



**Universidad
Norbert Wiener**

FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA

Escuela Académico Profesional de Farmacia y Bioquímica

“ESTUDIO COMPARATIVO DE LA CALIDAD DEL AGUA POTABLE EN RELACIÓN A LOS NIVELES DE PLOMO Y CADMIO EN LAS VIVIENDAS DEL DISTRITO DEL CERCADO DE LIMA Y CHOSICA EN EL MES DE OCTUBRE DEL AÑO 2021”

Tesis

Para optar el Título Profesional de Químico farmacéutico

AUTOR:

MARCOS VILLAVICENCIO, KARIM ELIZABETH

CÓDIGO ORCID: 0000-0002-3467-6549

QUINTEROS ARIAS, MICHELL GIANELLA

CÓDIGO ORCID: 0000-0002-9376-6499

LIMA – PERÚ

2022

Tesis:

“ESTUDIO COMPARATIVO DE LA CALIDAD DEL AGUA POTABLE EN RELACIÓN A LOS NIVELES DE PLOMO Y CADMIO EN LAS VIVIENDAS DEL DISTRITO DEL CERCADO DE LIMA Y CHOSICA EN EL MES DE OCTUBRE DEL AÑO 2021”

Línea de investigación

Salud, Enfermedad y Ambiente

Asesor:

DR. CANALES MARTÍNEZ, CESAR AUGUSTO

CÓDIGO ORCID: 0000-0002-9933-710X

DEDICATORIA

La presente tesis dedicamos en primer lugar a Dios quien nos ha acompañado durante toda la vida, también agradecer a nuestras madres quienes han sido los pilares para seguir adelante y nuestra mayor motivación.

Br. Marcos Villavicencio, Karim Elizabeth

Br. Quinteros Arias, Michell Gianella

AGRADECIMIENTOS:

Nuestro agradecimiento al Dr. Cesar Augusto Canales Martínez por su valiosa asesoría y orientación para el desarrollo de nuestro trabajo de investigación; así como también nuestro agradecimiento a la Comisión de Grados y Títulos y a los miembros del jurado por su paciencia y apoyo en todo este proceso de sustentación, así como también en la contribución y evaluación del presente trabajo de investigación, son un ejemplo a seguir para todos, para ellos nuestro eterno agradecimiento.

Br. Marcos Villavicencio, Karim Elizabeth

Br. Quinteros Arias, Michell Gianella

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I: EL PROBLEMA.....	10
1.1. Planteamiento del Problema	10
1.2. Formulación del problema.....	12
1.2.1. Problema general	12
1.2.2. Problemas específicos.....	12
1.3. Objetivos de la investigación.....	13
1.3.1. Objetivo general.....	13
1.3.2. Objetivos específicos	13
1.4. Justificación.....	14
1.5. Limitaciones de la investigación	14
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	16
2.1. Antecedentes de la investigación.....	16
2.1.1. Antecedentes internacionales	16
2.1.2. Antecedentes nacionales.....	18
2.2. Bases Teóricas	20
2.3. Formulación de hipótesis	31
Hipótesis General:	32
Hipótesis Específicos:	32
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA.....	33
3.1. Método de investigación.....	33
3.2. Enfoque, tipo de estudio, nivel y diseño de la investigación.....	33
3.3. Población, muestra y muestreo	34
3.4. Criterios de inclusión y exclusión:	35
3.5. Variables y operacionalización.....	36
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	40
CAPÍTULO IV: PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	43
4.1. Resultados.....	43
4.2. Discusión de resultados	56
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	59
5.1. Conclusiones.....	59
5.2. Recomendaciones	60

CAPÍTULO VI: REFERENCIAS	61
CAPÍTULO VII: ANEXOS	68
Anexo 1: matriz de consistencia	68
Anexo 2: Aprobación del Comité de Ética	71
Anexo 3: Formato de consentimiento informado	72
Anexo 4: Informe del asesor de turnitin	74

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 PARÁMETROS DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO SEGÚN DEL D.S. 031-2010	21
TABLA 2 NIVEL DE CONCENTRACIÓN DE PLOMO Y CADMIO EN EL DISTRITO DE CERCADO DE LIMA....	43
TABLA 3 NIVEL DE CONCENTRACIÓN DE PLOMO Y CADMIO EN EL DISTRITO CHOSICA.....	44
TABLA 4 CONCENTRACIÓN DE PLOMO EN EL AGUA DE LOS DISTRITOS DE CERCADO DE LIMA Y CHOSICA	45
TABLA 5 CONCENTRACIÓN DE CADMIO EN EL AGUA DE LOS DISTRITOS DE CERCADO DE LIMA Y CHOSICA	46
TABLA 6 PRUEBA DE NORMALIDAD (CONCENTRACIÓN PLOMO MG/L Y CONCENTRACIÓN DE CADMIO MG/L EN EL AGUA)	47
TABLA 7 ÍNDICE PROMEDIO DE LA CONCENTRACIÓN DE PLOMO Y CADMIO (MG/L) EN EL AGUA POTABLE	49
TABLA 8 PRUEBA PARA UNA MUESTRA DE SIGNIFICANCIA.....	49
TABLA 9 ESTADÍSTICAS PARA UNA MUESTRA EN CONCENTRACIONES DE PLOMO.....	51
TABLA 10 ESTADÍSTICAS PARA UNA MUESTRA EN CONCENTRACIONES DE CADMIO.....	52
LECTURA DE LA TABLA TABLA 11 CONCENTRACIÓN DE CADMIO(MG/L) EN EL AGUA POTABLE DE LOS DISTRITOS DE CERCADO DE LIMA Y CHOSICA.	53
TABLA 12 PRUEBA PARA UNA MUESTRA DE LEVENE - CADMIO	54
TABLA 13 CONCENTRACIÓN DE PLOMO(MG/L) EN EL AGUA POTABLE DE LOS DISTRITOS DE CERCADO DE LIMA Y CHOSICA.	55
TABLA 14 PRUEBA PARA UNA MUESTRA DE LEVENE - PLOMO	56

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 TOXICOCINÉTICA DEL PLOMO	24
FIGURA 2 DISTRIBUCIÓN DEL PLOMO.....	25
FIGURA 3 TOXICOCINÉTICA DEL CADMIO.....	30
FIGURA 4 PUNTOS DE UBICACIÓN DEL DISTRITO DE CERCADO DE LIMA.....	35
FIGURA 5 PUNTOS DE UBICACIÓN DEL DISTRITO DE CHOSICA.....	35
FIGURA 6 CONCENTRACIÓN DE PLOMO EN EL AGUA DE LOS DISTRITOS DE CERCADO DE LIMA Y CHOSICA	46
FIGURA 7 CONCENTRACIÓN DE CADMIO EN EL AGUA DE LOS DISTRITOS DE CERCADO DE LIMA Y CHOSICA	47

RESUMEN

La presente investigación busca determinar la calidad del agua potable en viviendas del distrito del Cercado de Lima y de Chosica respecto al contenido de plomo y cadmio. Para ello se eligieron aleatoriamente 30 viviendas de los mencionados distritos. Se recogieron muestras de agua potable en cantidad de un litro en frascos de polietileno, y fueron conservadas con ácido nítrico para ser trasladadas y analizadas en el Instituto de Corrosión y Protección de la Pontificia Universidad Católica del Perú, utilizando el método de ICP-MS. Se determinó la presencia de metales totales con atención al plomo y cadmio correspondiente a la investigación. Los resultados obtenidos se procesaron en Excel 19.0 y SPSS Statistic 26. Los resultados indican que la concentración promedio del plomo es 0.0012000 mg/L y de cadmio es 0.0004133 mg/L en el agua potable de los distritos de Cercado de Lima y Chosica, ambos valores no superan los límites máximos permisibles; sin embargo, se observó en el distrito de Cercado de Lima que, de 15 viviendas, una muestra superó los niveles de plomo y cadmio. Se concluye que de las muestras analizadas solo una supera el límite máximo permitido y el resto de muestras resultaron por debajo de los límites permitidos, pero se deben realizar más estudios con una mayor cantidad de muestras porque se evidencia contaminación.

Palabras clave: agua potable, contaminación del agua, plomo y cadmio.

ABSTRACT

The quality of drinking water people consume can have health effects. For this reason, the health authority has established maximum permissible limits that the entities responsible for the treatment of drinking water must comply with. However, it is not possible to know what is the quality of the water that finally reaches the houses, since the water can be affected for various reasons. Among the required parameters are the maximum limits of metals such as lead (0.1 mg / L) and cadmium (0.003 mg / L), which if exceeded the established limits could seriously harm health, which has consequences in the medium and long term. This research seeks to determine the quality of drinking water in homes in the district of Cercado de Lima and Chosica with respect to the content of lead and cadmium. To this end, 30 homes were randomly chosen from the aforementioned districts. Samples of drinking water in the amount of one liter were collected in polyethylene jars, and were preserved with nitric acid to be transferred and analyzed at the Institute of Corrosion and Protection of the Pontifical Catholic University of Peru, using the ICP-MS method. The presence of total metals was determined with attention to Pb and Cd and the results obtained were processed in Excel 19.0 and SPSS Statistic 26. The results indicate that the average concentration of lead is 0.0012000 mg/L and cadmium is 0.0004133 mg/L in the drinking water of the districts studied, both values do not exceed the maximum permissible limits; however, it was observed in the district of Cercado de Lima that of 15 homes, one exceeded the levels of lead and cadmium. It is concluded that only one sample exceeds the maximum allowed limit, so more studies should be carried out with a greater number of samples because contamination is evident.

Keywords: drinking water, water pollution, lead and cadmium.

INTRODUCCIÓN

El problema de investigación aborda la calidad del agua potable en América y el Perú como un problema de salud pública, y como la presencia de metales pesados en el agua se puede dar por múltiples factores entre ellos el estado de las redes de distribución públicas, tuberías intradomiciliarias y aditivos empleados en ellas. En ese sentido, la investigación tiene como objetivo determinar si existe contaminación de plomo y cadmio en el agua potable de las viviendas de los distritos del Cercado de Lima y Chosica en el mes de octubre del año 2021. La presencia de estos dos metales por encima de los límites permitidos por la autoridad sanitaria, puede traer riesgos para la salud.

La revisión científica obtenida de los antecedentes internacionales y nacionales de la investigación demuestra que la concentración de metales en el agua sobrepasa los límites permitidos, es así como se realiza la investigación ya que muchos factores pueden intervenir para que se produzca la disminución de la calidad del agua; por ello, la importancia de esta investigación radica en conocer la calidad del agua potable en los distritos de Cercado de Lima y Chosica, ya que los metales plomo y cadmio presentes en el agua si sobrepasan los límites permitidos pueden ocasionar problemas de salud que se pueden presentar a mediano y largo plazo.

La investigación tiene un enfoque cuantitativo ya que se recoge las muestras de agua para analizar el contenido de metales pesados y determinar si cumple con la calidad del agua según los parámetros de la autoridad sanitaria, es aplicada porque con la presente investigación se busca encontrar respuestas en la mejora del consumo del agua potable; la técnica empleada es el ICP- MS a través del análisis realizado por el laboratorio “Instituto de Corrosión y Protección de la Pontificia Universidad Católica del Perú” comprobando que de las 30 muestras analizadas solo el 6.6% resultó por encima de los límites permitidos según el Decreto Supremo 031-2010 Salud Ambiental.

CAPÍTULO I: EL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del Problema

Según Yanasupo, L. et. al. (2021) para la Organización Mundial de la Salud el consumo de agua contaminada y la falta de mejoras en los servicios de saneamiento producen en América Latina más de cuatro mil decesos prematuros cada año. Las enfermedades producidas por acción de metales pesados presentes en el agua constituyen un factor de riesgo para la población. En el Perú la contaminación del agua es un grave problema de salud pública, y en el caso del agua potable el mal estado de las redes de distribución del agua desde las plantas de tratamiento, puede contribuir al deterioro de su calidad (1).

Según Cieza R. (2017) el material que compone las tuberías de distribución del agua para consumo humano, así como el desgaste de las tuberías puede ser un factor de contaminación que influya en la calidad del agua. Así mismo, si la tubería es antigua y de metal, la incidencia puede ser mayor (2).

En la distribución del agua, hasta su llegada al consumidor final, el agua puede verse afectada por conexiones cruzadas, tuberías defectuosas, puntos de extracción del agua para controlar incendios, conexiones domiciliarias, cisternas y reservorios de agua en mal estado, el agua puede verse afectada durante el tendido de nuevas tuberías o reparaciones sin las medidas adecuadas de seguridad (3).

Respecto a la red de distribución y las tuberías utilizadas en los domicilios, el material más utilizado es el PVC. Según Silva E. (2016), los tubos de PVC en su proceso de elaboración contienen resinas, estabilizantes, lubricantes y pigmentos. Por lo general en una mezcla de resina de PVC intervienen entre 7 a 10 aditivos. Todo ello con el transcurso del tiempo, el contacto con el agua potable y el ambiente, además de la no renovación oportuna de las tuberías, pueden tener efectos negativos sobre la calidad del agua potable (4).

Por otro lado, el tiempo de permanencia del agua potable en contacto con las tuberías de agua, así como la temperatura a la que está sometida durante esa permanencia, puede afectar la calidad del agua que será consumida por las personas. En el caso de las tuberías de policloruro de vinilo (PVC), el monómero de cloruro de vinilo polimerizado en el PVC en su estado inalterado es una sustancia cancerígena para los seres humanos. Esta sustancia se libera potencialmente a través del pegamento de PVC, incrementándose el riesgo si el agua estuvo en contacto con ese material más allá de las 48 horas. En ese sentido, la investigación aporta al conocimiento de si la calidad del agua que consumen los pobladores de Lima y Chosica, no sufre alteraciones y presencia de materiales contaminantes como el cadmio y plomo (5).

Así mismo es importante señalar que la composición de las tuberías de agua potable requiere de la presencia de aditivos y estabilizadores. Debido a que el PVC tiende a degradarse con la temperatura, los estabilizadores térmicos son importantes. Conforme a la evolución del PVC, los estabilizadores han ido experimentando cambios, encontrándose entre ellos inicialmente el cadmio, el cual fue siendo sustituido por su carácter carcinogénico. Al respecto, desconocemos los estabilizadores empleados en las tuberías de agua potable de los distritos de Lima y Chosica, cuyos sistemas de distribución en ocasiones datan desde hace más de cincuenta años, sin haber sido renovados a la fecha, así como también desconocemos si vienen afectando la calidad del agua (6).

Precisamente, según Infante K; Torres C.; y Otros (2020). las tuberías de PVC suelen presentar fallas aproximadamente a los diez años de uso constante, por lo que deben ser reemplazadas. Sin embargo, la realidad de las redes de distribución del agua potable y el estado de las tuberías intradomiciliarias de las viviendas, nos indican una antigüedad de las tuberías mayor al tiempo de vida útil del PVC (7).

Por otro lado, Shuan F. (2018) señala que las tuberías de PVC para que cumplan la función del traslado del agua potable, requieren de válvulas y llaves de paso donde se combina el fierro galvanizado y bronce, más niple, teflón, lija y pegamento, entre otros. Estos componentes y sobre todo el pegamento, se queda en la red de agua afectando su composición (8).

Entonces en la calidad del agua influyen las condiciones en que se potabiliza, el tipo de tubería y cañería; y por ello existe la posibilidad que se dé la contaminación del agua a causa de metales como el plomo y cadmio, y el consumo de dichos metales pesados pueden dañar la salud de la población generando distintas enfermedades como el cáncer, disfunción renal, hipertensión arterial, sin mencionar a las enfermedades neurológicas, etc.; esto se debe monitorizar y controlar (9). Por ello hemos considerado estudiar la contaminación de plomo y cadmio en el agua potable de las viviendas de los distritos de Cercado de Lima y Chosica en el mes de octubre del año 2021.

Se considera importante la determinación de la concentración de plomo y cadmio en el agua potable, para lo cual se toma de referencia los niveles máximos permisibles señalados por el Ministerio de Salud y estipulado en el Reglamento de la calidad del agua para consumo humano, D.S.031-2010S.A. Así mismo, el presente trabajo busca tener información de los niveles de dichos metales pesados en el agua potable, a fin de que la autoridad competente tome medidas necesarias para minimizar o eliminar la presencia de dichos metales y contribuir con la salud de la población (10).

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Existe contaminación de plomo y cadmio en el agua potable de las viviendas de los distritos de Cercado de Lima y Chosica en el mes de octubre del año 2021?

1.2.2. Problemas específicos

¿Cuáles son los niveles de cadmio en el agua potable de las viviendas de los distritos de Cercado de Lima y Chosica?

¿Cuáles son los niveles de plomo en el agua potable de las viviendas de los distritos de Cercado de Lima y Chosica?

¿Los niveles de cadmio en el agua potable de las viviendas de los distritos de Cercado de Lima y Chosica superan los límites máximos permisibles según el Decreto Supremo 031-2010?

¿Los niveles de plomo en el agua potable de las viviendas de los distritos del Cercado de Lima y Chosica superan los límites máximos permisibles según el Decreto Supremo 031-2010?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Determinar si existe contaminación del agua potable en relación a los niveles de plomo y cadmio de las viviendas del Distrito del Cercado de Lima y viviendas del Distrito de Chosica en el mes de octubre del año 2021.

1.3.2. Objetivos específicos

Determinar y comparar los niveles de cadmio en el agua potable de las viviendas del Distrito del Cercado de Lima y Chosica.

Determinar y comparar los niveles de plomo en el agua potable de las viviendas del Distrito del Cercado de Lima y Chosica.

Establecer si los niveles de plomo en el agua potable de viviendas de los distritos de Cercado de Lima y Chosica superan los límites máximos permisibles según el D.S. 031-2010.

Establecer si los niveles de cadmio en el agua potable de viviendas de los distritos de Cercado de Lima y Chosica superan los límites máximos permisibles según el D.S. 031-2010

1.4. Justificación

La intoxicación por metales pesados plomo y cadmio puede conducir a distintas enfermedades, por ello la investigación “El estudio comparativo de la calidad del agua potable en relación a los niveles de plomo y cadmio en las viviendas del distrito del cercado de Lima y Chosica en el mes de octubre del año 2021” es relevante, porque permitirá al órgano competente a tomar medidas a nivel nacional, en caso el agua potable de las viviendas sobrepasen los límites máximos permitidos según el reglamento de calidad del agua.

Por otro lado, la investigación es importante debido a que no es usual realizar el control de calidad del agua potable al interior de las viviendas, ello dependería de cada familia. El Reglamento de calidad de agua para consumo humano señala en el Título V Control y supervisión de la calidad, en su artículo 21, que el proveedor del sistema de abastecimiento de agua potable, es responsable de identificar, eliminar o controlar los riesgos en los sistemas de abastecimiento del agua, desde su captación hasta donde hace entrega del producto al consumidor, es decir en la conexión predial; limitándose únicamente a realizar los controles de la calidad del agua en las plantas de tratamiento y en las redes de distribución del agua potable.(20) La investigación además tiene una importancia social debido a que evalúa la calidad del agua que consumen los pobladores, lo cual nos permitirá saber si se mantienen los mismos parámetros indicados por la Dirección General de Salud Ambiental. Los beneficios de la investigación son contribuir al conocimiento de la calidad del agua que consume la población, los posibles contaminantes y prevenir las enfermedades que se pueden presentar por la contaminación del agua a causa de los metales plomo y cadmio a mediano y largo plazo.

1.5. Limitaciones de la investigación

El presente estudio tiene entre sus limitaciones el elevado costo del método de investigación

que no permite el análisis de un mayor número de muestras, por tal motivo la muestra no es representativa. Así como también el contexto de la pandemia no nos permitió movilizarnos a puntos más alejados.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales

Angamarca, D. et al., 2020; de la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca en Ecuador, realizaron un trabajo experimental titulado Determinación de la contaminación del recurso hídrico provocado por la actividad minera en la cuenca alta del río Santa Rosa, provincia del Oro. La investigación tuvo como objetivo determinar la contaminación del agua por la actividad minera en la cuenca del Río Santa Rosa en la provincia del Oro. Se realizó los siguientes métodos análisis fisicoquímico, de microbiología e identificación de metales pesados como arsénico, mercurio, plomo y cadmio a través de espectrofotometría, tanto en el río como en la planta de agua potable en el cantón Santa Rosa. Como resultado se obtuvo que los metales analizados en las ocho muestras tomadas en el agua del río no cumplen con los límites máximos permisibles de acuerdo a lo establecido en la regulación referente a los criterios de calidad de agua para consumo humano. **Conclusión: Se confirmó que, respecto al análisis de metales pesados existe contaminación en el Sector El Guayabo parroquia Torata, lugar donde se encuentran concesiones mineras. Así mismo, de los resultados de las muestras de agua potable del cantón Santa Rosa, se determinó una posible acumulación de metales pesados en el tanque de almacenamiento del agua (11).**

Bravo Z, García W, 2020; de la Facultad de Ciencias Químicas y de la Salud, de la Universidad Técnica de Machala – Ecuador; realizaron una investigación de la concentración de cadmio mediante espectrofotometría de absorción atómica en agua potable de la provincia del Oro. El objetivo de esta investigación fue cuantificar los niveles de cadmio en agua potable en los cantones de Santa Rosa y Machala. Se utilizó el método de espectrofotometría de absorción atómica. Se ha obtenido como resultado que los valores

encontrados de las siguientes localidades son: del Cantón Santa Rosa están por encima de los valores establecidos (ciudadela. Las Palmeras 0.00433, Barrio Atahualpa 0.00417, ciudadela. San Vicente 0.00450, ciudadela San Marcos 0.00333, Barrio Jesús Coronel de Vite 0.00467 valores expresados mg/L o ppm) y dentro del Cantón Machala en el Barrio los Sauces 0.00317 mg/L. **Se concluye que las cinco localidades elegidas para la detección del analito se encuentran por encima de la Norma Técnica Ecuatorial INEN 1108 de los requisitos de agua potable, 0,003 mg/L-l. los resultados verifican que la minería presente en la zona, a largo plazo generarán problemas de salud en los habitantes, con excepción del cantón Machala en donde no existe contaminación exhaustiva del metal estudiado (12).**

Según Colon A, 2019; profesor de la Universidad Católica de Puerto Rico, realizó la investigación de Análisis de metales pesados en el embalse Cerrillos de Ponce en Puerto Rico. La investigación tuvo como propósito el análisis de la presencia y concentración de metales pesados, para lo cual se empleó un muestreo simple en tres puntos del embalse por un periodo de nueve meses. El método empleado para el análisis de las muestras fue un inductor de plasma acoplado por emisión de espectroscopia óptica (ICP-OES 3300 XL; encontrándose como resultado que los elementos plata (Ag), arsénico (As), cromo (Cr), plomo (Pb), vanadio (V), cadmio (Cd) y zinc (Zn) sobrepasaron el límite indicado por la Organización Mundial de la Salud y la Agencia de Sustancias Tóxicas y Registro de Enfermedades de los Estados Unidos de América. Para probar si había diferencia significativa en la cantidad de elementos encontrados y los puntos de muestreo se utilizó la prueba de Kruskal Wallis, encontrándose que no hubo diferencias significativas, χ^2 (N= 26) =.467, p= .792. **Se concluye que, a través del análisis de regresión lineal, se confirmó que el nivel de agua en el Embalse incide en el nivel de metales pesados con exceso en los límites permitidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Agencia de**

Sustancias Tóxicas y Registro de Enfermedades (ASTDR) (13).

Según Pernía, B. et al., en el año 2018; realizaron un estudio por la Universidad de Guayaquil, que tuvo como objetivo identificar organismos bioindicadores de contaminación de metales pesados. Se estudio la contaminación de cadmio y plomo en el agua, sedimento y hojas de mangle. Los resultados de la concentración promedio de Cd en agua en la zona del manglar, muestran que no hubo diferencias significativas entre los cuatro puntos de muestreo elegidos. Sin embargo, la concentración fue significativamente mayor en la zona del puente Portete en el Estero Salado, con un promedio de 0,072 (0,006 mg L⁻¹). El resultado fue que la concentración de Pb no mostró un patrón entre ambas zonas, sin embargo, se observaron las mayores concentraciones en la zona del puente en los puntos P1 = 0,264(0,002 mg L⁻¹ y P2 = 0,228(0,024 mg L⁻¹ F=12,67), P=0,000. La concentración de metales pesados en agua del Estero Salado superó los límites máximos permisibles según la normativa ambiental ecuatoriana. **La conclusión de la investigación fue que, en la zona de Manglar, los niveles de Cd y Pb se encontraron 10 y 20 veces por encima del límite máximo permisible. En la zona del puente la contaminación fue mayor registrándose valores 14 y 22 veces por encima del límite permitido según la norma ecuatoriana para Cd y Pb, respectivamente** (14).

2.1.2. Antecedentes nacionales

Macha E, 2019; realizó una investigación de segunda especialidad en Toxicología y Química Legal en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, que tuvo como objetivo determinar metales pesados como cadmio, arsénico y plomo en aguas de pozo del distrito de Castillo Grande – Tingo María, en el Departamento de Huánuco. La investigación se realizó en los meses de julio a setiembre. Se realizaron cuatro muestras de aguas de pozos utilizadas para consumo humano y que fueron estudiadas por el método de análisis cuantitativo mediante la espectrofotometría de absorción atómica. El estudio tuvo como resultado la presencia de

cadmio en agua de pozo para consumo humano, lo cual estaría generando una toxicidad y perjuicio a la salud humana de los pobladores de la zona. **La conclusión de la investigación es que la evaluación del cadmio determinada por el método de espectrofotometría de absorción atómica supera la concentración máxima permisible, que puede estar generando riesgos por su alta concentración en el agua de pozo de castillo Grande en Tingo María (15).**

Pacherres M, 2019; realizó una investigación en la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Ricardo Palma, teniendo como objetivo determinar la calidad del agua de las cuencas de los ríos Chillón, Rímac y Lurín mediante indicadores químicos y biológicos. se utilizó la técnica de espectroscopia de Masas de Plasma (ICP-MS) que midió la concentración de 35 metales, de los cuales solo se abarcó los de interés para el estudio. El resultado de análisis realizados determinó que las concentraciones de plomo y cadmio en el Rio Rímac sobrepasan los límites de los ECA para el agua, encontrando como valores (0.00005 mg/L), pero en el caso de las estaciones RL02, RL04, RL05, RR05 Y RC03 exceden los parámetros de la categoría 3 y subcategoría D1. **En conclusión, en el rio Chillón las concentraciones de cadmio, cobre y plomo en algunas estaciones, no cumplen con lo establecido en los ECA para agua. Respecto al rio Lurín, el cadmio y plomo en algunas estaciones exceden lo normado por los ECA para el agua (16).**

Afán K; Flores V, 2018; realizaron un estudio para optar el título profesional de Químico Farmacéutico en la Universidad Privada Norbert Wiener. El estudio tuvo como objetivo determinar la presencia de plomo y arsénico en agua potable de viviendas del distrito de Hualgayoc - Cajamarca, para lo cual se utilizó el método analítico de absorción atómica con horno de grafito. Se tomaron 15 muestras de agua en cinco puntos diferentes de la zona de estudio, y se analizaron en la unidad de servicio de análisis químicos (USAQ) de la Facultad de Química e Ingeniería Química de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Los

resultados obtenidos señalan que la concentración de arsénico en agua potable es de 0,0060 mg/L con cifras extremas mínima de 0,0000 mg/L y máxima de 0,0213 mg/L, observando que el 27% supera los límites máximos permitidos por la Dirección general de Salud Ambiental. **Por ello se concluye que al superar los límites permisibles ocasionan un riesgo de intoxicación crónica y graves problemas de salud que pueden afectar a la población del lugar** (17).

Aguilar, O; Navarro B, 2017; de la Universidad Tecnológica de Los Andes; tuvo como objetivo evaluar la calidad de agua para consumo humano de la comunidad de Llañucancha en Abancay, el método utilizado es fisicoquímico y bacteriológico; como resultado se encontró que los parámetros químicos recolectados en la captación del sistema de Abastecimiento de agua para consumo humano de la comunidad, como el pH, cloruros y dureza de acuerdo a los resultados encontrados no exceden los límites máximos permitidos emitidos por el reglamento de la calidad de agua para consumo humano DS N° 031-2010-SA. También hallaron que los parámetros bacteriológicos de coliformes totales y coliformes fecales de aguas de la captación, reservorio y pileta domiciliaria exceden los límites permitidos. **Se concluye que la calidad de agua no era la adecuada para el consumo humano** (18).

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Calidad del agua

La calidad del agua implica realizar procesos de verificación para cumplir estándares según la autoridad competente, entre los parámetros de medición están los microbiológicos y parasitológicos, calidad organoléptica, químicos orgánicos e inorgánicos y parámetros radiactivos; la calidad del agua se clasifica según el uso al cual va a ser empleada.

El agua potable para ser consumida por la población requiere cumplir con estándares

especificados en el D.S. N° 031-2010-SA, Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, promovido por el Ministerio de Salud a través de la Dirección General de Salud Ambiental DIGESA, establece en el Art. 3°, 3.1 que el Reglamento y las normas sanitarias complementarias que dicte el Ministerio de Salud respecto a la calidad del agua son de obligatorio cumplimiento para toda persona natural o jurídica, pública o privada, dentro del territorio nacional. Además, se conoce que el organismo responsable del tratamiento del agua potable en Lima y Chosica es una Planta de tratamiento, la misma que debe cumplir con los parámetros señalados en el reglamento para proceder a distribuir el agua a través de la red pública (19).

Tabla 1 Parámetros del agua para consumo humano según del D.S. 031-2010

**LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE
PARÁMETROS QUÍMICOS INORGÁNICOS Y ORGÁNICOS**

Parámetros Inorgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Antimonio	mg Sb L ⁻¹	0,020
2. Arsénico (nota 1)	mg As L ⁻¹	0,010
3. Bario	mg Ba L ⁻¹	0,700
4. Boro	mg B L ⁻¹	1,500
5. Cadmio	mg Cd L ⁻¹	0,003
6. Cianuro	mg CN ⁻ L ⁻¹	0,070
7. Cloro (nota 2)	mg L ⁻¹	5
8. Clorito	mg L ⁻¹	0,7
9. Clorato	mg L ⁻¹	0,7
10. Cromo total	mg Cr L ⁻¹	0,050
11. Flúor	mg F L ⁻¹	1,000
12. Mercurio	mg Hg L ⁻¹	0,001
13. Niquel	mg Ni L ⁻¹	0,020
14. Nitratos	mg NO ₃ L ⁻¹	50,00
15. Nitritos	mg NO ₂ L ⁻¹	3,00 Exposición corta 0,20 Exposición larga
16. Plomo	mg Pb L ⁻¹	0,010
17. Selenio	mg Se L ⁻¹	0,010
18. Molibdeno	mg Mo L ⁻¹	0,07
19. Uranio	mg U L ⁻¹	0,015

Fuente: http://www.digesa.minsa.gob.pe/publicaciones/descargas/Reglamento_Calidad_Agua.pdf (19)

Respecto a la vigilancia y control de la calidad del agua, la SUNASS a través de la directiva 190- 97-SUNASS y 1121-99-SUNASS, supervisa la calidad del agua potable a través de la constatación del cumplimiento de las actividades del programa de control de calidad del agua de las EPS, respecto a la revisión y evaluación de los reportes sobre el control que las EPS, que remiten periódicamente a la SUNASS, y de la inspección de campo para verificar la validez de los datos enviados. Sin embargo, respecto a la medición de la calidad del agua en viviendas no se observan de manera concreta referencias de realización (20).

Por otro lado, 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. (21).

2.2.2. Toxicología por plomo

Características generales

El plomo es un elemento químico cuyo símbolo es Pb, su número atómico es 82 y su peso atómico 207.19, Según la tabla actual es el quinto elemento y pertenece al grupo "IVA". Es un metal pesado (densidad relativa, o gravedad específica, de 11.4s 16°C (61°F), es de color azulado, que se empaña para adquirir un color gris mate. Es flexible, inelástico, se funde con facilidad, se funde a 327,4°C (621,3°F) y hierve a 1725°C (3164°F). Las valencias químicas

del plomo son 2 y 4. Se disuelve con lentitud en ácido nítrico. Es anfótero, pues forma sales de plomo de los ácidos, así como sales metálicas del ácido plúmbico. También forma óxidos y compuestos organometálicos (22).

Los compuestos más importantes son los óxidos de plomo y el tetraetilo de plomo. Forma aleaciones con muchos metales y se emplea en esta forma en la mayor parte de sus aplicaciones. Todas las aleaciones formadas con estaño, cobre, arsénico, antimonio, bismuto, cadmio y sodio tienen importancia industrial (23).

El plomo tiene distintas fuentes de exposición y estas se pueden dar en distintas situaciones, como por ejemplo por la ingesta de agua o alimentos contaminados por este metal pesado; así como también al inhalar combustiones de materiales que contengan plomo en su composición.

Los compuestos del plomo son tóxicos y producen envenenamiento por su uso inadecuado y su exposición excesiva a los mismos. El mayor peligro proviene de la inhalación de vapor o de polvo. Algunos de los síntomas de envenenamiento por plomo son dolores de cabeza, vértigo e insomnio. En los casos agudos, por lo común se presenta estupor, el cual progresa hasta el coma y termina en la muerte.

El plomo se presenta de manera natural en el ambiente, pero las mayores concentraciones son el resultado de las actividades humanas.

En los motores de autos el plomo es quemado, lo cual genera sales de plomo (cloruros, bromuros, óxidos). Las sales entran en el ambiente a través de los tubos de escape y las partículas grandes precipitarán en el suelo o la superficie de las aguas, las pequeñas partículas viajarán largas distancias y permanecerán en la atmósfera. Parte de este plomo caerá de nuevo sobre la tierra con las lluvias. Este ciclo ha causado contaminación por plomo y su concentración en el ambiente.

Por otro lado, el plomo puede terminar en el agua y suelos a través de la corrosión de las tuberías en los sistemas de transportes, y a través de la corrosión de pinturas que contienen plomo. No puede ser roto, pero puede convertirse en otros compuestos. Es por ello que la población está expuesta a este metal y más aún los infantes, ya que ellos absorben un nivel de plomo de 4-5 veces más que un adulto.

Toxicocinética

a. Absorción

El plomo puede ingresar al organismo por las siguientes vías, pueden ser: cutánea, respiratoria y digestiva.

Los adultos absorben entre el 5% y 15% de plomo ingerido y por lo general la retención de plomo es menor al 5% de lo absorbido. El porcentaje de la ingesta de plomo que los infantes absorben es de 42% y la retención es de 32%; cuando el cuerpo tiene mayor deficiencia de hierro o calcio la absorción de plomo es mayor. La vía de absorción cutánea va a depender de la valencia del plomo, es decir los que tienen características liposolubles como es el tetraetilo, tetraetilo de plomo, se pueden absorber. El plomo de procedencia inorgánica no es absorbido por la piel íntegramente (24).

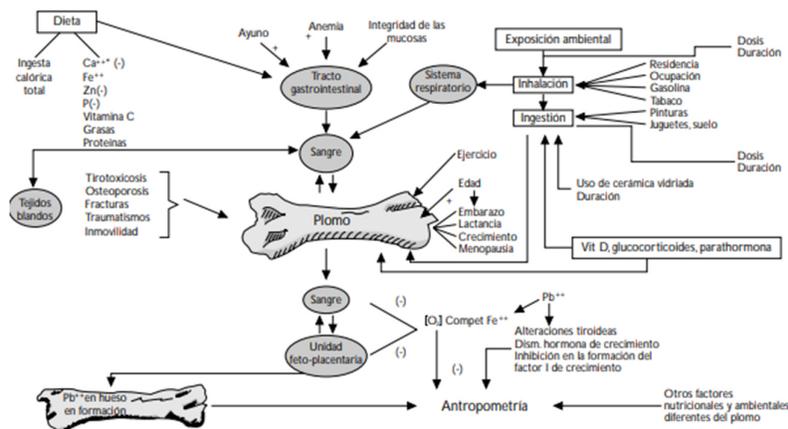


Figura 1 Toxicocinética del plomo

Fuente: from: <https://scielosp.org/pdf/spm/1998.v40n4/359-368/es> (23).

b. Distribución

La distribución de plomo en sangre se da por el modelo tricompartmental, estos son: Sanguíneo, óseo y tejidos blandos (riñones e hígado) (Figura 3). El plomo después de ser absorbido pasa por la sangre y el 90% de plomo que circula se junta con los glóbulos rojos (hematíes), siendo su vida media entre 30 a 35 días. El compartimento medio está ligado directamente a la absorción y excreción a nivel renal. En el segundo compartimento (tejidos blandos) en este compartimento se concentra el 8 % de plomo, con una vida media de 40 días. En el tercer y último compartimento (huesos), la concentración de plomo en los huesos se incrementa con la edad, de un 70 % en la infancia a un 95 % en la etapa de adultez. Luego de desplazarse el plomo se junta al hueso a nivel de la metáfisis y epífisis, su remoción es complicada ya que forma compuestos muy permanentes; la vida media varía entre 20 a 30 años (25).

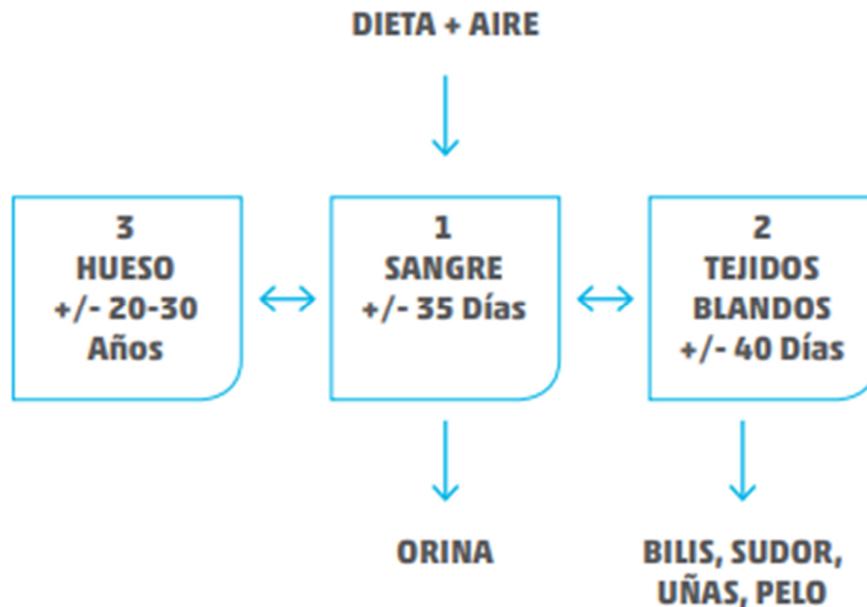


Figura 2 Distribución del plomo

Fuente: https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/1_guia_de_actuacion_y_diagnostico_-_exposicion_al_plomo.pdf (25).

c. Excreción

La excreción de plomo puede ser por la orina, materia fecal, saliva y sudor; dicha excreción se da mayormente por la orina (80%) y la cantidad eliminada por la saliva, sudor y heces es menor. A nivel renal la excreción se produce por la filtración glomerular y la excreción por la vía biliar (fecal) en forma de complejo glutatión plomo, este representa el tercio del total del plomo que se absorbe (26).

Toxicodinamia:

El plomo es un catión divalente que interactúa con elementos primordiales como el calcio, hierro, zinc y cobre. También inhibe la formación de proteínas, ADN y ARN (27).

a. La alteración de los niveles de calcio conlleva a una variación en la transmisión neuronal y tonalidad vascular, que podría relacionarse con un incremento de la presión y la neurotoxicidad que es producida por su presencia.

b. Activa la enzima proteína quinasa C, que depende del calcio y es partícipe de varios procesos a nivel intracelular.

c. La calmodulina, es una proteína reguladora que es más afin al plomo que al calcio e inhibe la bomba Na^+/K^+ -ATPasa, que da paso a un incremento de calcio intracelular.

El plomo no tiene una función biológica en los organismos vivos, produce daños y efectos adversos en la salud. El mecanismo de acción del plomo se produce a partir de la afinidad que tiene por los grupos sulfhidrilos (reemplaza o desplaza a otros cationes divalentes) principalmente por enzimas que dependen del zinc. El plomo interfiere inicialmente con el metabolismo del calcio cuando éste se encuentra en concentraciones bajas. El plomo reemplaza el calcio y se comporta como segundo mensajero intracelular, alternando la distribución del calcio dentro de la célula; activa a la proteínquinasa C, se une a la calmodulina e inhibe la bomba Na^+/K^+ -ATPasa, con lo cual se produce un aumento del calcio intracelular.

El efecto tóxico se atribuye al daño de las proteínas estructurales y enzimas, siendo la acción del plomo aún más complejo (28).

2.2.3. Toxicología por cadmio

Características generales

El cadmio es un metal pesado considerado uno de los elementos más tóxicos. Se encuentra distribuido en la naturaleza asociado a otros metales. El ser humano ha contribuido a su dispersión desde que se inició la actividad minero metalúrgica de otros metales y al emplearse el cadmio en la actividad industrial. Un aspecto que contribuye a su toxicidad es su larga vida media y su capacidad de acumularse en el organismo de los seres vivos (29).

El cadmio se encuentra ampliamente distribuido en la corteza terrestre, teniendo una concentración media de 0,1 mg/kg. Es un constituyente muy habitual en casi todos los compuestos de zinc, que pueden llegar a contener de 0,1-0,3% de cadmio. También puede encontrarse en minerales de plomo y cobre.

Las propiedades químicas y físicas del cadmio son similares a las del zinc y suelen coexistir con este metal en la naturaleza.

En aguas no contaminadas, el cadmio se presenta en los océanos en concentraciones entre 0,04 µm/L – 0,3 µm/L. En los ríos es alrededor de 1 µm/L. En áreas donde hay contaminación por cadmio aumenta mucho la concentración, llegando a ser entre 0,001 mg/L hasta 0,115 mg/L. Las concentraciones son diferentes dependiendo de si el uso es para el consumo humano u otros. Generalmente, el cadmio que llega al agua procede de la actividad industrial y urbana. Será diferente la concentración de cadmio en un río cercano a una zona urbana que puede ser un área industrial; o si el río se encuentra cerca de una montaña. Por otro lado, el cadmio atmosférico que se deposita en la superficie acuática es el 23% del cadmio contaminante, y es la principal entrada de cadmio en el agua.

En el aire, el cadmio se encuentra como óxido de cadmio. En las ciudades donde la actividad industrial es importante, se han encontrado concentraciones elevadas de cadmio en el aire, entre $0,05 \mu\text{m}/\text{m}^3$ hasta $30 \mu\text{m}/\text{m}^3$. En el área urbana se ha encontrado una concentración entre $0,005 \mu\text{m}/\text{m}^3$ hasta $0,05 \mu\text{m}/\text{m}^3$; mientras que en el área rural se tiene una concentración entre $0,001 \mu\text{m}/\text{m}^3$ y $0,005 \mu\text{m}/\text{m}^3$.

En el suelo, en áreas no contaminadas se tiene una concentración de cadmio $1 \text{ mg}/\text{kg}$ (1ppm). Tanto por acción de la contaminación del aire o del agua, las concentraciones en el suelo han llegado hasta $16 \text{ mg}/\text{kg}$. La principal deposición de cadmio es en el suelo, los vertidos urbanos, los barros industriales como fertilizantes y derivados de fosfatos impuros lo contaminan. Se considera una concentración de cadmio en el suelo entre $0,3 \mu\text{m}/\text{m}^3$ a $0,6 \mu\text{m}/\text{m}^3$, pudiendo incrementarse al doble dentro de 50 años, lo que incluye el aporte del hombre para que esto se produzca. En la actualidad por lo general se encuentra cadmio en el suelo urbano entre $1,0 \mu\text{m}/\text{m}^3$ a más (30).

El cadmio es muy resistente a la corrosión y se utiliza en la electrodeposición en otros metales tales como el hierro y el acero. Por esa resistencia, los implementos de seguridad como tornillos, tuercas, pestillos y componentes de aviones y vehículos son tratados con cadmio. El cadmio se utiliza también en el galvanizado y los recubrimientos. Los compuestos de cadmio también son usados como pigmentos, estabilizadores de plásticos, en aleaciones, baterías de cadmio, en las baterías de los teléfonos móviles.

El estearato de cadmio es utilizado como estabilizador térmico en los plásticos de PVC (cloruro de polivinilo). Los pigmentos amarillo y rojo en los tintes y plásticos utilizan el sulfuro de cadmio y el sulfoseleniuro de cadmio. Por otro lado, el sulfuro de cadmio también se utiliza en células solares y fotográfica. También se utiliza el cadmio como fungicida, en pirotecnia, en baños galvanoplásticos, en la tinción e impresión de textiles, todo ello en la

forma de cloruro de cadmio.

El cadmio es utilizado en la fabricación de espejos, recubrimiento de tubos electrónicos de vacío, galvanoplastia, y utilizado en los estabilizadores térmicos de PVC, entre otros. Este metal puede constituir un peligro para el medio ambiente y la salud de las personas (31).

El cadmio que ingresa en el organismo humano por vía respiratoria u oral, es transportado a la sangre concentrándose en el hígado y el riñón. En estos órganos permanece un tiempo muy largo, produciendo un daño irreversible aún con concentraciones reducidas.

El cadmio también es un metal con mayor tendencia a acumularse en las plantas, produciendo en ellas desequilibrios en la nutrición y el transporte de agua (32).

Toxicocinética

a. Absorción

El cadmio puede absorberse por vía inhalatoria, oral o dérmica, independientemente de su forma química. Las más relevantes son las vías inhalatoria y oral.

El cadmio tiene baja volatilidad y se encuentran en el aire como partículas muy finas, las que al ser inhaladas se depositan en las vías respiratorias y los pulmones, y lo demás es exhalado. Las partículas de cadmio mayores a 10 μm se depositan en la parte superior del tracto respiratorio, eliminándose por procesos mucociliares, absorbiéndose una pequeña parte por vía oral.

Las partículas menores a 0.1 μm penetran los alveolos y dependiendo de su solubilidad se absorben y distribuyen al organismo. Por lo que, el tamaño de partícula determina la absorción pulmonar. Un caso particular es el de los fumadores, la gran absorción de cadmio se produce por el pequeño tamaño de las partículas, ocasionando un elevado depósito de cadmio a nivel de los alveolos.

Respecto a la absorción oral, la mayor parte del cadmio transita por el tracto digestivo sin

ser absorbido. Por esta vía el cadmio puede ser absorbido entre 1% a 10%. La absorción intestinal aún viene siendo investigada. (29,31)

La deficiencia de proteínas, hierro, calcio y zinc, la edad y la forma química del calcio pueden acelerar este tipo de absorción, si se está en ayunas también aumenta la absorción.

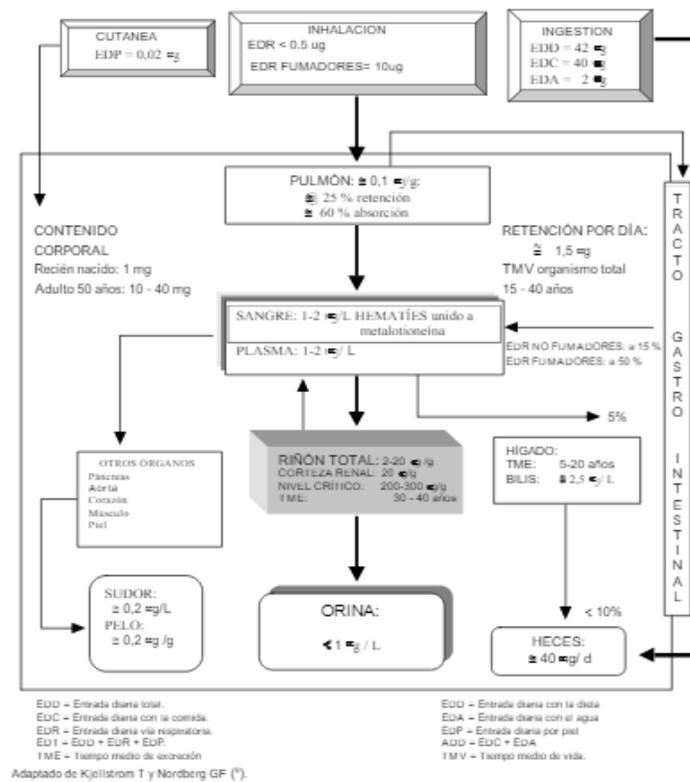


Figura 3 Toxicocinética del Cadmio

Fuente: <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/anales/article/view/147>

[7/1260](#) (31)

b. Distribución

El cadmio es transportado por los glóbulos rojos encontrándose más del 70%, y en la albumina se encuentra en un 15%. Se distribuye al hígado y al riñón en donde se deposita y se encuentra unido a la metalotioneína, una proteína de bajo peso molecular que es una combinación de metales y cuya síntesis es inducida por el cadmio. También se relaciona

con su transporte y absorción.

c. Biotransformación

En el organismo el cadmio forma macromoléculas desplazando a otros metales que desempeñan un papel importante en la actividad enzimática y reaccionando con grupos activos como carboxilo, fenol, sulfhidrilo entre otros. La afinidad con los grupos sulfhidrilo ocasiona la formación de proteínas de cadena corta con alto contenido de cisteína que se concentra en la periferia del riñón causando daños en los túbulos e impidiendo la reabsorción de sustancias como proteínas, aminoácidos, glucosa, calcio y potasio. El daño del riñón es importante y puede elevar la excreción urinaria de proteínas totales hasta diez veces, y eleva también hasta cien veces las proteínas de bajo peso molecular como beta 2 microglobulina, produce la eliminación del calcio que tampoco puede reabsorberse al disminuir este proceso produciendo descalcificación.

d. Excreción

El cadmio posee un tiempo de vida media de entre 15 hasta 40 años, es muy tóxico y propenso a ser acumulado. Se elimina por las heces y orina. La eliminación a través de la transferencia transplacentaria y la secreción de la leche materna es escasa (32).

e. Toxicodinamia

El cadmio se une a grupos sulfhidrilo produciendo la desnaturalización de las proteínas e inactivación de enzimas, debilitando el equilibrio antioxidante. También altera el mecanismo de transporte de calcio aumentando el calcio intracelular y produciendo muerte celular.

Durante la intoxicación por cadmio disminuye la acción de las enzimas superóxido dismutasa, glutatión peroxidasa y catalasa. El agotamiento de la glutatión peroxidasa activa las células de Kupfer, encargadas de la eliminación de sustancias extrañas y la regulación de la respuesta inflamatoria. Estas células interactúan con la peroxidación lipídica del hierro

rompiendo el equilibrio antioxidante.

Con la disminución de la acción de las enzimas se produce la reacción de Haber- Weiss generándose radicales hidróxilo (OH) a partir de H_2O_2 y superóxido (O_2) como consecuencia del estrés oxidativo. También se produce la reacción de Fenton, un proceso de oxidación avanzada, produciéndose radicales libres altamente reactivos del hidroxilo.

El cadmio eleva el estrés oxidativo produciendo el aumento de citoquinas y de inflamación de distintos órganos como el hígado, riñón, corazón, vasos sanguíneos y la piel. Cuando el cadmio ingresa al hígado, forma el complejo cadmio metalotioneina, el cual se va saturando en este órgano hasta que este complejo se traslada otros órganos como el riñón, produciendo daño tubular. En los órganos afectados se produce fibrosis apoptosis y necrosis (33).

2.3. Formulación de hipótesis

Hipótesis General:

Hi: El agua potable de los distritos del Cercado de Lima y Chosica presentan los metales plomo y cadmio en concentraciones que superan los límites máximos permisibles.

Ho: El agua potable de los distritos del Cercado de Lima y Chosica presentan los metales plomo y cadmio en concentraciones por debajo de los límites máximos permisibles.

Hipótesis Específicos:

Hipótesis Específico 1

H^{e1} : El agua potable de los distritos del Cercado de Lima y Chosica presenta el metal pesado plomo.

H^{e01} : El agua potable de los distritos del Cercado de Lima y Chosica no presenta el metal pesado plomo.

Hipótesis Específico 2

H^{e2} El agua potable de los distritos del Cercado de Lima y Chosica presentan el metal pesado cadmio.

H^{e02}.El agua potable de los distritos del Cercado de Lima y Chosica no presentan el metal pesado cadmio.

Hipótesis Específico 3

H^{e3}.El nivel de cadmio presente en el agua potable de los distritos del Cercado de Lima y Chosica supera el nivel máximo permisible según en el D.S 031- 2010.

H^{e03}.El nivel de cadmio presente en el agua potable de los distritos del Cercado de Lima y Chosica no supera el nivel máximo permisible según en el D.S 031- 2010.

Hipótesis Específico 4

H^{e4}.El nivel de plomo presente en el agua potable de los distritos del Cercado de Lima y Chosica supera el nivel máximo permisible según en el D.S 031- 2010.

H^{e04}.El nivel de plomo presente en el agua potable de los distritos del Cercado de Lima y Chosica no supera el nivel máximo permisible según en el D.S 031- 2010.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. Método de investigación

El método cuantitativo es una metodología de investigación que utiliza preguntas y encuestas para recopilar datos cuantificables y en base a estos realizar análisis estadísticos para derivar conclusiones de investigación. La investigación se aborda desde un enfoque cuantitativo, que busca recopilar información y datos cuantificables a través de la aplicación de la técnica analítica del ICP-MS, y así en base a los resultados elaborar tablas estadísticas para establecer conclusiones de la investigación.

3.2. Enfoque, tipo de estudio, nivel y diseño de la investigación

La investigación tiene un enfoque cuantitativo y corresponde a un estudio descriptivo – comparativo; es descriptivo porque describe la presencia o el valor de los metales plomo y cadmio en el agua potable; comparativo porque permite establecer la relación entre dos

variables. Es una investigación aplicada porque con la presente investigación se busca encontrar respuestas en la mejora del consumo del agua potable (34).

Se propone profundizar en los conocimientos acerca de la contaminación del agua por metales pesados como cadmio y plomo que afectan la salud de la población. Por otro lado, el conocimiento sirve de apoyo a la aplicación; en tanto el conocimiento generado permite profundizar en las causas y tomar acciones inmediatas que resuelvan el problema (35).

3.3. Población, muestra y muestreo

La población se ha elegido a criterio e interés de las investigadoras. Está compuesta por viviendas de los distritos del Cercado de Lima y Chosica. Se ha elegido el distrito del Cercado por ser uno de los más antiguos de Lima, son viviendas que en promedio tienen una antigüedad de entre 60 a 89 años, por lo que su infraestructura y tuberías de conducción interna de agua potable posiblemente no se hayan renovado en el tiempo. Respecto al Distrito de Chosica, las viviendas tienen una antigüedad promedio de 3 a 20 años (36).

Dentro de los distritos del Cercado de Lima y Chosica, se determinó el área de muestreo de manera aleatoria por sectores. Para ello se consideró la forma del distrito y la seguridad para el recojo de las muestras. Se trazó un rectángulo sobre la circunscripción territorial en una imagen satelital del distrito, y luego estableciendo dos líneas cruzadas desde las esquinas de la figura geométrica, se obtuvieron los puntos de muestreo de tres sectores según los puntos cardinales, de las cuales se recogieron las muestras de manera aleatoria, siendo 15 en total por cada distrito.

Población

La población se compone de viviendas de los distritos del Cercado de Lima y Chosica.

Muestra

Se compone de 30 muestras de agua potable de viviendas de los distritos del Cercado de Lima

y Chosica, determinadas de manera aleatoria.

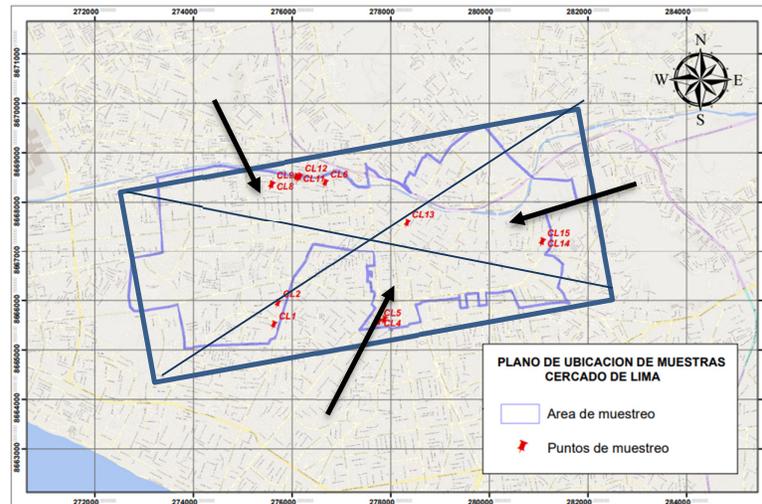


Figura 4 Puntos de ubicación del distrito de Cercado de Lima

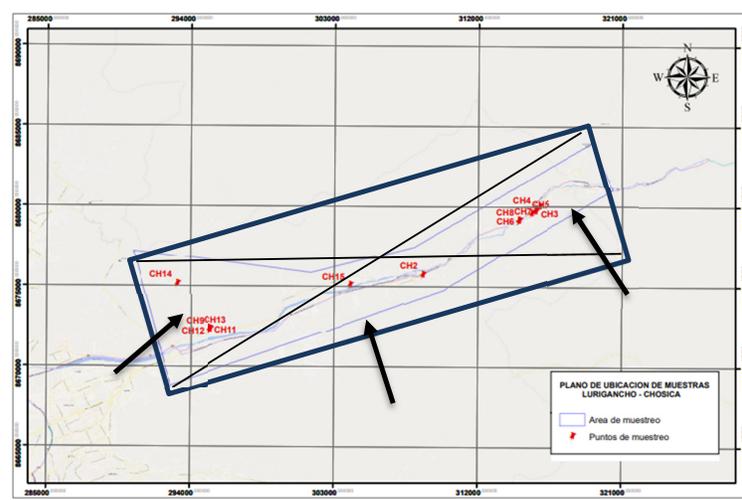


Figura 5 Puntos de ubicación del distrito de Chosica

3.4. Criterios de inclusión y exclusión:

Criterios de inclusión

- Viviendas dentro de los límites del Cercado de Lima y Chosica.
- Viviendas ubicadas dentro del área aleatoria de selección de la muestra.

- Viviendas con disposición de agua potable al interior de sus viviendas
- Viviendas cuyos propietarios tengan predisposición a permitir la toma de una muestra de agua de sus grifos.

Criterios de exclusión

- Viviendas fuera de los límites del Cercado de Lima y Chosica.
- Viviendas fuera del área aleatoria de selección de la muestra.
- Viviendas sin disposición de agua potable al interior de sus viviendas
- Viviendas cuyos propietarios no autorizan la toma de muestra de agua de sus grifos.

3.5. Variables y operacionalización

X: Agua Potable

Y: Niveles de plomo y cadmio

Variable 1	Definición conceptual	Dimensión	Indicador	Valores	Escala de medición de Variable
Agua potable	Es el agua apta para el consumo humano, en cantidad suficiente, inocua y accesible,	Calidad	Buena calidad Mala calidad	Agua potable dentro de los parámetros del D.S 031-2010 SA Agua potable fuera de los parámetros del D.S 031-2010 SA	Ordinal

	que puede ser utilizada para preparar alimentos, higiene y fines domésticos.				
--	--	--	--	--	--

Variable 2	Definición conceptual	Dimensión	Indicador	Valores	Escala de medición de Variable
plomo y cadmio	<p>Cadmio: es un metal pesado que no se corroe con facilidad.</p> <p>Plomo: Es</p>	<p>Niveles de plomo en agua potable</p> <p>Niveles de cadmio en</p>	<p>Niveles de plomo dentro de los límites permitidos según D.S 031 -2010</p> <p>Niveles de plomo fuera de los límites</p>	<p>Niveles de plomo $\leq 0,10$ mg/L según D.S 031 -2010</p> <p>Niveles de plomo $> 0,10$ mg/L según D.S 031 -2010</p>	Continua - Intervalo

	un metal pesado, blando, maleable y resistente a la corrosión.	agua potable	permitidos según D.S 031 -2010	Niveles de cadmio dentro de los límites permitidos según D.S 031 -2010	Niveles de cadmio = < 0,003 según D.S. 031-2010	Niveles de cadmio > 0,003 según D.S. 031-2010	
			Niveles de cadmio fuera de los límites permitidos según D.S 031 -2010				

MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Variable	Definición conceptual	Dimensión	Indicador	Valores	Criterios de medición	Escala de medición de Variable
----------	-----------------------	-----------	-----------	---------	-----------------------	--------------------------------

<p>Agua potable y cadmio</p>	<p>Es el agua apta para el consumo humano, en cantidad suficiente, inocua y accesible, que puede ser utilizada para preparar alimentos, higiene y fines domésticos.</p> <p>Cadmio: es un metal pesado que no se corroe con facilidad.</p> <p>Plomo: Es un metal pesado</p>	<p>Calidad:</p> <p>Niveles de plomo en agua potable</p> <p>Niveles de cadmio en agua</p>	<p>Buena calidad</p> <p>Mala calidad</p> <p>Niveles de plomo dentro de los límites permitidos según D.S 031 -2010</p> <p>Niveles de plomo fuera de los límites permitidos según D.S 031 -2010</p> <p>Niveles de cadmio dentro de los</p>	<p>Agua potable dentro de los parámetros del D.S 031-2010 SA</p> <p>Agua potable fuera de los parámetros del D.S 031-2010 SA</p> <p>Niveles de plomo < = 0,10 mg/L según D.S 031 -2010</p> <p>Niveles de plomo > 0.10 mg/L según D.S 031 -2010</p> <p>Niveles de cadmio = < 0,003 según D.S.</p>	<p>Si el agua potable está dentro de los parámetros del DS 031-2010 SA, entonces es de buena calidad. En caso no cumpla con los parámetros, se concluye que es de mala calidad.</p> <p>Resultado obtenido en la prueba de ICP-MS para identificar niveles</p>	<p>Ordinal</p> <p>Continua</p> <p>-</p> <p>Intervalo</p>
------------------------------	--	--	--	---	---	--

	blando, maleable y resistente a la corrosión.	potable	límites permitidos según D.S 031 -2010 Niveles de cadmio fuera de los límites permitidos según D.S 031 -2010	031-2010 Niveles de cadmio > 0.003 según D.S. 031-2010	de plomo y de cadmio	
--	---	---------	--	--	----------------------	--

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnica y descripción

Se realiza la determinación de los puntos de muestreo de manera aleatoria en los distritos de Cercado de Lima y Chosica, previa aceptación y firma del propietario a través del consentimiento informado.

Según el cronograma de actividades establecido se realizó el recojo de las muestras de agua; al recoger la muestra se enjuagó dos o tres veces con la misma agua, la cantidad de muestra que se recogió fue de 1000 ml. En cada envase de polietileno de color blanco se añadió 20 gotas de la sustancia preservante de ácido nítrico 1:1, que se recolectaron de redes de abastecimiento de agua intradomiciliaria, las muestras tuvieron las siguientes condiciones: un pH por debajo de 2 y una temperatura entre a 4°C o 5°C, rotulados y cerrados herméticamente en cooler acondicionado para su traslado al laboratorio (Instituto de Corrosión y Protección de la Pontificia Universidad Católica del Perú); las muestras fueron analizadas mediante la técnica de espectrometría de masas con plasma acoplado

Inductivamente (ICP-MS), según el método EPA 200.8 y el método EPA 3015.

La técnica consiste básicamente en introducir una muestra líquida al espectrómetro de masas con plasma inductivamente acoplado que consta de un sistema de introducción muestra el cual está conformado por una cámara de spray un micro nebulizador, una fuente de ionización de plasma acoplado inductivamente, una interfase con conos de níquel, un cuadrupolo como analizador de masas y una Celda de Reacción / Colisión; el Software usado es el MassHunter 4.1, Workstation Software, 7900 ICP-MS Top, Versión C.01.01.

El método que se utilizará en la presente investigación espectrometría de emisión por plasma ICP- MS. El Plasma es un gas ionizado, eléctricamente neutro, confinado en un tubo de descarga. En su aplicación espectroscópica se denomina plasma a un gas parcialmente ionizado (basta con que lo estén el 1 % de sus átomos o moléculas), eléctricamente neutro en su conjunto y confinado en un campo electromagnético, existiendo un equilibrio entre partículas cargadas y neutras. Los campos magnéticos pueden interaccionar con los plasmas. Una de estas interacciones es un acoplamiento inductivo de campos magnéticos variantes

En el plasma ICP (Inductively Coupled Plasma), la ionización se realiza mediante una corriente inducida de alta frecuencia. Las temperaturas en un plasma ICP son muy elevadas (4,000-10,000° K) y son suficientes para disociar las combinaciones químicas estables, incluso los óxidos refractarios, eliminándose las interferencias químicas. Estos plasmas pueden estar o no en equilibrio termodinámico. Para conseguir la ionización se hace circular el gas por una serie de tubos concéntricos, que constituyen la "ANTORCHA", pieza clave en un equipo de plasma. Al final de la misma se encuentra una bobina de inducción, alimentada por un generador de alta frecuencia. En principio, es necesario iniciar la ionización del gas utilizando un medio auxiliar, chispa Tesla que luego se mantiene (33,36).

Para la determinación de metales totales se realiza una previa digestión de la muestra la

cual fue efectuada mediante el método de digestión asistida por microondas. Las muestras fueron previamente acondicionada y homogenizada antes de su muestreo; para la digestión se midió 18 mL de muestra en un tubo de teflón y se añadió 2 mL de ácido nítrico concentrado, se tapó las muestras y se colocó en el digestor de microondas para realizar la digestión a una temperatura de 200°C y una potencia de 1800 W por un tiempo de 15 min. Una vez terminada la digestión se dejó enfriar la solución y pasarlo a tubos quedando lista para el análisis.

Procesamiento y análisis de datos

Lo datos obtenidos en fichas codificadas (ICP/INF/012/2022) brindadas por el Instituto de Corrosión y Protección de la Pontificia Universidad Católica del Perú se ingresaron a la base de datos Excel 19.0 y posterior a ello se analizó los datos en el programa estadístico IBM SPSS Statistic 26.0.

Se realiza pruebas de media aritmética, mediana, medidas de dispersión como desviación estándar, varianza, rango y valor máximo y mínimo; así como también pruebas paramétricas de normalidad Shapiro wek.

Se considera un nivel de confiabilidad de 95%, es decir que los hallazgos son estadísticamente significativos

Aspectos éticos

Las muestras utilizadas son inertes por lo que no se requieren las consideraciones que implica este aspecto.

CAPÍTULO IV: PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

4.1. Resultados

Análisis descriptivo de resultados

Tabla 2 Nivel de concentración de plomo y cadmio en el distrito de Cercado de Lima

N° vivienda	RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LABORATORIO DISTRITO DEL CERCADO DE LIMA			
	NIVELES DE PLOMO	LÍMITE MÁXIMO D.S 031-2010 SA	NIVELES DE CADMIO	LÍMITE MÁXIMO D.S 031-2010 SA
CL1	<0,0005	0.01	0.0005	0.003
CL2	0.0014	0.01	0.0005	0.003
CL3	0.0121	0.01	0.0034	0.003
CL4	0.0031	0.01	0.0005	0.003
CL5	0.0017	0.01	0.0005	0.003
CL6	0.0008	0.01	0.0006	0.003
CL7	0.0013	0.01	0.0005	0.003
CL8	<0,0005	0.01	0.0005	0.003
CL9	0.0006	0.01	0.0005	0.003
CL10	0.0016	0.01	0.0005	0.003
CL11	0.0011	0.01	0.0005	0.003
CL12	<0,0005	0.01	0.0005	0.003
CL13	<0,0005	0.01	0.0005	0.003
CL14	<0,0005	0.01	0.0005	0.003
CL15	0.001	0.01	0.0005	0.003

Fuente: Elaboración propia

En la **tabla 2** se observa que en el distrito de Cercado de Lima los niveles de plomo no superan los límites máximos permisibles según el D.S 031-2010 SA, con excepción de la vivienda CL3 con una concentración de Pb 0.0121 mg/L; por otro lado, los niveles de cadmio encontrados en las muestras de agua no sobrepasan los límites máximos permitidos según el D.S 031-2010 SA, con excepción de la vivienda CL3 con una concentración de Cd 0.0034 mg/L.

Tabla 3 Nivel de concentración de plomo y cadmio en el distrito Chosica

N° vivienda	RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LABORATORIO DISTRITO DE CHOSICA			
	NIVELES DE PLOMO	LÍMITE MÁXIMO D.S 031-2010 SA	NIVELES DE CADMIO	PARÁMETROS DEL D.S 031-2010 SA
CH1	<0,0005	0.01	<0,0001	0.003
CH2	0.0006	0.01	<0,0001	0.003
CH3	<0,0005	0.01	<0,0001	0.003
CH4	<0,0005	0.01	<0,0001	0.003
CH5	<0,0005	0.01	<0,0001	0.003
CH6	<0,0005	0.01	<0,0001	0.003
CH7	<0,0005	0.01	<0,0001	0.003
CH8	<0,0005	0.01	<0,0001	0.003
CH9	<0,0005	0.01	<0,0001	0.003
CH10	0.0014	0.01	<0,0001	0.003
CH11	<0,0005	0.01	<0,0001	0.003

CH12	<0,0005	0.01	<0,0001	0.003
CH13	<0,0005	0.01	<0,0001	0.003
CH14	0.0008	0.01	0.0005	0.003
CH15	<0,0005	0.01	<0,0001	0.003

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 3 se observa que en el distrito de Chosica los niveles de plomo no superan los límites máximos permisibles según el D.S 031-2010 SA; por otro lado, los niveles de cadmio encontrados en las muestras de agua no sobrepasan los límites máximos permitidos según el D.S 031-2010 SA.

Tabla 4 Concentración de plomo en el agua de los distritos de Cercado de Lima y Chosica

		Distrito de vivienda		Total
		Cercado de Lima	Chosica	
Concentración de mg de plomo por Litro de agua	,00050	5	12	17
	,00060	1	1	2
	,00080	1	1	2
	,00100	1	0	1
	,00110	1	0	1
	,00130	1	0	1
	,00140	1	1	2
	,00160	1	0	1
	,00170	1	0	1
	,00310	1	0	1
	,01210	1	0	1
Total		15	15	30

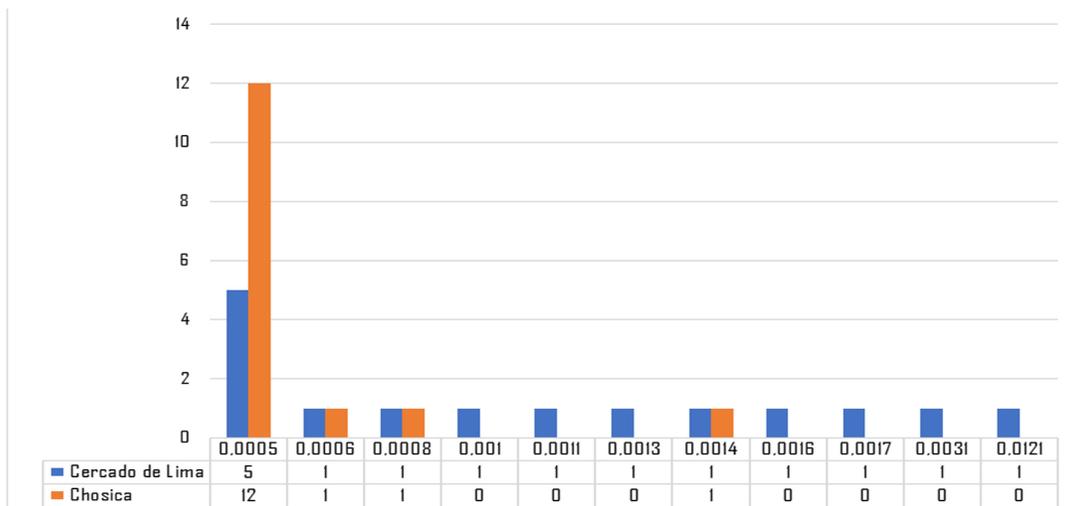


Figura 6 Concentración de plomo en el agua de los distritos de Cercado de Lima y Chosica

En la figura 6 se puede observar una mayor concentración de frecuencia en plomo en los valores de 0.0005 mg/L, lo cual establece un índice realmente bajo en lo que respecta al plomo, asimismo, se puede apreciar valores más altos de plomo en el agua en el distrito de Cercado de Lima.

Tabla 5 Concentración de cadmio en el agua de los distritos de Cercado de Lima y Chosica

		Distrito de vivienda		Total
		Cercado de Lima	Chosica	
Concentración de mg de cadmio por Litro de agua	,00010	0	14	14
	,00050	13	1	14
	,00060	1	0	1
	,00340	1	0	1
Total		15	15	30

Fuente: Elaboración propia

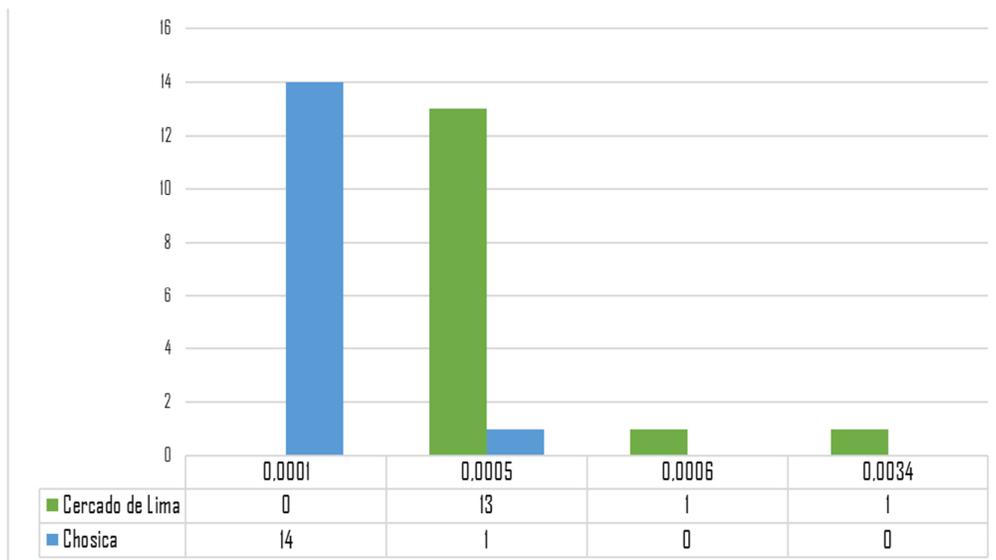


Figura 7 Concentración de cadmio en el agua de los distritos de Cercado de Lima y Chosica

En la figura 7 se puede observar la concentración del cadmio, se aprecia que el mayor índice de concentración, se presenta en los valores de 0.0001 mg/L, para el distrito de Chosica y en 0.0005 mg/L para el distrito de Cercado de Lima, del mismo modo se puede apreciar una mayor concentración de cadmio en el distrito de Cercado de Lima.

Prueba de Normalidad

Tabla 6 Prueba de normalidad (Concentración plomo mg/L y Concentración de cadmio mg/L en el agua)

Pruebas de normalidad							
	Distrito de vivienda	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Concentración de mg de	Cercado de Lima	,382	15	,000	,472	15	,000
	Chosica	,442	15	,000	,433	15	,000

plomo por Litro de agua							
Concentración de mg de cadmio por Litro de agua	Cercado de Lima	,487	15	,000	,298	15	,000
	Chosica	,535	15	,000	,284	15	,000

Fuente: elaboración propia

En la tabla 6 se aprecia que, con respecto a las pruebas de normalidad, se aprueba el criterio del análisis por Shapiro-Wilk, por lo que podemos determinar la normalidad en la parametriza de ambas variables de (concentraciones de cadmio y de plomo), por lo que el margen de significancia para ambos en los dos distritos es inferior a 0.05, estableciendo de esta manera el modelo de cálculo para la prueba de Levene en la validación de nuestras hipótesis.

Prueba de Hipótesis

Hipótesis general

Planteamiento de la hipótesis

H^a: El agua potable de los distritos del Cercado de Lima y Chosica presentan los metales plomo y cadmio en concentraciones que superan los límites máximos permisibles

H^{0a}: El agua potable de los distritos del Cercado de Lima y Chosica no presentan los metales plomo y cadmio en concentraciones que superan los límites máximos permisibles

Estadístico de prueba

Si el X^2_c es mayor que el X^2_t se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula, en

caso contrario que X^{2t} fuese mayor que X^{2c} se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alterna, Hipótesis nula (H_0), Hipótesis alterna (H_a)

Nivel de significancia

Nivel de Significancia: 0,05 del comparativo de la prueba de Levene, debe considerar como parámetros límites superiores para plomo (0,01 mg/ L) y para cadmio (0,003 mg/ L).

Lectura de la tabla

Tabla 7 Índice promedio de la concentración de plomo y cadmio (mg/L) en el agua potable

	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Concentración de cadmio en el agua potable (mg/L)	30	,0004133	,00059985	,00010952
Concentración de plomo en el agua potable (mg/L)	30	,0012000	,00213622	,00039002

Fuente: elaboración propia

Tabla 8 Prueba para una muestra de significancia

	Valor de prueba = 0					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Concentración de cadmio en el agua potable (mg/L)	3,774	29	,001	,00041333	,0001893	,0006373

Concentración de plomo en el agua potable (mg/L)	3,077	29	,005	,00120000	,0004023	,0019977
--	-------	----	------	-----------	----------	----------

Fuente: elaboración propia

Toma de decisión

Tal como se muestra en la tabla 7 sobre el índice promedio de concentración de plomo y cadmio (mg/L) en el agua potable, se puede apreciar que el índice de medias para cadmio es de 0,0004133mg/L, siendo este inferior los 0,003 mg/L, y en el caso del plomo, el índice es de 0,0012 mg/L. este índice es inferior a los 0,01 mg. Por litro de agua; asimismo se aprecia que el índice de significancia para ambos es inferior a los 0,05, lo cual validaría nuestra hipótesis general nula, la cual establece que “El agua potable de los distritos del Cercado de Lima y Chosica no presentan los metales plomo y cadmio en concentraciones que superan los límites máximos permisibles”.

Hipótesis específica 1

Planteamiento de la hipótesis

H^{e1}: El agua potable de los distritos del Cercado de Lima y Chosica presenta el metal pesado plomo.

H^{e01}: El agua potable de los distritos del Cercado de Lima y Chosica no presenta el metal pesado plomo.

Estadístico de prueba

Si el X^2_c es mayor que el X^2_t se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula, en caso contrario que X^2_t fuese mayor que X^2_c se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alterna, Hipótesis nula (H₀), Hipótesis alterna (H_a)

Nivel de significancia

Nivel de Significancia: 0,05 de la prueba de Levene, debe considerar como parámetros límites superiores para plomo (0,01 mg/ L)

Lectura de la tabla

Tabla 9 Estadísticas para una muestra en concentraciones de plomo

	N	Sig.	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Concentración de plomo mg/L en el agua potable	30	0,0084	,0012000	,00213622	,00039002

Fuente: elaboración propia

Toma de decisión

Tal como se muestra en la tabla 9 de estadísticas para una muestra en concentraciones de plomo, se puede apreciar que el índice de medias para el caso del plomo, es de 0,0012 mg/L, asimismo el índice de significancia es de 0,0084 este es inferior a los 0,05 permitidos, lo cual valida el supuesto de la primera hipótesis específica, la cual establece que el agua potable de los distritos del Cercado de Lima y Chosica presenta el metal pesado plomo.

Hipótesis específica 2

Planteamiento de la hipótesis

H^{e2} El agua potable de los distritos del Cercado de Lima y Chosica presentan el metal pesado cadmio.

H^{e02} El agua potable de los distritos del Cercado de Lima y Chosica no presentan el metal pesado cadmio.

Estadístico de prueba

Si el X^2_c es mayor que el X^2_t se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula, en caso contrario que X^2_t fuese mayor que X^2_c se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alterna, Hipótesis nula (H_0), Hipótesis alterna (H_a)

Nivel de significancia

Nivel de Significancia: 0,05 de la prueba de Levene, debe considerar como parámetros límites superiores para cadmio (0,003 mg/ L)

Lectura de la tabla

Tabla 10 Estadísticas para una muestra en concentraciones de cadmio

	N	Sig.	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Concentración de cadmio (mg/L) en el agua potable.	30	0.0128	,0004133	,00059985	,00010952

Fuente: elaboración propia

Toma de decisión

Tal como se muestra en la tabla 10 (Estadísticas para una muestra en concentraciones de cadmio), se puede apreciar que el índice de medias para el caso del cadmio, el índice es de 0,0004133 mg/ L, asimismo el índice de significancia es de 0,0128 este es inferior a los 0,05 permitidos, lo cual valida el supuesto de la segunda hipótesis específica, la cual establece que (El agua potable de los distritos del Cercado de Lima y Chosica presentan el metal pesado cadmio).

Hipótesis específica 3

Planteamiento de la hipótesis

H^{e3}. El nivel de cadmio presente en el agua potable de los distritos del Cercado de Lima y Chosica supera el nivel máximo permisible según en el D.S 031- 2010.

H^{e03}. El nivel de cadmio presente en el agua potable de los distritos del Cercado de Lima y Chosica no supera el nivel máximo permisible según en el D.S 031- 2010.

Estadístico de prueba

Si el X^2_c es mayor que el X^2_t se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula, en caso contrario que X^2_t fuese mayor que X^2_c se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alterna, Hipótesis nula (H₀), Hipótesis alterna (H_a)

Nivel de significancia

Nivel de Significancia: 0,05. de la prueba de Levene, debe considerar como parámetros límites superiores para Cadmio (0,003 mg/ L)

Lectura de la tabla

Tabla 11 Concentración de cadmio(mg/L) en el agua potable de los distritos de Cercado de Lima y Chosica.

	Distrito de vivienda			
	Cercado de Lima		Chosica	
	Si	No	Si	No
	Media	Media	Media	Media

Concentración de cadmio en el agua potable	,00108	,00051	,00014	,00010
--	--------	--------	--------	--------

Fuente: elaboración propia

Tabla 12 Prueba para una muestra de Levene - cadmio

	Valor de prueba de Levene = 0					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Concentración de cadmio en el agua potable	3,774	29	,061	,00041333	,0001893	,0006373

Fuente: elaboración propia

Toma de decisión

Tal como se muestra en la tabla 12 Concentración de cadmio (mg/L) en el agua potable de los distritos de Cercado de Lima y Chosica, muestra que el índice de medias en ninguno de los dos distritos supera los 0,003 mg/L, asimismo el índice de significancia para la prueba de Levene es de 0,061, el mismo que es superior al límite permitido, lo cual desestima la tercera de las hipótesis específicas, aceptándose por consiguiente la hipótesis nula (El nivel de cadmio presente en el agua potable de los distritos del Cercado de Lima y Chosica no supera el nivel máximo permisible según en el D.S 031- 2010).

Hipótesis específica 4

Planteamiento de la hipótesis

H^{e4}. El nivel de plomo presente en el agua potable de los distritos del Cercado de Lima y Chosica supera el nivel máximo permisible según en el D.S 031- 2010.

H^{e04}. El nivel de plomo presente en el agua potable de los distritos del Cercado de Lima y Chosica no supera el nivel máximo permisible según en el D.S 031- 2010.

Estadístico de prueba

Si el X^{2c} es mayor que el X^{2t} se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula, en caso contrario que X^{2t} fuese mayor que X^{2c} se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alterna, Hipótesis nula (H₀), Hipótesis alterna (H_a)

Nivel de significancia

Nivel de Significancia: 0,05 de la prueba de Levene, debe considerar como parámetros límites superiores para plomo (0,01 mg/ L)

Lectura de la tabla

Tabla 13 Concentración de plomo(mg/L) en el agua potable de los distritos de Cercado de Lima y Chosica.

	Distrito de vivienda			
	Cercado de Lima		Chosica	
	Si	No	Si	No
	Media	Media	Media	Media
Concentración de plomo en el agua potable	,00292	,00126	,00053	,00067

Fuente: elaboración propia

Tabla 14 Prueba para una muestra de Levene - plomo

	Valor de prueba = 0					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Concentración de plomo en el agua potable	3,077	29	,055	,00120000	,0004023	,0019977

Fuente: elaboración propia

Toma de decisión

Tal como se muestra en la tabla de Concentración de plomo(mg/L) en el agua potable de los distritos de Cercado de Lima y Chosica, muestra que el índice de medias en ninguno de los dos distritos supera los 0,01 mg/L, asimismo el índice de significancia para la prueba de Levene es de 0,055, el mismo que es superior al límite permitido, lo cual desestima la cuarta de las hipótesis específicas, aceptándose por consiguiente la hipótesis nula (El nivel de plomo presente en el agua potable de los distritos del Cercado de Lima y Chosica no supera el nivel máximo permisible según en el D.S 031- 2010).

4.2. Discusión de resultados

La calidad del agua potable que consume el ser humano se ha vuelto una preocupación constante para la sociedad, en la medida en que es el mismo ser humano quien contamina el agua o establece su uso bajo ciertas condiciones que afectan sus características. El agua puede contaminarse de manera imperceptible, es el caso de los metales pesados presentes en el agua, que al superar los niveles máximos permitidos por la autoridad sanitaria pueden llegar a ser nocivos para la salud a mediano y largo plazo. En ese proceso de afectación de

la calidad del agua, también las redes de distribución de agua potable, el material de las tuberías empleadas, el material de los grifos, la composición de los pegamentos entre otros accesorios empleados, pueden estar afectando la calidad del agua potable sin que la población se percate de ello. Existe evidencia sobre lo perjudicial de lo anteriormente señalado, pero la única forma de saber si estamos consumiendo agua de calidad es someterla a un análisis para conocer su composición, y verificar si sobrepasan o no los parámetros permitidos de calidad de agua. En este trabajo el análisis del agua se realizó empleando el método de ICP-MS, analizando muestras de agua potable recogidas de distintos puntos de Lima y Chosica. con los siguientes resultados:

Respecto a la hipótesis general de la investigación, en la tabla 6 se muestra que el índice de medias para el elemento cadmio es de 0,0004133 y el índice de medias para el elemento plomo es de 0,0012. Siendo ambas cantidades inferiores a los parámetros límite señalados para el agua potable según el D.S 031-2010, lo cual validaría nuestra hipótesis nula respecto a que los distritos del Cercado de Lima y Chosica no presentan los metales de plomo y cadmio por encima de los límites permitidos. Sin embargo, pese a este resultado, no es posible realizar una generalización indicando que no hay presencia de estos metales por encima de los límites permitidos en los distritos mencionados; sino que analizando los resultados del muestreo encontramos que, en Lima de quince muestras realizadas, una de ellas sobrepasó los límites permitidos de plomo y de cadmio, constituyéndose el 6.6% del total de la muestra. Por ello, afirmar que en Lima no hay viviendas en donde el contenido de plomo y cadmio sobrepase los límites no es del todo exacto. Por el contrario, es posible que existan viviendas en las zonas no muestreadas con las mismas características de antigüedad y tuberías que la vivienda que salió con los valores de plomo y cadmio por encima de los límites permisibles. Ello requiere de más investigación y análisis en muestras mayores, aunque ello será siempre una dificultad en la medida que este tipo de análisis suele originar

gastos onerosos.

Respecto a la presencia de plomo y cadmio en el agua potable en ambos distritos, ha quedado ampliamente demostrado. La tabla 8 señala un índice de medias de 0,0012 mg/L, y un índice de significancia que es inferior a 0,005, con lo que se valida las hipótesis específicas 1 sobre la presencia de plomo en el agua de los distritos de Lima y Chosica. Así mismo, para el caso del cadmio, la tabla 8 muestra el índice de medias de 0,0004133 mg/ L., y un índice de significancia de 0,0128, que es inferior a los 0,05 lo cual valida la hipótesis 2 respecto a la presencia de cadmio en ambos distritos. La presencia de ambos metales en el agua potable se prueba desde la tabla 6 inclusive.

Aunque los resultados expresan que, de las 30 muestras del Cercado de Lima y Chosica, solo 1 excede los límites establecidos por la autoridad sanitaria, no podemos afirmar categóricamente que no haya contaminación por estos metales.

Esta investigación solo presenta el análisis realizado respecto a la presencia de dos metales en el agua potable, sin embargo, existen otros presentes que pueden incidir en la salud de la población y que deben ser investigados para promover la salud pública y el consumo de un agua de calidad. Por otro lado, otros aspectos deben ser estudiados para una completa comprensión del tema, como el pH, la temperatura del agua y dureza, aspectos que inciden directamente con la corrosión de las tuberías y que pudiera ocasionar el desprendimiento de metales en el agua potable de consumo humano en la red pública y en las instalaciones de la vivienda. Así mismo, el tipo de tuberías de la vivienda es un aspecto importante a tomar en cuenta.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

En lo relacionado al objetivo general, se puede identificar que, si existe contaminación del agua potable en relación a los niveles de plomo y cadmio de las viviendas del Distrito del Cercado de Lima y viviendas del Distrito de Chosica, en el mes de octubre del año 2021, a nivel general, el índice de cadmio es de 0,0004133 mg/L, y en el caso del plomo el índice es de 0,0012000 mg./L.

En cuanto al primero de los objetivos específicos, el cual pide determinar y comparar los niveles de cadmio en el agua potable de las viviendas del Distrito del Cercado de Lima y Chosica, se puede observar que, si existe contaminación por cadmio, que, para el caso de Cercado de Lima, es de 0,00051 mg/L y en el caso de Chosica es de 0,00010 mg/L.

Determinar y comparar los niveles de plomo en el agua potable de las viviendas del Distrito del Cercado de Lima y Chosica, se observa que, si existe contaminación por plomo y que, para el caso de Cercado de Lima, es de 0,00126 mg/L, y en el caso de Chosica es de 0,00067 mg/L.

Verificar si los niveles de plomo en el agua potable de viviendas de los distritos de Cercado de Lima y Chosica superan los límites máximos permisibles según el D.S. 031-2010, considerando que, para el caso del plomo, el límite es de 0,001 mg/L, se observa a manera general que el índice de este es de 0,0012 mg/L Por lo que esta no excede los límites establecidos.

Verificar si los niveles de cadmio en el agua potable de viviendas de los distritos de Cercado de Lima y Chosica superan los límites máximos permisibles según el D.S. 031-2010, para el caso del cadmio, el límite es de 0,0003 mg/L, se observa a manera general, que este índice es de 0,00041333 mg/L, en este caso tampoco excede el límite establecido por ley.

5.2. Recomendaciones

- 5.2.1. Realizar periódicamente pruebas de orina para determinar la concentración de plomo y cadmio en el organismo y prevenir futuras enfermedades.
- 5.2.2. Para reducir el contenido de los metales pesados plomo y cadmio en el agua potable, así como de otros metales, se recomienda el uso de filtros en los grifos de las viviendas.
- 5.2.3. Dejar correr el agua al abrir el caño hasta que este lo más fría posible, esto debido a que el calor descompone los componentes de la tubería y puede contaminar el agua.
- 5.2.4. Es necesario realizar el mantenimiento de las tuberías y grifos del interior de la vivienda con regularidad. Cambiar las tuberías de aguas antiguas de plomo y fierro y reemplazarlas por otras menos contaminantes.
- 5.2.5. Realizar el análisis de calidad de agua de su vivienda por lo menos una vez al año, para identificar presencia de metales pesados y adoptar las medidas correctivas.
- 5.2.6. Realizar charlas dinámicas, informativas y participativas acerca de los peligros e intoxicaciones de los metales pesados y sus efectos en la salud.
- 5.2.7. Las entidades competentes deben ampliar los estudios de metales pesados a nivel nacional y su muestra debe ser representativa para tomar acción en este importante tema de salud.

CAPÍTULO VI: REFERENCIAS

1. Yanasupo L, Cacñahuaray R, Montoya G. Boletín sobre la cobertura de agua potable Región Lambayeque [Internet]. 2021 [cited 2021 Oct 21]. p. 5–8. Available from: <http://www.defensoria.gob.pe>
2. Cieza Ruiz R. Concentración de Metales Pesados Específicos en el Agua para Consumo Humano del Área Urbana del distrito de Hualgayoc – 2017 [Internet]. [Chiclayo]; 2018 [cited 2022 Mar 4]. Available from: https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/30720/Cieza_RR.pdf?sequence=1&isAllowed=y
3. Meza Meneses M. Evaluación de la calidad del agua potable en el municipio de tepetitla de lardizábal, Tlaxcala [Internet]. 2019 [cited 2022 Mar 4]. Available from: <https://cigya.uatx.mx/Tesis/2017MMM.pdf>
4. Arapa L. Microscopia óptica de la gelación del policloruro de vinilo [Internet]. AREQUIPA. 2016 [cited 2021 Oct 21]. Available from: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/3267/MTlaarl.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
5. Lasarte A. ¿La calidad del agua de su red se ve afectada por el PVC en las tuberías de plástico? [Internet]. 2019 [cited 2021 Oct 22]. Available from: <https://es.linkedin.com/pulse/la-calidad-del-agua-de-su-red-se-ve-afectada-por-el-pvc-lasarte>
6. Las Nuevas Tendencias del PVC: Estabilizadores Térmicos Calcio Zinc - Chemical Compounds [Internet]. Chemical compounds. 2020 [cited 2021 Oct 22]. Available from: <https://chemicalcompounds.com.mx/2020/12/18/las-nuevas-tendencias-del-pvc-estabilizadores-termicos-calcio-zinc/>

7. Infante Salas K, Torres Begazo C, Rojas Portilla A, Vicuña Ríos L, Rivera Chanca G. Trazado y diseño de tuberías de polipropileno como reemplazo de las tuberías de PVC [Internet]. [Lima]; 2020 [cited 2022 Mar 4]. Available from: https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/17071/INFANTE_SALAS_KARLA_TRAZADO_DISE%C3%91O_TUBER%C3%8DAS.pdf?sequence=1
8. Shuan Toledo F. Evaluación técnica y económica del sistema convencional (tuberías pvc) y el sistema de termofusión (tuberías de polipropileno) en instalaciones interiores de agua potable para edificaciones en la ciudad de Huaraz, Ancash 2016 [Internet]. 2018 [cited 2022 Mar 4]. Available from: http://www.repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/2767/T033_4086234_4_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y
9. Pabón SE, Benítez R, Sarria RA, Gallo JA, Pabón SE, Benítez R, et al. Contaminación del agua por metales pesados, métodos de análisis y tecnologías de remoción. Scielo [Internet]. 2021 Mar 20 [cited 2022 Mar 4];14(27):9–18. Available from: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-83672020000100009&lng=en&nrm=iso&tlng=es
10. World Health Organization. Guidelines for drinking-water quality: first addendum to the third edition, volume 1: recommendations. 2006.
11. Angamarca Angamarca DJ, Valarezo Segarra LA. Determinación de la contaminación del recurso hídrico provocado por la actividad minera en la cuenca alta del Río Santa Rosa, provincia de El Oro [Internet]. 2020 [cited 2021 Jul 27]. p. 1–110. Available from: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/19334/1/UPS->

CT008839.pdf

12. Bravo Torres ZV, García Loja WY. Determinación de la concentración de cadmio mediante espectrofotometría de absorción atómica en agua potable de la provincia el Oro, 2020. 2020 May 7 [cited 2021 Jul 27];1–75. Available from: http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/15703/1/T-3547_BRAVO%20TORRES%20ZULLY%20VANESSA.pdf
13. Colón Ortiz AJ, Colón AJ. Heavy metal analysis at the Cerrillos de Ponce Reservoir, Puerto Rico. Abner José Colón Ortiz. 2019; p. 15:1–12.
14. Pernía Santos BM, Mero M, Cornejo X, Ramírez-Prado N, Ramírez L, Bravo K, et al. Determinación de cadmio y plomo en agua, sedimento y organismos bioindicadores en el Estero Salado, Ecuador. Enfoque UTE. 2018 Jun 29; p. 9.
15. Macha Manhualaya E. Determinación de cadmio, arsénico y plomo por espectrofotometría de absorción atómica en aguas de pozo de Castillo Grande - Tingo María, julio - setiembre 2019 [Internet]. 2019 [cited 2021 Jul 27]. p. 1–44. Available from: https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/11630/Macha_me.pdf?sequence=1&isAllowed=y
16. Pacherras Pinto M. Determinación de la calidad de agua de las cuencas de los ríos Chillón, Rímac y Lurín mediante indicadores químicos y biológicos. 2019 [cited 2021 Jul 27]; Available from: https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/2838/BIO_T030_47223768_T%20%2

0%20%20PACHERRES%20PINTO%20MIANGGELLA%20LIZETH.pdf?sequence=1&isAllowed=y

17. Afán Rojas K, Flores Romero VE. Determinación por absorción atómica de plomo y arsénico en agua potable de viviendas del distrito Hualgayoc, Cajamarca – octubre 2017. 2018; p.1–93.
18. Aguilar Sequeiros O, Navarro Alfaro B. Evaluación de la calidad del agua para consumo humano de la comunidad de LLañucancho del distrito de Abancay, provincia de Abancay 2017. 2018 [cited 2021 Jul 27];1–132. Available from: <http://repositorio.utea.edu.pe/bitstream/handle/utea/130/Tesis-Evaluaci%C3%B3n%20de%20la%20calidad%20de%20agua%20para%20consumo%20humano.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
19. Ley N° 26842-ley general de salud ley general de salud. Lima: congreso;1997.
20. Dirección General de Salud Ambiental del Ministerio de Salud. DS N° 031-2010-SA. Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano [Internet]. 1ra. Edición. 2011 [cited 2021 Jul 27]. p. 1–46. Available from: <http://www.minsa.gob.pe/webftp.asp?ruta=normaslegales/2010/DS031-2010-SA.pdf>
21. Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento. La calidad del agua potable en el.2004 [cited 2021 Jul 27]; Available from: <http://www.sunass.gob.pe>
22. Federación Internacional de Derechos Humano (FIDH). Complejo Metalúrgico de la Oroya. 2013 Jan [cited 2021 Jul 27]; Available from:

- https://www.fidh.org/IMG/pdf/informe_la_oroja.pdf
23. Ferrer Dufol A. Intoxicación por metales. scielo [Internet]. 2003 [cited 2021 Jul 27]; 26:141–53. Available from: <https://scielo.isciii.es/pdf/asisna/v26s1/ocho.pdf>
 24. Sanín L, Gonzales C, Hernández Á. Acumulación de plomo en hueso y sus efectos en la salud [Internet]. 1998 [cited 2021 Jul 27]. Available from: <https://scielosp.org/pdf/spm/1998.v40n4/359-368/es>
 25. Morán I, Jaume C, Martínez B, Luís I, Santiago M-S, Xarau N. Toxicología Clínica. 2011 [cited 2021 Jul 27]; Available from: http://www.fetoc.es/asistencia/Toxicologia_clinica_libro.pdf
 26. Gaviola S, Lombardo G, Sapoznik. María, Contreras A, Rodríguez e. Guía de actuación y diagnóstico de enfermedades profesionales, exposición al plomo [Internet]. 2018 [cited 2021 Jul 27]. Available from: https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/1_guia_de_actuacion_y_diagnostico_-_exposicion_al_plomo.pdf
 27. Rubio c, Gutiérrez A, Martín R, ET. AL. El plomo como contaminante alimentario [Internet]. 2004 [cited 2021 Jul 27]. Available from: <https://www.redalyc.org/pdf/919/91921303.pdf>
 28. Valdivia M. Intoxicación por plomo [Internet]. Available from: <https://www.researchgate.net/publication/237481928>
 29. Sánchez Barrón G. Ecotoxicología del cadmio. 2016 Jun [cited 2021 Jul 27]; Available from: <http://147.96.70.122/Web/TFG/TFG/Memoria/GARA%20SANCHEZ%20BARRO>

N.pdf

30. Gunnar Nordberg. Metales: propiedades químicas y toxicidad. [cited 2021 Jul 27]; Available from: <https://www.insst.es/documents/94886/162520/Cap%C3%ADtulo+63.+Metales+propiedades+qu%C3%ADmicas+y+toxicidad>
31. Raraz Palpán E. Determinación químico toxicológica de plomo y cadmio en agua para consumo humano proveniente de los reservorios de la zona de San Juan Pampa – distrito de Yanacancha – Pasco. 2015 oct 1 [cited 2021 Jul 27]; Available from: <https://core.ac.uk/download/pdf/323353721.pdf>
32. RAMÍREZ A. Toxicología del cadmio. Conceptos actuales para evaluar exposición ambiental u ocupacional con indicadores biológicos [Internet]. 2002 [cited 2021 Jul 27]. Available from: <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/anales/article/view/1477/1260>
33. Guimarey Martin Mercedes Tatiana, Reategui Curimozon Judy. Evaluación de plomo y cadmio en papas fritas y su riesgo toxicológico en los consumidores de diez pollerías conocidas del mercado de Lima. setiembre - noviembre 2019. 2019 [cited 2021 Jul 27]; Available from: http://repositorio.uwiener.edu.pe/bitstream/handle/123456789/3932/T061_41982052_46820032_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y
34. Toledo Castellanos M, Mares Chacon J, García García Z. Metodología de la investigación [Internet]. 6ª edición. edición por McGRAW-HILL. McGRAW-HILL; 2014 [cited 2021 Aug 13]. Available from: <https://www.uca.ac.cr/wp->

content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf

35. Escudero Sanchez CL, Cortez Suárez A. Técnicas y métodos cualitativos para la investigación científica. Primera edición. UTMACH; 2018. p.19.
36. Rubio Martín S. Aproximación a la fase metodológica de la investigación en ciencias de la salud: diseño de los estudios cuantitativos. *Enferm Cardiol.* 2015;22(66):14.
37. Uceda León R, Gamarra Avila N. Determinación de metales pesados por espectrofotometría de absorción atómica en truchas arcoiris “*Oncorhynchus mykiss*” DEL RÍO CHIAPUQUIO DE INGENIO -HUANCAYO [Internet]. 2017 [cited 2021 Aug 13]. p. 55–73. Available from: http://repositorio.uigv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.11818/1697/TESIS_NOEMI%20ALICIA_Y_ROSA%20YSABEL.pdf?sequence=3&isAllowed=y

CAPÍTULO VII: ANEXOS

Anexo 1: matriz de consistencia

**ESTUDIO COMPARATIVO DE LA CALIDAD DEL AGUA POTABLE EN RELACIÓN A LOS NIVELES DE PLOMO Y CADMIO EN LAS VIVIENDAS
DEL DISTRITO DEL CERCAO DE LIMA Y CHOSICA EN EL MES DE OCTUBRE DEL AÑO 2021**

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÒTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	METODOLOGÌA
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÒTESIS GENERAL			
La calidad de agua se debe a las condiciones en que se potabiliza el agua, el tipo de tubería y de cañería, por ello existe la posibilidad que se dé la contaminación del agua a causa de plomo y cadmio y dichos metales pueden dañar la salud de la población. ¿Existe contaminación de plomo y cadmio en el agua potable de las viviendas de los distritos de Cercado de Lima y Chosica en el mes de octubre del año 2021?	Determinar si existe contaminación del agua potable en relación a los niveles de plomo y cadmio de las viviendas del Distrito del Cercado de Lima y viviendas del Distrito de Chosica, en el mes de octubre del año 2021.	El agua potable de los distritos del Cercado de Lima y Chosica presentan los metales plomo y cadmio en concentraciones que superan los límites máximos permisibles	V1: Agua potable	Calidad:	TIPO: Aplicada. NIVEL: Exploratorio DISEÑO: Descriptivo comparativo POBLACIÓN: Esta dada por 30 muestras de agua de viviendas del Cercado de Lima y Chosica determinadas por muestreo aleatorio
PROBLEMAS ESPECÌFICOS	OBJETIVOS ESPECÌFICOS	HIPÒTESIS ESPECÌFICAS			
1. ¿Cuáles son los niveles de cadmio en el agua potable de las viviendas de los distritos de Cercado de Lima y Chosica? 2. ¿Cuáles son los niveles de plomo en el agua potable de las viviendas de los distritos de Cercado de Lima y Chosica? 3. ¿Los niveles de cadmio en el agua potable de las viviendas de los distritos de Cercado de Lima y Chosica superan los límites	1. Determinar y comparar los niveles de cadmio en el agua potable de las viviendas del Distrito del Cercado de Lima y Chosica 2. Determinar y comparar los niveles de plomo en el agua potable de las viviendas del Distrito del Cercado de Lima y Chosica. 3. Verificar si los niveles de plomo en el agua potable de viviendas de	1. El agua potable de los distritos del Cercado de Lima y Chosica presenta el metal pesado plomo. 2. El agua potable de los distritos del Cercado de Lima y Chosica presentan el metal pesado cadmio.	V2: Niveles plomo y cadmio	Niveles de plomo en agua potable Niveles de cadmio en agua potable	MUESTRA ALEATORIA: 30 TÈCNICAS: Espectrometría ICP-MS

<p>máximos permisibles según el D.S. 031-2010?</p> <p>4. ¿Los niveles de plomo en el agua potable de las viviendas de los distritos de Cercado de Lima y Chosica superan los límites máximos permisibles según el D.S. 031-2010?</p>	<p>los distritos de Cercado de Lima y Chosica superan los límites máximos permisibles según el D.S. 031-2010.</p> <p>4. Verificar si los niveles de cadmio en el agua potable de viviendas de los distritos de Cercado de Lima y Chosica superan los límites máximos permisibles según el D.S. 031-2010.</p>	<p>3. El nivel de cadmio presente en el agua potable de los distritos del Cercado de Lima y Chosica supera el nivel máximo permisible según en el D.S 031- 2010.</p> <p>4. El nivel de plomo presente en el agua potable de los distritos del Cercado de Lima y Chosica supera el nivel máximo permisible según en el D.S 031- 2010.</p>		<p>igual o por debajo de 0.003mg/L del D.S. 031-2010</p>	
--	--	--	--	--	--

Anexo 2: Aprobación del Comité de Ética



COMITÉ INSTITUCIONAL DE ÉTICA PARA LA INVESTIGACIÓN

Lima, 10 de febrero de 2022

Investigador(a):
**Marcos Villavicencio, Karim Elizabeth
Quinteros Arias, Michell Gianella**
Exp. N° 1379-2021

Cordiales saludos, en conformidad con el proyecto presentado al Comité Institucional de Ética para la investigación de la Universidad Privada Norbert Wiener, titulado: **“ESTUDIO COMPARATIVO DE LA CALIDAD DEL AGUA POTABLE EN RELACION A LOS NIVELES DE PLOMO Y CADMIO EN LAS VIVIENDAS DEL DISTRITO DEL CERCADO DE LIMA Y CHOSICA EN EL MES DE OCTUBRE DEL AÑO 2021”**, el cual tiene como investigadores principales a **Marcos Villavicencio, Karim Elizabeth y Quinteros Arias, Michell Gianella**.

Al respecto se informa lo siguiente:

El Comité Institucional de Ética para la investigación de la Universidad Privada Norbert Wiener, en sesión virtual ha acordado la **APROBACIÓN DEL PROYECTO** de investigación, para lo cual se indica lo siguiente:

1. La vigencia de esta aprobación es de un año a partir de la emisión de este documento.
2. Toda enmienda o adenda que requiera el Protocolo debe ser presentado al CIEI y no podrá implementarla sin la debida aprobación.
3. Debe presentar 01 informe de avance cumplidos los 6 meses y el informe final debe ser presentado al año de aprobación.
4. Los trámites para su renovación deberán iniciarse 30 días antes de su vencimiento juntamente con el informe de avance correspondiente.

Sin otro particular, quedo de Ud.,

Atentamente



Yenny Marisol Bellido Fuentes
Presidenta del CIEI- UPNW

Anexo 3: Formato de consentimiento informado



CONSENTIMIENTO INFORMADO EN UN ESTUDIO DE INVESTIGACIÓN DEL CIE-VRI

Instituciones : Universidad Privada Norbert Wiener
Investigadores : Karim Elizabeth Marcos Villavicencio y Michell Gianella Quinteros Arias
Título : ESTUDIO COMPARATIVO DE LA CALIDAD DEL AGUA POTABLE EN RELACION A LOS NIVELES DE PLOMO Y CADMIO EN LAS VIVIENDAS DEL DISTRITO DEL CERCADEO DE LIMA Y CHOSICA EN EL MES DE OCTUBRE DEL AÑO 2021*

Propósito del Estudio: Estamos invitando a usted a participar en un estudio llamado: "CALIDAD DEL AGUA POTABLE EN RELACION A LOS NIVELES DE PLOMO Y CADMIO EN LAS VIVIENDAS DEL DISTRITO DEL CERCADEO DE LIMA Y CHOSICA". Este es un estudio desarrollado por investigadores de la Universidad Privada Norbert Wiener de la *facultad de Farmacia y Bioquímica*. El propósito de este estudio es identificar si el agua que llega a su vivienda es óptima para el consumo humano. Su ejecución permitirá conocer si hay presencia de metales pesados por encima de los límites permitidos por la autoridad sanitaria.

Procedimientos:

Si Usted decide participar en este estudio se le realizará lo siguiente:

- Usted firmará este documento aceptando la participación en la investigación.
- Posterior se coordinará para recoger 1 litro de agua potable de su vivienda en la fecha establecida.
- Finalmente, se le dará a conocer los resultados de la calidad del agua de su vivienda.

El recojo de la muestra de agua puede demorar unos 3 a 8 minutos. Los resultados del análisis se le entregaran a Usted en forma individual respetando la confidencialidad y el anonimato.

Riesgos:

Su participación en el presente estudio no conlleva ningún riesgo para usted, ya que el día que se recoja la muestra de agua potable de su vivienda se respetará el distanciamiento por la situación que el país está atravesando producto de la pandemia; por ello para su seguridad se acudirá a su domicilio previa coordinación con equipos de protección personal, correctamente identificadas y portando el carnet de vacunación. Respecto a los datos proporcionados por usted, quedarán tratados en la reserva y confidencialidad de este estudio; de la misma forma los resultados del análisis realizado serán entregados a usted con absoluta reserva.

Beneficios:

Usted se beneficiará participando en este estudio, ya que podrá identificar si el agua que llega a su vivienda es óptima para el consumo humano, además conocerá la calidad del agua que usted consume y si es beneficioso para la salud de quienes habitan la vivienda, pues es sabido que el exceso de elementos de plomo y cadmio en el agua potable puede traer consigo distintas enfermedades incluso de gravedad a mediano y largo plazo. Por ello a partir de los resultados usted podrá tomar medidas de prevención para implementarlas en su vivienda y aprovechar las recomendaciones que se le brindará. De igual manera el análisis de la calidad del agua es costoso, pero usted al participar de este estudio será uno de los beneficiados en conocer la calidad de agua potable de su vivienda sin ningún costo.

Costos e incentivos

En esta investigación usted no deberá pagar nada por su participación. Igualmente, no recibirá ningún incentivo económico ni medicamentos a cambio de su participación.

Confidencialidad:

Nosotros guardaremos la información con códigos y no con nombres. Si los resultados de este estudio son publicados, no se mostrará ninguna información que permita la identificación de Usted. Sus archivos no serán mostrados a ninguna persona ajena al estudio.

Derechos del paciente:

Si usted se siente incómodo durante el estudio, podrá retirarse de éste en cualquier momento, o no participar en una parte del estudio sin perjuicio alguno. Si tiene alguna inquietud y/o molestia, no dude en preguntar al personal del estudio. Puede

Fecha: __/__/202__



comunicarse con la señorita Karim Marcos Villavicencio, telf. cel. 942420736) o con la señorita Michell Gianella Quinteros Arias, tel. cel. 923161231 y/o al Comité que validó el presente estudio, Dra. Yenny M. Bellido Fuentes, presidenta del Comité de Ética para la investigación de la Universidad Norbert Wiener, telf. Cel. +51 924 569 790. Email: comite.etica@uwiener.edu.pe

CONSENTIMIENTO

Acepto voluntariamente participar en este estudio, comprendo que cosas pueden pasar si participo en el proyecto, también entiendo que puedo decidir no participar, aunque yo haya aceptado y que puedo retirarme del estudio en cualquier momento. Recibiré una copia firmada de este consentimiento.

Participante:
Nombres
DNI:

Investigador
Nombres:
Michell Gianella Quinteros Arias
DNI: 72483132

Investigador
Nombres:
Karim Elizabeth Marcos Villavicencio
DNI: 06786842

Fecha: __/__/202__

Anexo 4: Informe del asesor de turnitin