



Facultad de Medicina Humana y Ciencias de la salud

Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica

TESIS

**DETERMINACIÓN DE PLOMO EN AGUA
POTABLE DEL CENTRO EDUCATIVO
“MANUEL GONZALES PRADA” DISTRITO
DE LOS OLIVOS, LIMA**

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
QUÍMICO FARMACÉUTICO**

**BACHILLER: ABREGU BALDEÓN, María Luisa
ASESOR: Q.F. MIRANDA PAREDES, Jean Paul**

LIMA - PERÚ

2015

DEDICATORIA

A mis maestros que en este andar por la vida, influyeron con sus lecciones y experiencias en formarme como una persona de bien y preparada para los retos que pone la vida, a todos y cada uno de ellos les dedico cada una de éstas páginas de mi tesis.

AGRADECIMIENTOS

Al Q.F. Jean Paul Miranda Paredes asesor del presente trabajo de investigación por sus exigencias pedagógicas y científicas. Asimismo por despertar en mí el espíritu de superación.

A Lic. Silvia Lucia Anita Valdez Delgado, por su apoyo y sugerencias en todo el proceso del trabajo de investigación.

A todas las personas, que de una u otra forma, contribuyeron para la culminación del presente trabajo.

RESUMEN

La exposición al plomo en el agua potable puede dar como resultado el retardo en el desarrollo físico o neurológico en los bebés y niños, y puede provocar hipertensión y problemas renales, así como cáncer en los adultos. El objetivo del estudio fue determinar la presencia de plomo en agua potable del Centro Educativo “Manuel Gonzales Prada” Distrito de los Olivos, Lima- septiembre 2014 a enero 2015. El Tipo de investigación según la intervención del investigador es No experimental y según el número de ocasiones en que se mide la variable de estudio: Transversal. Se empleó un diseño no experimental transversal descriptivo. Los resultados indican que el contenido de plomo en agua del centro educativo “Manuel Gonzales Prada”, ha sido diferente en cada punto de muestreado como: SS.HH 2,92 ug/L, Patio 3,68 ug/L y Cafetín 0,5 ug/L. Asimismo queda demostrado que las concentraciones de plomo obtenidos en agua del centro educativo “Manuel Gonzales Prada”, estuvieron por debajo de los valores de referencia de la normativa de criterios de calidad de agua según la OMS y la unión europea. En conclusión indica que no existe riesgo en la salud de la población especialmente del grupo más vulnerable que son los niños.

Palabras claves: agua potable, plomo, concentración.

ABSTRAC

Exposure to lead in drinking water can result in delay in physical or neurological development in infants and children and can cause hypertension and kidney problems and cancer in adults. The aim of the study was to determine the presence of lead in drinking water of School "Manuel Gonzales Prada" Olivos District, Lima September 2014 to January 2015. The type of research as intervention research is experimental and not by number of occasions on which the study variable is measured: Transversal. A cross-sectional non-experimental design was used. The results indicate that the lead content in water from the school "Manuel Gonzales Prada" was different in each sampled point as SS.HH 2.92 ug / L, Patio 3.68 ug / L and Cafetín 0, 5 ug / L. Also demonstrated that concentrations of lead in water obtained from the school "Manuel Gonzales Prada", were below the reference values of the rules of water quality criteria according to WHO and the European Union. In conclusion indicates no risk to the health of the population especially the most vulnerable group are children.

Keywords: drinking water, lead concentration

ÍNDICE

PORTADA	I
DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTOS	III
RESUMEN	IV
ABSTRAC	V
ÍNDICE DE TABLAS	VIII
ÍNDICE DE GRÁFICOS	IX
INTRODUCCIÓN	X
CAPÍTULO I	11
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	11
1.1. Descripción de la realidad problemática	11
1.2. Delimitación de la investigación	13
1.2.1. Delimitación espacial	13
1.2.2. Delimitación temporal	13
1.2.3. Delimitación social	14
1.3. Formulación del problema	14
1.3.1. Pregunta general	14
1.4. Objetivos	14
1.4.1. Objetivo general:	14
1.4.2. Objetivos específicos:	14
1.5. Hipótesis de la investigación	14
1.5.1. Hipótesis general	14
1.5.2. Hipótesis específicas:	14
1.6. Justificación e importancia de la investigación	15
1.6.1. Justificación de la investigación	15
1.6.2. Importancia de la investigación	15
CAPÍTULO II	17
MARCO TEÓRICO	17
2.1. Antecedentes del estudio	17
2.1.1. A nivel internacional:	17
2.1.2. A nivel nacional	19
2.2. Marco conceptual	21

2.2.1. DESCRIPCIÓN PROBLEMÁTICA DEL PLOMO EN EL AGUA POTABLE	21
2.2.2. AGUA POTABLE	24
2.2.2.1. Producción	25
2.2.2.2. Suministro, acceso y uso.....	26
2.2.2.3. Aspectos microbiológicos.....	26
2.2.2.4. Aspectos químicos	29
2.2.2.5. Directrices para la verificación.....	31
2.2.2.6. Estándares de Calidad de Agua Potable de la OMS	34
2.2.3. PLOMO.....	35
2.2.3.1. Características del plomo.....	35
2.2.3.2. Principales usos del plomo.....	39
2.2.3.3. Toxicidad.....	40
2.2.3.4. Concentración de plomo en el agua	41
2.2.3.5. Riesgo.....	46
2.2.3.6. Tuberías de plomo.....	47
2.2.4. MÉTODOS DE DETERMINACIÓN DE METALES	50
2.2.5. CURVAS DE CALIBRACIÓN.	59
2.3. Definición de términos básicos.....	61
CAPÍTULO III	62
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	62
3.1. Tipo de investigación	62
3.2. Nivel de investigación	62
3.3. Método de investigación	62
3.4. Diseño de investigación	62
3.5. Población, Muestra y Muestreo.....	62
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	63
3.7. Proceso analítico del análisis de absorción atómica.....	63
CAPITULO IV.....	65
PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	65
4.1. Resultados.....	65
4.2. Discusión de resultados	72
CONCLUSIONES.....	75
RECOMENDACIONES.....	76
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	77

ANEXOS	79
ANEXO N° 01	A
MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	A
ANEXO N° 02	B
CURVA DE CALIBRACIÓN DE PLOMO EN AGUA.....	B
ANEXO N° 03	D
PLAN DE TRABAJO PARA EJECUCIÓN DE TRABAJO DE INVESTIGACION	D
ANEXO N° 04	E
INFORME SOBRE RESULTADOS DE ANÁLISIS DE ADSORCION ATÓMICA.....	E

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA Nº 01.	Estándares de calidad del agua potable según la Organización Mundial de la Salud	43
TABLA Nº 02.	Estándares de calidad del agua potable según La Unión Europea	44
TABLA Nº 03.	Comparación de estándares de calidad del agua de la Organización Mundial de Salud y de la Unión Europea.....	45
TABLA Nº 04.	Curva de calibración para plomo.....	60
TABLA Nº 05.	Ubicación de las zonas de muestreo	65
TABLA Nº 06.	Resultados obtenidos de la lectura de los estándares de Pb con el equipo de Absorción Atómica con Atomizador de Horno Grafito marca Perkin Elmer Modelo Analyst 800.	66
TABLA Nº 07.	Concentración de Plomo en las muestras.....	68
TABLA Nº 08.	Comparación de los valores de cadmio en las muestras con la normativa de criterios de calidad de agua según la OMS	69

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO Nº 01.	Tuberías de plomo en viviendas antiguas.....	22
GRÁFICO Nº 02.	Tuberías de plomo en viviendas o instituciones antiguas.....	24
GRÁFICO Nº 03.	Agua potable	25
GRÁFICO Nº 04.	Plomo.....	35
GRÁFICO Nº 05.	Ubicación del Plomo en tabla periódica.....	39
GRÁFICO Nº 06.	Equipo de Absorción Atómica (AA).....	53
GRÁFICO Nº 07.	Curva de calibración para plomo.....	60
GRÁFICO Nº 08.	Curva de calibración y regresión para plomo.....	60
GRÁFICO Nº 09.	Curva de calibración para Plomo.....	67
GRÁFICO Nº 10.	Curva de calibración para Plomo.....	70
GRÁFICO Nº 11.	Promedio de la concentración de plomo en las diferentes zonas de muestreo en el centro educativo “Manuel Gonzales Prada”	71

INTRODUCCIÓN

El agua es uno de los bienes más importantes y escasos que tienen las personas alrededor del mundo, nuestro país no es una excepción; muchas de nuestras poblaciones se ven obligados a beber de fuentes cuya calidad deja mucho que desear y produce un sin fin de enfermedades a niños y adultos. El acceso al agua potable es una necesidad primaria y por lo tanto un derecho humano fundamental.

La calidad del agua potable es de suma importancia para la salud, por lo cual la mayoría de los países tienen legislaciones internas que están relacionadas con las aguas de consumo humano. Estas normas sirven para determinar la responsabilidad de los distintos sectores involucrados en la producción y distribución del agua potable, su monitoreo y su control. Las personas están expuestas al plomo procedente de distintas fuentes, como el agua potable. Es posible que el agua potable contenga alguna cantidad de plomo, especialmente si en la institución educativa, el hogar u otro lugar tenga materiales de plomería con soldaduras o cañerías de plomo. Los niños pequeños y los fetos son el principal grupo de riesgo de los efectos tóxicos del plomo. Un exceso de plomo en el organismo humano puede provocar daños graves en el cerebro, los riñones, el sistema nervioso y los glóbulos rojos. Frente a esta problemática identificada se realizó el estudio con el objetivo: Determinar la presencia de plomo en agua potable del Centro Educativo “Manuel Gonzales Prada” Distrito de los Olivos, Lima. El estudio es de nivel descriptivo con diseño no experimental transversal descriptivo. Mediante el método de la EPA se determinó la concentración de plomo en el agua potable. Los resultados del estudio sirven para garantizar la calidad de consumo de agua potable en la población inmersa al Centro Educativo. Reorientar estrategias de intervención a instancias involucradas. Asimismo servirá de base para la realización de otros trabajos de investigación más profunda y abarcar a todas las instituciones educativas del nivel inicial, primario, secundario y superior.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

En el estudio sobre “El Contenido de Plomo en el Agua Potable de las Escuelas Públicas Elementales en el Municipio de Juncos, 2011” los resultados obtenidos de los puntos de muestreo de las 6 escuelas seleccionadas, indican que sólo un punto reflejó niveles más altos del nivel de acción el cual era de 1.20 mg/L, los demás resultados reflejaron estar dentro de los límites permitidos por la EPA. La contaminación del agua potable a consecuencia de niveles altos de plomo podría ocasionar un serio problema de salud a los seres humanos al ingerir este líquido. Una exposición alta al plomo podría afectar el sistema nervioso, dañar el cerebro y causar hasta la muerte(1).

En Estados Unidos se han realizado varios estudios relacionados con la contaminación por plomo, al respecto Boyd y otros en el año 2008 notaron que en las escuelas públicas de Seattle las posibles fuentes de los altos niveles de plomo podrían provenir de tuberías viejas galvanizadas, soldaduras de plomo, estaño y bronce. Antes de aplicar un programa de remediación la concentración media de plomo era de 21 µg/L y después de ésta, la concentración media de plomo fue de <3 µg/L. Schneider en el año 2008 reportó que en Alemania más del 5% de las muestras analizadas excedían los límites permitidos para plomo en el agua potable. En Puerto Rico, Florián en el año 2009, realizó una determinación y cuantificación de metales en el agua potable, agua embotellada y agua filtrada de 31 municipios de Puerto Rico de diferentes marcas locales e internacionales de agua comercial. Concluyó que las muestras analizadas cumplían con los parámetros establecidos para las concentraciones de los metales analizados, entre ellos plomo. Romieu y otros en los años 1997, concluyó que uno de los resultados de la rápida industrialización de América Latina y el Caribe ha sido el problema de la exposición al plomo. En América Central y del Sur, el 33% a 34%, respectivamente, de los niños tienen plomo en la sangre en niveles superiores a 100 µg/L comparado con el 7% de América del Norte(2).

En Estados Unidos los patrones de envenenamiento infantil con plomo varían de acuerdo a la situación económica de estos. Se espera que estos patrones sean similares entre naciones. De esta manera en los países económicamente pobres, donde no se regula estrictamente el plomo, los niños están en una exposición mayor. Entre los países donde se encontró mayor incidencia de plomo se encuentran: México, el Caribe y el norte de Asia. En un caso inexplicable, un niño hispano de apenas seis meses de edad, presentaba niveles elevados de plomo en la sangre y no se encontraba la causa real de su condición. En este caso se realizaron pruebas, tanto al infante como a su familia durante un año para encontrar la fuente. No fue hasta que un investigador hispano que conocía la cultura mejicana y le ganó la confianza a la madre del infante que se supo que durante el embarazo ésta sufría de un desorden alimenticio conocido como pica y durante el embarazo solía lamer una cerámica vidriada de plomo según Lowry y colaboradores en el año 2004. Pica es un desorden alimenticio en el que al individuo se le antojan cosas no aptas para el consumo humano: comer tierra, carbón, papel o heces fecales(3).

En el Informe de calidad de agua potable, 2009 sobre Sistema de Juncos Urbano para el parámetro de plomo, se concluyó que éste excede el nivel de acción ($15 \mu\text{g/L}$) en un punto. Esto significa que el sistema de distribución puede necesitar tratamiento contra la corrosión. En el apéndice C se muestran los resultados obtenidos por el Laboratorio Central de AAA en Caguas para un informe de cumplimiento de plomo. Estos resultados, obtenidos de diferentes abonados de la AAA a través del municipio de Juncos, reflejan un solo punto donde se excedió el nivel de acción de plomo. Esto puede significar que existe algún material con plomo (tuberías, grifos o soldaduras) o que el sistema de distribución necesita tratamiento contra la corrosión. En su informe AAA indica que su percentil a 90 de plomo fue <0.006 . La percentil a (percentil) es una medida de posición y es utilizada para propósitos de ubicación de valores de una serie de datos ubicados en una distribución de frecuencia. Esto significa que el 90% de las muestras tienen una concentración de plomo menor o igual de <0.006 . En el Apéndice D se muestra como se calcula la percentil 90 de acuerdo a la cantidad de muestras recolectadas.

El cuerpo humano contiene aproximadamente 120 mg de plomo. Alrededor del 10-20% del plomo es absorbido por los intestinos. Los síntomas de la exposición

al plomo incluyen cólicos, pigmentación de la piel y parálisis. Generalmente los efectos del envenenamiento por plomo son neurológicos o teratógenos. El plomo orgánico causa necrosis de neuronas. El plomo inorgánico crea degeneración axónica. Ambas especies de plomo causan edema cerebral y congestión. Los compuestos orgánicos del plomo se absorben rápidamente y por lo tanto suponen un mayor riesgo. Los compuestos orgánicos del plomo pueden ser cancerígenos. Las mujeres son generalmente más susceptibles al envenenamiento que los hombres. El plomo causa alteraciones menstruales, infertilidad y aumenta el riesgo de aborto. Los fetos son más susceptibles al envenenamiento por plomo que las madres, e incluso los fetos protegen a la madre del envenenamiento por plomo. En tiempos pasados el plomo se aplicaba como medida del control de la natalidad, por ejemplo como espermicida y para inducir el aborto(4).

Entre los signos de envenenamiento por plomo aparecen: cansancio, problemas para dormir, mareos, irritabilidad, nerviosismo, dolores de cabeza, dificultad de concentración, depresión, olvido, hiperactividad (niños), entumecimiento, muñecas o pies sin control, debilidad, torpeza, dolor en articulaciones y músculos, vómito, pérdida del apetito, dolores de estómago, estreñimiento, sabor metálico en la boca, problemas para engendrar niños saludables. Los efectos del envenenamiento por plomo sobre la Salud pueden ser: anemia, hipertensión, daños en la formación de glóbulos rojos, enfermedad de riñones, daños al cerebro, daños a los nervios, fertilidad disminuida, nacimientos prematuros, abortos.

En la institución educativa “Manuel Gonzales Prada” Distrito De los Olivos, Lima se observó el deterioro de algunas tuberías, existiendo la sospecha a que en el agua potable pueda existir valores máximos permisibles de plomo

1.2. Delimitación de la investigación

1.2.1. Delimitación espacial

El lugar donde se desarrolló la investigación fue el Centro Educativo “Manuel Gonzales Prada” Distrito de los Olivos, Lima.

1.2.2. Delimitación temporal

El estudio se inició el mes de septiembre del 2014 y finalizó enero del 2015.

1.2.3. Delimitación social

La presencia de Plomo en el agua potable a concentraciones elevadas puede causar enfermedades en el sistema nervioso central y periférico en la población estudiantil.

Los beneficiarios del estudio son los docentes, estudiantes y personal administrativo del Centro Educativo “Manuel Gonzales Prada”

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Pregunta general

¿El plomo estará presente en agua potable del Centro Educativo “Manuel Gonzales Prada” Distrito de los Olivos, Lima- septiembre 2014 a enero 2015?

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general:

Determinar la presencia de plomo en agua potable del Centro Educativo “Manuel Gonzales Prada” Distrito de los Olivos, Lima.

1.4.2. Objetivos específicos:

- Determinar la concentración de plomo en agua potable del Centro Educativo “Manuel Gonzales Prada.
- Comparar los niveles de plomo encontrados con la norma técnica de la Organización Mundial de la Salud y la Unión Europea.

1.5. Hipótesis de la investigación

1.5.1. Hipótesis general

Existiría presencia de plomo en agua potable del Centro Educativo “Manuel Gonzales Prada” Distrito de los Olivos, Lima.

1.5.2. Hipótesis específicas:

- La concentración de plomo presentes en agua potable son altos en el Centro Educativo “Manuel Gonzales Prada” Distrito de los Olivos, Lima.
- Los valores máximos permisibles de plomo en agua potable encontrados están por encima de la norma técnica de la Organización Mundial de la Salud y la Unión Europea

1.6. Justificación e importancia de la investigación

1.6.1. Justificación de la investigación

El agua potable no es la única fuente de exposición al plomo. Sin embargo, en combinación con otras fuentes, el plomo en el agua puede aumentar la acumulación de plomo en nuestro organismo. El plomo en el agua puede ser un problema especial para los infantes, cuyas dietas alimenticias pueden ser en su mayoría líquidos, tales como fórmula láctea o jugos concentrados mezclados con agua. Una persona de cuerpo pequeño puede absorber el plomo más rápidamente que una persona de cuerpo grande, por lo que cantidades de plomo que no dañan a un adulto pueden ser muy dañinas para un niño. Demasiado plomo puede causar daños permanentes en el desarrollo mental y físico de un niño(5). El plomo rara vez se encuentra en fuentes naturales de agua tales como ríos y lagos o arroyos subterráneos. Sin embargo, puede introducirse en el agua potable una vez que el agua ha salido de la planta de tratamiento y va de camino a las llaves de agua de las casas. Esto por lo general sucede a través de la corrosión de materiales que contienen plomo en la tubería de la casa. Entre estos materiales están las llaves de latón, soldadura de plomo en la tubería de cobre, tubería de plomo o líneas de servicio de plomo que conectan el suministro de agua a la plomería interior. Los resultados del estudio sirven para garantizar la calidad de consumo de agua potable en la población inmersa al Centro Educativo. Asimismo servirá de base para la realización de otros trabajos de investigación más profunda y abarcar a todas las instituciones educativas del nivel inicial, primario, secundario y superior(6).

1.6.2. Importancia de la investigación

El plomo afecta principalmente al sistema nervioso, tanto en niños como en adultos. La exposición ocupacional prolongada al plomo, en adultos ha causado alteraciones en algunas funciones del sistema nervioso. La exposición al plomo también puede producir debilidad en los dedos, las muñecas o los tobillos; además puede producir anemia. Los niveles de exposición altos (mayores a 100 µg/L) pueden dañar seriamente el cerebro y los riñones en adultos o en niños y, hasta pueden causar la muerte. En mujeres embarazadas, los niveles por encima de 100 µg/L pueden producir abortos, bebés con bajo peso y en los varones, puede alterar la producción

de espermatozoides. La importancia de este trabajo se fundamenta en que si queremos garantizar en las personas calidad de vida entonces los estilos de vida deben ser saludables y siendo un factor importante de ello el consumo de agua potable no puede ser ajeno a ello(7). El plomo puede causar serios problemas de salud si demasiada cantidad de plomo entra en su cuerpo al beber el agua potable o por otras fuentes. Esto le puede causar daño al cerebro, los riñones y puede interferir con la producción de glóbulos rojos que llevan el oxígeno a todas las partes de su cuerpo. El riesgo más grande de la exposición al plomo lo corren los infantes, los niños pequeños y las mujeres embarazadas. Los adultos con problemas de los riñones e hipertensión pueden ser más afectados por los niveles bajos de plomo que los adultos con buena salud. El plomo es almacenado en los huesos y puede ser liberado más adelante en la vida. Durante el embarazo, el niño recibe plomo de los huesos de la madre y este puede afectarle el desarrollo del cerebro.

El plomo es un metal común que se encuentra en el medio ambiente. El agua potable es una posible fuente de exposición al plomo. Las principales fuentes de exposición al plomo son las pinturas con base de plomo y el polvo o la tierra contaminada con plomo y algunos materiales de plomería. Además, el plomo lo pueden encontrar en algunos tipos de alfarería, estaño, accesorios de latón, alimentos y cosméticos. Otras fuentes incluyen la exposición en los sitios de trabajo y la exposición por medio de algunos pasatiempos (el plomo se puede llevar en la ropa o los zapatos). El plomo se encuentra en algunos juguetes, en los equipos de los parques infantiles y en algunas joyas de metal para los niños. Los grifos de latón, uniones, y válvulas, incluyendo aquellos a los que se les hace propaganda como “libres de plomo”, podrían contribuir con plomo en el agua potable(8).

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del estudio

2.1.1. A nivel internacional:

1. Márquez (1) en la tesis “El Contenido de Plomo en el Agua Potable de las Escuelas Públicas Elementales en el Municipio de Juncos” 2011 .El objetivo de esta investigación es determinar el contenido de plomo en el agua potable de seis escuelas públicas elementales en el municipio de Juncos con el propósito de determinar si los niveles de plomo en el agua potable exceden los límites permitidos por la EPA y determinar la viabilidad de realizar este tipo de estudios en las escuelas públicas de Puerto Rico. Los resultados obtenidos de los puntos de muestreo de las seis escuelas seleccionadas, indica que sólo un punto reflejó niveles más altos del nivel de acción el cual era de 1.20 mg/L, los demás resultados reflejaron estar dentro de los límites permitidos por la EPA.
2. Araujo(9) en el estudio “Cuantificación de plomo, mercurio y cadmio en agua de consumo humano de 5 comunidades de El Salvador por espectrofotometría de absorción atómica” 2010, se cuantificó los metales pesados Plomo, Mercurio y Cadmio en agua de consumo humano y se compararon posteriormente con los límites establecidos por la Norma Salvadoreña Obligatoria para la Calidad de Agua. Agua Potable. Se realizó 5 tomas de muestras en cinco comunidades con diferentes actividades económicas y ubicación geográfica, según un estudio de prevalencia de Enfermedad Renal Crónica (ERC) los cuales son los siguientes: Cantón Shucutitán de Concepción de Ataco en Ahuachapán, Cantón Calderas de Apastepeque en San Vicente, Reparto Santa Clara de San Jacinto en San Salvador, Casco de la Hacienda Santa Clara de San Luís Talpa en La Paz y Caserío El Paraíso de Jiquilisco, Cantón Tierra Blanca, en Usulután. Haciendo un total de 25 muestras, la parte experimental se llevó a cabo en un laboratorio privado aplicando los Métodos Estandarizados de Tratamiento de Agua y Aguas de desechos, por el método de espectrofotometría de absorción

atómica. Al comparar los resultados obtenidos de las muestras de agua de consumo humano con los límites establecido por la Norma Salvadoreña Obligatoria para la Calidad de Agua. Agua Potable, que establece los límites de concentración para los metales en estudio los cuales son: plomo de 0.01 ppm, mercurio de 0.001 ppm y cadmio de 0.003 ppm, respectivamente. Se determinó que las concentraciones de plomo, mercurio y cadmio sobrepasan los límites, mostrando mayor concentraciones para el Plomo en el Reparto Santa Clara de San Jacinto en San Salvador (0.0211 ppm), Mercurio en el Casco de la Hacienda Santa Clara de San Luís Talpa en La Paz (0.0065 ppm) y Cadmio en el Cantón Calderas de Apastepeque en San Vicente (0.0032 ppm), y la zona de muestreo con menor presencia de los tres metales plomo, mercurio y cadmio es el Cantón Shucutitán de Concepción de Ataco en Ahuachapán. Las concentraciones también fueron analizadas estadísticamente por el método de regresión lineal, utilizando el programa SPSS, donde se determinó la relación entre las concentraciones individuales de los metales y la zona de ubicación muestreada y no se observó incidencia entre las variables, probablemente se deba a que el número de muestras analizadas no son lo suficientemente representativa para demostrar cómo cada metal por si solo es un riesgo para la salud. Posteriormente se realizó un análisis de los promedios de creatinina en sangre en relación al sexo femenino y masculino en la comunidad, y se muestra que se potencializa en proporcionalidad directa y alta significancia, es decir que si depende del sexo de la persona para que se bio acumule en sangre y se eleve la concentración de creatinina, al analizarse en conjunto con las concentraciones de plomo y mercurio; esto implica que las concentraciones de los metales en agua de consumo es una de las causas de enfermedad renal crónica en el país. Por lo que se concluye que todas las comunidades sobre pasan los límites establecidos en plomo, mercurio y cadmio según la Norma Salvadoreña Obligatoria para la Calidad del Agua.

2.1.2. A nivel nacional

1. Huaranga, Méndez, Quilcat y Huaranga(10) en su estudio “Contaminación por metales pesados en la Cuenca del Río Moche, 1980 – 2010, La Libertad – Peru” precisan que la contaminación de las aguas continentales es un problema de escala mundial, principalmente debido al impacto de los relaves mineros. Utilizando tecnologías de punta, como plantas de neutralización de aguas ácidas, muchas empresas están mitigando el impacto de su funcionamiento; por lo que tomando como referencia los cambios en la concentración de metales pesados presentes en aguas, suelos y cultivos de la cuenca alta, media y baja del río Moche, 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 durante el año de 1980: 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 para el año 1980: 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 y durante el año de 1980; 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.
2. Chung (11) en la investigación “Control de contaminantes del Perú Salud Pública. 2008” refiere que la contaminación del agua, aire, suelo y alimentos es la consecuencia de las actividades que el hombre ha desarrollado para vivir y mejorar su calidad de vida.

Sin embargo, el hombre se ha olvidado de vivir en armonía con la naturaleza y de cuidarla. Hoy tenemos un sinnúmero de sustancias químicas y biológicas en el ambiente que significan un riesgo para la salud porque se encuentran en altas concentraciones o debido a su naturaleza tóxica. Para tener referencia y conocimiento del nivel de contaminación que existe en cada lugar, es necesario que existan metodologías y técnicas analíticas, así como normas técnicas referidas al control de contaminantes en el ambiente, es decir en el agua, aire, suelo y alimentos. Actualmente en el país, tenemos reglamentación referidas al agua y aire; las normas para agua incluyen parámetros físicos, químicos, elementos y sustancias orgánicas e inorgánicas, las normas para aire están referidas a los contaminantes primarios, mientras que para suelos se consultan las normas internacionales y para alimentos las normas de la FDA (Food and Drug Administration). En el contexto nacional actual, con 9,7% de crecimiento en la productividad y desarrollo de actividades económicas diversas, es necesario la complementación del marco normativo medioambiental y el desarrollo de la capacidad analítica nacional para la evaluación de sustancias químicas y el control de la contaminación del ambiente, la preservación de los recursos naturales del país y la certificación de productos de exportación y consumo. En nuestro país, como ejemplo de lugares críticos donde se produce una contaminación permanente del ambiente por productos químicos, podemos citar a la ciudad de La Oroya con plomo, cadmio y otros metales en el aire y agua; la ciudad de Ilo por la lluvia ácida y presencia natural de arsénico; el Callao por las cantidades de plomo en el aire; Cerro de Pasco por metales como plomo, cadmio, arsénico en el agua; Madre de Dios por mercurio y cianuro en el agua; río Rímac por presencia de arsénico, plomo, cadmio; Puno por metales tóxicos en el agua y desechos de toda índole en el lago Titicaca; Cajamarca y Ancash por plomo, cadmio, arsénico en sus ríos, etc. En todos estos lugares, la actividad principal contaminante es la minería,

por lo que se estima que los contaminantes principales son los metales pesados y tóxicos como plomo, arsénico, mercurio, cadmio, cobre, zinc, cromo, vanadio, tungsteno, molibdeno, hierro, manganeso, cianuros, etc. Especialmente la minería informal contamina con indeterminadas pero grandes cantidades de mercurio y cianuro.

2.2. Marco conceptual

2.2.1. DESCRIPCIÓN PROBLEMÁTICA DEL PLOMO EN EL AGUA POTABLE

El plomo es un metal que se utilizó en otras épocas como material de fontanería, en tejados y en emplomados de cristales de ventanas (vidrieras) contaminando el medio ambiente, el aire, la tierra, los alimentos y el agua, debido a la corrosión en las tuberías. Hasta los años 70, era común utilizar tuberías de plomo en el interior de las casas y en las conexiones de las líneas de servicio (acometidas) que llevaban el agua desde las instalaciones públicas de agua a las viviendas. Más tarde, las tuberías de hierro y cobre reemplazaron a las de plomo en la mayoría de las zonas residenciales. Actualmente existen grifos y accesorios de bronce que contienen plomo en su aleación y a veces ocasionan cesiones no deseables del mismo al agua de consumo(12).

El plomo entra al agua potable primordialmente como resultado de la corrosión o desgaste de los materiales que están el sistema de suministro de agua y la plomería doméstica. Estos materiales pueden incluir soldaduras de plomo, griferías cromadas o de latón y en algunos casos tuberías de plomo que conectan a la línea de servicio.

GRÁFICO N° 01. Tuberías de plomo en viviendas antiguas



Aunque se ha venido utilizando en numerosos productos para el consumidor, el plomo es un metal tóxico y ahora se sabe que es peligroso para la salud de los humanos si se inhala o ingiere. Las fuentes del plomo más importantes son: el aire ambiente, la tierra y el polvo (dentro y fuera de la casa), los alimentos (que pueden estar contaminados del plomo en el aire o en los envases) y el agua (debido a la corrosión en las tuberías). Por término medio, se calcula que el plomo en el agua potable contribuye del 10 al 20 por ciento a que los niños entren en contacto con este metal. En general, el plomo pasa al agua después de salir de la planta de tratamiento o del pozo. Es decir, la procedencia del plomo en el agua de su hogar posiblemente venga de las tuberías en su casa o soldaduras de las mismas. La causa más común es corrosión, una reacción del agua y el plomo de las tuberías o de la suelda. El oxígeno disuelto, un pH bajo (acidez) y un bajo contenido de minerales en el agua son causas comunes de corrosión. Todo tipo de agua puede tener gran cantidad de plomo. Uno de los factores que aumenta la corrosión es el de soterrar los equipos eléctricos (como las líneas de teléfono) por donde pasan las tuberías de agua. La corriente eléctrica que pasa por el cable soterrado acelerará la corrosión del plomo en las tuberías. (De todas maneras, no se deberán sacar los cables de las tuberías si un electricista cualificado no instala un sistema soterrado adecuado como alternativa). El agua potable

contaminada con plomo es un problema frecuente en casas que son muy viejas o muy nuevas. Hasta principios de siglo, era común en algunas áreas del país utilizar tuberías de plomo en el interior de la casa. También se utilizaban las tuberías de plomo en las conexiones de servicio que llevaban el agua desde las instalaciones públicas de agua a las viviendas. (Esto se dejó de hacer recientemente en algunas localidades). Las tuberías instaladas antes de 1930 probablemente contienen plomo. Las tuberías de cobre reemplazaron las de plomo en la mayoría de las zonas residenciales. Sin embargo, el uso de suelda de plomo en las tuberías de cobre es frecuente. Los expertos consideran esto la causa principal de contaminación de plomo hoy en el agua que corre en las tuberías de las casas en los EE.UU. Los grifos y accesorios de bronce también pueden filtrar plomo, aunque estos no lo lleven. La información científica indica que mientras más nueva es la casa, más peligro de contaminación por plomo existe. La cantidad de plomo disminuye a medida que el edificio envejece. Esto es debido a que los depósitos de minerales a través del tiempo forman un revestimiento en el interior de las tuberías (si el agua no es corrosiva). Este revestimiento aísla el agua de la suelda. Pero durante los primeros cinco años (antes de la formación del revestimiento), el agua está en contacto directo con el plomo. Con frecuencia, el agua en edificios construidos en los últimos cinco años está muy contaminada con plomo(13).

Las tuberías de plomo dejaron de colocarse en 1980. Sin embargo, buena parte de los inmuebles antiguos cuentan aún con esta instalación. En las cañerías de los edificios de reciente construcción también existen algunas piezas de ensamblaje fabricadas con este metal. La nueva norma, que está elaborando el Ministerio de Sanidad y Consumo sobre los criterios sanitarios de la calidad de aguas de consumo humano, incluye los parámetros de control de la directiva europea en la materia aprobada en 1998 y en ella se especifica que estas tuberías deberán ser retiradas. La recomendación parte de la OMS, que realizó diversos estudios sobre la presencia de plomo en el agua de consumo a principios de la década de los noventa. El organismo dio la voz de alarma al comprobar que los valores de este material, empleados en algunas antiguas canalizaciones, era de

cincuenta microgramos por litro, cuando los valores de seguridad se sitúan en un límite de diez microgramos por litro. La concentración del metal puede acarrear graves problemas de salud. De hecho, la retirada de las cañerías pretende evitar nuevos casos de saturnismo y problemas de desarrollo desde edades tempranas(14).

GRÁFICO Nº 02. Tuberías de plomo en viviendas o instituciones antiguas



2.2.2. AGUA POTABLE

Se denomina agua potable o agua para el consumo humano, al agua que puede ser consumida sin restricción debido a que, gracias a un proceso de purificación, no representa un riesgo para la salud. El agua es esencial para la vida y todas las personas deben disponer de un suministro satisfactorio (suficiente, inocuo y accesible). La mejora del acceso al agua potable puede proporcionar beneficios tangibles para la salud. Debe realizarse el máximo esfuerzo para lograr que la inocuidad del agua de consumo sea la mayor posible. El agua de consumo inocua (agua potable), según se define en las Guías, no ocasiona ningún riesgo significativo para la salud cuando se consume durante toda una vida, teniendo en cuenta las diferentes vulnerabilidades que pueden presentar las personas en las distintas etapas de su vida. Las personas que presentan mayor riesgo de contraer enfermedades transmitidas por el agua son los lactantes y los niños de corta edad, las personas debilitadas o que viven en condiciones antihigiénicas y los ancianos. El

agua potable es adecuada para todos los usos domésticos habituales, incluida la higiene personal (14).

GRÁFICO N° 03. Agua potable



2.2.2.1. Producción

Al proceso de conversión de agua común en agua potable se le denomina potabilización. Los procesos de potabilización son muy variados, por ejemplo una simple desinfección, para eliminar los patógenos, que se hace generalmente mediante la adición de cloro, mediante la irradiación de rayos ultravioletas, mediante la aplicación de ozono, etc. Estos procedimientos se aplican a aguas que se originan en manantiales naturales o para las aguas subterráneas. Si la fuente del agua es superficial, agua de un río arroyo o de un lago, ya sea natural o artificial, el tratamiento suele consistir en un stripping de compuestos volátiles seguido de la precipitación de impurezas con floculantes, filtración y desinfección con cloro u ozono. El caso extremo se presenta cuando el agua en las fuentes disponibles tiene presencia de sales y/o metales pesados. Los procesos para eliminar este tipo de impurezas son generalmente complicados y costosos. En zonas con pocas precipitaciones y zonas de y disponibilidad de aguas marinas se puede producir agua potable por desalinización. Este se lleva a cabo a menudo por ósmosis inversa o destilación. Para confirmar que el agua ya es potable, debe ser inodora (sin

olor), incolora (sin color) e insípida (sin sabor). En algunos países se añaden pequeñas cantidades de fluoruro al agua potable para mejorar la salud dental(14).

2.2.2.2. Suministro, acceso y uso

El suministro de agua potable es un problema que ha ocupado al hombre desde la Antigüedad. Ya en Grecia clásica se construían acueductos y tuberías de presión para asegurar el suministro local. En algunas zonas se construían y construyen cisternas o aljibes que recogen las aguas pluviales. Estos depósitos suelen ser subterráneos para que el agua se mantenga fresca y sin luz, lo que favorecería el desarrollo de algas. En Europa se calcula con un gasto medio por habitante de entre 150 y 200 L de agua potable al día aunque se consumen como bebida tan sólo entre 2 y 3 litros. En muchos países el agua potable es un bien cada vez más escaso y se teme que puedan generarse conflictos bélicos por la posesión de sus fuentes. De acuerdo con datos divulgados por el programa de monitoreo del abastecimiento de agua potable patrocinado en conjunto por la OMS y UNICEF, el 87 % de la población mundial, es decir, aproximadamente 5900 millones de personas (marzo de 2010), dispone ya de fuentes de abastecimiento de agua potable, lo que significa que el mundo está en vías de alcanzar, e incluso de superar, la meta de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) relativa al agua potable(14).

2.2.2.3. Aspectos microbiológicos

La garantía de la inocuidad microbiana del abastecimiento de agua de consumo se basa en la aplicación, desde la cuenca de captación al consumidor, de barreras múltiples para evitar la contaminación del agua de consumo o para reducirla a niveles que no sean perjudiciales para la salud. La seguridad del agua se mejora mediante la implantación de barreras múltiples, como la protección de los recursos hídricos, la selección y aplicación correctas de una serie de operaciones de tratamiento, y la gestión de los sistemas de distribución (por tuberías o de otro tipo) para

mantener y proteger la calidad del agua tratada. La estrategia preferida es un sistema de gestión que hace hincapié en la prevención o reducción de la entrada de patógenos a los recursos hídricos y que reduce la dependencia en las operaciones de tratamiento para la eliminación de patógenos. En términos generales, los mayores riesgos microbianos son los derivados del consumo de agua contaminada con excrementos humanos o animales (incluidos los de las aves). Los excrementos pueden ser fuente de patógenos, como bacterias, virus, protozoos y helmintos. Los patógenos fecales son los que más preocupan a la hora de fijar metas de protección de la salud relativas a la inocuidad microbiana. Se producen con frecuencia variaciones acusadas y bruscas de la calidad microbiológica del agua. Pueden producirse aumentos repentinos de la concentración de patógenos que pueden aumentar considerablemente el riesgo de enfermedades y pueden desencadenar brotes de enfermedades transmitidas por el agua. Además, pueden exponerse a la enfermedad numerosas personas antes de que se detecte la contaminación microbiana. Por estos motivos, para garantizar la inocuidad microbiana del agua de consumo no puede confiarse únicamente en la realización de análisis del producto final, incluso si se realizan con frecuencia. Para garantizar sistemáticamente la inocuidad del agua de consumo y proteger la salud pública, debe prestarse atención especial a la aplicación de un marco para la seguridad del agua y de planes de seguridad del agua (PSA) completos. Para gestionar la inocuidad microbiana del agua de consumo es preciso: a) evaluar el conjunto del sistema, para determinar los posibles peligros a los que puede estar expuesto b) determinar las medidas de control necesarias para reducir o eliminar los peligros y realizar un monitoreo operativo para garantizar la eficacia de las barreras del sistema, y c) elaborar planes de gestión que describan las medidas que deben adoptarse en circunstancias normales y si se producen incidentes. Estos son los tres componentes de un PSA. Si no se garantiza la seguridad del agua, la comunidad puede quedar expuesta al

riesgo de brotes de enfermedades intestinales y otras enfermedades infecciosas. Es particularmente importante evitar los brotes de enfermedades transmitidas por el agua de consumo, dada su capacidad de infectar simultáneamente a un gran número de personas y, potencialmente, a una gran proporción de la comunidad. Además de los patógenos fecales, pueden tener importancia para la salud pública en determinadas circunstancias otros peligros microbianos (por ejemplo, el dracúnculo [*Dracunculus medinensis*], las cianobacterias tóxicas y las legionelas). Las formas infecciosas de muchos helmintos, como los nematodos y platelmintos parásitos, pueden transmitirse a las personas por medio del agua de consumo(14).

El agua de consumo no debe contener larvas maduras ni huevos fertilizados, ya que un único ejemplar puede ocasionar una infección. No obstante, el agua es una vía relativamente poco importante de infección por helmintos, con la excepción del dracúnculo. Las legionelas son bacterias ubicuas en el medio ambiente y pueden proliferar a las temperaturas elevadas existentes en ocasiones en los sistemas de distribución de agua de consumo entubada, sobre todo en los sistemas de distribución de agua caliente y templada. La exposición a las legionelas presentes en el agua de consumo se produce mediante inhalación y puede evitarse mediante la aplicación de medidas básicas de gestión de la calidad del agua en los edificios y mediante el mantenimiento de concentraciones residuales de desinfectantes en todo el sistema de distribución por tuberías(14).

El peligro para la salud pública de las cianobacterias deriva de su capacidad de producir diversas toxinas, conocidas como «cianotoxinas». Al contrario que las bacterias patógenas, las cianobacterias no se multiplican en el organismo humano tras su ingestión, sino únicamente en el agua antes de ser ingerida.

Si bien los péptidos tóxicos (por ejemplo, las microcistinas) se encuentran habitualmente en el interior de las células y pueden, por consiguiente, eliminarse, en gran parte, por filtración, se liberan también al agua alcaloides tóxicos, como la

cilindrospermopsina y las neurotóxicas, que pueden atravesar los sistemas de filtración. Algunos microorganismos forman biopelículas sobre superficies que están en contacto con agua. La mayoría de estos microorganismos, con pocas excepciones, como las legionelas, no causan enfermedades en las personas sanas, pero pueden resultar molestos ya que generan sabores y olores o la coloración del agua de consumo. La proliferación que se produce después del tratamiento del agua de consumo se conoce con frecuencia como «reproliferación». Normalmente, se refleja en un aumento de recuento de heterótrofos en placa (RHP) en muestras de agua. Los valores de RHP aumentan sobre todo en partes de los sistemas de distribución por tuberías donde se produce estancamiento de agua, en instalaciones de fontanería domésticas, en agua envasada, en algunos casos, y en dispositivos conectados a las instalaciones de fontanería, como descalcificadores, filtros de carbón y máquinas expendedoras automáticas. Aunque el agua puede ser una fuente muy importante de microorganismos infecciosos, muchas de las enfermedades que pueden transmitirse por el agua pueden transmitirse también por otras vías, como el contacto entre personas, las gotículas y aerosoles, y la ingesta de alimentos. En determinadas circunstancias, en ausencia de brotes de origen acuático, estas vías pueden ser más importantes que la transmisión por el agua(14).

2.2.2.4. Aspectos químicos

Los riesgos para la salud asociados a los componentes químicos del agua de consumo son distintos de los asociados a la contaminación microbiana y se deben principalmente a la capacidad de los componentes químicos de producir efectos adversos sobre la salud tras periodos de exposición prolongados. Pocos componentes químicos del agua pueden ocasionar problemas de salud como resultado de una exposición única, excepto en el caso de una contaminación masiva accidental de una fuente de abastecimiento de agua de consumo. Además, la experiencia demuestra que en muchos incidentes de este tipo,

aunque no en todos, el agua se hace imbebible, por su gusto, olor o aspecto inaceptables. En situaciones en las que no es probable que una exposición de corta duración perjudique la salud, suele ser más eficaz concentrar los recursos disponibles para medidas correctoras en la detección y eliminación de la fuente de contaminación que en instalar un sistema caro de tratamiento del agua de consumo para la eliminación del componente químico. Puede haber numerosos productos químicos en el agua de consumo; sin embargo, sólo unos pocos suponen un peligro inmediato para la salud en cualquier circunstancia determinada. La prioridad asignada a las medidas de monitoreo y de corrección de la contaminación del agua de consumo debe gestionarse de tal modo que se evite utilizar innecesariamente recursos escasos para el control de contaminantes químicos cuya repercusión sobre la salud es pequeña o nula.

La exposición a concentraciones altas de fluoruro, de origen natural, puede generar manchas en los dientes y, en casos graves, fluorosis ósea incapacitante. De modo similar, el agua de consumo puede contener arsénico de origen natural y una exposición excesiva al mismo puede ocasionar un riesgo significativo de cáncer y lesiones cutáneas. Otras sustancias de origen natural, como el uranio y el selenio, pueden también ocasionar problemas de salud cuando su concentración es excesiva. La presencia de nitratos y nitritos en el agua se ha asociado con la metahemoglobinemia, sobre todo en lactantes alimentados con biberón. La presencia de nitratos puede deberse a la aplicación excesiva de fertilizantes o a la filtración de aguas residuales u otros residuos orgánicos a las aguas superficiales y subterráneas. Sobre todo en zonas con aguas corrosivas o ácidas, la utilización de cañerías y accesorios o **soldaduras de plomo puede generar concentraciones altas de plomo en el agua de consumo**, que ocasionan efectos neurológicos adversos. Son pocas las sustancias cuya presencia en el agua de consumo suponga una contribución importante a la ingesta general en términos de prevención de enfermedades. Un ejemplo es el efecto

potenciador de la prevención contra la caries dental del fluoruro del agua de consumo. Las Guías no pretenden definir concentraciones mínimas deseables de sustancias químicas en el agua de consumo. Se han calculado valores de referencia para muchos componentes químicos del agua de consumo. Un valor de referencia representa normalmente la concentración de un componente que no ocasiona ningún riesgo significativo para la salud cuando se consume durante toda una vida. Algunos valores de referencia se han fijado con carácter provisional basándose en la concentración alcanzable mediante tratamiento y la capacidad de detección analítica. En estos casos, el valor de referencia es mayor que el calculado basándose en efectos sobre la salud(14).

2.2.2.5. Directrices para la verificación

La inocuidad del agua de consumo se garantiza mediante la aplicación de un PSA, que incluye el monitoreo de la eficacia de las medidas de control mediante determinantes seleccionados de forma adecuada. Además de este monitoreo operativo, es preciso realizar una verificación final de la calidad. La verificación consiste en el uso de métodos, procedimientos o pruebas, adicionales a los utilizados en el monitoreo operativo, para determinar si el sistema de abastecimiento de agua de consumo cumple los objetivos estipulados en las metas de protección de la salud o si es necesario modificar y volver a validar el PSA(14).

- **Calidad microbiológica del agua**

La verificación de la calidad microbiológica del agua por lo general incluye análisis microbiológicos. En la mayoría de los casos, conllevará el análisis de microorganismos indicadores de contaminación fecal, pero también puede incluir, en algunas circunstancias, la determinación de las concentraciones de patógenos específicos. La verificación de la calidad microbiológica del agua de consumo puede realizarla el proveedor, los organismos responsables de la vigilancia o una combinación de ambos. La verificación conlleva el análisis del agua de origen, del agua inmediatamente después de ser tratada, del agua en los sistemas de distribución o del agua

almacenada en los hogares. La verificación de la calidad microbiológica del agua de consumo incluye el análisis de la presencia de *Escherichia coli*, un indicador de contaminación fecal. No debe haber presencia en el agua de consumo de *E. coli*, ya que constituye una prueba concluyente de contaminación fecal reciente. En la práctica, el análisis de la presencia de bacterias coliformes termotolerantes puede ser una alternativa aceptable en muchos casos. *E. coli* es un indicador útil, pero tiene limitaciones. Los virus y protozoos entéricos son más resistentes a la desinfección; por tanto, la ausencia de *E. coli* no implica necesariamente que no haya presencia de estos organismos. En ciertos casos, puede ser deseable incluir en los análisis microorganismos más resistentes, como bacteriófagos o esporas bacterianas, por ejemplo cuando se sabe que el agua de origen que se usa está contaminada con virus y parásitos entéricos, o si hay una incidencia alta de enfermedades virales y parasitarias en la comunidad. La calidad del agua puede variar con gran rapidez y todos los sistemas pueden presentar fallos ocasionales. Por ejemplo, la lluvia puede hacer aumentar en gran medida la contaminación microbiana en aguas de origen, y son frecuentes los brotes de enfermedades transmitidas por el agua después de periodos de lluvias. Esta circunstancia debe tenerse en cuenta a la hora de interpretar los resultados de los análisis(14).

- **Calidad química del agua**

La evaluación de la idoneidad de la calidad química del agua de consumo se basa en la comparación de los resultados de los análisis con los valores de referencia. En el caso de los aditivos (sustancias procedentes en su mayoría de los materiales y productos químicos utilizados en la producción y distribución del agua de consumo), la atención se centra en el control directo de la calidad de estos productos. Los procedimientos de análisis cuyo objeto es controlar la presencia de aditivos en el agua de consumo suelen

determinar sus concentraciones en el agua y tener en cuenta su evolución para calcular un valor que puede compararse con el valor de referencia. La mayoría de los productos químicos que pueden estar presentes en el agua de consumo sólo constituyen un peligro si se produce una exposición prolongada; sin embargo, algunos pueden producir efectos peligrosos tras múltiples exposiciones en un periodo corto. Si la concentración del producto químico en cuestión sufre grandes fluctuaciones, es posible que incluso una serie de resultados analíticos no permita determinar ni describir completamente el riesgo que supone para la salud pública (por ejemplo, los nitratos, que se asocian con la metahemoglobinemia en lactantes alimentados con biberón). Para controlar estos peligros, es preciso conocer los factores causantes como el uso de fertilizantes en la agricultura y la evolución de las concentraciones detectadas, ya que pueden indicar un posible problema importante en el futuro. Otros peligros pueden surgir de forma intermitente, generalmente asociados a las actividades o circunstancias estacionales. Un ejemplo es la aparición de floraciones de cianobacterias tóxicas en aguas superficiales. Un valor de referencia es la concentración de un componente que no ocasiona un riesgo para la salud superior al tolerable cuando se consume durante toda una vida. Los valores de referencia de algunos contaminantes químicos (por ejemplo, el plomo y el nitrato) se fijan de modo que protejan a subgrupos de población vulnerables. Estos valores protegen también a la población general que consume el agua durante toda la vida. Es importante que los valores de referencia recomendados sean tales que su aplicación sea práctica y factible, así como que proteja la salud pública. No suelen establecerse valores de referencia en concentraciones inferiores a los límites de detección alcanzables en las condiciones operativas rutinarias de laboratorio. Además, al establecer los valores de referencia se tienen en cuenta las técnicas disponibles para controlar, eliminar o reducir la

concentración del contaminante hasta el nivel deseado. Por lo tanto, en algunos casos se han fijado valores de referencia provisionales para contaminantes de los que se dispone de información sujeta a cierta incertidumbre o cuando no es posible, en la práctica, reducir la concentración hasta los niveles de referencia calculados(14).

2.2.2.6. Estándares de Calidad de Agua Potable de la OMS

Desde 1958 la OMS (Organización Mundial de la Salud) ha publicado periódicamente "Estándares Internacionales de Agua Potable" que luego se llamaron "Guías para la Calidad del Agua Potable". Estas Guías internacionales buscan mejorar la calidad del agua potable y la salud humana al ser usadas como base para la regulación de los estándares de agua potable en los países alrededor de todo el mundo. Hasta el momento se han publicado tres ediciones de las Guías de Calidad de Agua Potable. Las dos primeras ediciones fueron utilizadas como directrices para establecer las normas internas que regulan el agua potable de cada uno de los países. La tercera edición hace una evaluación de riesgo, es decir, describe un "Marco para la Seguridad de Agua potable " y habla de los papeles y las responsabilidades de los distintos tenedores, incluyendo los papeles complementarios de reguladores nacionales, proveedores, comunidades y agencias "de vigilancia" independientes. En esta edición la información sobre muchas sustancias químicas fue revisada por la OMS para considerar la inclusión de nuevas sustancias químicas que no habían sido consideradas con anterioridad. Actualmente las Guías de Calidad de agua Potable de la OMS están siendo revisadas con el fin de publicar unos nuevos apéndices en el 2005 y el 2007, y finalmente esperan poder tener lista una cuarta edición de las Guías en el 2008. Pero ¿qué son realmente los estándares de agua potable? Los estándares de agua potable son regulaciones establecidas por la legislación interna de los países para controlar el nivel de contaminantes en el agua de consumo humano de cada nación. Los estándares nacionales de calidad de agua

potable se concentran en el establecimiento de límites para regular los contaminantes que presentan un alto riesgo de afectar la salud pública, al mismo tiempo que su establecimiento se basa en su factibilidad según los recursos económicos y ambientales disponibles por cada país. Para establecer los estándares adecuados para el agua potable, la OMS debe realizar una investigación y un análisis posterior que le permitan verificar si esos estándares cumplen su misión principal de proteger la salud pública. La OMS se encarga simplemente de concentrar y establecer las pautas, las cuales son adoptadas e impuestas por algunos países voluntariamente, ya que cada país es libre de establecer sus propias normas, las cuales pueden ser menores, iguales y/o más estrictas que las recomendadas por la OMS.

2.2.3. PLOMO

El plomo es un elemento químico de la tabla periódica, cuyo símbolo es Pb (del latín plumbum) y su número atómico es 82 según la tabla actual, ya que no formaba parte en la tabla de Dmitri Mendeléyev. Este químico no lo reconocía como un elemento metálico común por su gran elasticidad molecular. Cabe destacar que la elasticidad de este elemento depende de la temperatura ambiente, la cual distiende sus átomos, o los extiende.

GRÁFICO N° 04. Plomo



2.2.3.1. Características del plomo

Plomo (Pb): metal pesado (densidad relativa, o gravedad específica, de 11.4 a 16 oC), no tiene olor ni sabor especial, de color grisáceo, con aspecto brillante cuando se corta, al ser expuesto al aire se oxida rápidamente lo cual se denota a través del tono mate que adquiere. Muy dúctil, maleable y

resistente a la corrosión, y pobre conductor de la electricidad, son características que lo hacen un elemento de amplia aplicación en metalurgia y electricidad. Número atómico 82, masa atómica 207.19 g/mol, densidad 11.4 g/cm³, funde a 327 °C y hierve a 1,725 °C. Aunque resiste la acción del ácido sulfúrico y clorhídrico, se disuelve con facilidad en ácido nítrico concentrado caliente y ácidos orgánicos (cítrico, acético), originándose sales solubles. Es 11 veces más denso que el agua, se obtiene de la galena (sulfuro de plomo) que es la forma más abundante de este elemento en la naturaleza y se encuentra generalmente asociada a diversos minerales de zinc y en pequeñas cantidades, con cobre, cadmio y fierro, entre otros. La mayor parte de las emisiones de plomo hacia la atmósfera proviene de actividades como la minería, la producción de materiales industriales y de la quema de combustibles fósiles(15).

El plomo es un elemento relativamente abundante en la naturaleza (13 ppm en la corteza terrestre, fundamentalmente como PbS) y prácticamente ausente en los océanos (0,03 ppb). El plomo suele estar en rocas ácidas (ricas en sílice, granitos, etc.), en pizarras y, en algunos casos, en calizas. La mayor parte del plomo que participa en el ciclo biogeoquímico es de origen antropogénico (se ha calculado que más del 90% del plomo en la atmósfera tiene su origen en las actividades humanas). Al igual que el mercurio, el plomo no juega ningún papel en el metabolismo normal de los organismos, aunque éstos se ven afectados por su presencia, debido a su capacidad para unirse a la materia orgánica, incluyendo aminoácidos, hemoglobina, diversas enzimas, RNA y DNA. Sus efectos en el ser humano se manifiestan, fundamentalmente, por problemas en la síntesis del grupo hemo (a concentraciones tan bajas como 20-200 µg Pb/kg), hipertensión, hiperactividad y daños cerebrales. En la actualidad, el plomo se emplea en la fabricación de baterías

para los automóviles (más del 50%), en aleaciones para soldaduras (-10%), en gasolinas "con plomo" (como tetraetil plomo, $(C_2H_5)_4Pb$), en laminados, tuberías, pinturas, pigmentos (minio, cromatos), vidrios, materiales cerámicos, etc. De todas las sustancias químicas tóxicas presentes en el ambiente, el plomo es el más persistente (el tiempo medio de residencia en el ser humano es de 5 años, en general, de más de 20 años en los huesos, y de 20-30 días en tejidos blandos) y cada año origina miles de envenenamientos, especialmente en niños de áreas urbanas. Al contrario que otros contaminantes habituales, como el cadmio, el plomo no se acumula en el interior de las plantas. No obstante, el plomo puede estar presente en los alimentos, ya que es muy frecuente en las partículas de polvo que se depositan sobre las plantas o durante el procesado de los alimentos. El plomo presente en el polvo es la principal vía de adquisición de este elemento por parte de los organismos. Este plomo se ha originado, fundamentalmente, en la combustión de las gasolinas "con plomo", donde forma micropartículas de $PbCl_2$, o $PbBr_2$ (de menos de 2 μm de diámetro) que son expulsadas al aire junto con los gases de escape y que pueden ser fácilmente respiradas o absorbidas a través de la piel. Estas partículas se pueden transportar por el aire a grandes distancias, aunque la mayoría se depositan en las proximidades de la emisión. Las partículas de plomo también se originan en la combustión de petróleos y carbones, en las industrias metalúrgicas, en las incineradoras de residuos, a partir del plomo contenido en pinturas empleadas en las viviendas "plomo blanco", en las de protección de las estructuras metálicas frente a la corrosión (PbO , "plomo rojo"), o en la señalización de las carreteras ($PbCrO_4$, "plomo amarillo"). Otra vía de exposición al plomo es a través del agua potable, donde éste puede encontrarse por disolución del que se encuentra en las soldaduras o el de las propias tuberías, especialmente en las viviendas antiguas. En estos

casos, la reacción del plomo metálico con el O, disuelto en el agua provoca su oxidación y solubilización en forma de Pb^{2+} , sobre todo en medio ácido. Este problema se ve agravado en el caso de las aguas blandas, que tienen menor capacidad para neutralizar la acidez del agua de lluvia. Para solucionar este problema, se suele añadir $CaCO_3$, que aumenta el pH y la dureza del agua y forma $PbCO_3$, que crea una película que recubre las tuberías y previene la solubilización de más plomo. Como agentes protectores, también se suelen emplear fosfatos o hidróxido cálcico. El plomo de la dieta también puede verse incrementado por la disolución del metal que está presente en gran parte de los recipientes de cerámica vidriada, sobre todo si éstos se emplean para líquidos calientes, ya que la velocidad de disolución aumenta con la temperatura. Otra fuente de este elemento son las soldaduras de plomo en los recipientes de estaño empleados para las latas de alimentos y bebidas. La ingestión de balas o anzuelos de plomo por las aves acuáticas, y por las rapaces que se alimentan de ellas, también son una causa frecuente de envenenamiento por plomo. En la actualidad, el uso del plomo para las distintas aplicaciones está bastante restringido, cuando no suprimido, por lo que los niveles medios de plomo medidos en la atmósfera y en la sangre han disminuido sensiblemente(16).

GRÁFICO N° 05. Ubicación del Plomo en tabla periódica

Tabla Periódica de los Elementos

1 IA																	18 VIII A		
1 H Hydrogen 1.0079																	2 He Helium 4.0026		
3 Li Lithium 6.941	4 Be Beryllium 9.01218											5 B Boron 10.811	6 C Carbon 12.011	7 N Nitrogen 14.0064	8 O Oxygen 15.9994	9 F Fluorine 18.998403	10 Ne Neon 20.1797		
11 Na Sodium 22.989769	12 Mg Magnesium 24.305	3 III B	4 IV B	5 V B	6 VI B	7 VII B	8 VIII B			9 IX B	10 X B	11 IB	12 IIB	13 Al Aluminum 26.981538	14 Si Silicon 28.0855	15 P Phosphorus 30.973762	16 S Sulfur 32.06	17 Cl Chlorine 35.4527	18 Ar Argon 39.948
19 K Potassium 39.0983	20 Ca Calcium 40.078	21 Sc Scandium 44.95591	22 Ti Titanium 47.88	23 V Vanadium 50.9415	24 Cr Chromium 51.9961	25 Mn Manganese 54.938	26 Fe Iron 55.847	27 Co Cobalt 58.9332	28 Ni Nickel 58.6934	29 Cu Copper 63.546	30 Zn Zinc 65.39	31 Ga Gallium 69.723	32 Ge Germanium 72.64	33 As Arsenic 74.92159	34 Se Selenium 78.96	35 Br Bromine 79.904	36 Kr Krypton 83.80		
37 Rb Rubidium 85.4678	38 Sr Strontium 87.62	39 Y Yttrium 88.90585	40 Zr Zirconium 91.224	41 Nb Niobium 92.90638	42 Mo Molybdenum 95.94	43 Tc Technetium 98.9062	44 Ru Ruthenium 101.07	45 Rh Rhodium 102.9055	46 Pd Palladium 106.42	47 Ag Silver 107.8682	48 Cd Cadmium 112.411	49 In Indium 114.818	50 Sn Tin 118.71	51 Sb Antimony 121.757	52 Te Tellurium 127.6	53 I Iodine 126.90447	54 Xe Xenon 131.29		
55 Cs Cesium 132.90545	56 Ba Barium 137.327	57-71 Lanthanides	72 Hf Hafnium 178.49	73 Ta Tantalum 180.9479	74 W Tungsten 183.85	75 Re Rhenium 186.207	76 Os Osmium 190.23	77 Ir Iridium 192.22	78 Pt Platinum 195.08	79 Au Gold 196.9665	80 Hg Mercury 200.59	81 Tl Thallium 204.3833	82 Pb Lead 207.2	83 Bi Bismuth 208.98037	84 Po Polonium [209]	85 At Astatine [209]	86 Rn Radon 222.0175		
87 Fr Francium [223]	88 Ra Radium 226.0254	89-103 Actinides	104 Rf Rutherfordium [261]	105 Db Dubnium [262]	106 Sg Seaborgium [263]	107 Bh Bohrium [264]	108 Hs Hassium [265]	109 Mt Meitnerium [266]	110 Ds Darmstadtium [268]	111 Rg Roentgenium [272]	112 Cn Copernicium [277]	113 Uut Ununtrium [278]	114 Uuq Ununquadium [279]	115 Uup Ununpentium [280]	116 Uuh Ununhexium [281]	117 Uus Ununseptium [282]	118 Uuo Ununoctium [283]		
Serie de Lantanidos		57 La Lanthanum 138.9055	58 Ce Cerium 140.118	59 Pr Praseodymium 140.90768	60 Nd Neodymium 144.24	61 Pm Promethium 144.9127	62 Sm Samarium 150.36	63 Eu Europium 151.9655	64 Gd Gadolinium 157.25	65 Tb Terbium 158.92534	66 Dy Dysprosium 162.50	67 Ho Holmium 164.93032	68 Er Erbium 167.26	69 Tm Thulium 168.93421	70 Yb Ytterbium 173.04	71 Lu Lutetium 174.967			
Serie de Actinidos		89 Ac Actinium [227]	90 Th Thorium 232.0377	91 Pa Protactinium [231]	92 U Uranium 238.02891	93 Np Neptunium [237]	94 Pu Plutonium [244]	95 Am Americium [243]	96 Cm Curium [247]	97 Bk Berkelium [247]	98 Cf Californium [251]	99 Es Einsteinium [252]	100 Fm Fermium [257]	101 Md Mendelevium [258]	102 No Nobelium [259]	103 Lr Lawrencium [260]			
		Alkali Metal	Alkaline Earth	Transition Metal	Basic Metal	Semimetals	Nonmetals	Halogens	Noble Gas	Lanthanides	Actinides								

2.2.3.2. Principales usos del plomo

El plomo tiene muchas aplicaciones. Se usa en la fabricación de baterías, municiones, productos metálicos (soldaduras y cañerías) y en dispositivos para evitar irradiación con Rayos X. Entre sus principales usos se encuentran los siguientes(15):

- Antidetonante en gasolinas
- Fabricación de baterías
- Producción de municiones
- Fabricación de soldaduras
- Producción de pinturas
- Vidriado de utensilios de barro
- Tanques de almacenamiento
- Protección contra radiaciones ionizantes “g” y “x”, en computadoras, televisores y equipo médico (RMN)

- Soldaduras para equipo de cómputo
- Cerámicas para tecnología de ultrasonido
- Lentes de alta precisión para láser y fibras ópticas.

2.2.3.3. Toxicidad

A la fecha se han realizado diversos estudios a nivel nacional e internacional a través de los cuales se han tratado de identificar los niveles de toxicidad para el plomo y sus compuestos. Sin embargo, esta tarea es difícil debido a los numerosos factores que tienen influencia, como pueden ser las características de la persona expuesta (edad, peso, tipo de alimentación, estado de salud, estilo de vida, etc.), el tipo de compuesto, el tiempo de exposición, dosis de exposición, vías de exposición (contacto dérmico, ingestión e inhalación). Tenemos también que todos los compuestos inorgánicos actúan en el organismo de la misma forma una vez que han sido absorbidos, además de que por lo general son poco solubles. Es por ello que su toxicidad es relativamente escasa comparada con la de los compuestos orgánicos, los cuales difieren de los primeros en cuanto a su absorción, adsorción y distribución en el organismo.

Los resultados arrojados por las investigaciones también incluyen las alteraciones en el cuerpo humano en función de la duración de la exposición y del tipo de compuesto de plomo, además que su característica de acumulación incrementa el riesgo para la salud. No se conoce aún una función biológica de este elemento en el ser humano y se ha detectado que los segmentos de la población más vulnerables a la exposición al plomo son los niños menores de 6 años y fetos.

De manera general podemos clasificar los tipos de intoxicación en dos clases:

- **Intoxicación Aguda.**

Esta se define como “los efectos adversos totales

producidos por una sustancia (en este caso el plomo) cuando se administra en dosis única o en dosis múltiples a lo largo de un período de 96 horas o menos”. Es la menos frecuente, generalmente es accidental y suele resultar de la inhalación de partículas de óxidos de plomo. Al principio se presenta un estado de anorexia con síntomas de dispepsia y estreñimiento y después un ataque de dolor abdominal generalizado, además de diarrea, sabor metálico en la boca, náuseas, vómito, lasitud, insomnio y debilidad. Los síntomas incluyen dolor tipo cólico gastrointestinal.

- **Intoxicación Crónica.**

La toxicidad crónica se define como “los efectos adversos totales producidos por un agente tóxico (en este caso el plomo), cuando se administran dosis con una exposición prolongada (mayor a 96 horas) de modo intermitente a lo largo de un período considerable de tiempo (generalmente tres meses o más)”. Se presenta generalmente por la adsorción de óxidos, carbonatos y otros compuestos solubles en agua a través del tracto digestivo. Otra vía de exposición es la inhalación como sucede en las fundiciones donde los trabajadores están expuestos a humos y polvos. Los síntomas asociados son pérdida de peso en niños, debilidad, anemia y déficit neuroconductual.

2.2.3.4. Concentración de plomo en el agua

El plomo es un metal tóxico muy peligroso para la salud. Sus propiedades hacen que posea numerosas aplicaciones (industria química, metalúrgica y construcción). El plomo entra al agua potable primordialmente como resultado de la corrosión o desgaste de los materiales que están en el sistema de suministro de agua y la plomería doméstica.

La concentración de plomo recomendada por la OMS es de 0.01 mg/l, valor sobre el cual se mantiene la mayoría de los países Americanos, en total el 63.15%. República

Dominicana, Argentina, Brasil, Chile y Uruguay por su parte permiten un límite máximo de 0.05 mg/l excediendo la recomendación de la OMS. México y los Estados Unidos también admiten valores superiores a los recomendados por la OMS con un 0.025 mg/l y un 0.015 mg/l respectivamente. Estos países conforman el 36.84% del total. Ningún país establece su límite con niveles inferiores al recomendado.

La concentración de plomo en el agua en Perú es 0,010 mg Pb L-1 de acuerdo al Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano - Decreto Supremo N° 031-2010-SA. La Organización Mundial de la Salud (OMS), establece unas directrices para la calidad del agua potable que son el punto de referencia internacional para el establecimiento de estándares y seguridad del agua potable. Las últimas directrices publicadas por la OMS son las acordadas en Génova, 1993 , son el punto de referencia internacional para el establecimiento de estándares y seguridad del agua potable(17).

TABLA N° 01. Estándares de calidad del agua potable según la Organización Mundial de la Salud

Elemento/ sustancia	Símbolo / fórmula	Valores normales en aguas dulces/superficiales/subt erráneas	Directriz de la OMS basada en la salud
Aluminio	Al		0,2 mg/l
Amonio	NH ₄	< 0,2 mg/l (hasta 0,3 mg/l en aguas anaeróbicas)	No hay directriz
Antimonio	Sb	< 4 µg/l	0.005 mg/l
Arsénico	As		0,01 mg/l
Asbestos			No hay directriz
Bario	Ba		0,3 mg/l
Berilio	Be	< 1 µg/l	No hay directriz
Boro	B	< 1 mg/l	0,3 mg/l
Cadmio	Cd	< 1 µg/l	0,003 mg/l
Cloro	Cl		250 mg/l
Cromo	Cr ⁺³ , Cr ⁺⁶	< 2 µg/l	0,05 mg/l
Color			No se menciona
Cobre	Cu		2 mg/l
Cianuro	CN ⁻		0,07 mg/l
Oxígeno disuelto	O ₂		No hay directriz
Fluor	F	< 1,5 mg/l (up to 10)	1,5 mg/l
Dureza	mg/l CaCO ₃		No hay directriz
Sulfuro de hidrógeno	H ₂ S		No hay directriz
Hierro	Fe	0,5 - 50 mg/l	No hay directriz
Plomo	Pb		0,01 mg/l
Manganeso	Mn		0,5 mg/l
Mercurio	Hg	< 0,5 µg/l	0,001 mg/l
Molibdeno	Mo	< 0,01 mg/l	0,07 mg/l
Níquel	Ni	< 0,02 mg/l	0,02 mg/l
Nitratos y nitritos	NO ₃ , NO ₂		50 mg/l nitrógeno total
Turbidez			No se menciona
pH			No hay directriz
Selenio	Se	< < 0,01 mg/l	0,01 mg/l
Plata	Ag	5 – 50 µg/l	No hay directriz
Sodio	Na	< 20 mg/l	200 mg/l
Sulfato	SO ₄		500 mg/l
Estaño inorgánico	Sn		No hay directriz
SDT			No hay directriz
Uranio	U		1,4 mg/l
Zinc	Zn		

Fuente: <http://www.lennotech.es/estandares-calidad-agua-oms.htm#ixzz3ObDhmTRh>

TABLA Nº 02. Estándares de calidad del agua potable según La Unión Europea

Elemento/ sustancia	Símbolo/ fórmula	Valores normales en aguas dulces/superficiales/subt erráneas	Directriz de la OMS basada en la salud
Aluminio	Al		0,2 mg/l
Amonio	NH ₄	< 0,2 mg/l (hasta 0,3 mg/l en aguas anaeróbicas)	No hay directriz
Antimonio	Sb	< 4 µg/l	0.005 mg/l
Arsénico	As		0,01 mg/l
Asbestos			No hay directriz
Bario	Ba		0,3 mg/l
Berilio	Be	< 1 µg/l	No hay directriz
Boro	B	< 1 mg/l	0,3 mg/l
Cadmio	Cd	< 1 µg/l	0,003 mg/l
Cloro	Cl		250 mg/l
Cromo	Cr ⁺³ , Cr ⁺⁶	< 2 µg/l	0,05 mg/l
Color			No se menciona
Cobre	Cu		2 mg/l
Cianuro	CN ⁻		0,07 mg/l
Oxígeno disuelto	O ₂		No hay directriz
Fluor	F	< 1,5 mg/l (up to 10)	1,5 mg/l
Dureza	mg/l CaCO ₃		No hay directriz
Sulfuro de hidrógeno	H ₂ S		No hay directriz
Hierro	Fe	0,5 - 50 mg/l	No hay directriz
Plomo	Pb		0,01 mg/l
Manganes o	Mn		0,5 mg/l
Mercurio	Hg	< 0,5 µg/l	0,001 mg/l
Molibdeno	Mo	< 0,01 mg/l	0,07 mg/l
Níquel	Ni	< 0,02 mg/l	0,02 mg/l
Nitratos y nitritos	NO ₃ , NO ₂		50 mg/l nitrógeno total
Turbidez			No se menciona
pH			No hay directriz
Selenio	Se	< < 0,01 mg/l	0,01 mg/l
Plata	Ag	5 – 50 µg/l	No hay directriz
Sodio	Na	< 20 mg/l	200 mg/l
Sulfato	SO ₄		500 mg/l
Estaño inorgánico	Sn		No hay directriz
SDT			No hay directriz
Uranio	U		1,4 mg/l
Zinc	Zn		3 mg/l

Fuente: <http://www.lenntech.es/estandares-calidad-agua-oms.htm#ixzz3ObDhmTRh>

TABLA Nº 03. Comparación de estándares de calidad del agua de la Organización Mundial de Salud y de la Unión Europea

	Estándares de la OMS	Estándares europeos
	1993	1998
Aluminio (Al)	0,2 mg/l	0,2 mg/l
Amonio (NH ₄)	No hay directriz	0,50 mg/l
Antimonio (Sb)	0,005 mg/l	0,005 mg/l
Arsénico (As)	0,01 mg/l	0,01 mg/l
Bario (Ba)	0,3 mg/l	No se menciona
Berilio (Be)	No hay directriz	No se menciona
Boro (B)	0,3 mg/l	0,001 mg/l
Bromato (Br)	No se menciona	0,01 mg/l
Cadmio (Cd)	0,003 mg/l	0,005 mg/l
Cromo (Cr)	0,05 mg/l	0,05 mg/l
Cobre (Cu)	2 mg/l	2,0 mg/l
Hierro (Fe)	No hay directriz ⁽⁶⁾	0,2
Plomo (Pb)	0,01 mg/l	0,01 mg/l
Manganeso (Mn)	0,5 mg/l	0,05 mg/l
Mercurio (Hg)	0,001 mg/l	0,001 mg/l
Molibdeno (Mo)	0,07 mg/l	No se menciona
Níquel (Ni)	0,02 mg/l	0,02 mg/l
Nitrógeno total (N total)	50 mg/l	No se menciona
Selenio (Se)	0,01 mg/l	0,01 mg/l
Plata (Ag)	No hay directriz	No se menciona
Sodio (Na)	200 mg/l	200 mg/l
Estaño (Sn) inorgánico	No hay directriz	No se menciona
Uranio (U)	1,4 mg/l	No se menciona
Zinc (Zn)	3 mg/l	No se menciona
Cloruro (Cl)	250 mg/l	250 mg/l
Cianuro (CN)	0,07 mg/l	0,05 mg/l
Fluor (F)	1,5 mg/l	1,5 mg/l
Sulfato (SO ₄)	500 mg/l	250 mg/l
Nitrato (NO ₃)	(Ver Nitrógeno)	50 mg/l
Nitrito (NO ₂)	(Ver Nitrógeno)	0,50 mg/l
<i>Escherichia coli</i>	No se menciona	0 en 250 ml
Enterococos	No se menciona	0 en 250 ml
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	No se menciona	0 en 250 ml
<i>Clostridium perfringens</i>	No se menciona	0 en 100 ml
Bacterias coliformes	No se menciona	0 en 100 ml
Conteo de colonias a 22°C	No se menciona	100/ml
Conteo de colonias a 37°C	No se menciona	20/ml

Fuente: <http://www.lenntech.es/tabla-comparativa-estandares-oms-ue.htm#ixzz3ObCvEKo1>

2.2.3.5. Riesgo

El riesgo es la probabilidad de daño, enfermedad o muerte bajo circunstancias específicas. Cuando la severidad del daño ocasionado se puede medir, podemos establecer que el riesgo será entonces la probabilidad de que el daño ocurra, multiplicada por la severidad del daño ocasionado (como el número de días de incapacidad de un empleado), pero es mucho más frecuente que las consecuencias del riesgo no se puedan cuantificar (como la muerte o el cáncer) y así, el riesgo se calcula entonces solo como la probabilidad de que el evento suceda. Cuantitativamente se expresa desde valores de cero (certidumbre de que no habrá daño) a uno (certidumbre de que sí habrá daño), o puede describirse cualitativamente como “alto”, “bajo” o “insignificante”.

Muchos riesgos son conocidos con un grado de exactitud relativamente alto, pues se ha reunido información sobre su ocurrencia histórica (por ejemplo, el riesgo por muerte en accidentes domésticos, o en accidentes automovilísticos), pero los riesgos asociados con muchas otras actividades, entre ellas la exposición a sustancias, son muy difíciles de evaluar y cuantificar. Aunque existen datos sobre los riesgos por ciertos tipos de exposición a sustancias, estos se limitan a los casos en los cuales hubo una exposición muy alta que arrojó resultados observables inmediatamente; en el caso de la exposición a niveles en los cuales no se causa daño o enfermedad inmediatamente observable, la evaluación de los riesgos asociados es mucho más compleja, si agregamos además el hecho de que no sea sólo una sustancia la que está involucrada en la exposición. Para analizar el riesgo de una actividad o sustancia es necesario realizar entonces una Evaluación de Riesgo para la Salud en Sitios Contaminados por Plomo. La evaluación pretende definir el nivel de exposición al plomo, pero también busca analizar las rutas de la exposición. Se entiende por sitio al área o lugar contaminado por plomo. El tamaño de éste puede variar

desde unos cuantos kilómetros (por ejemplo el área vecina a una fundidora), hasta decenas de kilómetros (una ciudad contaminada por la emisión de vehículos que utilicen gasolina con plomo).

2.2.3.6. Tuberías de plomo

El plomo fue muy utilizado en épocas pasadas, hoy las tuberías de este metal están prohibidas por lo que actualmente su aplicación queda limitada, dada su inalterabilidad, para aquellas tuberías generalmente de evacuación que estén expuestas a recibir fluidos agresivos, incluidos los productos químicos ya sean diluidos o concentrados revistiéndose a veces interiormente, en determinadas ocasiones, de estaño. En Europa las tuberías de plomo se dejaron de colocar en los años ochenta, sin embargo, una parte de los inmuebles antiguos cuentan aún con esta instalación. Posteriormente en las conducciones de los edificios se siguieron instalando algunas piezas de ensamblaje fabricadas con este metal tales como ramalillos de alimentación de los aparatos sanitarios y de los tanques de los inodoros, con objeto de unir los grifos a la red de distribución de agua potable en aquellas instalaciones que requerían gran economía. También se aplicó para conductos de ventilación, manguetones para las conexiones de las salidas de los inodoros a las bajantes, sifones de aparatos sanitarios, botes sifónicos, etc.(18) En lo que afecta al interior de la tubería, el agua fría en cierto grado mineralizada, deposita en su superficie una película protectora de sales calcáreas y calcoplomizas (carbonatos y sulfatos) prácticamente insolubles en frío, pero solubles en caliente a más de 65 6C, lo que puede ocasionar en estos casos, que el agua vehiculizada adquiera concentraciones de plomo superiores a las admisibles, pudiendo dar lugar al llamado "plumbismo" o "saturnismo" (término alquimista para el metal) que provoca trastornos como nefritis crónica, encefalopatías y daños cerebrales irreversibles. En consecuencia y por esta

razón actualmente no se contempla su uso para el agua, puesto que una concentración de 0.05 mg/l, se considera peligrosa para la salud. Gracias a su maleabilidad, el tubo de plomo se trabaja muy fácilmente, se adapta cómodamente a todos los recorridos y se suelda con facilidad. En estado nuevo se comporta hidráulicamente como conducto de paredes lisas, pero al cabo del tiempo, por su capacidad de adherencia de sedimentos e incrustaciones pasa a comportarse como de paredes rugosas. La tubería de plomo, cuya baja resistencia mecánica a temperaturas y presiones un poco elevadas varía con la temperatura y la duración del esfuerzo, tiene regulada su composición química por la Norma UNE 37201:1989. Su temperatura máxima de utilización recomendable es de 70 °C. El plomo se suministra en rollos de longitud hasta de 10 m. de longitud, con diámetros interiores de 6 a 45 mm. Para diámetros superiores a 45 mm (de 50 a 100 mm) los tubos se sirven en forma de elementos rectos de 4 m de longitud, ya que si se enrollasen se podría deformar la sección. Los espesores pueden aumentar de 0.5 mm en 0.5 mm a partir de 1.5 mm. Los tubos de plomo de diámetro igual o inferior a 50 mm, deberán ser continuos y obtenidos por laminación y prensado, mientras que los de diámetros mayores podrán hacerse por cilindrado de chapa y soldadura. Para que resista las presiones del agua corriente o la que se genera por la bajada de un tanque elevado, necesita paredes de espesor considerable. Resulta ser la tubería más pesada pero la que se adapta mejor a zanjeo de las paredes y la que no necesita codos ni curvas prefabricadas porque en radios amplios se trabaja con facilidad y sin riesgo. También hay que destacar que aplicada a tuberías es sensible a los golpes y estrangulamientos por compresión. Se suelda muy bien, sobre todo cuando la tubería es nueva y está limpia. Puede empalmarse con otro tramo de plomo sin manguitos de unión. También se suelda al cobre, latón y bronce. Imposible con el hierro, el acero inoxidable, el

hierro fundido ni con el galvanizado. Para cualquier acople con estos materiales serán necesarios elementos roscados en ambos extremos.

Corrosión del plomo

Gracias a su resistencia a la corrosión, el Pb encuentra un amplio uso, en particular, en la industria química. Es resistente al ataque por parte de muchos ácidos, porque forma su propio revestimiento protector de óxido. Como consecuencia de esta característica, el Pb se utiliza mucho en la fabricación y el manejo del ácido sulfúrico. El plomo es atacado por el oxígeno del aire y el subóxido de plomo que se va formando, por otra parte tóxico, le protege de su ulterior ataque, debido pues a esta delgada capa protectora, el plomo se obscurece, siendo conveniente a veces, pero sólo por razones estéticas, recubrirla exteriormente de una capa de pintura. En definitiva, el plomo es inalterable frente a los agentes atmosféricos, incluido el ambiente salino, no requiriendo ninguna protección. La capacidad de disolución del óxido de plomo por aguas acidas es muy intensa y por ello peligroso, pudiendo ser causa de envenenamiento a partir de 0.3 mg/l. Las tuberías de plomo no son aconsejables en ningún caso, como ya hemos indicado, pero aún menos para conducir el agua de lluvia para uso potable, ni para las aguas pasivadas ni ablandadas, ni para las aguas blandas o sin mineralizar (menos de 6 *F TAC) con las que o bien se impide la formación de la capa protectora de hidrocarbonato de plomo o bien su formación es muy lenta con lo que, si la tubería es nueva, el agua arrastrará plomo o en otras circunstancias será la capa de óxido la arrastrada, pudiendo dar lugar a morbilidad por saturnismo.

Entre los materiales susceptibles de atacar al plomo, hay que mencionar:(18)

- La cal libre.

- La cal grasa en medio húmedo.
- La cal hidráulica (que contiene cal libre, silicatos y aluminatos de cal).
- Algunos cementos y hormigones tipo Pórtland, escorias de altos hornos, puzolanas, supercementos {a causa del desprendimiento de cal libre).
- Las maderas húmedas por desprendimientos de ácidos orgánicos.
- Ciertos productos bituminosos, el ácido acético, fenol, sosa, potasa o los ácidos orgánicos libres como el cítrico.

2.2.4. MÉTODOS DE DETERMINACIÓN DE METALES

Absorción atómica

La absorción atómica es una técnica común para detectar metales y metaloides en muestras ambientales, aguas, suelos y aire, así como muestras minerales, alimentos, productos químicos, aleaciones y fundiciones.

Principios básicos de absorción atómica

- Todos los átomos pueden absorber luz.
- La longitud de onda a la cual la luz es absorbida es específica para cada elemento en particular.
- La cantidad de luz absorbida es proporcional a la concentración de átomos absorbentes

Tipos de atomización

Proceso de convertir el analito en sólido, líquido o solución a un átomo gaseoso libre.

Absorción atómica con llama: Usa una hendidura de tipo mechero para incrementar la longitud de la trayectoria y así incrementar la absorbancia total. Las muestras líquidas son aspiradas por un flujo de gas hacia una cámara de nebulización/combinación para formar gotas pequeñas antes de entrar a la flama.

Absorción atómica con horno de grafito: Es mucho más eficiente y puede aceptar muestras muy pequeñas para usarse directamente. Además produce un ambiente de reducción para así oxidar fácilmente los elementos. Las muestras son puestas directamente el horno y el

horno es calentado eléctricamente en varios pasos para secar la muestra, en cenizas de materia orgánica y vaporizar los átomos de analito.

Para la determinación de metales y metales ligados a las MTs. se utilizan diferentes técnicas espectrométricas tales como la espectrometría de absorción atómica de llama (FAAS), espectrometría de absorción con atomización electro térmica (ETAAS). y espectrometría de emisión atómica con plasma acoplado por inducción (ICP-OES).

Espectrometría Atómica

En la Espectrometría Atómica las muestras, generalmente en disolución, son vaporizadas a unas temperaturas entre 2000-6000 K. midiéndose la capacidad que dichos átomos tienen para absorber radiación de una determinada longitud de onda (absorción) o bien la capacidad de emisión de radiación de dichos átomos (emisión o fluorescencia). Estas técnicas presentan una alta sensibilidad y una gran capacidad para determinar un analito en presencia de otros en muestras complejas y además, muchas de ellas pueden realizar análisis simultáneos y multielementales(19).

Se define la Espectrometría de Absorción Atómica (AAS. Atomic Absorption Spectrometry) como un método analítico que determina elementos presentes en pequeñas cantidades y que se basa fundamentalmente en la absorción de radiación por parte de átomos libres.

En cuanto a la Espectrometría de Emisión Atómica (AES. Atomic Emission Spectrometry). al igual que la técnica anterior, se utiliza para medir concentraciones bajas de analitos presentes en diferentes matrices, y se basa en la medida de la emisión producida por átomos libres o iones cuando la excitación es producida mediante la aplicación de energía térmica o eléctrica. Si la emisión de radiación se produce como consecuencia de la excitación de átomos por absorción de radiación, la técnica espectrométrica es la espectrometría de Fluorescencia Atómica(20).

Espectrometría de Absorción Atómica

La espectrometría de absorción atómica es una técnica que se usa tanto para la determinación de metales traza como mayoritarios con la única variación del atomizador. Se aplica básicamente a través de tres tipos de atomización: atomización en llama, atomización electrotérmica y atomización vía formación de hidruros covalentes del metal.

La espectrometría de absorción atómica se basa en la absorción de radiación por parte de átomos o iones elementales. Las regiones del espectro que proporcionan más información atómica son la ultravioleta/visible y la de rayos X. Nosotros trabajaremos en la región ultravioleta/visible que es la zona en la que van a absorber los átomos o iones gaseosos de la muestra a analizar, dando lugar a lo que se denominan espectros atómicos que sirven para la determinación, tanto cualitativa como cuantitativa, de los elementos de interés. El espectro de absorción atómico característico consta predominantemente de líneas de resonancia, que son el resultado de transiciones del estado fundamental a niveles energéticos superiores(20).

En espectrometría atómica lo ideal es que los átomos estén libres de la influencia de la matriz, lo cual implica que no estén enlazados a otros átomos, de modo que todas las partículas, moléculas y compuestos deben estar disociados. Esto se consigue atomizando correctamente la muestra a analizar. Los métodos de atomización principales son los hornos y las llamas. Los primeros utilizan para atomizar muestras sólidas, suspensiones y disoluciones. Para ello es necesario mantener el horno en atmósfera inerte, por ejemplo con argón, durante el periodo de calentamiento para así minimizar las posibles reacciones no deseadas entre los analitos atomizados. Si el horno es calentado eléctricamente el proceso se llama atomización electrotérmica. Otro método de atomización es el que se basa en el uso de llamas, formadas por una combinación de gases, oxidante y combustible, para atomizar muestras en estado líquido y en disolución.

La espectroscopia de absorción atómica usa la absorción de la luz para medir la concentración de la fase gaseosa de átomos. Ya que la

mayoría de las muestras son sólidas o líquidas, los átomos o iones de los analitos deben ser vaporizados a la flama o en un horno de grafito. Los átomos adsorben luz visible o ultravioleta y hacen transiciones a niveles de energía más altos. La concentración del analito es determinada por la cantidad de adsorción. Aplicando la ley de Beer-Lambert directamente en la espectroscopia AA es difícil debido a la eficiencia de la atomización de la muestra de la matriz y a la no-uniformidad de la concentración, y a la longitud de la trayectoria de los átomos del analito (en el horno de grafito AA). Las mediciones de concentración son generalmente determinadas de una curva de calibración, después de haber calibrado el aparato con los estándares de concentración conocida.

Instrumentación

GRÁFICO Nº 06. Equipo de Absorción Atómica (AA)



Fuente de luz.

La fuente de luz usualmente es una lámpara de cátodo con vacío de los elementos a ser medidos. Los láseres son también usados en estos

instrumentos. Los láseres son suficientemente intensos para excitar los átomos a mayores niveles de energía, esto permite a las mediciones de AA y fluorescencia atómica en un solo instrumento. La desventaja de estas angostas bandas de luz es que solo se puede medir un elemento a la vez. Los espectrómetros de AA usan monocromadores y detectores de luz visible y UV. El principal propósito de un monocromador es separar la línea de absorción del fondo de la luz debido a las interferencias. Los instrumentos de AA reemplazan a los monocromadores con filtro de interferencia band pass. Los tubos fotomultiplicador son comúnmente usados como detectores de espectroscopia AA.

Atomizador.

La espectroscopía de AA necesita que los átomos se encuentren en fase gaseosa. Los átomos y iones de la muestra deben sufrir desolvación y vaporización a altas temperaturas como en el horno de grafito o la flama. La flama de AA solo puede ionizar soluciones analíticas, mientras que el horno de grafito puede aceptar soluciones, mezclas o muestras sólidas.

La flama de AA usa una hendidura de tipo mechero para incrementar la longitud de la trayectoria y así incrementar la absorbancia total. Las muestras líquidas son aspiradas por un flujo de gas hacia una cámara de nebulación/combinación para formar gotas pequeñas antes de entrar a la flama.

El horno de grafito tiene varias ventajas sobre la flama. Es mucho más eficiente y puede aceptar directamente muestras muy pequeñas para usarse directamente. Además produce un ambiente de reducción para así oxidar fácilmente los elementos. Las muestras son puestas directamente el horno y el horno es calentado eléctricamente en varios pasos para secar la muestra, en cenizas de materia orgánica y vaporizar los átomos de analito.

La diferencia más importante entre un espectrofotómetro de absorción atómica y uno de absorción molecular es la necesidad de convertir el analito en átomos libres. El proceso de convertir el analito en sólido, líquido o solución a un átomo gaseoso libre se llama atomización. En la mayoría de los casos la muestra contiene el analito sufre una preparación para dejar el analito en solución orgánica o acuosa. Dos métodos generales de atomización son usados: atomización a la flama y atomización electrotérmica. Pocos elementos son atomizados usando otras técnicas.

Atomización a la flama. En la atomización a la flama la muestra es primero convertida en una suspensión de gotitas de la solución. Esto se logra usando un ensamble nebulizador. La muestra es aspirada en una cámara de spray pasando un vapor a alta presión que consiste de uno o más gases de combustión, pasa al final de un tubo capilar sumergido en la muestra. El impacto de la muestra con el vidrio produce gotas en una solución en aerosol. La suspensión en aerosol se combina con los gases de combustión en la cámara de spray antes de pasar al quemador donde la energía térmica de la flama desolvata la suspensión de aerosol para secar el aerosol a pequeñas, partículas sólidas. Después, la energía térmica volatiliza las partículas, produciendo vapor que consiste de las especies moleculares, especies iónica y los átomos libres.

La energía térmica en la atomización a la flama es suministrada por la combinación de una mezcla combustible oxidante. Los combustibles comúnmente usados son aire-acetileno y óxido de nitrógeno-acetileno. Normalmente, el combustible y el oxidante son mezclados en proporciones estequiométricas; sin embargo, una mezcla rica puede ser aceptable para que los átomos sean fácilmente oxidables. El diseño más común para el quemador es con una ranura. Este quemador provee una longitud de la trayectoria para monitorear la absorbancia y una flama estable.

El quemador es montado en una fase ajustable que permite al

quemador ensamblarse para moverse vertical y horizontalmente. El ajuste horizontal es necesario para asegurarse que la flama está alineada con la trayectoria de los instrumentos ópticos. El ajuste vertical es necesario para ajustar la altura dentro de la flama en el que la absorbancia es monitoreada. Esto es importante porque dos procesos que compiten, afectan la concentración de los átomos libres. Un incremento en la residencia del tiempo resulta en una mejor eficiencia de la atomización; entonces la producción de átomos libres se incrementa con la altura. Por otro lado, una residencia muy larga de tiempo, puede conducir a la formación de óxidos metálicos, como Cr, la concentración de los átomos libres es más grande en la cabeza del quemador. Para metales como Ag, que son difíciles de oxidar, la concentración de los átomos libres se incrementa firmemente con la altura. Otros átomos muestran perfiles de concentración que se maximizan a las características de la altura.

La manera más común de introducir la muestra en el atomizador de flama es por continua aspiración, en el cual la muestra es pasada continuamente a través del quemador mientras se monitorea la absorbancia. La continua aspiración de la muestra, requiere de 2-5 ml de muestra. Se puede también alimentar micro-muestras que es útil cuando el volumen es limitado o cuando la matriz de la muestra no es compatible con el atomizador de flama. Por ejemplo, la continua aspiración de muestra que contiene altas concentraciones de sólidos disueltos, como agua de mar, puede resultar en la acumulación de depósitos de sólidos en la cabeza del quemador. Estos depósitos generalmente obstruyen la flama, bajando la absorbancia. La inmersión de la muestra se logra con un muestreador automático. La alimentación de las micro-muestras a la flama se logra usando una micro-pipeta para poner 50-250 μ l de muestra en un embudo de teflón conectado al nebulizador, o sumergiendo el tubo nebulizador en la muestra por corto tiempo. La sumersión de la muestra se logra con un muestreador automático. La señal para micro-muestras es un pico transitorio en el que su altura o área es proporcional a la cantidad de analito que es inyectado.

La principal ventaja de la flama por atomización es la reproducibilidad con que la muestra es inyectada en el espectrofotómetro. Una desventaja significativa es que la eficiencia de la atomización puede ser muy pobre. Esto puede ocurrir por dos razones. Primero, la mayoría del aerosol producido durante la nebulización consiste de gotas que son muy grandes para ser acarreadas hacia la flama por los gases de combustión. Consecuentemente, casi el 95% de la muestra nunca llega a la flama. La segunda razón es que un volumen grande de gases de combustión significativamente diluye la muestra. Juntas, estas contribuciones a la eficiencia de atomización pueden reducir la sensibilidad, si la concentración del analito en la flama, es de 2.5×10^{-6} en esa solución.

Atomizadores electrotérmicos.

Una significativa mejora en la sensibilidad se logró con el calentamiento por resistividad en lugar de la flama. Un atomizador electrotérmico muy común, es conocido como horno de grafito, que consiste de un tubo cilíndrico de grafito de aproximadamente 1-3 cm de longitud, y 3-8 mm de diámetro. El tubo de grafito es alojado en un ensamble que sella las salidas del tubo con ventanas ópticamente transparentes. El ensamble también permite el paso de corrientes de gas inerte, protegiendo el grafito de la oxidación, y removiendo los productos gaseosos producidos durante la atomización. Una fuente de poder es usada para pasar la corriente a través del tubo de grafito, resultando en un calentamiento por la resistencia. Las muestras entre 5 y 50 μl , son inyectadas al tubo de grafito a través de un hoyo de diámetro pequeño localizado en la parte superior del tubo. La atomización se logra en tres fases. Primero, la mezcla es secada usando una corriente que eleva la temperatura del tubo de grafito a 110°C . En la segunda etapa, que se llama calcinado, la temperatura es incrementada a $350\text{-}1200^{\circ}\text{C}$, a estas temperaturas cualquier material orgánico es convertido en CO_2 y H_2O , y materiales inorgánicos son volatilizados. Estos gases son removidos por una corriente de gas inerte. En la etapa final, la muestra es atomizada rápidamente incrementando la temperatura a $2000\text{-}3000^{\circ}\text{C}$. El resultado es un pico precedido cuya altura o área es proporcional a la cantidad de analito inyectado en el tubo. Estas tres etapas se llevan a cabo en 45-90 segundos, la mayor parte del tiempo es usada para secar y calcinar la muestra.

La atomización electrotérmica provee una significativa mejora en la sensibilidad atrapando el analito gaseoso en un pequeño volumen en el tubo de grafito. La concentración del analito resultante en el vapor puede ser 1000 veces más grande que la producida en la atomización a la flama. El avance en sensibilidad y en la detección de límites, es compensado por una significativa pérdida en la precisión. La eficiencia de la atomización está fuertemente influenciada por el contacto de la muestra con el tubo de grafito, en el que es difícil controlar la

reproducibilidad.

2.2.5. CURVAS DE CALIBRACIÓN.

Línea determinada por la información de respuesta de calibración de un instrumento. Función matemática producida por la regresión de las respuestas del detector registradas durante la calibración de un instrumento. La función describe las respuestas del detector a lo largo de un rango de concentraciones y es utilizada para predecir la concentración de una muestra desconocida, basándose en la respuesta del detector. s un método de química analítica empleado para medir la concentración de una sustancia en una muestra por comparación con una serie de elementos de concentración conocida. Se basa en la existencia de una relación en principio lineal entre un carácter medible (por ejemplo la absorbancia en los enfoques de espectrofotometría) y la variable a determinar (la concentración). Para ello, se efectúan diluciones de unas muestras de contenido conocido y se produce su lectura y el consiguiente establecimiento de una función matemática que relacione ambas; después, se lee el mismo carácter en la muestra problema y, mediante la sustitución de la variable independiente de esa función, se obtiene la concentración de esta. Se dice pues que la respuesta de la muestra puede cuantificarse y, empleando la curva de calibración, se puede interpolar el dato de la muestra problema hasta encontrar la concentración del analito. Las curvas de calibración suelen poseer al menos una fase de respuesta lineal sobre la que se realiza un test estadístico de regresión para evaluar su fiabilidad.

TABLA N° 04. Curva de calibración para plomo

	Absorbancia (nm)	Concentración (ppm)
Estándar 1	0.0401	2
Estándar 2	0.0883	3
Estándar 3	0.1256	4
Estándar 4	0.1545	5

GRÁFICO N° 07. Curva de calibración para plomo.

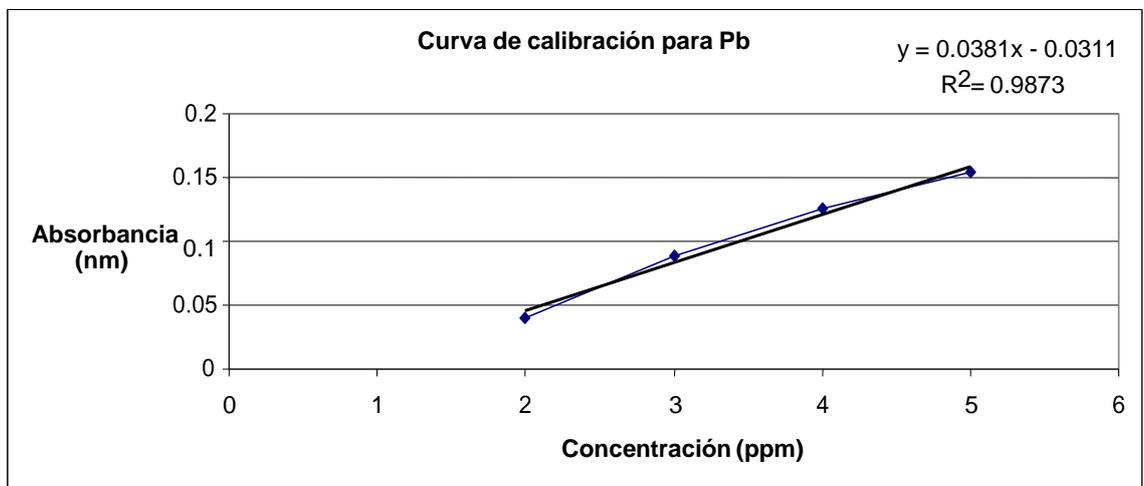
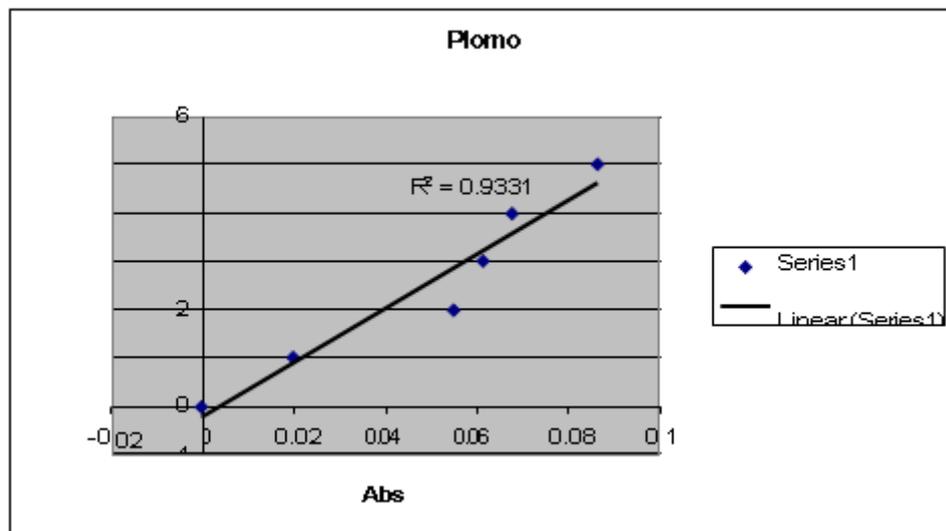


GRÁFICO N° 08. Curva de calibración y regresión para plomo.



2.3. Definición de términos básicos

- **Agua cruda:**
Es aquella agua, en estado natural, captada para abastecimiento que no ha sido sometido a procesos de tratamiento(21).
- **Agua tratada:**
Toda agua sometida a procesos físicos, químicos y/o biológicos para convertirla en un producto inocuo para el consumo humano(21).
- **Agua de consumo humano (agua potable):**
Agua apta para consumo humano y para todo uso doméstico habitual, incluida la higiene personal(21).
- **Límite máximo permisible:**
Son los valores máximos admisibles de los parámetros representativos de la calidad del agua.
- **Plomo** Elemento químico de símbolo Pb y número atómico 82; es un metal denso, blando y de color gris azulado, muy maleable, dúctil y poco conductor del calor y la electricidad, que se oxida fácilmente en contacto con el aire; se usa principalmente para fabricar tubos, pinturas y balas para las armas de fuego(22).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

Según la intervención del investigador:

No experimental, porque no va existir manipulación de la variable.

Según el número de ocasiones en que se mide la variable de estudio:

Transversal.

Porque se va medir en un solo momento o tiempo determinado(23).

3.2. Nivel de investigación

El estudio es descriptivo, porque solamente va describir la situación tal como se presenta(24).

3.3. Método de investigación

Método inductivo. La inducción es un modo de razonar, que consiste en sacar de los hechos particulares una conclusión general. El método inductivo consiste en ir de lo particular y concreto a lo general y abstracto.

Método deductivo. Se da este método cuando el proceso para estudiar un determinado tema o problema procede de lo general a lo particular (25)

3.4. Diseño de investigación

Se empleó un diseño no experimental, transversal, descriptivo(26).

- **No experimental**, porque no se manipula la variable.
- **Transversal**, porque se realizó la medición en un solo momento determinado.
- **Descriptivo**, porque permitió describir la variable concentración de plomo en la institución educativa y luego comparar con los parámetros establecidos del Perú, la OMS y la Unión Europea.

3.5. Población, Muestra y Muestreo

- **Población:** Agua potable de grifos del Centro Educativo “Manuel Gonzales Prada” Distrito De Los Olivos, Lima: 03 litros
- **Muestra:** Muestra de laboratorio para análisis: 06 muestras de 1L c/u
- **Muestreo:** No fue necesario
Variables e indicadores

Variable	Dimensiones	Indicadores
Concentración de plomo	Cantidad de plomo en servicio higiénico, patio y cafetín.	Valor obtenido en ug/L

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Variable	Técnica	Instrumento de recolección de datos
Concentración de plomo	Espectrofotometría de Absorción Atómica.	Espectrofotómetro de Absorción Atómica

El análisis de absorción atómica fue realizado por el Ing. Químico Manuel Chávez.

3.7. Proceso analítico del análisis de absorción atómica

- Se tomó la muestra en frasco de polietileno lavado con ácido nítrico para eliminar cualquier traza de plomo y evitar que la muestra se contamine.
- La muestra se preservó con ácido nítrico concentrado 5 mL/L de muestra (hasta tres semanas) a 4°C
- Del litro de muestra se tomó una submuestra de 100 mL la cual se adicionó 7 mL de ácido nítrico concentrado.
- El beaker se puso en una plancha de calentamiento a 150 °C hasta que el volumen disminuya a 5 mL se enfria.
- Se trasladó a una fiola de 100 mL con papel filtro N^a42. Enrasamos la fiola con agua ultrapura.
- De esta fiola se analizó en el equipo de horno de grafito, para ello se puso una alícuota de 2 mL del cual el equipo toma 20µL y lo inyecta al horno de grafito, allí la muestra fue calentada a 105 °C por 30 segundos para secarlo, luego a 500 °C para destruir toda materia orgánica, luego a 1100 °C para atomizar la muestra, en este momento ocurre la absorción atómica,

finalmente el horno es calentado a 1500 °C para limpiar el horno por 15 segundos.

- En este momento obtenemos la absorbancia, el cual luego de realizar la curva de calibración obtendremos el resultado en cada muestra.

CAPITULO IV

PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Resultados

TABLA N° 05. Ubicación de las zonas de muestreo

CÓDIGO	N° MUESTRAS	ZONA DE MUESTREO
Pb-14-01	01	SS.HH
Pb 14-02	01	SS.HH
Pb 14-03	01	Patio
Pb 14-04	01	Patio
Pb 14-05	01	Cafetín
Pb 14-06	01	Cafetín

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación:

En la Tabla N° 05; se observan las diferentes zonas donde se realizaron el muestreo de agua, como son: los servicios higiénicos (SS.HH), el patio y el cafetín del centro educativo “Manuel Gonzales Prada”, tomándose dos muestras por cada punto muestreado; cada punto tiene un código de identificación.

TABLA N° 06. Resultados obtenidos de la lectura de los estándares de Pb con el equipo de Absorción Atómica con Atomizador de Horno Grafito marca Perkin Elmer Modelo Analyst 800.

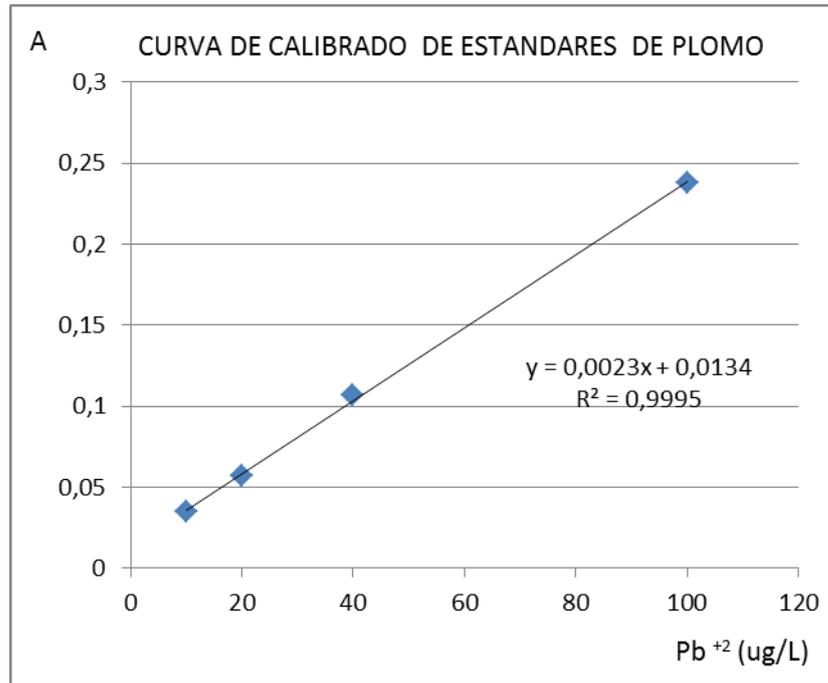
ESTANDAR	ELEMENTO	CONCENTRACION (ug/L)	ABSORBANCIA	UNIDAD
BLANCO	Pb		0,0035	ug/L
ST. 1	Pb	10	0,0354	ug/L
ST. 2	Pb	20	0,0570	ug/L
ST. 3	Pb	40	0,1065	ug/L
ST. 4	Pb	100	0,2379	ug/L

Fuente: Informe de Laboratorio calidad y ambiente S.A.C.

Interpretación:

En la Tabla N° 06; encontramos los siguientes valores; concentraciones del estándar de plomo: 10 ug/L, 20 ug/L, 40ug/L y 100 ug/L; y las absorbancias 0,0354; 0,0570; 0,1065 y 0,2379 como resultado obtendremos una curva de calibración; dada por el equipo de Absorción Atómica con Atomizador de Horno Grafito.

GRÁFICO N° 09. Curva de calibración para Plomo



Fuente: Informe de Laboratorio CALIDAD Y AMBIENTE S.A.C.

Interpretación:

En el Gráfico N° 09, la curva de calibración para el plomo demuestra que se cumple la ley de Beer en una línea recta obtenida por los valores de concentración del plomo a distintos valores de absorbancia: (10ug/L-0,0354); (20ug/L-0,0570); (40ug/L-0,1065) y (100ug/L-0,2379)

TABLA N° 07. Concentración de Plomo en las muestras

CÓDIGO	LUGAR DE MUESTEO	ABSORBANCIA	CONCENTRACION (ug/L)
Pb-14-01	SS.HH	0,017	1,64
Pb 14-02	SS.HH	0,019	2,55
Pb 14-03	Patio	0,022	3,91
Pb 14-04	Patio	0,021	3,45
Pb 14-05	Cafetín	0,015	0,73
Pb 14-06	Cafetín	0,014	0,27

Fuente: Informe de Laboratorio calidad y ambiente S.A.C.

Interpretación:

En la Tabla N° 07; se encuentran los valores de concentración en microgramos por litro de plomo (1,64; 2,55; 3,91; 3,45; 0,73 y 0,27) obtenidos a partir de las absorbancias de las diferentes muestras aplicando la ecuación de la recta. Observando el máximo valor en el patio (Pb 14-03) de 3,91 ug/L y la menor en el cafetín (Met 14-06) de 0,27 ug/L.

TABLA N° 08. Comparación de los valores de plomo en las muestras con la normativa de criterios de calidad de agua según la OMS

CÓDIGO	LUGAR DE MUESTREO	CONCENTRACIÓN (ug/L)	VALOR DE REFERENCIA OMS (ug/L)
Pb-14-01	SS.HH	1,64	10
Pb 14-02	SS.HH	2,55	10
Pb 14-03	Patio	3,91	10
Pb 14-04	Patio	3,45	10
Pb 14-05	Cafetín	0,73	10
Pb 14-06	Cafetín	0,27	10

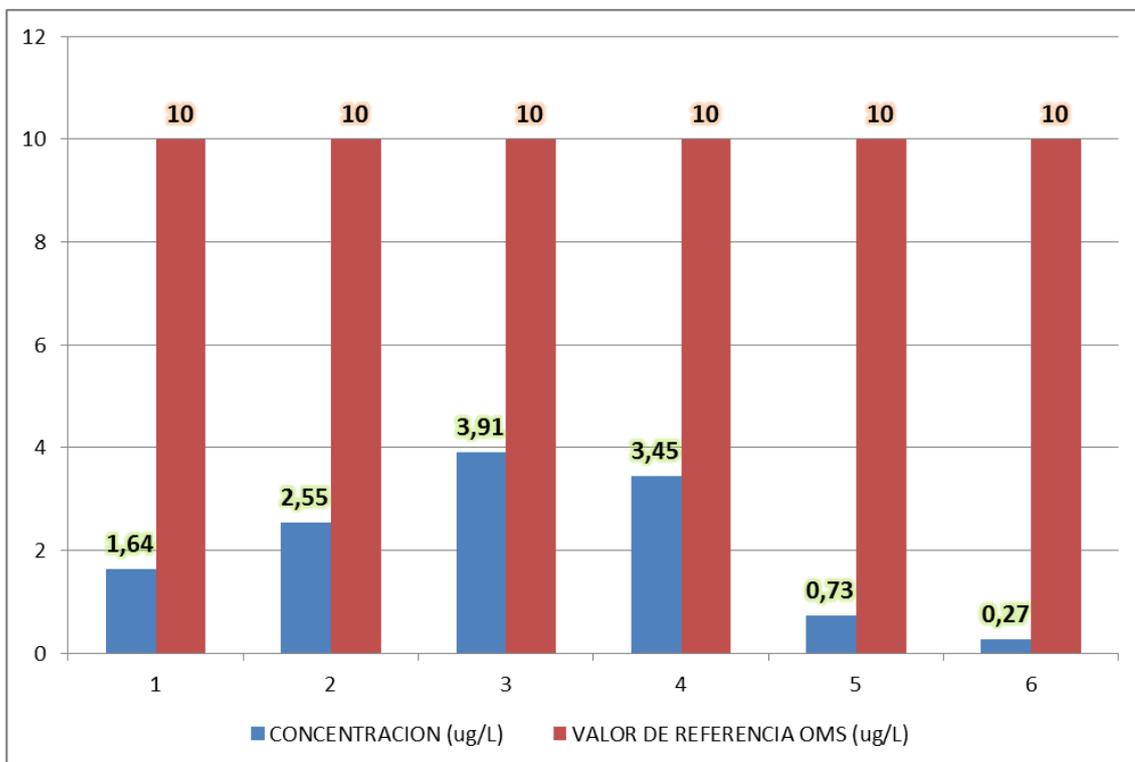
Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

Se observa que en ningún caso los valores de plomo obtenidos en las diferentes muestras, están por encima del valor referencial (10 ug/L, según la normativa de criterios de calidad de agua según la OMS y la unión europea)

GRÁFICO N° 10. Curva de calibración para Plomo

Concentración de Plomo obtenido en las diferentes zonas del centro educativo “Manuel Gonzales Prada”, comparadas con el valor máximo permisible dado por la normativa de la OMS

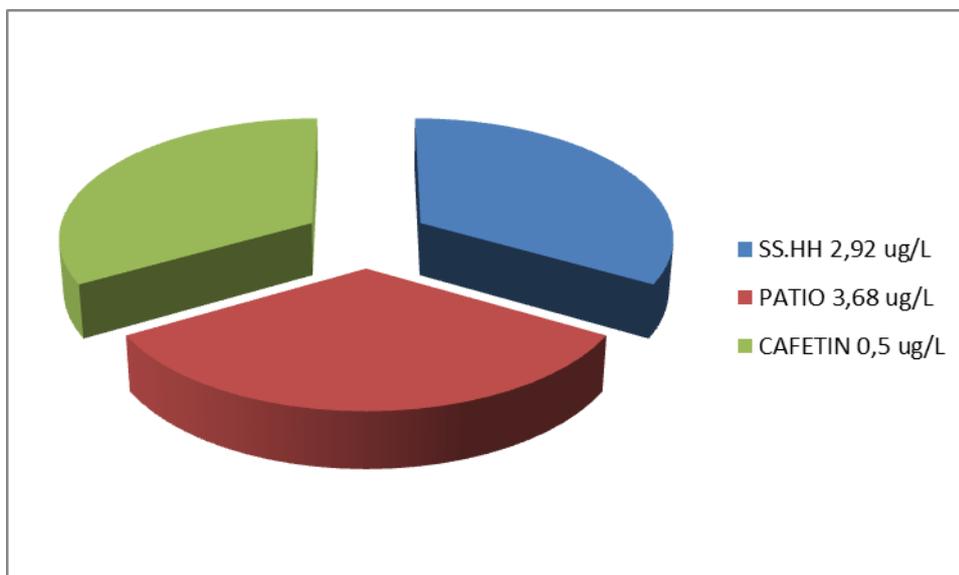


FUENTE: Elaboración propia

Interpretación:

Como se puede observar el grafico N° 10, los valores de plomo obtenidos en muestras de agua de las diferentes zonas del centro educativo “Manuel Gonzales Prada”, no exceden el valor referencial máximo permisible de plomo en agua que equivale a 10 ug/L, según la normativa de criterios de calidad de agua según la OMS y la unión europea.

GRÁFICO N° 11. Promedio de la concentración de plomo en las diferentes zonas de muestreo en el centro educativo “Manuel Gonzales Prada”



FUENTE: Elaboración propia

Interpretación:

El gráfico N° 03 presenta el promedio de la concentración de plomo en agua obtenidos en muestras de las diferentes zonas del centro educativo “Manuel Gonzales Prada”, en la cual puede observarse que la mayor concentración de plomo en agua es aquella que se tomó en el patio 3,68 ug/L, y la menor, aquella que se tomó en el cafetín 0,5 ug/L

4.2. Discusión de resultados

El plomo es un metal blando, gris azulado, estable y resistente a la corrosión. Sin embargo, cuando forma parte de tuberías, conexiones o soldaduras, en presencia de agua ligeramente ácida puede contaminar el agua potable.

En general, el agua para beber brota prácticamente libre de plomo debido a que la mayoría de las aguas de manantial tienen naturalmente niveles muy bajos. El metal se introduce en el agua de la llave cuando ésta pasa por las tuberías de servicio y a través de juntas soldadas con plomo, o cuando permanece junto a accesorios de latón y bronce que lo contienen. En años recientes, los cambios que alteran la química del agua como resultado de su tratamiento han ocasionado que se contamine con plomo, debido a la desestabilización de los sarros minerales con plomo que recubrían las tuberías y a la corrosión de soldaduras, tuberías, grifos y accesorios con plomo.

En la tabla N° 06 se aprecia los siguientes valores; concentraciones del estándar de plomo: 10 ug/L, 20 ug/L, 40ug/L y 100 ug/L; y las absorbancias 0,0354; 0,0570; 0,1065 y 0,2379 como resultado se obtuvo una curva de calibración; dada por el equipo de Absorción Atómica con Atomizador de Horno Grafito. En las tres áreas la concentración de plomo no excede del Límite máximo permisible de plomo (mg/L) según OMS y la Unión Europea. Estos resultados difieren parcialmente con el estudio realizado por Márquez(1) estas evidencias muestran la concentración de plomo en el agua potable de seis escuelas públicas elementales en el municipio de Juncos donde se concluyó que los niveles de plomo en el agua potable de dichas escuelas no exceden los límites permitidos por la EPA. De los resultados obtenidos de los puntos de muestreo de las seis escuelas seleccionadas, sólo un punto reflejó niveles más altos del nivel de acción el cual era de 0.020 mg/L, los demás resultados reflejaron estar dentro de los límites permitidos por la EPA.

Las diferencias en cuanto a sus valores obtenidos no presenta diferencias significativas. Es decir la concentración de plomo recomendada por la OMS es de 0.01 mg/l, valor sobre el cual se mantiene la mayoría de los países Americanos, en total el 63.15%. República Dominicana, Argentina, Brasil, Chile y

Uruguay por su parte permiten un límite máximo de 0.05 mg/l excediendo la recomendación de la OMS. México y los Estados Unidos también admiten valores superiores a los recomendados por la OMS con un 0.025 mg/l y un 0.015 mg/l respectivamente. Estos países conforman el 36.84% del total. Ningún país establece su límite con niveles inferiores al recomendado(15).

En la tabla N°8 Se observa que en ningún caso los valores de plomo obtenidos en las diferentes muestras pertenecientes a los servicios higiénicos, patio y cafetín , están por encima del valor referencial (10 ug/L, según la normativa de criterios de calidad de agua según la OMS y la Unión Europea). Al respecto Chung refiere que la contaminación del agua, aire, suelo y alimentos es la consecuencia de las actividades que el hombre ha desarrollado para vivir y mejorar su calidad de vida. Sin embargo, el hombre se ha olvidado de vivir en armonía con la naturaleza y de cuidarla. Hoy tenemos un sin número de sustancias químicas y biológicas en el ambiente que significan un riesgo para la salud porque se encuentran en altas concentraciones o debido a su naturaleza tóxica. Para tener referencia y conocimiento del nivel de contaminación que existe en cada lugar, es necesario que existan metodologías y técnicas analíticas, así como normas técnicas referidas al control de contaminantes en el ambiente, es decir en el agua, aire, suelo y alimentos(11). El Perú no cuenta en la actualidad con un marco jurídico legal claramente definido e integrado referido a la Norma de Calidad del Agua para Consumo Humano.

Payne (2008) recomienda que para enfrentar el problema de la contaminación del plomo se debe sustituir las tuberías lo que es una solución permanente, aunque costosa. El control de la corrosión es otra posibilidad, a menudo es más barato y tiene otros beneficios secundarios, pero no hace frente a la fuente del problema. Dejar correr el agua por las tuberías durante 5 min cada mañana es a menudo una solución temporal eficaz. Dejar correr el agua reduce considerablemente la cantidad de plomo que sale del grifo, ya que purga el agua contaminada y deja el paso al agua que ha tenido menos tiempo de contacto con la plomería de la casa.

Otras formas de reducir la exposición infantil al plomo es vigilar a que los niños no lleven sus manos a la boca, mantener un régimen de lavado de manos constante, la eliminación de juguetes con plomo, las ventanas, pinturas y cualquier otro artefacto que contenga plomo. Se debe aumentar la ingesta de calcio, hierro, pasar la aspiradora más a menudo y filtrar el aire interior,

lo más importante es crear la conciencia que la manera más eficaz de reducir aún más la exposición al plomo puede determinarse sobre una base individual(1).

CONCLUSIONES

- a. En el Centro Educativo “Manuel Gonzales Prada”, la determinación de plomo basado a la técnica de absorción atómica con horno de grafito no exceden en las muestras de agua potable obtenidas en servicios higiénicos, patio y cafetín.
- b. La determinación del plomo en agua ha sido diferente en cada punto de muestreo del centro educativo “Manuel Gonzales Prada” es decir se encuentran los valores de concentración en microgramos por litro de plomo (1,64; 2,55; 3,91; 3,45; 0,73 y 0,27) obtenidos a partir de las absorbancias de las diferentes muestras aplicando la ecuación de la recta. Observando el máximo valor en el patio (Pb 14-03) de 3,91 ug/L y la menor en el cafetín (Met 14-06) de 0,27 ug/L.
- c. Queda demostrado que las concentraciones de plomo obtenidos en agua del centro educativo “Manuel Gonzales Prada”, estuvieron por debajo de los valores de referencia de la normativa de criterios de calidad de agua según la OMS y la unión europea.

RECOMENDACIONES

- Evaluación periódica del sistema de tuberías y concentración de plomo en agua potable en el Centro Educativo “Manuel Gonzales Prada” como medida preventiva para garantizar la calidad de consumo de agua potable.
- Otras formas de reducir la exposición al plomo es vigilar a que los niños no lleven sus manos a la boca, mantener un régimen de lavado de manos constante, la eliminación de juguetes con plomo, las ventanas, pinturas y cualquier otro artefacto que contenga plomo.
- Realización de trabajos de investigación más profundos sobre metales pesados y su influencia en la salud humana, de carácter multidisciplinario e interinstitucional a nivel local, nacional e internacional.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

1. Márquez N. El Contenido de Plomo en el Agua Potable de las Escuelas Públicas Elementales en el Municipio de Juncos. [Tesis de maestría.]. Gurabo, Puerto Rico. : Universidad del Turabo 2011.
2. Civil EdP. Guía para la formulación de un Plan de Seguridad de Agua en contextos de desastres.Lima - Perú; 2010.
3. Sapiña BF. ¿Un futuro sostenible? Valencia2006.
4. Ebbing BD, Gammon S, Zugazagoitia J, Moreno J, Hernández J, Lanto MA. Química general. México.2007.
5. Alvarez J. Optimizacion de sistemas de agua potable comunitarios; propuesta tecnica. Turabo2008.
6. Sapiña F. ¿Un futuro sostenible? Valencia2006.
7. Hernández A. El cuidado del medio ambiental. México1999.
8. Smets H. Por un derecho efectivo al agua potable.
9. Araujo CI. Cuantificación de plomo, mercurio y cadmio en agua de consumo humano de cinco comunidades de El Salvador por espectrofotometría de absorción atómica Repositorio Institucional. 2010.
10. Huaranga F, Méndez E, Quilcat V, Huaranga F. Contaminación por metales pesados en la Cuenca del Río Moche, 1980 – 2010, La Libertad – Perú. Scientia Agropecuaria. 2011.
11. Chung B. Control de contaminantes del Perú Salud Pública. 2008.
12. Rivas T. Plomo en aguas de consumo.
13. EPA. Lo que usted puede hacer para reducir el plomo en el agua potable. 2014.
14. OMS. Guías para la calidad del agua potable In: Salud OMdl, editor. 2006.
15. Minera C. Manual para el Manejo Ambientalmente Responsable del Plomo México2006.
16. Castillo F. Biotecnología ambiental. Madrid, España2005.Lenntech. Estandares de calidad de agua España México Estados Unidos Chile Perú Argentina 1998-2015 [12 de enero del 2015].
18. Pancorbo F. Corrosión, degradación y envejecimiento de los materiales empleados en la edificación. Barcelona2011.
19. Santiago S. Contribución a la determinación de la fracción de metales 2006.

20. Harris D. Análisis químico cuantitativo. Barcelona2007.
21. MINSA. Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano. Lima - Perú2011.
22. Vinay B, Cotran R, Stanley L. Patología humana. Barcelona- España2008.
23. Supo J. Seminarios de investigación. Arequipa - Perú2012.
24. Hernández R, Fernández C, Baptista P. Metodología de la Investigación. 6ta edición ed. México2014.
25. Rodriguez E. Metodología de la investigación. México2005.
26. Bernal CA. Metodología de la investigación: para administración, economía, humanidades y ciencias sociales. España2006.

ANEXOS

ANEXO Nº 01

MATRIZ DE CONSISTENCIA

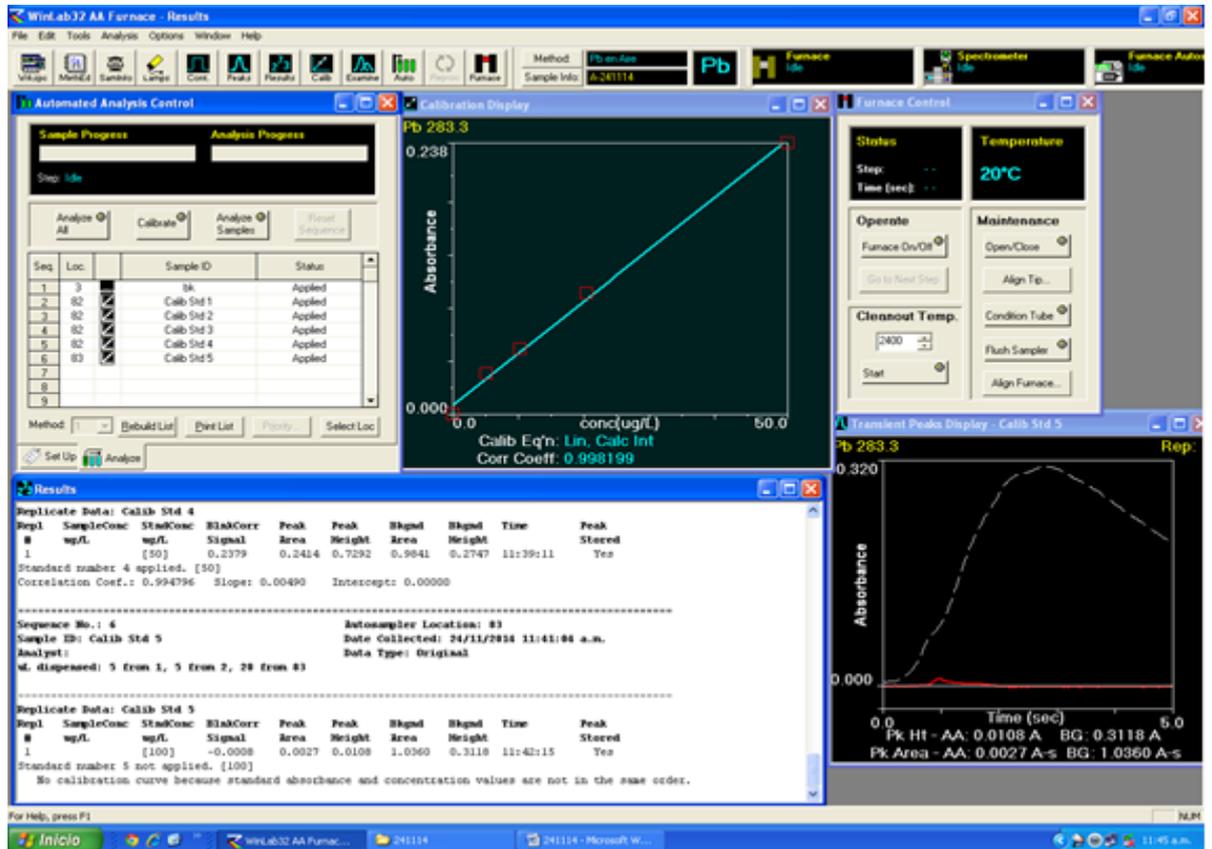
DETERMINACIÓN DE PLOMO EN AGUA POTABLE DEL CENTRO EDUCATIVO “MANUEL GONZALES PRADA”

DISTRITO DE LOS OLIVOS, LIMA

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
<p>PREGUNTA GENERAL ¿El plomo estará presente en agua potable del Centro Educativo “Manuel Gonzales Prada” Distrito de los Olivos, Lima- septiembre 2014 a enero 2015?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL Determinar la presencia de plomo en agua potable del Centro Educativo “Manuel Gonzales Prada” Distrito de los Olivos, Lima- septiembre 2014 a enero 2015.</p> <p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Determinar la concentración de plomo en agua potable del Centro Educativo “Manuel Gonzales Prada. • Comparar la de concentración de plomo encontrados con los estándares de Calidad del Agua para Consumo Humano de la Organización Mundial de la Salud y la Unión Europea. 	<p>HIPÓTESIS GENERAL: Existiría presencia de plomo en agua potable del Centro Educativo “Manuel Gonzales Prada” Distrito de los Olivos, Lima- septiembre 2014 a enero 2015</p> <p>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Los niveles de plomo presentes en agua potable son altos en el Centro Educativo “Manuel Gonzales Prada” Distrito de los Olivos, Lima- septiembre 2014 a enero 2015 • Los valores obtenidos de plomo en agua potable, presentarían niveles mayores a lo establecido con los estándares de Calidad del Agua para Consumo Humano de la Organización Mundial de la Salud y la Unión Europea. 	<p>Variable 1</p> <p>Presencia de plomo</p>	<p>TIPO DE INVESTIGACIÓN:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Según la intervención del investigador: <ul style="list-style-type: none"> - No experimental. • Según el número de ocasiones en que se mide la variable de estudio: <ul style="list-style-type: none"> - Transversal. <p>NIVEL DE INVESTIGACIÓN: Descriptivo</p> <p>MÉTODO DE INVESTIGACIÓN: Analítico, sintético.</p> <p>DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: No experimental transversal descriptivo.</p> <p>POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Población: 03 litros • Muestra: 06 muestras de 1L cada uno • Muestreo: Ninguno <p>TÉCNICA DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS</p> <p>Técnica estadística:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Estadística descriptiva. - Estadística inferencial

ANEXO Nº 02

CURVA DE CALIBRACIÓN DE PLOMO EN AGUA



WinLab32 AA Furnace - Results

File Edit Tools Analysis Options Window Help

Method: Pb en Aire Sample Info: A-241114

Automated Analysis Control

Sample Progress Analysis Progress

Step: Idle

Analyze All Calibrate Analyze Samples Reset Sequence

Seq	Loc	Sample ID	Status
1	5	Agua baño	Analyzed
2	6	Agua patio	Analyzed
3	7	Agua cafetin	Analyzed
4	8	Bk-Filtro	Analyzed
5	9	Met-14-04	Analyzed
6	10	Met-14-30	Analyzed
7	11	Met-14-39	Analyzed
8			
9			

Method: 1 Rebuild List Print List Priority Select Loc

Set Up Analyze

Calibration Display

Pb 283.3

Calib Eq'n: Lin. Calc Int
Corr Coeff: 0.998199

Furnace Control

Status Step: -- Time (sec): --

Temperature 20°C

Operate Furnace On/Off Go to Next Step

Maintenance Open/Close Align Tip...

Cleanout Temp. 2400 Start

Condition Tube Flush Sampler Align Furnace...

Transient Peaks Display - Met 14-39

Pb 283.3

Pk Ht - AA: 0.0775 A BG: 0.3358 A
Pk Area - AA: 0.0159 A-s BG: 1.1568 A-s

Results

Sequence No.: 4 Autosampler Location: 8
Sample ID: Bk-Filtro Date Collected: 24/11/2014 11:53:20 a.m.
Analyst: Data Type: Original
uL dispensed: 5 from 1, 5 from 2, 20 from 8

Replicate Data: Bk-Filtro

Repl	SampleConc	StdConc	BlkCorr	Peak	Peak	Bkgnd	Bkgnd	Time	Peak
#	ug/L	ug/L	Signal	Area	Height	Area	Height		Stored
1	1.239	1.239	0.0141	0.0176	0.0838	1.1919	0.3407	11:54:07	Yes

Sequence No.: 5 Autosampler Location: 9
Sample ID: Met-14-04 Date Collected: 24/11/2014 11:56:00 a.m.
Analyst: Data Type: Original
uL dispensed: 5 from 1, 5 from 2, 20 from 9

Replicate Data: Met-14-04

Repl	SampleConc	StdConc	BlkCorr	Peak	Peak	Bkgnd	Bkgnd	Time	Peak
------	------------	---------	---------	------	------	-------	-------	------	------

For Help, press F1

Inicio WinLab32 AA Furnac... C_RESULT BIO 2014 241114 - Microsoft W... 12:06 p.m.

ANEXO Nº 03

PLAN DE TRABAJO PARA EJECUCIÓN DE TRABAJO DE INVESTIGACION

MINISTERIO DE SALUD

LABORATORIO QUIMICO Y TOXICOLÓGICO

NOTA Nº 026-2014-MCR

A : Srta. MARIA LUISA ABREGU BALDEON

ASUNTO : Propuesta de trabajo para determinación de plomo en agua potable del colegio Manuel Gonzales Prada

FECHA : Lince, 25 de diciembre del 2014

Es grato dirigirme a usted para saludarla cordialmente y asimismo respecto al asunto de la referencia, indicarle que para la ejecución de un trabajo de investigación la cual incluye el uso de los equipos de esta entidad se requiere un convenio de trabajo entre el INS y la entidad educativa de la que proviene la estudiante interesada en realizar dicho trabajo, por lo cual las muestras de agua que esta interesada en analizar podrían ser enviadas a un laboratorio privado que garantice los controles de calidad apropiados.

Se le recomienda que para la determinación de plomo en agua de consumo humano, debido al grado de sensibilidad que se requiere se emplee la metodología APHA, y la técnica debe ser de absorción atómica con horno de grafito o ICP-masas. Por mi parte estoy dispuesto a asesorarla en la parte de interpretación de resultados y en la parte de ejecución de su trabajo de investigación.

Sin otro particular, quedo de usted.

Atentamente,



Ing. Mario Chavez Rojas
Coordinador a cargo
Laboratorio Quimico / Ministerio de Salud

ANEXO N° 04

INFORME SOBRE RESULTADOS DE ANÁLISIS DE ADSORCION ATÓMICA

LABYTEC PERU SAC
LABORATORIO QUÍMICO TOXICOLÓGICO Y AMBIENTAL
Av. Paseo de la República S/N - Lince
Telefono 615-8423 / Fax 418-2535

19

INFORME DE ENSAYO N° 056/ 14

SOLICITANTE	Srta. MARIA LUISA ABREGU BALDEON		
MUESTRA	Agua	ANÁLISIS	Plomo
FECHA INGRESO	26/12/2014	FECHA ANÁLISIS	27/12/2014

RESULTADOS

N° Ref.	Lugar de muestreo	Absorbancia
Pb - 14 - 01	Servicios higiénicos	0.010
Pb - 14 - 02	Servicios higiénicos	0.019
Pb - 14 - 03	Patio	0.022
Pb - 14 - 04	Patio	0.021
Pb - 14 - 05	Cafetín	0.015
Pb - 14 - 06	Cafetín	0.014

Valores de referencia : DS. 031-2012 MINSA

Plomo - agua: 0.010 mg/L
Método : American Public Health Association
Técnica : Absorción atómica con horno de grafito
LDM : 0.001 mg Pb/L
LDM : Limite de Detección del Método.

Lince, 29 de diciembre del 2014

Nota: Muestras y datos enviados por el interesado



Lic. Quim. Manuel Chavez Ruiz
CQP. 683
Supervisor laboratorio quimico