, temperatura y caudal) en el río Habayacu .

**FUENTE:** Elaboración propia, 2016.



**Anexo 2:** Muestras etiquetadas listas para ser remitidas a laboratorio donde serán analizadas.

**FUENTE:**Elaboración propia, 2016

**Anexo 3:** Resultados correspondientes al primer muestreo de agua en los ríos Huayabamba, Habayacu y Cordoncillo durante el mes de Febrero del año 2016.

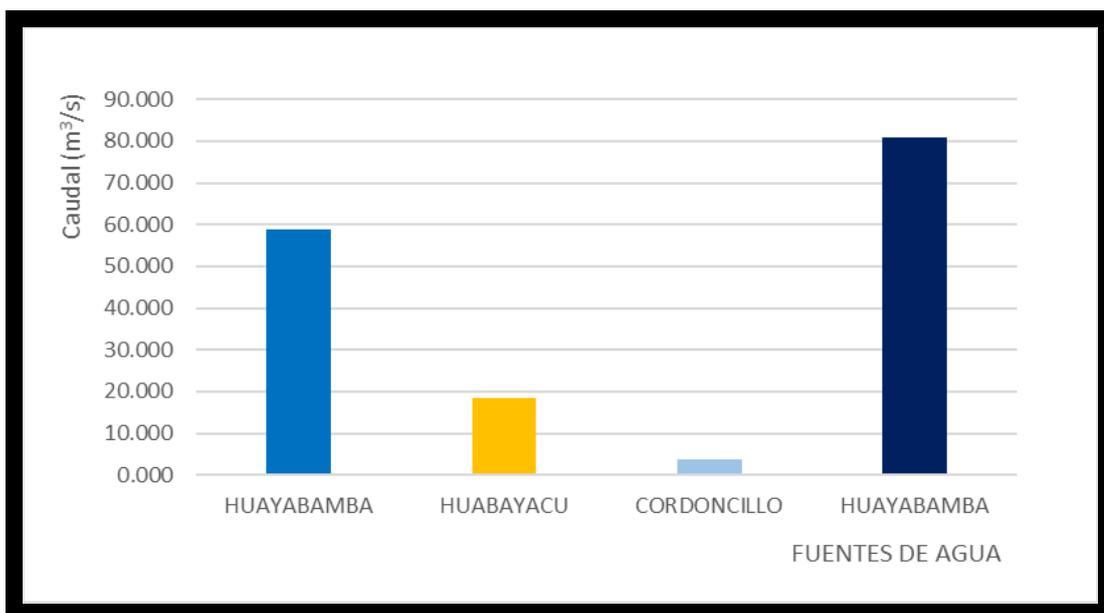
MUESTRA	Hg (mg/L)	Cu (mg/L)	As (mg/L)	Cd (mg/L)	CN TOT. (mg/L)	SST (mg/L)	pH	TEMP (°C)	CAUDAL (m³/s)
Huayabamba	0.0001300	0.9999916	< 0.0133	< 0.000145	0.11	53	5.5	21.5	52.156
Huabayacu	< 0.0000326	0.0411111	< 0.0133	< 0.000145	< 0.01	54	5.5	21.0	15.778
Cordoncillo	0.0003009	0.9877122	< 0.0133	< 0.000145	< 0.01	50	5.5	21.0	1.325
Huayabamba	< 0.0000326	0.0610100	< 0.0133	< 0.000145	< 0.01	70	5.5	22.0	69.259

**FUENTE:** Elaboración propia, 2016.

**Anexo 4:** Resultados correspondientes al segundo muestreo de agua en los ríos Huayabamba, Habayacu y Cordoncillo durante el mes de Marzo del año 2016.

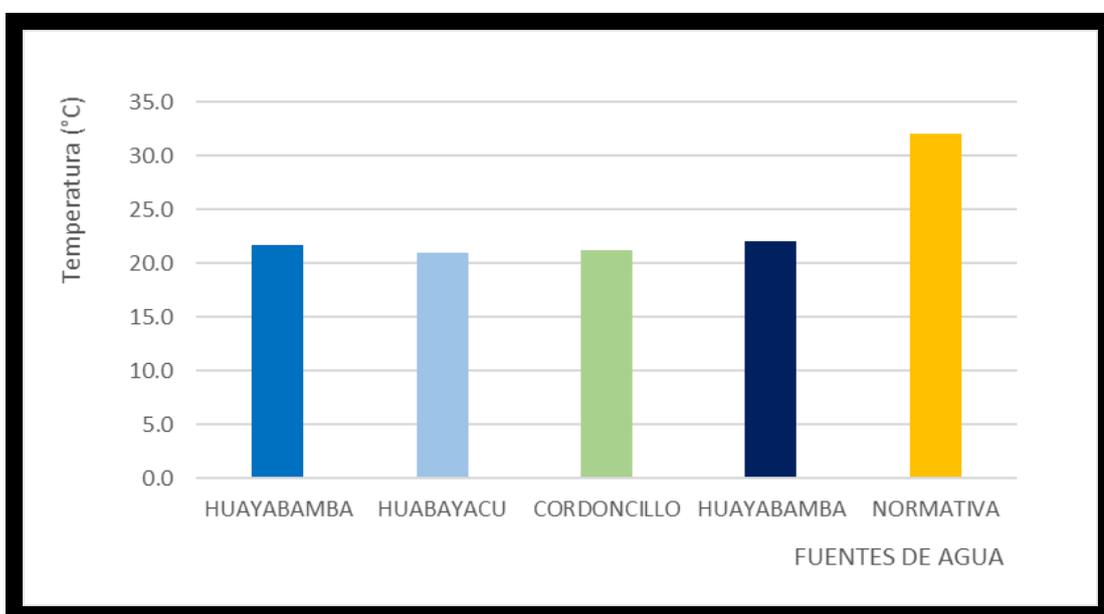
MUESTRA	Hg (mg/L)	Cu (mg/L)	As (mg/L)	Cd (mg/L)	CN TOT. (mg/L)	SST (mg/L)	pH	TEMP (°C)	CAUDAL (m³/s)
Huayabamba	0.0001351	0.9999900	< 0.0133	< 0.000145	0.12	53	5.5	22.0	58.703
Huabayacu	< 0.0000326	0.0399999	< 0.0133	< 0.000145	< 0.01	56	5.4	21.0	18.521
Cordoncillo	0.0004001	0.9999990	< 0.0133	< 0.000145	0.111	51	5.5	21.5	3.724
Huayabamba	< 0.0000326	0.0700001	< 0.0133	< 0.000145	< 0.01	68	5.5	22.0	69.259

**FUENTE:** Elaboración propia, 2016.



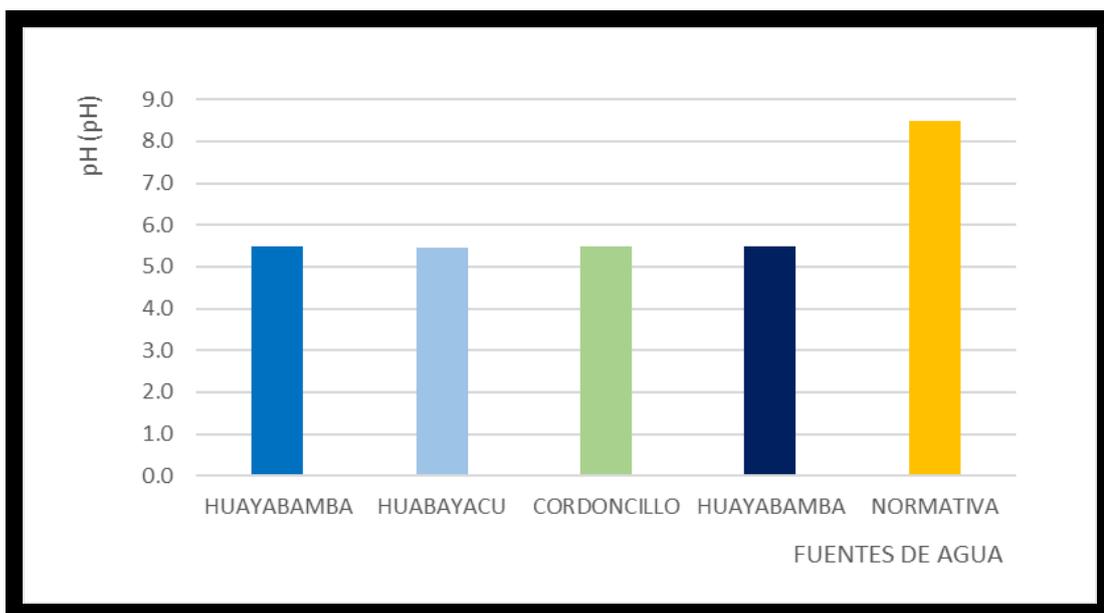
**Anexo 5:** Grafica correspondiente a a los valores de caudal (m³/s) en cada una de las fuentes de agua a evaluar (Rios).

**FUENTE:** Elaboracion propia, 2016.



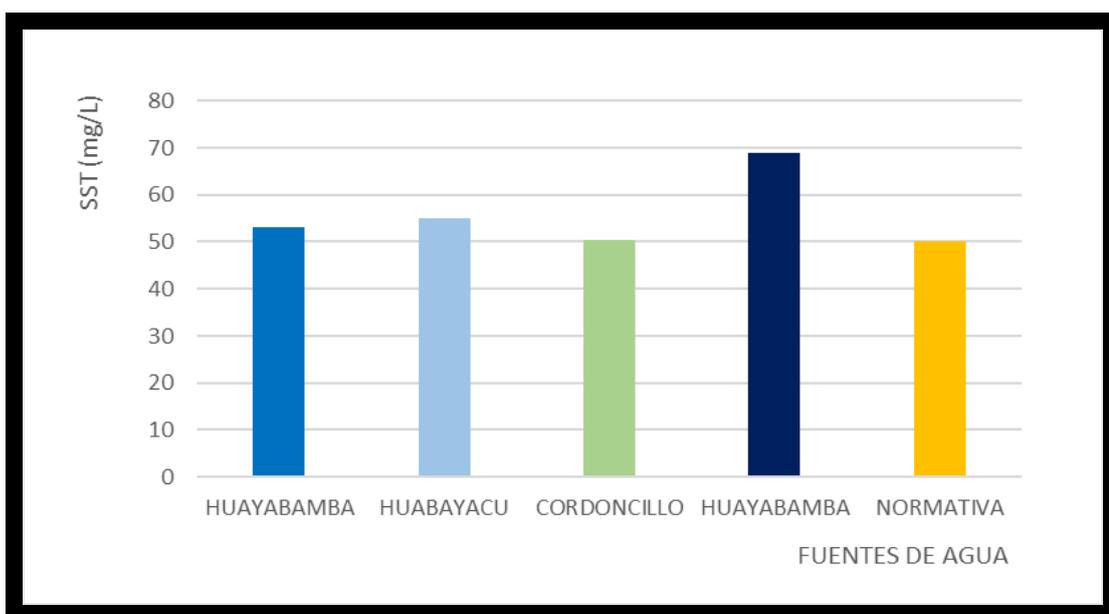
**Anexo 6:** Grafica correspondiente a a los valores de temperatura (°C) en cada una de las fuentes de agua a evaluar comparado con la normativa nacional vigente (Rios).

**FUENTE:** Elaboracion propia, 2016.



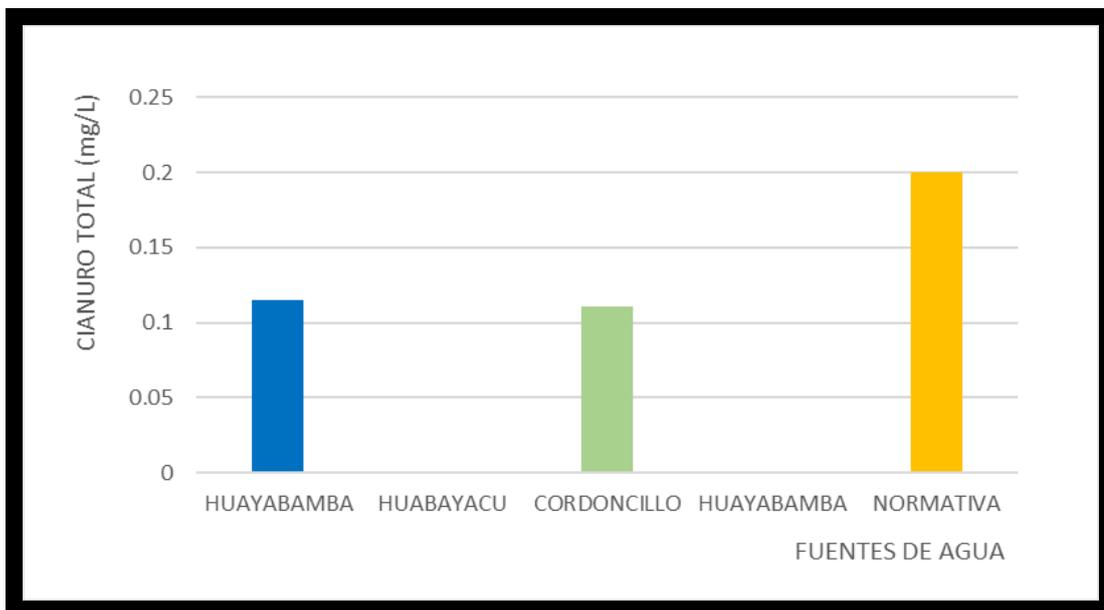
**Anexo 7:** Grafica correspondiente a a los valores de pH en cada una de las fuentes de agua a evaluar comparado con la normativa nacional vigente (Rios).

**FUENTE:** Elaboracion propia, 2016.



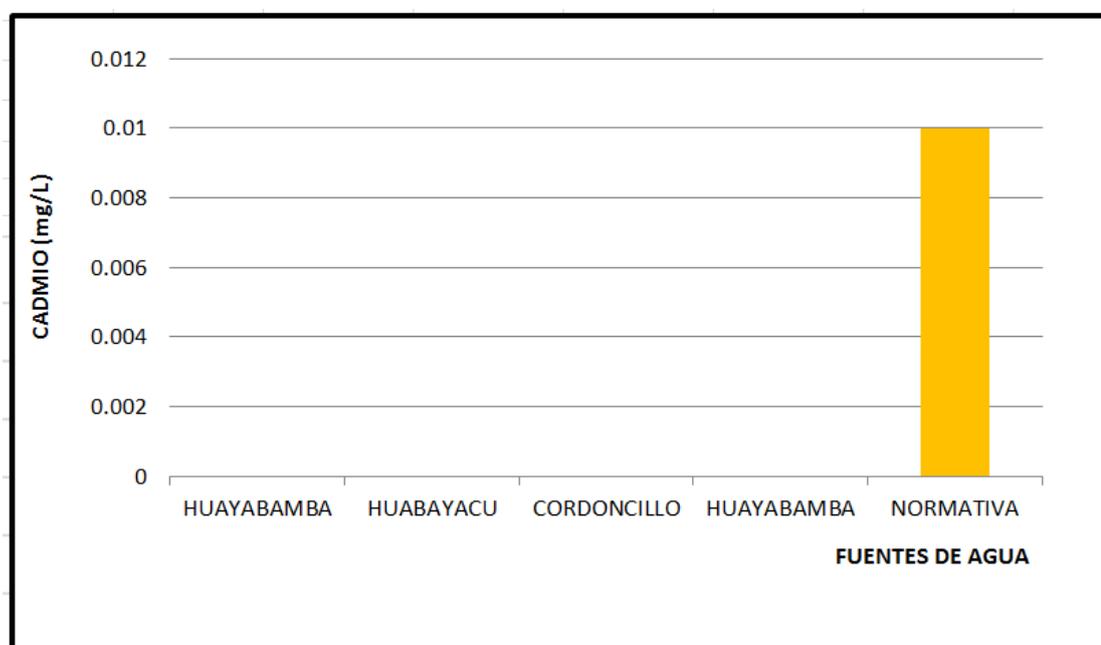
**Anexo 8:** Grafica correspondiente a a los valores de SST (mg/L) en cada una de las fuentes de agua a evaluar comparado con la normativa nacional vigente (Rios).

**FUENTE:** Elaboracion propia, 2016.



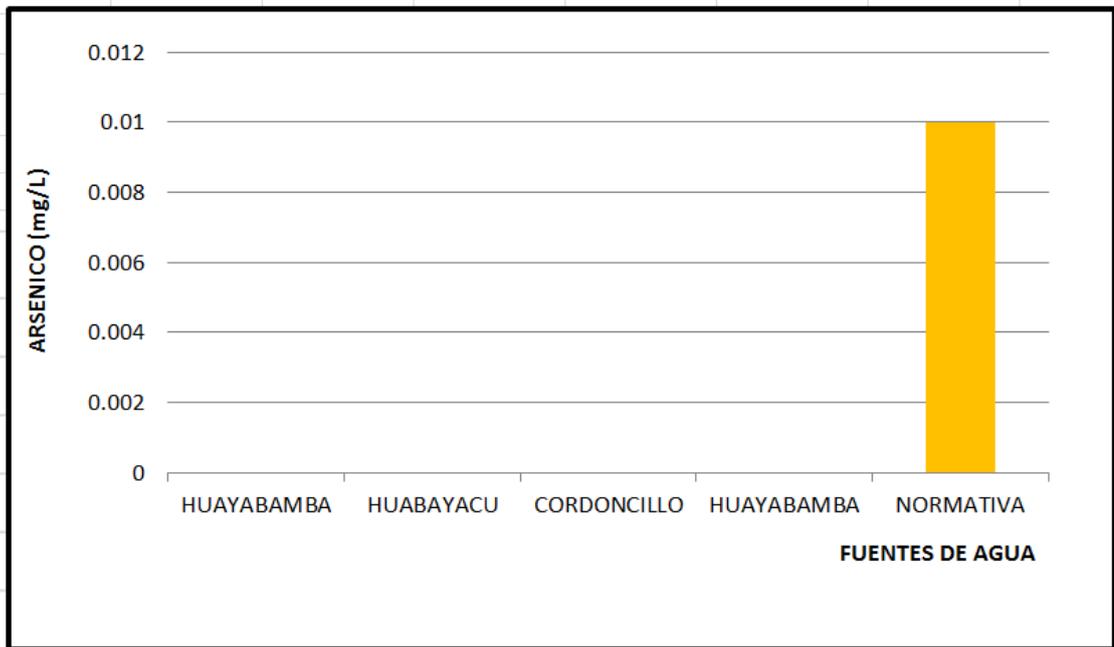
**Anexo 9:** Grafica correspondiente a a los valores de CIANURO TOTAL (mg/L) en cada una de las fuentes de agua a evaluar comparado con la normativa nacional vigente (Rios).

**FUENTE:** Elaboracion propia, 2016.



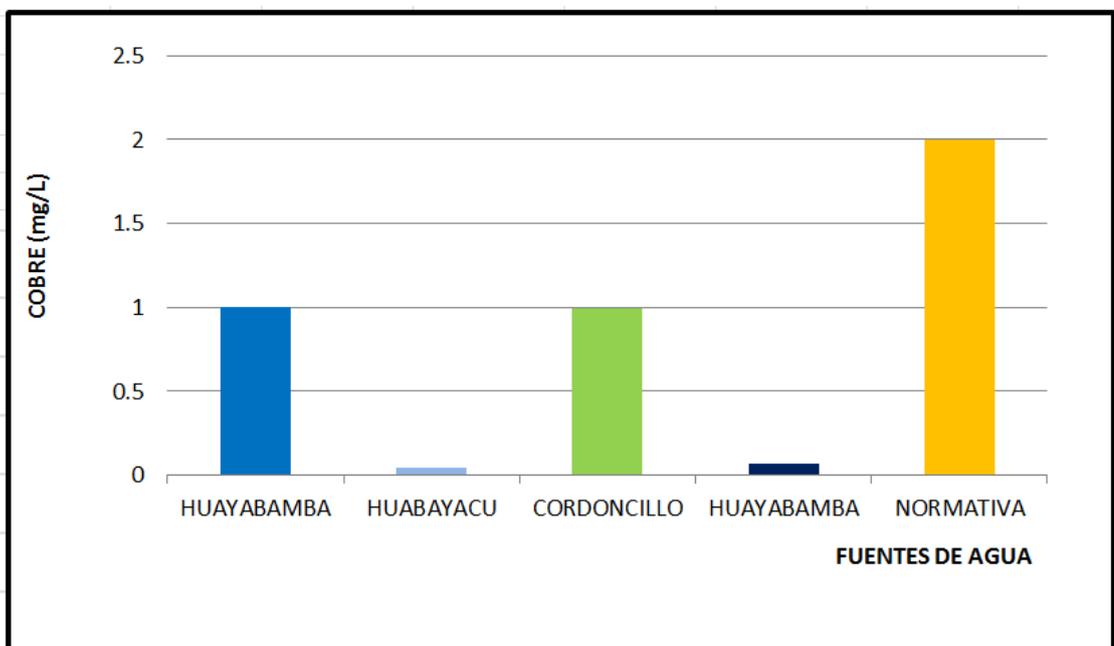
**Anexo 10:** Grafica correspondiente a a los valores de Cadmio (mg/L) en cada una de las fuentes de agua a evaluar comparado con la normativa nacional vigente (Rios).

**FUENTE:** Elaboracion propia, 2016.



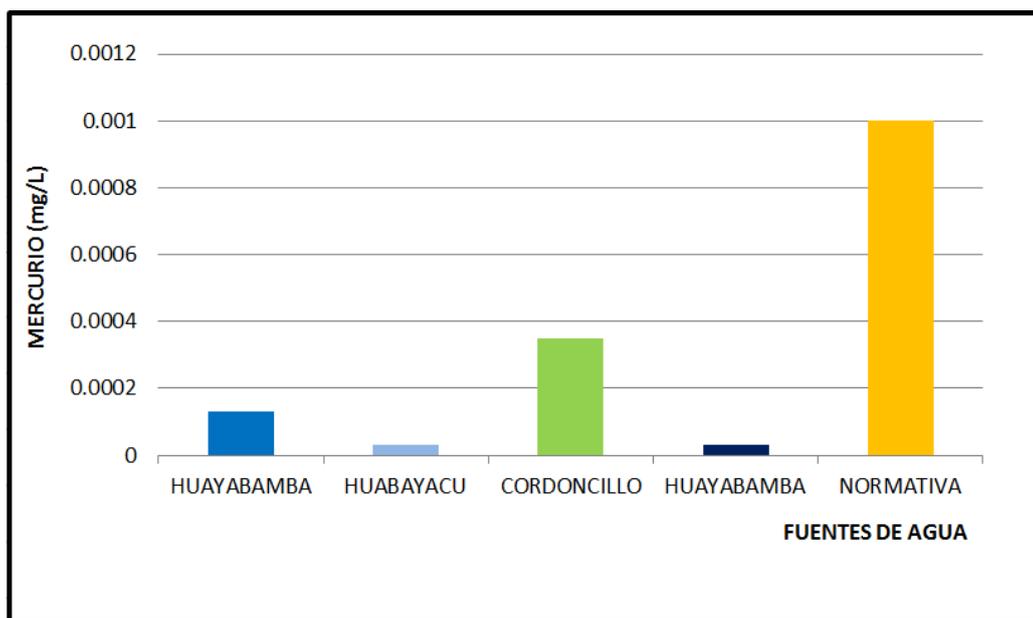
**Anexo 11:** Grafica correspondiente a a los valores de Arsénico (mg/L) en cada una de las fuentes de agua a evaluar comparado con la normativa nacional vigente (Rios).

**FUENTE:** Elaboracion propia, 2016.



**Anexo 12:** Grafica correspondiente a a los valores de Cobre (mg/L) en cada una de las fuentes de agua a evaluar comparado con la normativa nacional vigente (Rios).

**FUENTE:** Elaboracion propia, 2016.



**Anexo 13:** Grafica correspondiente a a los valores de Mercurio (mg/L) en cada una de las fuentes de agua a evaluar comparado con la normativa nacional vigente (Rios).

**FUENTE:** *Elaboracion propia, 2016.*



**LABORATORIO DE ENSAYO  
ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE  
ACREDITACIÓN  
INDECOPI – SNA CON REGISTRO No LE  
026**

**INFORME DE ENSAYO**  
T-0802-K216- HILDEBRANDO

Pág. 01 de 04

CLIENTE : RENGIFO VÁSQUEZ, HILDEBRANDO - T  
 MÉTODO DE ENSAYO : Químico  
 ITEM DE ENSAYO : Agua superficial  
 PRESENTACIÓN DE LOS ITEM DEL ENSAYO : 06 botellas de plástico de 1000 mL  
 MUESTREO : Muestras tomadas por el cliente  
 LUGAR Y FECHA DE RECEPCIÓN : Trujillo, 22 de febrero del 2016  
 Hora: 09:00 am  
 LUGAR Y FECHA DE EJECUCIÓN : Trujillo, 22 de febrero del 2016

**MÉTODO DE ENSAYO**

Parámetro	Norma-Método	Límite de detección	Tiempo máximo de conservación recomendado/obligado
Metales por ICP	EPA 2007, Rev 4.4, 1994	Hg < 0.0000326, Cd < 0.000145, Cu < 0.000339, As < 0.0133	30 d

Sello	Fecha de Emisión	Supervisor Administrativo	Supervisor del Laboratorio de Química
	26/02/2016	 Alexandra Aurazo Rodriguez	 Edder Neyra Jaico CIP 147028

LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS CORRESPONDEN A LOS ENSAYOS SOLICITADOS PARA LOS ITEM DE ENSAYOS RECIBIDOS.  
 PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN EL PERMISO DE NKAP SRL.  
 \*Todos los resultados de los ensayos son considerados confidenciales.  
 \*Todas las muestras serán eliminadas al termino del tiempo máximo de conservación recomendado/obligado, salvo requerimiento expreso del cliente.  
 \*Informes de ensayo no deben ser utilizados como una certificación d conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.



T-0802-K216- HILDEBRANDO

Oficina Principal: Flor de la Canela 700 – Urbanización Palmeras del Golf  
 Telefax: 51-44-280426  
 Sucursal Cajamarca: Jr. Cinco Esquinas 661 – Cajamarca  
 Telefax: 51-76-362873  
 Dirección Electrónica: info@nkap.com.pe



Web:www.nkap.com.pe

**Anexo 14:** Metodo de ensayo aplicado a las muestras de mercurio, cobre, arsenico y cadmio.

**FUENTE:** Elaboracion propia, 2016.

## INFORME DE ENSAYO

### T-0802-K216- HILDEBRANDO

Pág. 02 de 04

Código de Laboratorio			T-0521-01	T-0521-02	T-0521-03	T-0521-04
Código de Cliente			PM - 01 - R. HUAYABAMBA	PM - 02 - R. HUABAYACU	PM - 03 - R. CORDONCILLO	PM - 04 - R. HUAYABAMBA
Item de Ensayo			Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial
Fecha de Muestreo			14/02/2016	14/02/2016	14/02/2016	14/02/2016
Hora de muestreo			No detallada	No detallada	No detallada	No detallada
Parámetro	Simbolo	Unidad				
<b>METALES POR ICP</b>						
Mercurio	Hg	mg/L.	0.0001300	< 0.0000326	0.0003009	< 0.0000326
Cobre	Cu	mg/L.	0.9999916	0.0411111	0.9877122	0.0610100
Arsénico	As	mg/L.	< 0.0133	< 0.0133	< 0.0133	< 0.0133
Cadmio	Cd	mg/L.	< 0.000145	< 0.000145	< 0.000145	< 0.000145



T-0802-K216- HILDEBRANDO

Oficina Principal: Flor de la Canela 700 – Urbanización Palmeras del Golf  
 Telefax: 51-44-280426  
 Sucursal Cajamarca: Jr. Cinco Esquinas 661 – Cajamarca  
 Telefax: 51-76-362873  
 Dirección Electrónica: info@nkap.com.pe

Web: www.nkap.com.pe

**Anexo 15:** Tabla de resultados obtenidas en primer muestreo correspondiente a los valores de Mercurio, Cobre, Arsenico y Cadmio.

**FUENTE:** Elaboracion propia, 2016.

**INFORME DE ENSAYO**  
T-0802-K216- HILDEBRANDO

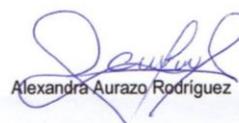
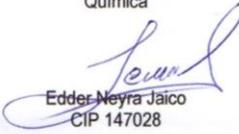
Pág. 03 de 04

CLIENTE : RENGIFO VÁSQUEZ, HILDEBRANDO - T  
 MÉTODO DE ENSAYO : Químico  
 ITEM DE ENSAYO : Agua superficial  
 PRESENTACIÓN DE LOS ITEM DEL ENSAYO : 04 botellas de plástico de 1000 mL  
 MUESTREO : Muestras tomadas por el cliente  
 LUGAR Y FECHA DE RECEPCIÓN : Trujillo, 22 de febrero del 2016  
 Hora: 09:00 am  
 LUGAR Y FECHA DE EJECUCIÓN : Trujillo, 22 de febrero del 2016

MÉTODO DE ENSAYO

MÉTODO DE ENSAYO

PARÁMETRO	NORMA-MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	TIEMPO MÁXIMO DE CONSERVACIÓN RECOMENDADO/OBLIGADO
pH	SMEWW, APHA 4500 H+ A,B 22nd Ed, 2012	- Units pH	0.25 h
Cianuro Total	SMEWW, APHA AWWA, WEF 4500-CN A,B,C,D,E, 22nd Ed, 2012	< 0.01 mg/L	14 d, Si presenta sulfito
SST	SMEWW, APHA AWWA, WEF 2540 A,D, 22nd Ed, 2012	< 0.90 mg/L	7 d

Sello	Fecha de Emisión	Supervisor Administrativo	Supervisor del Laboratorio de Química
	26/02/2016	 Alexandra Aurazo Rodriguez	 Edder Neyra Jaico CIP 147028

LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS CORRESPONDEN A LOS ENSAYOS SOLICITADOS PARA LOS ITEM DE ENSAYOS RECIBIDOS.  
 PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN EL PERMISO DE NKAP SRL.  
 \*Todos los resultados de los ensayos son considerados confidenciales.  
 \*Todas las muestras serán eliminadas al termino del tiempo máximo de conservación recomendado/obligado, salvo requerimiento expreso del cliente.  
 \*Informes de ensayo no deben ser utilizados como una certificación d conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

T-0802-K216- HILDEBRANDO


**Oficina Principal:** Flor de la Canela 700 – Urbanización Palmeras del Golf  
 Telefax: 51-44-280426  
**Sucursal Cajamarca:** Jr. Cinco Esquinas 661 – Cajamarca  
 Telefax: 51-76-362873  
 Dirección Electrónica: info@nkap.com.pe



Web:www.nkap.com.pe

**Anexo 16:** Metodo de ensayo aplicado a las muestras para la determinacion de pH, CN ySST

**FUENTE:** Elaboracion propia, 2016.



**INFORME DE ENSAYO**  
T-0802-K216- HILDEBRANDO

Pág. 04 de 04

**MÉTODO DE ENSAYO**

ITEM DE ENSAYO				Agua Superficial		
FECHA DE MUESTREO				21/02/2016		
RESULTADOS DEL MONITOREO	CODIGO DE LABORATORIO	CODIGO DE CLIENTE	HORA DE MUESTREO	PARAMETROS		
				pH	CIANURO TOTAL	SST
	T-0521-01	PM - 01	09:40 am	5.5	0.110	53.00
	T-0521-02	PM - 02	09:45 am	5.5	< 0.1	54.00
	T-0521-03	PM - 03	10:00 am	5.5	< 0.1	50.00
T-0521-04	PM - 04	10:10 am	5.5	< 0.1	70.00	



T-0802-K216- HILDEBRANDO

Oficina Principal: Flor de la Canela 700 – Urbanización Palmeras del Golf  
 Telefax: 51 44 280426  
 Sucursal Cajamarca: Jr. Cinco Esquinas 661 – Cajamarca  
 Telefax: 51-76-362873  
 Dirección Electrónica: info@nkap.com.pe

Web www.nkap.com.pe

**Anexo 17:** Tabla de resultados obtenidas en primer muestreo correspondiente a los valores de pH, Cianuro total y Solidos Suspendedos Totales.

**FUENTE:** Elaboracion propia, 2016.



**LABORATORIO DE ENSAYO  
ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE  
ACREDITACIÓN  
INDECOPI – SNA CON REGISTRO No LE  
026**

**INFORME DE ENSAYO**  
T-1452-K216- HILDEBRANDO

Pág. 01 de 04

CLIENTE : RENGIFO VÁSQUEZ, HILDEBRANDO - T  
 MÉTODO DE ENSAYO : Químico  
 ITEM DE ENSAYO : Agua superficial  
 PRESENTACIÓN DE LOS ITEM DEL ENSAYO : 04 botellas de plástico de 1000 ml  
 MUESTREO : Muestras tomadas por el cliente  
 LUGAR Y FECHA DE RECEPCIÓN : Trujillo, 17 de marzo del 2016  
 Hora: 10:15 am  
 LUGAR Y FECHA DE EJECUCIÓN : Trujillo, 17 de marzo del 2016

**MÉTODO DE ENSAYO**

Parámetro	Norma-Método	Límite de detección	Tiempo máximo de conservación recomendado/obligado
Metales por ICP	EPA 2007, Rev 4.4, 1994	Hg < 0.0000326, Cd < 0.000145, Cu < 0.000339, As < 0.0133	30 d



Sello

Fecha de Emisión

21/03/2016

Supervisor Administrativo

Alexandra Aurazo Rodríguez

Supervisor del Laboratorio de Química

Edder Neyra Jaico  
CIP 147028

LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS CORRESPONDEN A LOS ENSAYOS SOLICITADOS PARA LOS ITEM DE ENSAYOS RECIBIDOS.

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN EL PERMISO DE NKAP SRL.

\*Todos los resultados de los ensayos son considerados confidenciales.

\*Todas las muestras serán eliminadas al termino del tiempo máximo de conservación recomendado/obligado, salvo requerimiento expreso del cliente.

\*Informes de ensayo no deben ser utilizados como una certificación d conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

T-1452-K216- HILDEBRANDO



**Oficina Principal:** Flor de la Canela 700 – Urbanización Palmeras del Golf  
 Telefax: 51-44-280426  
**Sucursal Cajamarca:** Jr. Cinco Esquinas 661 – Cajamarca  
 Telefax: 51-76-362873  
 Dirección Electrónica: info@nkap.com.pe



Web: www.nkap.com.pe

**Anexo 18:** Metodo de ensayo aplicado a las muestras de mercurio, cobre, arsenico y cadmio.

**FUENTE:** Elaboracion propia, 2016.



**INFORME DE ENSAYO**  
T-1452-K216- HILDEBRANDO

Pág. 02 de 04

Código de Laboratorio	T-1703-01		T-1703-02		T-1703-03		T-1703-04	
Código de Cliente	PM - 01 - R. HUAYABAMBA		PM - 02 - R. HUABAYACU		PM - 03 - R. CORDONCILLO		PM - 04 - R. HUAYABAMBA	
Item de Ensayo	Agua Superficial		Agua Superficial		Agua Superficial		Agua Superficial	
Fecha de Muestreo	15/03/2016		15/03/2016		15/03/2016		15/03/2016	
Hora de muestreo	05:43 pm		05:49 pm		06:10 pm		06:16 pm	
Parámetro	Simbolo	Unidad						
<b>METALES POR ICP</b>								
Mercurio	Hg	mg/L	0.0001351	< 0.0000326	0.0004001	< 0.0000326		
Cobre	Cu	mg/L	0.9999900	0.0399999	0.9999990	0.0700001		
Arsénico	As	mg/L	< 0.0133	< 0.0133	< 0.0133	< 0.0133		
Cadmio	Cd	mg/L	< 0.000145	< 0.000145	< 0.000145	< 0.000145		



T-1452-K216- HILDEBRANDO

Oficina Principal: Flor de la Canela 700 - Urbanización Palmeras del Golf  
 Telefax: 51-44-280426  
 Sucursal Cajamarca: Jr. Cinco Esquinas 661 - Cajamarca  
 Telefax: 51-76-362873  
 Dirección Electrónica: info@nkap.com.pe

Web: www.nkap.com.pe

**Anexo 19:** Tabla de resultados obtenidas en el segundo muestreo correspondiente a los valores de Mercurio, Cobre, Arsenico y Cadmio.

**FUENTE:** Elaboracion propia, 2016.

**INFORME DE ENSAYO**  
 T-1452-K216- HILDEBRANDO

Pág. 03 de 04

CLIENTE : RENGIFO VÁSQUEZ, HILDEBRANDO - T  
 MÉTODO DE ENSAYO : Químico  
 ITEM DE ENSAYO : Agua superficial  
 PRESENTACIÓN DE LOS ITEM DEL ENSAYO : 04 botellas de plástico de 1000 ml  
 MUESTREO : Muestras tomadas por el cliente  
 LUGAR Y FECHA DE RECEPCIÓN : Trujillo, 17 de marzo del 2016  
 Hora: 10:15 am  
 LUGAR Y FECHA DE EJECUCIÓN : Trujillo, 17 de marzo del 2016

**MÉTODO DE ENSAYO**
**MÉTODO DE ENSAYO**

PARÁMETRO	NORMA-MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	TIEMPO MÁXIMO DE CONSERVACIÓN RECOMENDADO/OBLIGADO
pH	SMEWW, APHA 4500 H+ A,B 22nd Ed, 2012	- Units pH	0.25 h
Cianuro Total	SMEWW, APHA AWWA, WEF 4500-CN A,B,C,D,E, 22nd Ed, 2012	< 0.01 mg/L	14 d, Si presenta sulfito
SST	SMEWW, APHA AWWA, WEF 2540 A,D, 22nd Ed, 2012	< 0.90 mg/L	7 d

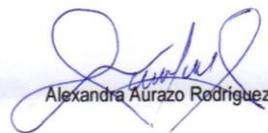
Sello



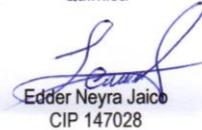
Fecha de Emisión

21/03/2016

Supervisor Administrativo

  
 Alexandra Aurazo Rodríguez

Supervisor del Laboratorio de Química

  
 Edder Neyra Jaico  
 CIP 147028

LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS CORRESPONDEN A LOS ENSAYOS SOLICITADOS PARA LOS ITEM DE ENSAYOS RECIBIDOS.

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN EL PERMISO DE NKAP SRL.

\*Todos los resultados de los ensayos son considerados confidenciales.

\*Todas las muestras serán eliminadas al termino del tiempo máximo de conservación recomendado/obligado, salvo requerimiento expreso del cliente.

\*Informes de ensayo no deben ser utilizados como una certificación d conformidad con normas de producto o cómo certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

T-1452-K216- HILDEBRANDO


 Oficina Principal: Flor de la Canela 700 – Urbanización Palmeras del Golf  
 Telefax: 51-44-280426  
 Sucursal Cajamarca: Jr. Cinco Esquinas 661 – Cajamarca  
 Telefax: 51-76-362873  
 Dirección Electrónica: info@nkap.com.pe


Web:www.nkap.com.pe

**Anexo 20:** Metodo de ensayo aplicado a las muestras para la determinacion de pH, CN ySST

**FUENTE:** Elaboracion propia, 2016.

**INFORME DE ENSAYO**  
T-1452-K216- HILDEBRANDO

Pág. 04 de 04

**MÉTODO DE ENSAYO**

ITEM DE ENSAYO				Agua Superficial		
FECHA DE MUESTREO				15/03/2016		
RESULTADOS DEL MONITOREO	CÓDIGO DE LABORATORIO	CÓDIGO DE CLIENTE	HORA DE MUESTREO	PARÁMETROS		
				pH	CIANURO TOTAL	SST
	T-1703-01	PM - 01	05:43 pm	5.5	0.120	53.00
	T-1703-02	PM - 02	05:49 pm	5.4	< 0.1	56.00
	T-1703-03	PM - 03	06:10 pm	5.5	0.111	51.00
T-1703-04	PM - 04	06:16 pm	5.5	< 0.1	68.00	



T-1452-K216- HILDEBRANDO

Oficina Principal: Flor de la Canela 700 – Urbanización Palmeras del Golf  
 Telefax: 51-44-280426  
 Sucursal Cajamarca: Jr. Cinco Esquinas 661 – Cajamarca  
 Telefax: 51-76-362873  
 Dirección Electrónica: info@nkap.com.pe

Web: www.nkap.com.pe

**Anexo 21:** Tabla de resultados obtenidas en primer muestreo correspondiente a los valores de pH, Cianuro total y Solidos Suspendedos Totales.

**FUENTE:** Elaboracion propia, 2016.

DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS EN AGUA SUPERFICIAL					FISICOQUÍMICOS						METALES				QUÍMICOS											
					Salinidad	TDS	Turbidez	Conductividad	pH	Caudal	Temperatura	As, Fe, Cu, Pb, Zn	ICP Disueltos	ICP Total	Fosfatos	Cloruro	Cianuros libre	SST	OD	DBO	DQO	Alcalinidad	Nitratos	Nitritos	Fenoles	Durez
ITEM	CÓDIGO DE MUESTRA	HORA	FECHA	TIPO DE MUESTRA																						
01	A-1	.....	28-04-15	AS				X	X	X	X	X			X	X										
02	A-2	.....	28-04-15	AS				X	X	X	X	X			X	X										
03	A-3	.....	28-04-15	AS				X	X	X	X	X			X	X										
04	A-4	.....	28-04-15	AS				X	X	X	X	X			X	X										

**Anexo 22:** Cadena de custodia utilizada en el proceso de muestreo.

*FUENTE: Elaboración propia, 2016.*



## **ARTICULO CIENTIFICO**

**“DETERMINACIÓN Y  
EVALUACIÓN DE Hg, Cu, As  
y Cd EN AGUA DE LAS  
MICROCUENCAS  
CORDONCILLO Y  
HUABAYACU DENTRO DE LA  
CONCESIÓN PARA  
CONSERVACIÓN EL BREO –  
DISTRITO DE HUICUNGO,  
PROVINCIA DE MARISCAL  
CACERES, REGION SAN  
MARTIN-2016”**

**Bach. En Ingeniería Ambiental**

**HILDEBRANDO RENGIFO**

**VÁSQUEZ <sup>1</sup>**

**revas.2092@gmail.com**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y  
ARQUITECTURA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE  
INGENIERÍA AMBIENTAL  
UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS FILIAL  
TARAPOTO**

**RESUMEN**

El objetivo principal de esta tesis fue la de analizar la presencia de Hg, Cu, As y Cd en agua de las microcuencas Cordoncillo y Huabayacu, Concesión para Conservación El Breo (Anexo 22). Para lograr el desarrollo y producción de la presente, ha sido necesaria la realización de una evaluación, la misma que se llevó a cabo entre los meses de enero y mayo del 2016, con la finalidad de evaluar y confirmar la existencia de la actividad minera de la cual sus efluentes son vertidos a los ríos que atraviesan la concesión, visualizándose de este modo las debilidades y amenazas ambientales con las que cuenta.

De acuerdo a la DIGESA<sup>1</sup> los datos obtenidos en la determinación de metales pesados en los ríos Huayabamba (0.9999908 mg/L), Huabayacu (0.0405555 mg/L), Cordoncillo (0.9938556 mg/L) y Huayabamba (0.0655051 mg/L) existe presencia de cobre, sin embargo las muestras fueron tomadas en época de invierno, y por tanto es posible que los resultados obtenidos varíen debido a que un factor de distribución es el arrastre producido por la misma corriente de los ríos. En los demás elementos analizados Hg, As y Cd, en los cuatro puntos de

muestreo, no sobrepasan los ECA, siendo escasos o nulos; probablemente este comportamiento es debido precisamente al arrastre producidos por las corrientes o el caudal.

También presenta una ligera variación de temperatura en las cuatro muestras tomadas *in situ*, los Sólidos Suspendedos Totales –SST varían ligeramente según las muestras obtenidas sobrepasando los ECA s, con excepción del río Cordoncillo (Anexo 8), en cuanto al pH se mantiene en 5.5 en las cuatro muestras tomadas (Anexo 7).

**Palabras clave:** Metales pesados, cuenca, río, agua, antrópicos, minería.

## INTRODUCCIÓN

El agua es un elemento fundamental y determinante para la vida en el planeta, incluyendo la humana. La escasez y el uso excesivo del agua dulce plantean una creciente y seria amenaza para el desarrollo sostenible, la protección del medio ambiente y la salud pública.

La contaminación de las aguas en nuestro país es originada por la descarga de sustancias orgánicas e

inorgánicas. Como parte de sus procesos productivos, la industria minera vierte en el agua gran cantidad de elementos contaminantes como los metales pesados.

Las microcuencas del Cordoncillo y Huabayacu se localizan al nor-orienté de la región hidrológica, dentro de la Concesión para Conservación El Breo, distrito de Huicungo, provincia de Mariscal Cáceres - región San Martín, territorio que se ubica en las Yungas peruanas, donde se encuentran una gran cantidad de puntos auríferos, por tal motivo se hizo la investigación correspondiente a identificar si dentro de dicha área existe actividad minera, y que se reflejara en los ríos, donde van a terminar los vertidos.

Las aguas provenientes de la Concesión desembocan en el río Huayabamba, principal fuente de abastecimiento de este líquido elemento para las poblaciones asentadas en dicha cuenca, siendo esta usada para los servicios básicos, generando una problemática para su consumo. La presencia de metales pesados en agua puede generar para quien lo consume efectos en el sistema nervioso, dolor de cabeza, anemia, etc.

## MATERIAL Y MÉTODO

### MATERIAL

- GPS
- Cronometro
- Libreta de campo
- Cadena de custodia

### MÉTODO

- Coordinación con la APROBOC.
- Mediciones directamente de los cuerpos de agua, de los parámetros de caudal (método por flotación), temperatura y pH, durante los meses de enero a marzo.
- Se recolectaron las muestras en envases de vidrio de 1000 ml (previamente esterilizados), y acidificándolas con 20 gotas de Ácido Trioxonitrico ( $\text{HNO}_3$ ), hasta  $\text{pH} < 2$ , las muestras fueron etiquetadas con datos de nombre del muestreador, fecha y hora del muestreo, coordenadas, nombre del punto de muestreo, altitud, tiempo. Cabe señalar que el método de análisis para metales pesados es por ICP (Inductively Coupled Plasm).
- Las muestras fueron puestas en una nevera con hielo para mantener una temperatura de  $5^\circ\text{C}$ .

- Las muestras de agua colectada fueron enviadas a un laboratorio que se encuentra en la ciudad de Trujillo.
- Se elaboró el informe final y con los datos obtenidos en laboratorio se elaboró gráficos comparativos con el Estándares de Calidad Ambiental utilizando el programa EXCEL.

### RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados correspondientes a cada uno de los parámetros que fueron evaluados en el desarrollo del presente trabajo de investigación; los mismos que fueron comparados con la normativa nacional vigente (Estándares de Calidad Ambiental).

Debe tenerse en cuenta que los análisis fueron realizados mediante el método Inductively Coupled Plasm (ICP) y la norma – método de los Estado Unidos, Environmental Protection Agency (EPA) en un laboratorio (NKAP SRL) con parámetros acreditados para los requeridos.

**Tabla 1:** Resultados promedio de los parámetros correspondientes a los muestreo de agua en los rios Huayabamba, Habayacu y Cordoncillo

durante los meses de Febrero y Marzo del año 2016 comparados con la normativa nacional vigente.

MUESTRA	Hg (mg/L)	Cu (mg/L)
Huayabamba	0.0001326	0.9999908
Huabayacu	< 0.0000326	0.0405555
Cordoncillo	0.0003505	0.9938556
Huayabamba	< 0.0000326	0.0655051
Normativa	0.001000*	2.0000000*

As (mg/L)	Cd (mg/L)	CN TOT. (mg/L)
< 0.0133	< 0.000145	0.115
< 0.0133	< 0.000145	< 0.01
< 0.0133	< 0.000145	0.111
< 0.0133	< 0.000145	< 0.01
0.0100*	0.0100*	0.022*

**FUENTE:** Elaboración propia, 2016.

\* ECA: Estándares de Calidad Ambiental (D.S. N° 015-2015-MINAM).

## DISCUSIÓN

De acuerdo a la DIGESA los datos obtenidos en la determinación de Hg, Cu, As y Cd en los ríos Huayabamba (0.9999908 mg/L), Huabayacu (0.0405555 mg/L), Cordoncillo (0.9938556 mg/L) y Huayabamba (0.0655051 mg/L) existe cobre, sin embargo las muestras fueron tomadas en época de invierno, y por tanto

es posible que los resultados obtenidos varíen debido a que un factor de distribución es el arrastre producido por la misma corriente de los ríos. Las concentraciones de cobre se hace notar en los ríos Cordoncillo (0.9938556 mg/L) y Huayabamba (0.9999908 mg/L), no sobrepasando los ECA (anexo 12). En los demás elementos analizados Hg, As, y Cd, en los puntos de muestreo, no sobrepasan los ECA, siendo escasos o nulos; probablemente este comportamiento es debido precisamente al arrastre producidos por las corrientes o el nivel de caudal.

En el anexo 22 se muestra el mapa de los puntos de muestreo, con el objetivo de estudiar las relaciones que existen en las diferentes zonas de estudio; también presenta una ligera variación de temperatura en las cuatro muestras tomadas *in situ*, los Sólidos Suspendedos Totales –SST varían ligeramente según las muestras obtenidas sobrepasando los ECA, con excepción del río Cordoncillo (Anexo 8), en cuanto al pH se mantiene en 5.5 en las cuatro muestras tomadas (Anexo 7).

Los metales pesados, al ser bioacumulables pueden permanecer en el cuerpo de los peces y estos a su vez ser consumidos por los pobladores de la zona

y de esta manera, los individuos podrían presentar una concentración elevada de dichos elementos en la sangre, a la cual llamamos biomagnificación. Sin embargo, al tratarse de metales nobles como el oro que son solubles en el agua no presentan ningún problema; en comparación de metales pesados como el mercurio, cadmio y otros que no se disuelven en agua, por tal motivo están presentes en determinadas concentraciones, pero si se pueden disolver en medios ácidos.

### CONCLUSIONES

- La determinación de contaminantes como los metales pesados (Hg, Cu, As y Cd) aun sin superar la normativa ambiental (ECA, 2015) vigente invita a realizar seguimientos y monitoreos constantes, así como la implementación de programas por las instituciones estatales y particulares que mitiguen la contaminación por las actividades como la minería ilegal y la agricultura, utilizando técnicas con alternativas limpias.
  - La minería ilegal que se desarrolla en la parte alta y las nacientes de los ríos Huayabamba y Cordoncillo junto a las actividades agrícolas que hacen uso de agroquímicos inciden en gran medida sobre la presencia de Hg, Cu, As y Cd en cada una de las fuentes de agua antes mencionadas.
- Los niveles de caudal influyen sobre la concentración de metales pesados (Mercurio y cobre), ya a mayor caudal menor es la concentración de dichos metales; esto se puede explicar gracias al mismo proceso de dilución o la capacidad de auto purificación que se da en las fuentes de agua.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CALLA, H. (2010). "Calidad del agua en la cuenca del Río Rímac - Sector de San Mateo, afectado por las actividades mineras". Tesis para optar el grado académico de Magíster en Ciencias Ambientales con Mención en Desarrollo Sostenible en Minería y Recursos Energéticos. Lima-Perú.
2. TORO, P. S. (2013). "Determinación de los metales pesados Cobalto, Mercurio y Plomo en la represa Daule Peripa por medio de Espectrómetro de emisión atómica con fuente de Plasma de argón con Acoplamiento Inductivo". Tesis para optar el título de ingeniero químico. Guayaquil-Ecuador.
3. HUARANGA, F. y Col. (2012). Contaminación por metales pesados

- en la Cuenca del Río Moche, La Libertad – Perú. Revista: Scientia agropecuaria. Volumen 3. Pág. 235-247. Trujillo-Perú.
4. MORENO, M. (2003). Toxicología Ambiental “Evaluación de riesgos para la salud humana”, Mc Graw-Hill/Interamericana de España. Madrid-España.
  5. APHA – AWWA - WPCF (1992). Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales. Ediciones Díaz de Santos, S.A. Madrid- España.
  6. MUNRO, D. (1999). Impacto de la actividad minera. Revista: Nuestro futuro común. Chile
  7. MORAN, R. (2000). El Cianuro en la minería: Algunas observaciones sobre la química, toxicidad y análisis de las aguas asociadas a la minería. Golden – Colorado – USA.
  8. MANCILLA, O.R. y Col (2012). Metales Pesados Totales y Arsénico en el Agua para Riego. Revista Int. Contaminación ambiental. Volumen 28. Pág. 39-48. Puebla y Veracruz – Mexico.
- [http://www.digesa.com.pe/calidad del agua.](http://www.digesa.com.pe/calidad-del-agua)  
Visitado: 20-02-15
2. RAINBOW, P. (1995). Biomonitoring of heavy metal availability in the marine environment. Mar. Poll. Bull 31 (4 – 12): 183 -192. Disponible: <http://users.uoa.gr/~kelepert/pdf/Heavy%20metals%20baseline%20baseline%20concentrations%20in%20soft%20tissues%20of%20Patella%20sp.%20from%20the%20Stratoni%20coastal%20environment,%20NE%20Greece.pdf>.  
Visitado: 20-02-15.
  3. MARTÍNEZ, L. (2000). Toxicity of nickel in artificial sediment on acetylcholinesterase activity and hemoglobin concentration of the aquatic flea, moina macrocopa. Journal of environmental hydrology 8(4):1-10.  
Disponible: <file:///C:/Users/MASTER/Downloads/hyalella%20diclofenaco.pdf>  
Visitado: 20-02-15
  4. METALES PESADOS: IMPORTANCIA Y ANÁLISIS. Disponible: <https://www.google.com.pe/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=6&cad=rja&uact=8&ved=0CDwQFjAF&url=http%3A%2F%2>

#### LINKOGRAFIA

1. DIGESA. (2008). Calidad del agua. Disponible:

- Fwww.revistasbolivianas.org.bo%2Fpdf%2Frcm%2Fv12n1%2Fv12n1\_a13.pdf&ei=Y2khVc6YNYPusAXr44CYCw&usg=AFQjCNFGERn4cimmESPDzHAoiibDT414hg&bvm=bv.89947451,d.b2w  
Visitado: 25-02-15.
5. JIMENES, D. (2012). Cuantificación de Metales Pesados (Cadmio, Cromo, Níquel y Plomo) en agua superficial, sedimentos y organismos (Crassostrea columbiensis) Ostión de mangle en el puente Portete del Estero Salado (Guayaquil). Tesis para optar el título de Biólogo. Guayaquil-Colombia.  
Disponible: [file:///C:/Users/MASTER/Downloads/A038% 20\(1\).pdf](file:///C:/Users/MASTER/Downloads/A038%20(1).pdf)  
Visitado: 04-04-15.
  6. DEFINICION DE SOLUBILIDAD.  
Disponible: <http://geologiavenezolana.blogspot.com/.../solubilidad-de-los-minerales.html>  
Visitado: 05-03-16.
  7. TIPOS DE AGUA. Disponible: [http://www.cuidoelagua.org/empapate/origendelagua /tiposagua.html](http://www.cuidoelagua.org/empapate/origendelagua/tiposagua.html)  
Visitado: 11-08-16.
  8. ÁREAS DE CONSERVACIÓN.  
Disponible: [http://es.wikipedia.org/wiki/%C3%81rea\\_de\\_conservaci%C3%B3n](http://es.wikipedia.org/wiki/%C3%81rea_de_conservaci%C3%B3n)  
Visitado: 04-03-15
  9. Normas legales-Estándares de Calidad Ambiental Perú. 2008.  
Disponible: [http://www.digesa.minsa.gob.pe/publicaciones/descargas/reglamento\\_calidad\\_agua.pdf](http://www.digesa.minsa.gob.pe/publicaciones/descargas/reglamento_calidad_agua.pdf)  
Visitado: 04-03-16.
  10. DEFINICIÓN DE MINERÍA ILEGAL.  
Disponible: [http://es.wikipedia.org/wiki/Miner%C3% ADa\\_ilegal\\_en\\_Per%C3%BA](http://es.wikipedia.org/wiki/Miner%C3%ADa_ilegal_en_Per%C3%BA)  
Visitado: 04-03-15.
  11. DEFINICION CIANURO. Disponible: <http://es.wikipedia.org/wiki/Cianuro>  
Visitado: 04-04-15.
  12. DEFINICION DE SOLUBILIDAD.  
Disponible: <http://geologiavenezolana.blogspot.com/.../solubilidad-de-los-minerales.html>  
Visitado: 05-03-16.
  13. LEY GENERAL DEL AMBIENTE.  
Disponible: [http://cdam.minam.gob.pe/novedades/ leygeneralambiente2.pdf](http://cdam.minam.gob.pe/novedades/leygeneralambiente2.pdf)  
Visitado: 11-08-16.
  14. LEY DE RECURSOS HIDRICOS.  
Disponible:

[http://www.ana.gob.pe:8090/media/7747/ley\\_recursos\\_hidricos\\_29338.pdf](http://www.ana.gob.pe:8090/media/7747/ley_recursos_hidricos_29338.pdf)

15. REGLAMENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO. Disponible:

[http://www.digesa.minsa.gob.pe/publicaciones/descargas/reglamento\\_calidad\\_agua.pdf](http://www.digesa.minsa.gob.pe/publicaciones/descargas/reglamento_calidad_agua.pdf)

Visitado: 11-08-16.

16. ESTÁNDARES NACIONALES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUA. Disponible:

[http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wpcontent/uploads/sites/22/2013/10/ds\\_002\\_2008\\_eca\\_agua.pdf](http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wpcontent/uploads/sites/22/2013/10/ds_002_2008_eca_agua.pdf)

Visitado: 11-08-16.

17. LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES PARA MINERIA: Disponible:

<http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2015/12/Decreto-Supremo-N%C2%B0-015-2015-MINAM.pdf>

Visitado: 11-08-16.

18. CONCESION PARA CONSERVACION EL BREO.

Disponible:

<https://aprobocelbreo.wordpress.com/acerca-de-nosotros/> Visitado: 04-04-15