



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

---

**FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE**  
**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**“BIOACUMULACIÓN DE METALES PESADOS EN PECES Y ANÁLISIS DE AGUA  
DEL RÍO SANTA Y DE LA LAGUNA CHINANCOCHA-LLANGANUCO PERIODO  
2012 – 2013”**

**Tesis para Optar el  
Título Profesional de Ingeniera Ambiental**

**Autor(es):** Bach. Álvarez Jaramillo Rommel  
Bach. Amancio Murillo Fredy Aurelio

**Asesor:** Dr. Julio Palomino Cadenas

**HUARAZ - ANCASH- PERÚ**  
**Marzo - 2014**

**DEDICATORIA:**

La presente Tesis profesional, la dedicamos

A nuestros padres, que siempre estuvieron presente que fueron la palanca en la cual se Apoyó nuestra vida.

## **AGRADECIMIENTO**

- A la Universidad Nacional “Santiago Antúnez de Mayolo”, por impartir conocimientos acordes a nuestra realidad y problemática actual con el futuro de nuestro planeta en nuestra formación académica.
- A los profesores, quienes nos hicieron partícipes de nuestra realidad futura y el cuidado del Medio Ambiente.
- Al Dr. Julio Palomino Cadenas, asesor de esta tesis, por su respaldo y corrección permanente para culminar con éxito este estudio.
- A todas aquellas personas que desinteresadamente nos apoyaron y asesoraron para hacer esta Tesis Profesional.
- A nuestros padres quienes nos brindaron el soporte emocional para la culminación de este estudio.

## **RESUMEN.**

En este trabajo se presenta la evaluación de la concentración de metales pesados en el agua y los peces. Para la muestra de cada punto se consideró tres individuos por cada especie. La metodología empleada para la determinación de Hierro, Cobre, Plomo, Cadmio, Cromo y Zinc fue el método de espectrofotometría de absorción atómica (EEA), y para la determinación de Mercurio se efectuó por la EEA acoplado la Cámara de vapor frío en el laboratorio SAG. De acuerdo a los resultados se observó que en todo los puntos donde se muestreo de la Cuenca del Ríos santa, tanto en creciente como en vaciante, superaron los límites máximos permisibles con respecto a la acumulación de plomo, Zinc y cromo comparados con los Límites Máximos Permisibles reportados por las Normas Internacionales. Con respecto al mercurio, no se encontraron en los diferentes puntos, de la Cuenca tampoco pasaron el límite máximo permisible cuando fueron comparados con los valores reportados por las Normas Internacionales.

Se han determinado las concentraciones de los metales pesados en hígado, branquia, Gónadas y músculo de peces, procedente de ocho puntos de la cuenca del río Santa. La distribución de concentraciones es de tipo normal-logarítmico y existe una retención preferente de aluminio, manganeso y zinc en las branquias, mientras el hígado acumula cadmio, hierro y cobre.

## I. INTRODUCCION.

Los contaminantes ambientales importantes son aquellos que tienden a acumularse en los organismos, que son persistentes debido a su estabilidad química o escasa biodegradabilidad. Entre los innumerables contaminantes, la contaminación por metales pesados en el medio ambiente se ha convertido en un fenómeno de interés mundial debido a su toxicidad, persistente durante varias décadas en el medio acuático, así como a su bioacumulación y biomagnificación en la cadena alimenticia (Rajeshkumar & Munuswamy, 2011).

Los metales pesados causan graves efectos tóxicos en los animales acuáticos especialmente en los peces. El mercurio, plomo y el Arsenio constituyen los tres elementos causantes de mayores efectos adversos en la salud en base a su toxicidad y actuales niveles de exposición. El mercurio (Hg) es considerado históricamente como un contaminante ambiental devastador y está situado en la “lista negra” de la Comunidad Económica Europea debido a su alta toxicidad, persistencia y Bioacumulación en el ecosistema por lo que es considerado como un contaminante de prioridad (Marrugo – Negrete et al, 2008; Hassan et al, 2010).

En el Perú, existen reportes de la presencia de este metal en ambientes acuáticos asociados a la inadecuada eliminación de residuos sólidos por parte de la actividad minera, en la cuenca del río Santa se desarrolla una intensa actividad minera que data de principios del siglo XX. En la actualidad, existen diecisiete centros mineros importantes con plantas procesadoras en operación, y paralizadas, que se ubican principalmente en la cuenca alta. Estas operaciones representadas por la explotación polimetálica (Plomo, plata, Zinc y cobre), Aurífera, Carbón (antracita) y de no metales (cal) entre la polimetálicas están Amapola, Admirada Atila (Aija), Lincula (Recuay), Pucarraju, Domingo Sabio, Santa Luisa, Pachapaqui, Aquia y San Martín de Porres (Bolonesi), Toma la mano y Caudaloso (Quebrada Honda), Entre las Acuíferas tenemos nueva California (Yungay) y pierina (Huaraz). Y en este aspecto se ha visto la crianza de los peces en los ríos y lagos que otorgan un ecosistema propicio para el desarrollo de esta actividad, es por ello la preocupación ante un riesgo de acumulación de metales pesados en niveles tóxicos en los peces. Resultantes

de las operaciones mineras que tiene efectos negativos bien conocidos sobre la calidad del agua, así como la flora y fauna, reduciendo la biodiversidad y perjudicando los usos benéficos del agua superficial y subterráneo, así mismo los impactos negativos ocurren en una escala tiempo mucho más corta, y la adaptación biológica de las especies afectadas puede no ser capaz de sobrellevar estos cambios ambientales. Por lo tanto, un rápido aumento de los contaminantes puede poner en peligro la salud física de los peces, así como las poblaciones humanas que dependen de ellos para su subsistencia (Jewett & Duffy, 2007).

Los elementos frecuentes asociados con el drenaje ácido de las minas son plata(Ag), Arsénico(As), Cadmio(Cd), Cromo(Cr), Cobre(Cu), Mercurio(Hg), Níquel(Ni), Plomo(Pb), Selenio(Se) y Zinc(Zn), que suelen ser potentes toxinas y su bioacumulación en los tejidos de los peces puede llevar a la intoxicación, disminución de la fertilidad, daño celular y tisular, muerte celular y disfunción de varios órganos y sistemas que pueden acumularse fácilmente a concentraciones potencialmente nocivas en peces, la fauna piscícola y seres humanos ( Olivera Ribeiro et al., 2005).

Esta biomagnificación de MeHg es especialmente evidente debido a que los animales acumulan MeHg más rápido de lo que eliminan y porque el MeHg se acumula de manera más eficiente a partir de los alimentos que de Hg en forma inorgánica como  $Hg^2$ , por lo tanto el MeHg se convierte en una amenaza para la salud humana. Los niveles más altos se presentan en los peces carnívoros de gran tamaño tanto en las aguas dulces y saladas. El MeHg constituye aproximadamente un 75% de mercurio en agua marina y cerca del 90% en los agua dulce (Hassan et al., 2010).

### **1.1. Observación y Antecedentes del Problema Ambiental.**

La contaminación por metales pesados es un tema de actualidad tanto en el área ambiental y como en la salud pública. Principalmente debido al impacto negativo que ha dejado en la percepción pública. Metales pesados como: Plomo, arsénico, aluminio, cadmio, entre otros, han sido utilizados desde hace mucho tiempo en distintas aplicaciones industriales y domésticas, sin tener un conocimiento preciso de los posibles perjuicios que

pueden causar. No solo los metales pesados contaminan suelo, aire y agua en su forma elemental, sino también como componentes de pesticidas, fertilizantes y lixiviados de minas. Etc. Muchas industrias vierten importantes cantidades de sustancias altamente tóxicas a las aguas de los ríos, las cuales se emplean para riego agrícola.

Gracias al avance de la ciencia y la tecnología, hoy en día se conoce mucho más sobre los efectos que tienen estos elementos en distintos ámbitos. Si nos remontamos a la década de 1970 podríamos darnos cuenta de que aún no se les consideraban contaminantes importantes. Por tal razón. No ponerles suficiente atención desde un principio permitimos que ocurrieran graves problemas en la salud y la pérdida de la fauna ictiológica en los ríos.

A pesar de las abundantes pruebas que demuestran los efectos nocivos que causan a la salud y la pérdida de vida acuática en las vías fluviales, la exposición a metales pesados, continúa y puede aumentar por falta de una política responsable y concreta para evitarlo. Por ejemplo el mercurio (Hg) todavía se utiliza en algunas minas de oro de América Latina, e incluso en países desarrollados. En Bolivia los residuos tóxicos arrojados por una mina de zinc en los Andes fueron los causantes de terminar con la vida acuática algo de 300 km de vías fluviales. En 1996. Uno de los casos más sonados de intoxicación por metales pesados en peces fue lo que ocurrió en Minamata, Japón, hacia mediados de los '50, la gente de Minamata empezó a notar síntomas extraños en el entorno: gatos que bailaban, pájaros en vuelo que súbitamente caían a la tierra y, peor aún, comportamientos anómalos en los seres humanos, como discursos sin sentido, movimientos involuntarios, desmayos y hasta ceguera. El pánico se generalizó en Minamata, al no poder identificarse inicialmente el origen del mal.

Se calcula que durante los años 1932 y 1968 se vertieron más de 81 toneladas de Mercurio a la bahía, hasta que se cambió el proceso de síntesis ese mismo año por uno menos contaminante.

Los principales síntomas de la enfermedad son ataxia, alteración sensorial en manos y pies, deterioro de los sentidos (vista y oído), debilidad, parálisis y muerte.

En Madre de dios (Perú), desde décadas atrás este problema de la minería aunque dio muchos beneficios económicamente, también ha perjudicado toda la región sin darse cuenta el gran daño que provocaban a su propio pueblo, es por ello que tenemos que velar por el ecosistema. No se puede permitir que destruyan ríos y cauces, y que los peces estén con alto contenido de mercurio 300% más de lo que se permite internacionalmente, La actividad minera ha modificado profundamente el paisaje ribereño. Donde antes había playa hay ahora montañas de rocas y palos de madera enclavados en el agua que los mineros usan para colocar plataformas en las que trabajar.

Madre de Dios es uno de los lugares con mayor diversidad biológica y con una riqueza aurífera excepcional. Cabe mencionar este departamento posee un mayor contenido de peces la cual se convierte en una actividad económica para los pobladores directa o indirectamente. (IMA, 1995).

Actualmente en madre dios se promulgo un decreto de Urgencia N° 012-2010, que consta de que no exista el funcionamiento de minerías informales y con el fin de remediar los desastres ecológicos que pudieron causar y formalizando las actividades mineras auríferas. Aunque muchos de los pobladores no están en desacuerdo, ya que la minería ha sido principal fuente de empleo perdiendo 20.000 puestos de trabajo en esta región. (MINAM, 2010).

Los drenajes ácidos de antiguas explotaciones de minerales, como los que ocurren a lo largo de la cuenca del río Santa, son una de las principales fuentes de contaminación de las aguas superficiales y subterráneas en el mundo y constituyen un riesgo para la salud humana. Debido a que este problema puede persistir durante décadas e incluso cientos de años una vez finalizado el ciclo productivo, existe la necesidad de aplicar tecnologías basadas en sistemas de tratamiento pasivo de alta eficiencia y de bajo costo de operación y mantenimiento respecto a los procesos de tratamiento activo. Los métodos de tratamiento pasivo se basan en los mismos procesos físicos, químicos y biológicos que tienen lugar en los humedales naturales (wetlands), en donde se modifican las condiciones de pH de los drenajes ácidos de mina,



y se favorece la formación de especies de metales insolubles y la retención de cationes metálicos.

La comunidad vegetal presente en los humedales muestra un gran potencial de adaptación a condiciones adversas. Esto contribuye a que el ecosistema del humedal pueda revertir tal situación a las condiciones de un sistema más estable mediante el secuestro de metales, formación de substrato para la proliferación de la comunidad microbiana biorremediadora y recuperación significativa del escenario ambiental (Palomino, y otros, 2008). Los componentes de los humedales, como plantas, bacterias y substrato orgánico, actúan sinérgicamente sobre los drenajes ácidos, recuperando el pH e inmovilizando los metales pesados a través de procesos conocidos como biosorción, bioacumulación, quimiosorción, biomineralización, biotransformación y bioprecipitación (Anderson, 1995).

## **1.2. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.2.2. FORMULACION DEL PROBLEMA.**

¿La bioacumulación de metales pesados en los peces que viven en el Rio Santa será la misma que en los de la Laguna Chinancocha-Llanganuco?

## **1.3. OBJETIVOS.**

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

- ✓ Comparar los niveles de bioacumulación de metales pesados en los peces que viven en el río Santa con los que viven en la laguna Chinancocha-Llanganuco.

### **1.3.2. Objetivos Específicos.**

- ✓ Determinar la concentración de metales totales en el agua del Río Santa y en la Laguna Chinancocha-Llanganuco.
- ✓ Determinar la concentración de metales totales en los peces-truchas que viven en el río Santa y en la laguna Chinancocha-Llanganuco.

- ✓ Determinar el Factor de Bioconcentración de metales totales en peces-truchas que viven en el río Santa y en la Laguna de Chinancocha-Llanganuco  $FBA = [MP]_{\text{pez}}/[MP]_{\text{agua}}$

#### **1.4. Justificación.**

Debido a su toxicidad la presencia de metales pesados en aguas y sedimentos del río Santa representa un serio problema para la flora y fauna ictiológica así como la salud de los moradores de las poblaciones que se sirven de este río por la presencia de metales como el plomo, cadmio, mercurio etc. Que afecta al sistema nervioso central lo cual se traduce en retraso mental especialmente para los niños.

El conocimiento de los niveles de contaminación por metales pesados permitirá la toma de decisiones en el campo de la salud y medio ambiente. En general en el plano social repercutiendo positivamente en la realidad nacional ancashina.

En la actualidad, el método más usado para evaluar la calidad de los recursos hídricos es el análisis físico químico. Si bien éste ofrece datos precisos, sólo revela las condiciones del instante de la toma de muestra, y no permite hacer una estimación de los impactos ecológicos de la contaminación. Una forma más adecuada de abordar este problema es el monitoreo biológico mediante organismos indicadores como (Macroinvertebrados, Ictiofauna, etc.), los cuales son sensibles a los cambios del entorno e integran información actual y pasada sobre la calidad de los ambientes acuáticos. Como parte de esta aproximación, el uso de índices bióticos es una de las estrategias más aplicadas para evaluar la calidad biológica del agua y el deterioro o recuperación de estos ecosistemas. Esta herramienta de diagnóstico ha demostrado ser eficiente en la detección de puntos de alteración, en el cartografiado de la calidad de aguas a nivel de cuenca, y en la determinación del uso más adecuado de los recursos hídricos. De esta manera, las variaciones en la composición de sus comunidades pueden interpretarse como signos evidentes de algún tipo de alteración en el agua. Los índices bióticos son parte de la legislación ambiental en diferentes países

y son un criterio indispensable en el desarrollo de estudios de impacto ambiental.

### **1.5. Hipótesis.**

La bioacumulación de metales pesados en los peces que viven en el río Santa es mayor a la encontrada en los peces que viven en la Laguna Chinancocha - Llanganuco.

## **II. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL.**

### **2.1. Bioacumulación.**

Proceso de acumulación de sustancias químicas en organismos vivos de forma que estos alcanzan concentraciones más elevadas que las concentraciones en el medio ambiente o en los alimentos.

### **2.2. Biomagnificación.**

Proceso por el cual los organismos que están en un nivel trófico superior acumulan un compuesto a concentraciones mayores que las encontradas en el agua o incluso en el material particulado.

### **2.3. Metal.**

Elemento químico caracterizado por una fuerte conductividad térmica y eléctrica, brillo peculiar (metálico), aptitud para la deformación y una marcada tendencia a formar cationes.

### **2.4. Metales pesados**

Grupo de elementos de P.M. 63,5 a 200,6 con una distribución electrónica similar en su capa externa

- Presentes en cantidades pequeñas o trazas en el ambiente
- Esenciales(activación de metaloenzimas, proteínas de estrés, transporte de oxígeno, actividades redox, etc.) y no esenciales
- Presentes en tejidos biológicos, típicamente como cationes divalentes, libres o ligados a residuos sulfhidrilo, hidroxilo, carboxilo, imidazol, etc. de proteínas, ácidos nucleicos, etc.

## **2.5. Movimiento de residuos de metales pesados en el Ambiente**

Las sales solubles en agua de los metales pesados como el plomo, cadmio y mercurio son muy tóxicos y acumulables por los organismos que los absorben, los cuales a su vez son fuente de contaminación de las cadenas alimenticias al ser ingeridos por alguno de sus eslabones.

Si bien los metales pesados tienen una actividad tóxica reconocida a concentraciones altas, los organismos vivos tienen necesidad vital de alguno de ellos, ya que son necesarios para diversas funciones fisiológicas.

## **2.6. Distribución y niveles de metales pesados en agua**

La concentración de metales en agua superficial contribuye a la acumulación de metales en branquias y riñón de peces. Las branquias se exponen a metales a través del agua ya que están constantemente en contacto directo. Los riñones están expuestos a los metales del agua porque la sangre fluye desde las branquias a la arteria carótida, que aporta sangre al riñón. (Farell, 1993)

En general, el orden de acumulación de metales pesados en la red trófica es como sigue: capa biológica=sedimentos>invertebrados>peces (Deacon & Driver , 1999). Aunque las concentraciones absolutas de metales están más elevadas en la capa biológica y sedimentos, se ha cuestionado que los metales se biomagnifiquen en peces.

Los datos de un estudio realizado por (Frag, y otros, 1998), demuestran que los metales. Son biodisponibles y que aunque no se biomagnifiquen a través de niveles tróficos, sí se bioacumulan a concentraciones que causen efectos fisiológicos en peces.

## **2.7. Niveles de metales pesados en invertebrados acuáticos**

Los metales presentes en los tejidos de invertebrados nos documentan una ruta a través de la cual los metales se mueven hacia arriba en la cadena trófica. Tanto es así, que los invertebrados pueden influir en las concentraciones de los metales acumulados en los macroinvertebrados bénticos y por tanto en peces.

## **2.8. Distribución y niveles de metales pesados en peces**

Los metales pesados pueden entrar en los peces por 3 posibles vías: a través de las branquias, considerada como la vía más directa e importante, a través de la ingestión de comida, también importante, y por último y con una importancia menor, a través de la superficie corporal (Amundsen, 1997).

## **2.9. Factores que afectan la acumulación de metales pesados en peces.**

El medio acuático puede ser dividido en tres compartimentos principales: agua, sedimentos y organismos vivos. Los elementos metálicos naturalmente presentes en el medio ambiente o introducidos artificialmente por las actividades humanas se reparten en estos compartimentos en función de diferentes mecanismos de naturaleza química, física o biológica. Los intercambios entre estos compartimentos estarán influenciados por las variaciones de los factores ecológicos abióticos (características físico-químicas del agua y de los sedimentos) o bióticos (hábitat, régimen alimentario, naturaleza y cantidad de alimento disponible) y por las variaciones del débito fluvial según las estaciones y fluctuaciones climatológicas (Anadon, y otros, 1984)

### **➤ Vía de entrada de los metales pesados. Ingestión versus absorción de agua.**

Las branquias son el principal lugar de ingreso para sustancias disueltas en el agua. Este tejido está expuesto a cantidades mucho mayores de tóxicos que los pulmones de un animal terrestre. En las branquias el agua y la sangre fluyen a contracorriente, el epitelio es muy delgado, sólo dos capas de células, con una gran área de contacto.

Hay tóxicos que son principalmente absorbidos de los alimentos y otros del agua respirada. Por ejemplo; el 90% del mercurio acumulado en los peces entra vía la ingesta.

### **➤ Dieta**

La dieta y hábitos alimenticios pueden condicionar los niveles de metales pesados ingeridos. (Kock, 1998) encontraron una correlación

positiva entre el contenido de Pb de la ingesta y sus niveles en estómago e intestino de los peces.

➤ **Estación del año**

La estación del año no es un factor que influya de forma directa en la acumulación de metales pesados en los peces. Son otros factores relacionados con los cambios estacionales, como la composición de la dieta (comentada anteriormente) y las precipitaciones (agua de escorrentía) las que más influyen.

➤ **Concentración de sales en agua.**

El Ca sobre todo y menos el Mg, compiten con los mismos sitios de unión que los metales pesados, sobre todo en las branquias de los peces. De esta forma existirá una relación negativa entre los iones de Ca y Mg del agua (dureza) y la asimilación de metales pesados.

➤ **Diferencias Interespecíficas.**

Existen diferencias de acumulación de metales entre las distintas especies. Esto ha sido comprobado por casi todos los estudios realizados sobre acumulación de metales en diversas especies que comparten el mismo hábitat (Amundsen, 1997). A grandes rasgos, las diferencias de acumulación entre especies parecen estar relacionado con el estatus trófico que ostentan.

## **2.10. Toxicidad de metales pesados para los peces.**

Se podría establecer tres umbrales críticos para el contenido de metales: un primer umbral, a nivel de trazas, donde los metales esenciales juegan su papel de activadores enzimáticos indispensables en el metabolismo; un segundo umbral, que determina una absorción pasiva, donde los metales van acumulándose en ciertos órganos; y un tercer umbral, incompatible con los fenómenos vitales, que desencadena procesos de defensa que tienden a disminuir la permeabilidad y el paso de estos metales a través de las membranas celulares (Labat, y otros, 1974)

- Toxicidad del Zinc
- Toxicidad del Cadmio

- Toxicidad del Plomo
- Toxicidad del Cobre
- Toxicidad del Cromo
- Toxicidad del Mercurio, etc.

### **2.11. pH del agua**

El pH es una medida de la concentración de iones de hidrógeno en el agua. Aguas fuera del rango normal de 6 a 9 pueden ser dañinas para la vida acuática (por debajo de 7 son ácidas y por encima de 7 son alcalinas). Estos niveles de pH pueden causar perturbaciones celulares y la eventual destrucción de la flora y fauna acuática.

### **2.12. Conductividad**

Al determinar la conductividad se evalúa la capacidad del agua para conducir la corriente eléctrica, es una medida indirecta la cantidad de iones en solución (fundamentalmente cloruro, nitrato, sulfato, fosfato, sodio, magnesio y calcio). La Conductividad en los cuerpos de agua dulce se encuentra primariamente determinada por la geología del área a través de la cual fluye el agua (cuenca). Por ejemplo, aguas que corren en sustrato graníticos tienden a tener menor conductividad, ya que ese

Sustrato está compuesto por materiales que no se ionizan. Descargas de aguas residuales suelen aumentar la conductividad debido al aumento de la concentración de  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{SO}_4^{2-}$ , u otros iones. Debe tenerse en cuenta que derrames de hidrocarburos (aceites, petróleo), compuestos orgánicos como aceites, fenol, alcohol, azúcar y otros compuestos no ionizables (aunque contaminantes), no modifican mayormente la Conductividad.

### **2.13. Oxígeno Disuelto**

El Oxígeno Disuelto (OD) es la cantidad de oxígeno que está disuelta en el agua y que es esencial para los riachuelos y lagos saludables. El nivel

de oxígeno disuelto puede ser un indicador de cuán contaminada está el agua y cuán bien puede dar soporte esta agua a la vida vegetal y animal. Generalmente, un nivel más alto de Oxígeno disuelto indica agua de mejor calidad. Si los niveles de oxígeno disuelto son demasiado bajos, algunos peces y otros organismos no pueden sobrevivir.

#### **2.14. Temperatura**

Es uno de los parámetros físicos más importantes en el agua, pues por lo general influye en el retardo o aceleración de la actividad biológica, la absorción de oxígeno, la precipitación de compuestos, la formación de depósitos, la desinfección y los procesos de mezcla, floculación, sedimentación y filtración.

Múltiples factores, principalmente ambientales, pueden hacer que la temperatura del agua varíe continuamente.

#### **2.15. Turbiedad**

La turbidez se refiere a lo clara o turbia que pueda estar el agua. El agua clara tiene un nivel de turbidez bajo y el agua turbia o lodosa tiene un nivel alto de turbidez. Los niveles altos de turbidez pueden ser causados por partículas suspendidas en el agua tales como tierra, sedimentos, aguas residuales y plancton. La tierra puede llegar al agua por la erosión o el escurrimiento de tierras cercanas. Los sedimentos pueden ser revueltos por demasiada actividad en el agua, ya sea por parte de los peces o los humanos. Las aguas residuales son el resultado de las descargas de agua y los altos niveles de plancton pueden deberse a nutrientes excesivos en el agua.

### **III. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA EN ESTUDIO.**

#### **3.1. Ubicación geográfica.**

La Cuenca del Santa está localizada en el Departamento de Ancash, región centro-norte del Perú. Comprende una de las reservas de agua más importantes del país que abastece a la costa central, donde se asienta aproximadamente el 70% de la población, la industria y la economía. Se origina en la Laguna Conococha (3944 m.s.n.m), la cual se alimenta de la



Laguna Aguascocha (extremo sur-este del Callejón de Huaylas). Recorre un espacio comprendido entre los 10°08' y 8°04' de latitud Sur y los 78°38' y 77°12' de longitud Oeste. Atraviesa las provincias de Bolognesi (29100 hab), Recuay (18400 hab), Huaraz (145000 hab), Carhuaz (45700 hab), Yungay (58900 hab), Huaylas (58000 hab), Corongo (9300 hab), Pallasca (28800 hab) y Santa (391000 hab) en Áncash; y Santiago de Chuco y Huamachuco en La Libertad.

#### **4.3.1 Hidrografía:**

El Río Santa recorre 316 km de sur a norte, desde las cumbres de la Cordillera Occidental de los Andes (Cordillera Blanca) hasta el nivel del mar, con una pendiente de 1,4% a lo largo de todo su curso y de 4% en la zona del Cañón del Pato. La cuenca cubre una superficie colectora de 14954 km<sup>2</sup>, de los cuales 12412 km<sup>2</sup> son de cuenca húmeda. Tiene un rendimiento medio anual de 44589 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup> y una descarga media anual de 143 m<sup>3</sup>/s (Max. 1500 m<sup>3</sup>/s de enero a mayo – min. 25 m<sup>3</sup>/s de julio a setiembre), que lo convierten en uno de los ríos más regulares de la costa peruana. Con un volumen medio anual de 4000 millones de m<sup>3</sup> (MMC), abastece a más de 15 centrales hidroeléctricas que producen 473 MW/año. La cuenca alberga además 162 lagunas, de las cuales 34 exceden el MMC de capacidad.

Se encuentran dos áreas de precipitación en la cuenca: la zona seca o baja (0 - 1800 m.s.n.m), con menos de 250 mm/año, y la zona húmeda o alta (1800 - 4200 msnm), entre 250 y 1200 mm/año. El 80% de lluvias se da entre diciembre y marzo. En la cuenca se cultiva bajo riego 47807 Ha (617 MMC).

#### **4.4 Población:**

- a)** Aguas del Río Santa y de la Laguna de Chinancocha-Llanganuco
- b)** Peces que viven en el Río Santa y en la Laguna de Chinancocha-Llanganuco.

## **IV. METODOLOGÍA DE MUESTREO DE AGUA Y DE PECES**

### **4.1. Métodos.**

Para la elaboración de la tesis se usarán los siguientes métodos:

- Inductivo - Deductivo
- Analítico – Sintético.

El método utilizado para la evaluación de los impactos generados por metales pesados en peces y agua en el Río Santa se divide en tres etapas:

#### **4.1.1. ETAPA: PRE-CAMPO.**

En esta etapa se realizará la revisión Bibliográfica y cartográfica, revisión de métodos, recopilación de datos así como la consulta a especialistas.

#### **4.1.2. ETAPA: CAMPO.**

Establecimiento de muestreo de Ictiofauna y Agua en el trayecto del Río Santa Cuenca alta y Media y la Laguna Chinancocha-Llanganuco.

**4.1.2.1. Parámetros de Mediciones en campo del Agua:** pH, conductividad, oxígeno disuelto, temperatura, turbiedad.

##### **4.1.2.2. Muestreo:**

- **Agua:** Extracción, conservación y transporte.
- **Peces (truchas):** Extracción (pesca con atarraya, electrofisher o anzuelo), Medición del tamaño con el ictiómetro, conservación y transporte.

#### **4.1.3. ETAPA DE LABORATORIO.**

##### **4.1.3.1. Análisis de agua:**

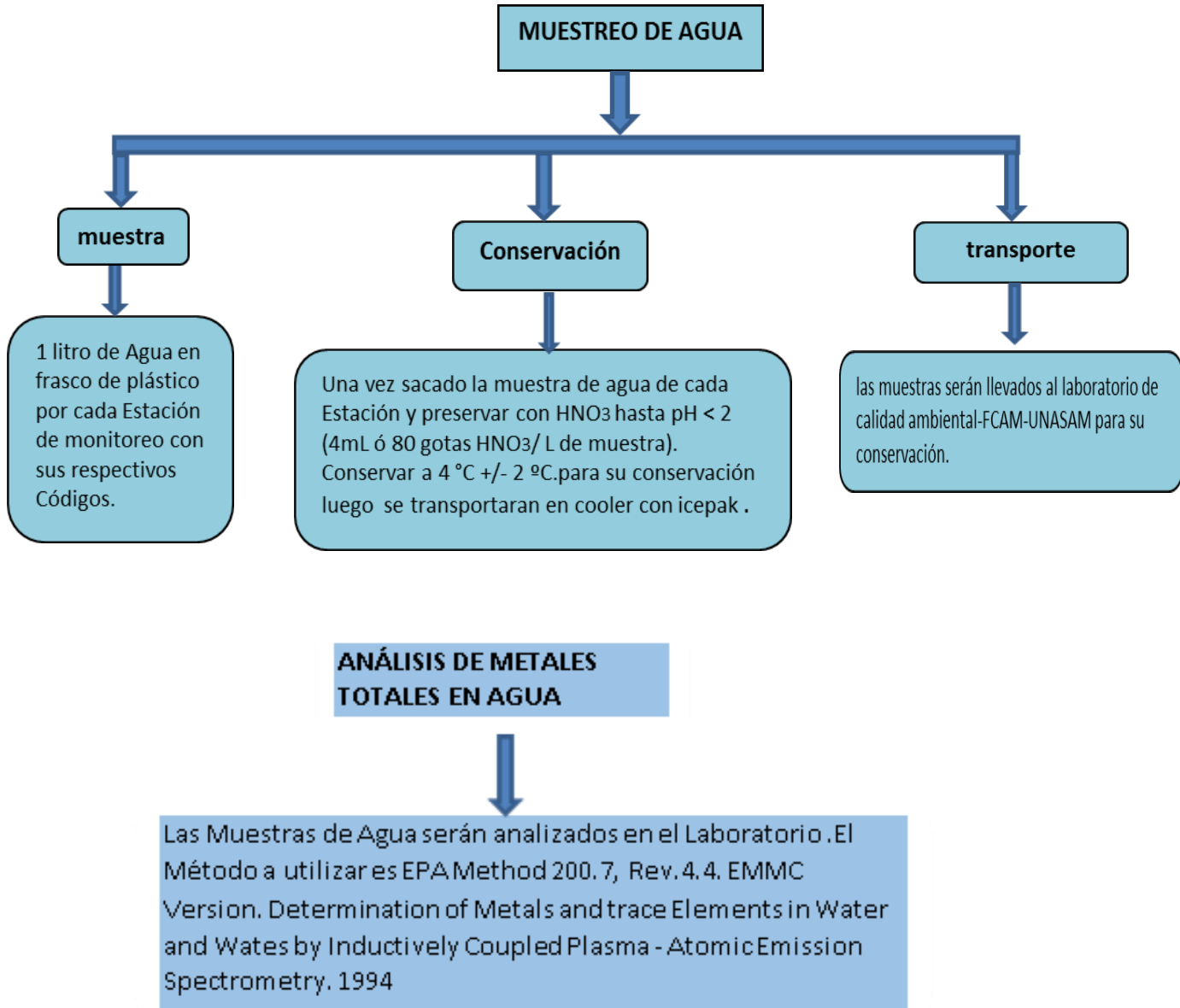
Determinación de metales totales con su respectivo método o referencia APHA o EPA Method 200.7 REV.4.4 (1994).determination of metals and trace element in water and wastes by inductively coupled plasma-Atomic Emission Spectrometry. Y para el Hg se utilizará SAG-120201-Método validado. Arrastre de vapor Frío-ICP.

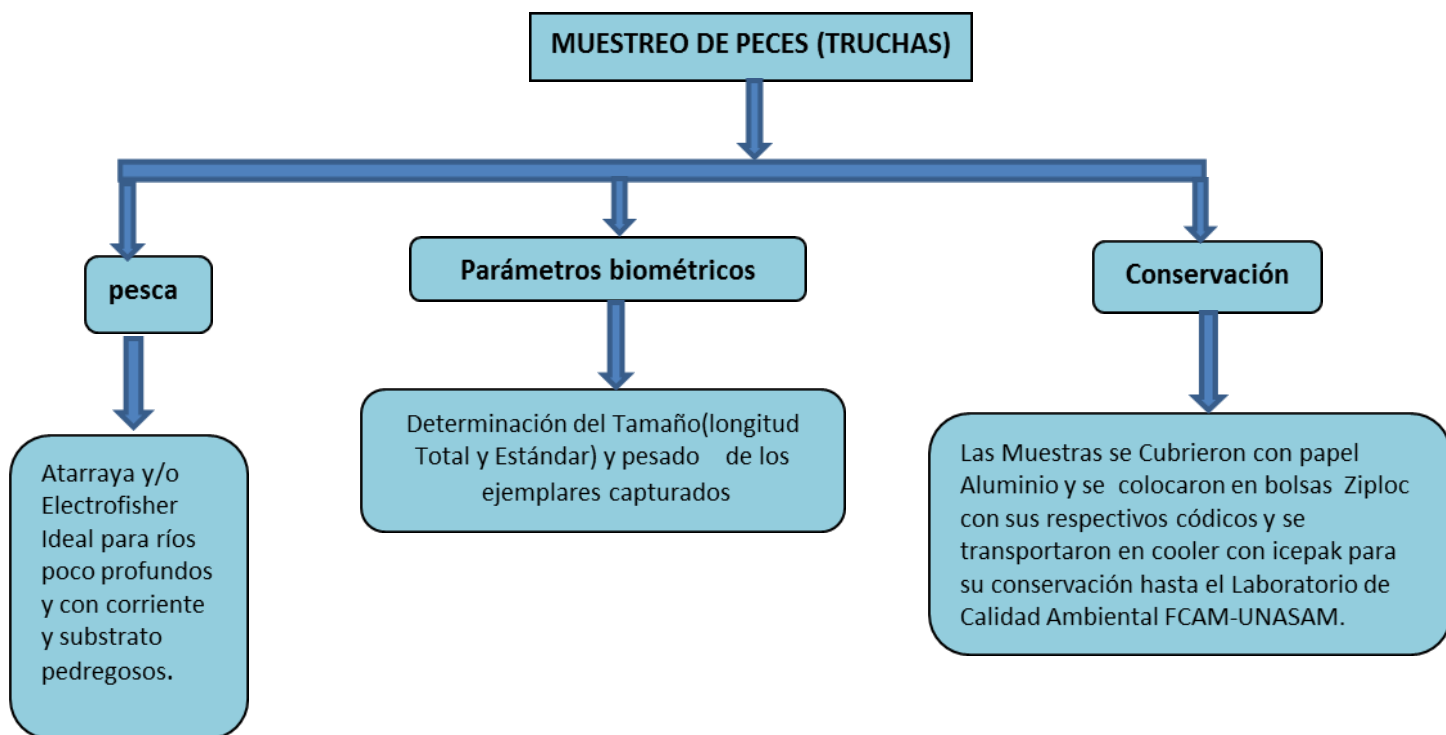
##### **4.1.3.2. Análisis de peces:**

Conservación y análisis de metales totales en Laboratorio.

#### 4.1.4. ETAPA: GABINETE FINAL.

- Base de datos.
- Determinar el Factor de Bioacumulación (FBA)
- Procesamiento Estadístico, Interpretación de resultados estadísticos.



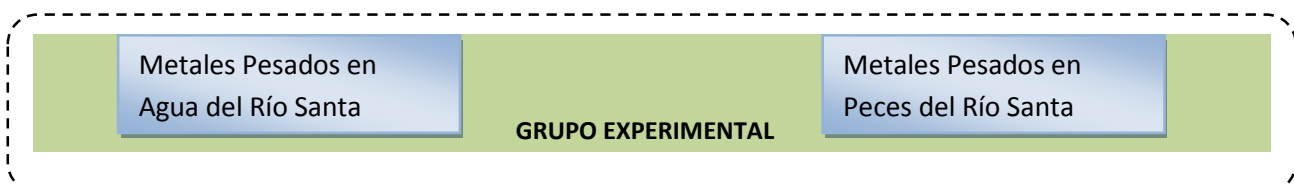
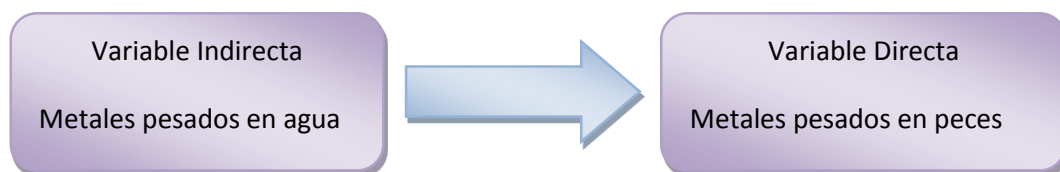


## ANÁLISIS DE METALES TOTALES EN PECES (TRUCHAS)

Las Muestras de Agua serán analizadas en el Laboratorio. El Método a utilizar es EPA Method 200.7, Rev. 4.4. EMMC Version. Determination of Metals and trace Elements in Water and Wates by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry. 1994

## 4.2. Diseño de Investigación.

El diseño de investigación es de carácter cuasi-experimental porque se va a comparar el comportamiento de los metales pesados (en agua y peces) entre un ambiente no contaminado (Chinancocha - Llanganuco) con otro sí contaminado (Río Santa), en la que se hará uso de técnicas de acopio de información y técnicas de procesamiento y análisis de información, para el primer caso se realizará la obtención de datos de fuentes primarias y de muestreos y para el procesamiento se hará uso laboratorio especializado de la facultad de ciencias del ambiente. La tesis contempla el estudio de las siguientes variables.



## 4.3. Técnicas e Instrumentos de Acopio de Información Valorada.

### 4.3.1. Fuente primaria

Las técnicas e instrumentos de acopio de información son: Los parámetros físico químicos del Agua que se van a medir en campo con el

Multiparamétrico, Turbidímetro, Ictiómetro (medida del tamaño del pez) Insitu y para la pesca atarraya y/o Electrofisher , las muestras tanto de peces y agua se van a hacer en el Río Santa Cuenca Alta y Media siendo éstas muestras Experimentales y en la laguna Chinancocha - Llanganuco como Muestras Control. Luego las muestras de agua y de peces serán llevados para sus respectivos análisis al laboratorio SAG s.a.c (Servicios analíticos Generales) en la ciudad de Lima.

#### **4.3.2. Fuente secundaria:**

Revisión documental como libros, resúmenes, publicaciones especializadas haciendo uso de fichas bibliográficas consulta a especialistas, utilización de Internet.

También se realizara los muestreos de peces y agua en los diferentes puntos de la franja del Río Santa para su análisis cuantitativo y cualitativo.

#### **4.4. Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos.**

Se utilizarán programas de tratamiento estadístico de los datos obtenidos en campo en el laboratorio y utilizando el software: ArcGis.

#### **4.5. Diseño y Caracterización de la Muestra.**

##### **a) Muestras de agua:**

En 1 lt. De Agua por cada estación de Monitoreo, las muestras de Agua se sacaron del mismo punto donde se sacaron muestras de Peces.

Se eligieron 11 Estaciones Representativas en el Río Santa-Cuenca Alta y Media cuyos lugares, Altitud y coordenadas UTM son:

## **RÍO SANTA**

LUGAR DE MUESTREO	ALTITUD(m.s.n.m)	COORDENADAS(UTM)	
Laguna Conococha	4037	0249794	8880535
Minera Sacracancha	4019	0248820	8883093
Minera Quenua	4001	0243114	8890184
Puente Ucushchaca	3928	0242988	8895633
Mesapata	3511	0252612	8917743
Recuay	3325	0227956	8929700
Puente Mashhuan	3255	0226260	8933902
Río Santa-MBM S.A	2825	0217543	8958400
Rio Santa - Toma La Mano	2876	0213228	8968022
Mancos	2575	0201267	8982822
Caraz	2256	0190731	8997796

### LAGUNA CHINANCOCHA-LLANGANUCO

Se eligió una Estación cuya Altitud y coordenadas UTM es:

LUGAR DE MUESTREO	ALTITUD(m.s.n.m)	COORDENADAS(UTM)	
Laguna Chinancocha-LLanganuco	3845	0208792	8995517

**b) Muestras de peces:** truchas capturados con atarraya y/o electrofisher.

**Cuadro Nº 01**

## Operacionalización de Variables.

Variables	Definición Conceptual	Indicadores	Parámetros	Instrumentos	Fuente
<b>Independiente:</b> metales pesados en agua		▪ Físicoquímico	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ pH</li> <li>▪ Conductividad</li> <li>▪ Oxígeno Disuelto</li> <li>▪ Temperatura</li> <li>▪ Turbidez</li> </ul>	Multiparámetro	Primaria
		▪ Químico	Metales totales en aguas. (Ag,Al,As,B,Ba,Be,Ca, Cd ,Ce,Co, Cr,Cu ,Fe , K,Li,Mg,Mn,Mo,Na ,Ni ,p , Pb,Sb,Se,Si,Sn,Sr, Ti TI,V,Zn,Hg) + Uranio.	ICP masa modelo	Primaria
<b>Dependiente:</b> Metales pesados en peces		▪ FBA	Metales totales en peces (truchas). (Ag,Al,As,B,Ba,Be,Ca, Cd ,Ce,Co, Cr,Cu ,Fe , K,Li,Mg,Mn,Mo,Na ,Ni ,p , Pb,Sb,Se,Si,Sn,Sr, Ti TI,V,Zn,Hg) + Uranio.	Análisis en el laboratorio S.A.G SAC	Primaria

## V. RECURSOS.

### 5.1. Humanos.

Para la elaboración de la Tesis se contará con la participación de los siguientes profesionales y personal técnico:



- Ingeniero Ambiental.
- Biólogo
- Químico
- Hidrólogo
- Tesistas.

## **5.2. Bienes y Servicios.**

### **5.2.1 Bienes.**

- Libros de la especialidad.
- Revistas de la especialidad.
- Mapa de la cuenca de la santa.
- Computadora personal.
- Software: Microsoft Office, ArcGis.
- Impresora.
- Tinta para impresora.
- Cámara Digital.
- Papel bond A-4 de 80 gr.
- Lápiz.
- Lapicero.
- Borrador.

### **5.2.2 Servicios.**

- Transporte.
- Alimentación.
- Internet.
- Impresión de mapas.
- Fotocopias.
- Anillado.
- Empastado.
- Telefonía.
- Consumo de energía eléctrica.

### **5.2.3 Equipos y Materiales**

- Multiparámetro
- fotoespectrómetro
- Estereoscopio.

- Frascos para recolectar las muestras de agua.
- Red surver o colador.
- Baldes.
- Atarraya
- Ictiómetro
- Bolsas ziploc
- Guantes de Nitrilo

### 5.3. Costo y Financiación.

#### 5.3.1 Costos.

#### Cuadro Nº 02

#### Costos de Tesis.

<b>Nº</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unid.</b>			
<b>1</b>	<b>Bienes</b>	<b>Und.</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>
<b>1.01</b>	Libros de la especialidad.	Unid.	2	80	160
<b>1.02</b>	Revistas de la especialidad.	Unid.	2	15	30

<b>1.03</b>	Plano Digital de la Cuenca del Santa.	Unid.	1	50	50
<b>1.04</b>	Tinta para impresora.	Unid.	2	50	100
<b>1.05</b>	Papel bond A-4 de 80 gr.	Millar.	2	20	40
<b>1.06</b>	Lápiz.	Unid.	3	1	3
<b>1.07</b>	Marcador	Unid.	2	2.8	5.6
<b>1.08</b>	Cinta de embalaje	Unid.	2	3.5	7
<b>1.09</b>	Tijera	Unid.	2	2	4
<b>1.10</b>	Tablero	Unid.	1	4	4
<b>1.11</b>	Lapicero.	Unid.	3	1	3
<b>1.12</b>	Borrador.	Unid.	2	1	2
					<b>408.60</b>

<b>3</b>	<b>Equipos y Materiales</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>
<b>3.01</b>	Ictiómetro	Unid.	1	120	120
<b>3.02</b>	Balde	Unid.	1	20	20
<b>3.03</b>	Ropa para pesca	Unid.	2	250	500
<b>3.04</b>	Atarraya	Unid.	1	150	150

<b>2</b>	<b>Servicios</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>
<b>2.01</b>	Transporte.	Mes.	6	80	480
<b>2.02</b>	Alimentación.	Mes.	6	60	360
<b>2.03</b>	Fotocopias	Unid.	200	0.04	8
<b>2.04</b>	Anillado	Unid.	5	1.5	7.5
<b>2.05</b>	<b>Trámites Administrativos:</b>				
<b>2.05.01</b>	Inscripción del Título de Tesis	Unid.	2	150	300
<b>2.05.02</b>	Asignación de Asesores	Unid.	2	50	100
<b>2.05.03</b>	Revisión de Tesis	Unid.	2	130	260
<b>2.05.04</b>	Sustentación de tesis.	Unid.	2	170	340
					<b>1855.50</b>

<b>3.05</b>	Bolsas Ziploc (26,8 cm x 27,9 cm )	Paquete.	2	10	20
<b>3.06</b>	Cuchillo	Unid.	1	10	10
<b>3.07</b>	Cooler	Unid.	2	200	400
<b>3.08</b>	Ice pack	Unid.	8	10	80
<b>3.09</b>	Electrofisher	Unid.	1	23850	23850
<b>3.1</b>	Guantes de Nitrilo	Caja	2	65	130
					<b>25280</b>

<b>Total (Bienes, Servicios, Equipos y Materiales)</b>	<b>S/.</b>
--	------------

**En total son: /100 Nuevos Soles.**

**En Campo**

<b>4</b>	<b>Servicio de muestreo (medición en campo)</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad de muestreos por cada salida a campo</b>	<b>Precio Unitario S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>
<b>4.01</b>	pH	Unid.pH	12	7.56	90.72
<b>4.02</b>	Conductividad	$\mu\text{S.cm}^{-1}$	12	7.56	90.72
<b>4.03</b>	Oxígeno disuelto	mg/l	12	7.56	90.72
<b>4.04</b>	Temperatura	°C	12	2.94	35.28
<b>4.05</b>	Turbiedad	UNT	12	7.94	95.28
					<b>402.72</b>

**En Laboratorio**

**ANÁLISIS DE METALES TOTALES EN EL AGUA**

ANÁLISIS	METODOLOGÍA	Límite de Cuantificación	UNIDADES	N° MUESTRAS	COSTO UNITARIO S/.	COSTO TOTAL S/.
<b>ANÁLISIS DE METALES TOTALES</b>						
*Metales ICP-OES (Ag,Al,As,B,Ba,Be,Ca, Cd ,Ce,Co, Cr,Cu ,Fe , K,Li,Mg,Mn,Mo,Na,Ni ,p,Pb,Sb,Se,Si,Sn,Sr,Ti Tl,V,Zn) + uranio.	Method 200.7 REV.4.4 (1994).determination of metals and trace elemente in wáter and wates by inductively coupled plasma-Atomic Emission Spectrometry.	...	mg/L			
* Mercurio (Hg)	SAG-120201-Método validado Arrastre de vapor Frío-ICP	0.001	Hg mg/L	12	160	1920
					<b>ANÁLISIS SUB TOTAL</b>	<b>1920</b>
					<b>IGV(18%)</b>	<b>345.60</b>
					<b>TOTAL</b>	<b>2265.60</b>

### ANÁLISIS DE METALES TOTALES EN PECES

ANÁLISIS	UNIDADES	N° MUESTRAS	COSTO UNITARIO S/.	COSTO TOTAL S/.
<b>ANÁLISIS DE METALES TOTALES</b>				
Metales Totales (Ag,Al,As,B,Ba,Be,Ca, Cd ,Ce,Co, Cr,Cu ,Fe , K,Li,Mg,Mn,Mo,Na,Ni	mg/L	12	180	2160

Pb, Sb, Se, Si, Sn, Sr, Ti Ti, V, Zn, Hg) + Uranio.				
<b>ANÁLISIS SUB TOTAL</b>				<b>2160</b>
<b>IGV(18%)</b>				<b>388.80</b>
<b>TOTAL</b>				<b>2548.80</b>

**Total Análisis en Laboratorio (Agua y Peces): 2265.60 + 2548.80 = 4814.40 NUEVOS SOLES**

<b>Total(Campo y Laboratorio)</b>	<b>S/. 5217.12</b>
---	--------------------

El costo total de la investigación será Sumando los Bienes, Servicios, Equipos, Materiales más los parámetros Fisicoquímicos realizados en Campo y el Análisis en Laboratorio **En total son: 30707.44 TREINTA MIL SETECIENTOS SIETE Y 44/100 Nuevos Soles.**

### **5.3.2 Financiación.**

La Financiación de la tesis será a través de Recursos propios y del Proyecto de Investigación: "Desarrollo de Alternativas Sostenibles de Monitoreo y Biorremediación de las aguas del Río Santa".

## **VI. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.**

- Amundsen, P. A. (1997). *"Heavy metal contamination in freshwater fish from the border region between Norway and Russia"*. Russia: The Science Of The Total Environment 201:.
- Anadon, A., & Muñoz, M. (1984). *"Acumulación tisular de Zinc, Plomo, Cobre, Hierro y Cromo en truchas de Río, Salmo trutta fario. Acción ecotoxicológica"*. An.: INIA/Ser. Ganadera .
- Anderson, W. (1995). *Innovative Site Remediation Technology. American Academy of Environmental Engineers*. New York - EE.UU.

- Deacon, J. R., & Driver, N. (1999). Distribution of trace elements in streambed Sediment associated with mining activities in the upper Colorado River Basin. Colorado. USA, 1995-96: Arch. Enviro. contam. toxico.
- Farag, A., Woodward, D., Goldstein, J., Brumbaugh, W., & Meyer, J. (1998). "Concentrations of metals associated with mining waste in sediments, biofilm, Benthic Macroinvertebrates, and fish from the Coeur d'Alene River Basin, Idaho". Arch. Environ. Contam. toxicol.
- Farrell, A. P. (1993). *Cardiovascular system*. In *The physiology of fishes*. crp press Ann Arbor: Evans DH.
- [http://cedoc.infod.edu.ar/upload/Informe\\_Toxicologico\\_agua\\_adriana\\_cousillas.pdf](http://cedoc.infod.edu.ar/upload/Informe_Toxicologico_agua_adriana_cousillas.pdf). (s.f.). Recuperado el martes de Mayo de 2012
- IMA. (1995). *CONTAMINACIÓN POR MERCURIO EN MADRE DE DIOS (Situación Actual del Río Madre de Dios)*.
- Kock, G. (1998). "Lead (Pb) in Arctic Char (*Salvelinus alpinus*) from oligotrophic alpine lakes: Gills versus digestive tract". *Water Air and Soil Pollution* 102.
- Labat, R., & Pequignot, J. (1974). "Toxic action of copper on the gills of carp (*Cyprinus carpio*)". *Ann Limno*.
- MINAM. (2010). *CONTAMINACIÓN POR MERCURIO EN MADRE DE DIOS (Situación Actual del Río Madre de Dios)*. Madre De Dios.
- Palomino, E., Leyva, M., Salvador, M., Mostacero, J., & Mejía, F. (2008). *Estudio de humedales para la biorremediación de drenajes ácidos en la quebrada de Quilcayhuanca. Ancash, Perú*. Revista Aporte Santiaguino. UNASAM .

## VII. Páginas web

- <http://www.uhu.es/francisco.cordoba/asignaturas/postgrado/contaminantes/doc/metales.pdf>



- <http://www.accionverde.com/wp-content/uploads/2010/03/Enfermedad-de-minamata.pdf>
- <http://intranet2.minem.gob.pe/web/archivos/dgaae/legislacion/guias/protocolida-agua.pdf>
- <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6162/5/Investigacion.pdf>
- <http://www.bvsde.opsoms.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manual/tomol/uno.pdf>
- <http://www.reitec.es/web/descargas/agua05.pdf>
- <http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/manizales/4090020/files/pdf>

