



## Concentración de metales pesados en el agua de consumo del distrito de Huacho

### Concentration of heavy metals in drinking water district Huacho

Máximo Tomás Salcedo Meza<sup>1</sup>, Apolinar Quínte Villegas<sup>1</sup>, Dalila Inocenta Zavaleta Sotelo<sup>1</sup>, Jaime Imán Mendoza<sup>1</sup>, Jhon Herbert Obispo Gabino<sup>1</sup>, Everardo Cadillo Huerta, Dalia Alejandra Milagros Dávalos Castañeda, Mavet Carolina Escudero Marcos.

#### RESUMEN

**Objetivos:** Determinar el contenido de metales pesados como plomo, cadmio y mercurio, en el agua de consumo que causa daño a la salud de los pobladores. **Materiales y**

**Métodos:** Se han tomado muestras en las redes de distribución adyacentes a los ocho pozos tubulares y llevadas a laboratorio, donde se ha utilizado el método de espectrofotometría por absorción atómica, estas muestras mezcladas con otros reactivos han sido llevadas a digestión y luego al equipo de absorción atómica, donde el haz emitido por la fuente atravesó el sistema de atomización que contenía la muestra en estado de gas atómico, pasando así al revelador o detector de la radiación absorbida, que luego fue procesada y amplificada dando como resultado una lectura de salida.

**Resultados:** El análisis efectuado a las muestras, han dado 0,0001mg/L de Cadmio, 0,001 mg/L de Plomo y 0,0005mg/L de Mercurio, que son cantidades muy por debajo de los límites máximos permisibles establecidos por el organismo mundial de salud.

**Conclusiones:** El agua que consume la población del distrito de Huacho no contiene Cadmio, Plomo ni Mercurio.

**Palabras clave:** Metales pesados, Contaminación, absorción atómica.

#### ABSTRACT

**Objectives:** To determine the content of heavy metals such as lead, cadmium and mercury in drinking water that causes damage to the health of residents. **Materials and**

**Methods:** We sampled in distribution networks adjacent to the eight boreholes and taken to the laboratory, where we have used the method of atomic absorption spectrophotometry, these samples mixed with other reagents have been carried digestion

<sup>1</sup> Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia. maximosalcedo@hotmail.com



and then to atomic absorption equipment, where the beam emitted by the source crossed the atomization system containing the sample in a state of atomic gas, thus passing the developer or detector of the absorbed radiation, which was then processed and amplified resulting in a reading of exit. **Results:** The analysis of the samples have given 0.0001 mg / L for cadmium, 0.001 mg / L of lead and 0.0005 mg / L Mercury, which amounts are well below the limits set by the world body health. **Conclusions:** The water consumed by the population of the district of Huacho not contains Cadmium, Lead and Mercury.

**Keywords:** Heavy Metals Pollution atomic absorption.

## INTRODUCCION

El agua es una sustancia líquida incolora, inodora e insípida, que forma gran parte de la superficie terrestre. En la naturaleza entra a formar parte de los seres vivos y en los minerales como agua de cristalización. Es una importante materia prima y es el solvente más utilizado.

En forma natural no existe agua químicamente pura, su composición y calidad está influenciada por la calidad del suelo donde discurre o está almacenada, por las filtraciones, vertimientos tanto de origen químico, de las fábricas, curtiembres, como bacteriológicas, como de las ciudades, establecimientos frigoríficos, o lecheros, así como los de origen agroindustrial donde se emplean gran cantidad de plaguicidas y fertilizantes de alta solubilidad.

En el agua se pueden encontrar metales como sodio, calcio, magnesio, potasio, hierro, manganeso, cobre, plomo, cadmio, estroncio, litio, vanadio, cinc, mercurio, aluminio, no metales como cloro, azufre, carbonatos, silicatos, nitritos, nitratos y amoniaco, sales incrustantes como carbonato de calcio, cloruro de calcio, carbonato de magnesio, sulfato de magnesio, cloruro de magnesio, óxido de hierro y óxido de cinc, sales no incrustantes como cloruro de sodio, carbonato de sodio, sulfato de bario y nitrato de potasio, gases disueltos como el dióxido de carbono, oxígeno, nitrógeno, metano, así como microorganismos patógenos.

El agua potable, es el agua producida por una empresa, que proviene de una fuente, es tratada en una planta con adecuado diseño, construcción y operación, desinfectada y entregada al consumidor a través de un sistema de distribución protegido, en cantidad y presión adecuadas que puede usarse de manera segura para beber, cocinar y bañarse, es decir que es un agua que cumple los parámetros de calidad de agua y los límites máximo permisibles que establece la Organización mundial de la Salud en cuanto al contenido en el agua de consumo humano, de las impurezas mencionadas líneas arriba.

En el distrito de Huacho la Empresa Municipal de Servicio de Agua Potable y Alcantarillado EMAPA HUACHO S.A, extrae el agua de pozos tubulares, existiendo actualmente 8 estaciones de bombeo: Pozo tubular 1 en las instalaciones de EMAPA en la avenida Puquio Cano, Pozo tubular 2 a 200 metros del pozo 1 en Hualmay, el pozo tubular 3 en la Urbanización Huacho, pozo tubular 4 en la avenida Centenario en San Lorenzo en el distrito de Santa María, pozo tubular 5 en Santa María entre las calles San Martín e Hipólito Oyola, pozo tubular 6 en Santa María entre las calles Hipólito Oyola y Manuel Oyola, pozo tubular 7 en la urbanización las palmas en Hualmay y el pozo tubular 8 en la Avenida San Martín en Hualmay. El proceso de potabilización que efectúa EMAPA Huacho, consiste en inyectar cloro



gaseoso por intermedio de una bomba Booster, para eliminar los agentes patógenos, asegurando la salud de los usuarios, una vez efectuado la desinfección, el agua proveniente de los pozos tubulares tiene un contenido de 400 a 500 mg/l de  $\text{CaCO}_3$ , que demuestra que el agua que consume la población de Huacho tiene una alta dureza.

Hay estudios científicos que demuestran una relación directamente proporcional entre el consumo de agua dura y las enfermedades que originan los cálculos renales y biliares. Así mismo la presencia de metales pesados como plomo, mercurio, cadmio en el agua de consumo humano producen daño a la salud.

No existen estudios de la determinación de metales pesados en el agua de consumo del distrito de Huacho. La contaminación acuática originada por metales pesados proviene de diferentes fuentes como el desgaste geológico (debido a que los metales son un componente natural de la corteza terrestre), la actividad de explotación minera, el uso de metales y compuestos de metales para determinados procesos industriales y la lixiviación de metales pesados a partir de residuos domésticos y vertidos de residuos sólidos.

Existe una serie de factores de importancia que influyen en la acumulación y disponibilidad de los metales pesados, dentro de los que se encuentran el pH, el cual es importante debido a que la mayoría de metales tienden a ser mas disponibles a pH ácido, lo cual hace que la solubilidad y la adsorción de los metales estén condicionadas por este parámetro; la dureza del agua es otro factor, ya que cuando esta última es elevada (por efecto de cationes como calcio y magnesio), se reduce la toxicidad por formación de carbonatos insolubles y posterior adsorción de los metales al carbonato, generando una baja biodisponibilidad que favorece la migración con mayor facilidad, o formando complejos muy estables con la materia orgánica del suelo (organometálicos) que facilitan su solubilidad, disponibilidad y dispersión, potenciando su toxicidad.

Frank, C. L. (1992). El plomo es un metal pesado que se ha utilizado desde hace más de 5000 años debido a su resistencia a la corrosión, ductibilidad, maleabilidad y facilidad para formar aleaciones. Existen muchos tipos de compuestos de plomo que de acuerdo a sus características, se emplean en diferentes aplicaciones como materiales de construcción, pigmentos para cerámicas vidriadas, tubos de suministro de agua, municiones, pinturas, películas protectoras, manufactura de baterías ácidas, aditivo de gasolina, cosméticos, espermicidas y preservativo de vinos por su propiedad de detener la fermentación. La amplitud de su uso favorece que los humanos se expongan al plomo y sus derivados en los alimentos, el agua y la inhalación. El plomo es absorbido por inhalación, por ingestión y a través de piel. En la inhalación del plomo ambiental, un 35% del total de plomo inhalado, sea orgánico e inorgánico, se deposita en las vías aéreas y se absorbe parcialmente en el tracto gastrointestinal. Las partículas que llegan hasta los alvéolos, son absorbidas y aproximadamente un 35 a 50% del plomo que alcanza el tracto respiratorio inferior, pasa al torrente sanguíneo. La absorción gastrointestinal en adultos representa menos del 10% del plomo ingerido. La absorción cutánea sólo tiene importancia ante el contacto con compuestos orgánicos del plomo. El plomo absorbido es transportado por la sangre en donde establece un rápido equilibrio entre eritrocitos y plasma, distribuyéndose en diversos órganos y tejidos y depositándose principalmente en los huesos y dificulta el metabolismo del calcio, siendo más perjudicial en mujeres gestantes y niños, produce daños al sistema neurológico. La Organización Mundial de Salud establece que el límite máximo permisible para el plomo en el agua es de 0,1 mg/l.

Combariza D. (2009). El cadmio es un elemento metálico que está presente en toda la corteza terrestre en diferentes tipos de suelo, desde los rocosos hasta los arenosos. No se encuentra solo generalmente está combinado con sustancias como oxígeno (óxido de cadmio), cloro (cloruro de cadmio) o azufre (sulfuro de cadmio, sulfato de cadmio) y



también se encuentra asociado a diversos minerales como zinc, plomo y cobre y se obtiene de forma secundaria al extraer estos últimos. Debido a que no se oxida fácilmente su vida media es larga y sufre procesos de bioacumulación y biomagnificación lo cual es evidente en animales marinos (moluscos y peces) y de agua dulce, algas, setas y hortalizas. Sus propiedades anticorrosivas lo hacen muy útil a nivel industrial para procesos de galvanizado y revestimiento metálico. También se usa como pigmento para pinturas y plásticos, fabricación de baterías y como estabilizante del PVC. Pequeñas cantidades de cadmio entran al ambiente a partir del calentamiento natural de los metales, incendios forestales y emisiones volcánicas, sin embargo la mayoría de las emisiones provienen de fuentes humanas como minería y soldadura. El cadmio a nivel atmosférico puede encontrarse en pequeñas partículas producidas por procesos de combustión las cuales van a hacer parte del material particulado; el óxido de cadmio y el cloruro de cadmio producidos durante la incineración son las principales especies químicas del cadmio que se encuentran a nivel ambiental. El óxido de cadmio es la forma frente a la cual se presenta mayor exposición. Es uno de los elementos tóxicos que no hace parte del ciclo vital de los seres vivos, pero que puede contaminarlos. El cadmio se absorbe esencialmente por vía intestinal y respiratoria. A nivel gastrointestinal el cadmio presenta una escasa absorción (5 al 8 %), la cual se incrementa ligeramente en casos de deficiencias dietarias de calcio, hierro y dietas bajas en proteínas. La escasez de calcio en la dieta favorece la producción de proteínas ligadoras de calcio, las cuales aumentan la absorción de cadmio. Se ha identificado que las mujeres en edad fértil con bajos depósitos de hierro presentan mayor concentración de cadmio a causa de la mayor absorción de este último a nivel intestinal. A nivel inhalatorio se presenta una mayor absorción (15 a 30 %), independiente de la solubilidad y tipo de compuesto de cadmio. De acuerdo a lo anterior y teniendo en cuenta que el hasta el 50 % del cadmio presente en el humo del cigarrillo puede ser absorbido, y que un cigarrillo contiene 1 a 2  $\mu\text{g}$  de cadmio, se estima que al fumar, se puede inhalar el 10 % del contenido de cadmio de un cigarrillo. A nivel dérmico puede presentarse una fácil absorción de partículas de cloruro de cadmio. Una vez absorbido, el cadmio se une a las proteínas albumina y  $\alpha$ -2macroglobulina y es rápidamente redistribuido al riñón y el hígado, entrando en estos órganos por tres mecanismos diferentes: por medio de transportadores de calcio y zinc, formando complejos (Cd-glutatión o Cd-cisteína) con proteínas de transporte y por endocitosis de complejos cadmio – proteínas. Una vez es incorporado al hígado y al riñón, el cadmio forma complejos con la metalotioneína (Cd-MT), una proteína endógena rica en grupos tiol y propia de estos dos órganos, la cual se encarga de ligar y secuestrar el cadmio a nivel hepático, explicando su acumulación y a su vez, su prolongada vida media (10 a 30 años). Las reservas de este complejo (Cd-MT) son eliminadas lentamente del hígado y son filtradas por el glomérulo, reabsorbiéndose y concentrándose una cantidad significativa de las mismas a nivel de los túbulos proximales renales, generando con el tiempo disfunción tubular renal, que se manifiesta como proteinuria e hipercalciuria; éste daño a su vez, altera la homeostasis del calcio y de los fosfatos, haciendo que a nivel óseo se presente osteomalacia. La concentración crítica de cadmio en la corteza renal que produce disfunción tubular en el 10 % de la población es aproximadamente 200  $\mu\text{g/g}$  y 300  $\mu\text{g/g}$  en el 50 % de la población. En los casos de exposición inhalatoria, la lesión pulmonar se debe al deterioro y necrosis de los macrófagos alveolares, lo cual induce una liberación de enzimas que van a producir un daño irreversible a las membranas basales, favoreciendo el proceso fibrótico. Se ha identificado que el cadmio reduce la actividad alfa 1- antitripsina, incrementando su toxicidad pulmonar. Por su parte el cadmio no ligado también puede intervenir funciones celulares de diferentes maneras, uniéndose a grupos sulfhidrilos, inactivando enzimas y desnaturalizando proteínas. La ingesta de cadmio puede producir irritación estomacal, náusea, vómito, diarrea, dolor abdominal y muscular,



así como salivación. La Organización Mundial de Salud establece que el límite máximo permisible para el cadmio en el agua es de 0,003 mg/l.

Combariza D. (2009). El mercurio es un metal pesado que en su estado elemental se encuentra como mercurio metálico, siendo el único elemento metálico que es líquido a temperatura ambiente. Los compuestos de mercurio se pueden clasificar en dos grandes grupos: los inorgánicos, que incluyen el mercurio metálico y sus vapores, el ión mercurioso y sus sales y el ión mercurioso y sus sales; por otra parte los compuestos orgánicos están constituidos por los arilmercuriales (fenilmercurio), alquilvercuriales (etilmercurio y metilmercurio) y alcoxilalquilvercuriales. El mercurio se utiliza en diferentes instrumentos de medición como termómetros, termostatos, barómetros, manómetros, en amalgamas dentales, equipos eléctricos, luces de neón, componente de reactivos para análisis de laboratorio, en algunos plaguicidas y en la minería del oro para el proceso de amalgamación. A nivel de la corteza terrestre el mercurio se encuentra en una proporción aproximada de 0.02 ppm, en el agua dulce se encuentra a razón de 0.1 ug/L y en el agua de mar 0.03 ug/L, en el aire puede encontrarse en un rango de 0.005 a 0.06 ng/m<sup>3</sup>. Estas concentraciones no constituyen una fuente significativa de exposición para la población general. El mercurio ambiental proviene de emisiones naturales originadas por los volcanes, de la evaporación a partir de la corteza terrestre y el océano, y de su presencia como constituyente primario de las rocas; también se deriva de diferentes actividades antrópicas, especialmente procesos industriales, minería del oro y uso de combustibles fósiles. Se ha estimado que la producción volcánica de mercurio al ambiente varía entre 20 a 90 toneladas por año, siendo esta cantidad inferior al 3 % de las emisiones derivadas del uso del mercurio en actividades antrópicas. Cualquier fuente de mercurio al ambiente implica un elevado riesgo para la salud humana, especialmente la acumulación de compuestos de mercurio inorgánico en el ecosistema acuático ya que pueden darse las condiciones propicias para la metilación del mercurio inorgánico, el cual ingresa a la cadena alimenticia al ser ingerido y bioacumulado en los peces, incrementando el riesgo de toxicidad humana por consumo de pescado contaminado. La cinética de la toxicidad inducida por el mercurio varía de acuerdo a su especie. El mercurio metálico, por ser liposoluble y por su ausencia de carga, atraviesa fácilmente la membrana alveolar llegando a los eritrocitos donde a pesar de presentar una rápida oxidación, puede alcanzar a ser distribuido en su forma elemental al cerebro u otros órganos donde posteriormente también es oxidado a Hg<sup>2+</sup>, perdiendo su liposolubilidad, uniéndose a proteínas celulares y quedando atrapado a nivel intracelular. El mercurio inorgánico, tras ser absorbido se fija a proteínas plasmáticas y es distribuido por todo el cuerpo; a nivel renal puede formar complejos con metalotioneínas. Por su parte, los compuestos orgánicos de mercurio que son absorbidos se unen en la sangre a la hemoglobina y son distribuidos ampliamente por todo el organismo, pero especialmente al cerebro, donde es rápidamente concentrado. El transporte a otros tejidos como hígado y riñón está mediado por la formación de un complejo cisteína – metilmercurio. La eliminación de los diferentes compuestos de mercurio se efectúa por vía renal y por heces, al igual que por glándulas salivales, sudoríparas y leche materna. Su ingesta por tiempo prolongado genera daños irreversibles al sistema nervioso central, causando temblores, disturbios mentales, gingivitis. La Organización Mundial de Salud establece que el límite máximo permisible para el mercurio en el agua es de 0,001 mg/l.

Este proyecto de investigación tiene como finalidad determinar la concentración de metales pesados como el cadmio, plomo y mercurio en el agua de consumo de la población del Distrito de Huacho, se escogió este tema, considerando las siguientes razones:



- Los niveles de contaminación del agua de consumo del distrito de Huacho, por metales pesados como el Plomo, mercurio y Cadmio, se desconocen, por lo cual hace falta la información para la toma de decisiones en programas de saneamiento y desarrollo del distrito de Huacho.
- La investigación de la presencia de metales pesados en el agua de consumo de la población de Huacho, permitirá conocer las rutas contaminantes y su interacción con otras sustancias presentes en las aguas.
- Los metales pesados constituyen un serio problema ambiental debido a su toxicidad y sus repercusiones fisiológicas, tanto en los seres humanos como en los animales.

La realización del estudio es conveniente por lo siguiente:

- Permite a la universidad plantear soluciones a los problemas de la sociedad.
- Los docentes y estudiantes deben cumplir con la tarea de la investigación, que es uno de los fines primordiales de la universidad en el Perú.

## **MATERIAL Y METODOS**

Para la determinación de la concentración de metales pesados como el Plomo, Cadmio y Mercurio en el agua de consumo de la población del distrito de Huacho, se ha utilizado: equipo de absorción atómica marca Thermo Scientific Ice 3400 ( Horno de grafito), que tiene una sensibilidad del orden de  $\mu\text{g/L}$ , que sirve para determinar los siguientes elementos: Arsénico As, Cobre Cu, Mercurio Hg, Níquel Ni, Manganeseo Mn, Hierro Fe, Potasio K, Cadmio Cd, Cromo Cr, Zinc Zn, Magnesio Mg, Plomo Pb, Aluminio Al, Sodio Na, Selenio Se, En diversas matrices tales como agua potable, aguas residuales, aguas de riego, suelos y alimentos en general.

También se utilizaron vasos de precipitación, campana extractora, lunas de reloj, plancha de calentamiento, frasco volumétricos, fiola, pipetas, matraces, equipo de baño maría, etc.

Como reactivos se han empleado el ácido nítrico, ácido sulfúrico, permanganato de potasio, persulfato de potasio, cloruro de sodio, cloruro de hidroxilamina, etc.

Las muestras se recolectaron en las redes de distribución adyacentes a los ocho pozos tubulares: Pozo tubular 1 en las instalaciones de EMAPA en la avenida Puquio Cano, Pozo tubular 2 a 200 metros del pozo 1 en Hualmay, el pozo tubular 3 en la Urbanización Huacho, pozo tubular 4 en la avenida Centenario en San Lorenzo en el distrito de Santa María, pozo tubular 5 en Santa María entre las calles San Martín e Hipólito Oyola, pozo tubular 6 en Santa María entre las calles Hipólito Oyola y Manuel Oyola, pozo tubular 7 en la urbanización las palmas en Hualmay y el pozo tubular 8 en la Avenida San Martín en Hualmay, empleando para ello envases de polipropileno de 1000 mL, de primer uso, previamente remojados en ácido nítrico al 10% ( $\text{HNO}_3$  10%) y enjuagado con agua tipo I o agua ultrapura. En cada uno de los puntos mencionados se abrió el grifo y se dejó caer el agua por 1 minuto, se enjuagó el recipiente de muestreo dos veces con agua del grifo y se recolectó la muestra. Se procedió a preservar la muestra añadiendo 3 ml de  $\text{HNO}_3$ . Se trasladó a la brevedad posible al laboratorio para su respectivo análisis. Una muestra preservada se puede tener hasta por un mes como máximo antes su análisis.

Los análisis se efectuaron bajo la técnica de espectrometría de absorción atómica de horno de grafito (GFAAS), que también es conocido como espectrometría de absorción atómica electrotermica (ETAAS), para el caso del cadmio y del plomo. Mientras que para el caso del mercurio se empleó la técnica de espectrometría de absorción atómica por vapor frío.



Se ha utilizado agua tipo I para la preparación de todos los reactivos, soluciones de calibración y para las disoluciones.

Se procedió a realizar la digestión de las muestras para los elementos Cd y Pb , para ello se tomó 100 mL de cada una de las muestras con una pipeta volumétrica calibrada, en vasos de 250 mL , se añadió 5 mL de HNO<sub>3</sub> c, se cubrió con lunas de reloj y se llevó a ebullición suave en una placa calefactora bajo una campana de gases, después de 15 min se añadió 3mL adicionales de HNO<sub>3</sub> c, se prosiguió con el calentamiento hasta que el volumen se redujo aproximadamente a 40mL. Se retiraron de la placa calefactora se dejó enfriar y se trasvasaron a matraces volumétricos de 100mL y se aforaron con agua tipo I. Paralelo a la digestión de las muestras se digesto un blanco de proceso.

Luego se procedió a realizar las lecturas en el horno de grafito, con corrector de fondo activado, empleando las condiciones que se indican en la tabla 1 y 2 para cada elemento:

**Tabla 1**

**Elemento: Cd, Volumen de Inyección (µL) :20**

Temperatura (°C )	Tiempo ( s )	Rampa (°C/s)	Flujo de gas(L/min)
100	30	10	0.2
350	25	100	0.2
900	3	0	0
2500	3	0	0.2

**Tabla 2**

**Elemento: Pb , Volumen de Inyección (µL) :20**

Temperatura (°C )	Tiempo ( s )	Rampa (°C/s)	Flujo de gas(L/min)
100	30	10	0.2
450	20	50	0.2
1200	3	0	0
2500	3	0	0.3

Para cada una de las muestras las lecturas nos presentan valores <0.0001 mg/L de Cadmio y <0,001 mg/L de Plomo.

Para el caso del Hg, se procedió de la siguiente forma: se tomó 100 mL de cada una de las muestras con una pipeta volumétrica calibrada, en matraces de 500 mL, se añadieron 1,5 mL de HNO<sub>3</sub>, 1,5 mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 5mL de solución de KMnO<sub>4</sub> (5% w/v) , hasta que la solución permaneció purpura, se agregó 8 mL de solución de persulfato de potasio (5% w/v).y se procedio a calentar en un baño de agua a 95°C durante 1 hora. Se agregó 6 mL de solución de cloruro dehidroxilamina al 10%, la coloración purpura desapareció, primero se agregó al blanco para determinar el volumen a emplear en las muestras.

Se trasvaso a matraces de 100mL y se procedió con el aforo con agua d tipo I. Paralelo a la digestión de las muestras se digesto un blanco de proceso.

Se procedió a efectuar la lectura a través de la generación de vapor frio. Manteniendo las siguientes condiciones en el equipo.

Flujo de gas transportador (Argón): 80 mL/min



Velocidad de bomba peristáltica: 44 rpm

Reductor: Cloruro de Estaño (20% w/v)

Auxiliar de reducción: agua Tipo I

Las lecturas nos presentan para cada una de las muestras <0.0005 mg/L de Mercurio.

## RESULTADOS

Para el caso del Cadmio y Plomo se ha empleado la técnica de análisis de espectrometría de absorción atómica electrotrémica, habiéndose obtenido en cada una de las muestras <0,0001 mg/L de Cadmio y <0,001 mg/ de Plomo.

Para el caso del mercurio se empleó la técnica de análisis de espectrometría de absorción atómica por vapor frio, habiéndose obtenido en cada una de las muestras <0,0005 mg/L de Mercurio.

## DISCUSION

El tema de la contaminación por metales pesados en los sistemas de obtención de agua del subsuelo generalmente se da en zonas aledañas a lugares donde existen operaciones minero. metalúrgicas, en ciudades costeras el subsuelo interactúa como un sistema de filtrado e intercambio iónico, que reduce la presencia de estos metales. La Empresa Municipal de Servicio de Agua Potable y Alcantarillado EMAPA HUACHO S.A, extrae el agua del subsuelo por medio 08 de pozos tubulares, por lo que en el sistema distribución, puede haber migración de ciertos metales al agua.

La Organización Mundial de Salud establece como Límites máximos permisibles en el agua potable o agua de consumo humano 0,003 mg/L de Cadmio, 0,1mg/L de Plomo y 0,001 mg/L de Mercurio. El análisis efectuado a las muestras de las redes de distribución de agua potable adyacentes a los 8 pozos tubulares que abastece a la población de Huacho, han dado 0,0001mg/L de Cadmio, 0,001 mg/L de Plomo y 0,0005mg/L de Mercurio, que son cantidades muy por debajo de los límites máximos permisibles establecidos por el organismo mundial de salud.

## CONCLUSIONES

Los análisis de metales pesados en Cd, Pb y Hg en el agua potable que se abastece a la población del distrito de Huacho muestran cantidades muy por debajo de lo establecido en los límites máximo permisibles por la Organización Mundial de Salud, por lo que se puede deducir que el agua que consume la población del distrito de Huacho no contiene Cadmio, Plomo ni Mercurio.

## AGRADECIMIENTO

Al ingeniero Angel Robertho Palomino Rosales, nuestro agradecimiento por su apoyo y dirección durante los análisis de las muestras en el laboratorio.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS



Arce, O. (2005). *Contaminantes peligrosos en el agua*. Bolivia: Facultad de Ciencias y Tecnología. Universidad de San Simón. Informe. Bolivia. 2005.

CEPIS/OPS (2004) *Normas sobre la Calidad del agua para consumo humano en el Perú- Estudio Jurídico Legal*. Lima.

Combariza D. (2009). *Contaminación por Metales Pesados en el Embalse del Muña y su Relación con los Niveles en Sangre de Plomo, Mercurio y Cadmio y Alteraciones de Salud en los Habitantes del Municipio de Sibaté (Cundinamarca)*. Tesis de grado para optar al título de Magister en Toxicología. Universidad Nacional de Colombia Facultad de Medicina Bogotá.

Degremont, J. (2004). *Manual Técnico del Agua*. México: Editorial Mc. Graw Hill.

Eskel N. (2000). *Tratamiento de Agua para la Industria y Otros usos*. México: Compañía Editora Continental S.A.

Frank, C. L. (1992). *Toxicología Básica, riesgos por exposición a sustancias tóxicas*. México: Editorial Harla.

ISO 6955 *Métodos analíticos espectroscópicos. Emisión de llama, Absorción atómica, Plasma de acoplamiento inductivo ICP y Fluorescencia atómica*. Recuperado de [http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/MetodosAnalisis/Ficheros/MA/MA\\_035\\_A96.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/MetodosAnalisis/Ficheros/MA/MA_035_A96.pdf)

MANAHAN S. (2007) *Introducción a la Química Ambiental*. Barcelona: Editorial Reverte S.A.

Nebel, J. Bernal, W. (1999) *Ciencias Ambientales, Ecología y Desarrollo Sostenible*. México: Editorial Pearson.

Vergara Y. (2003). *Tratamiento de Aguas Industriales*. Lima: Editorial Kavi Editores S.A.