Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América

Dirección General de Estudios de Posgrado
Facultad de Farmacia y Bioquímica
Unidad de Posgrado

Determinación de cadmio, arsénico y plomo por espectrofotometría de absorción atómica en aguas de pozo de Castillo Grande - Tingo María, julio - setiembre 2019

TRABAJO ACADÉMICO

Para optar el Título de Segunda Especialidad Profesional en Toxicología y Química Legal

AUTOR

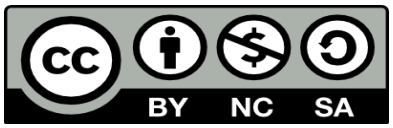
Eder MACHA MANHUALAYA

ASESOR

Dr. Américo Jorge CASTRO LUNA

Lima - Perú

2019



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Macha E. Determinación de cadmio, arsénico y plomo por espectrofotometría de absorción atómica en aguas de pozo de Castillo Grande - Tingo María, julio - setiembre 2019 [Trabajo académico de segunda especialidad]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Unidad de Posgrado; 2019.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Eder Macha Manhualaya
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	41585662
URL de ORCID	No Tiene
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Américo Jorge Castro Luna
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	25455526
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-8012-967X
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Américo Jorge Castro Luna
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	25455526
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Carmen Gladys Peña Suasnabar
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	20904674
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Luis Alberto Inostroza Ruiz
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	18089817
Miembro del jurado 3	
Nombres y apellidos	Armando José Rivero Laverde
Tipo de documento	DNI

Número de documento de identidad	07927118
Datos de investigación	
Línea de investigación	No aplica.
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Autofinanciado.
Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Huánuco Provincia: Leoncio Prado Distrito: Castillo Grande Coordenadas de las muestras de aguas de pozo M.1: 15” 16′ 14s 93° 00′ 45”w M.2: 9” 17′ 10s 76° 00′ 34”w M.3: 9” 17′ 10s 76° 00′ 35”w M.4: 9” 17′ 11s 76° 00′ 34”w
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Julio 2019 a Setiembre 2019
URL de disciplinas OCDE	Toxicología https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#3.01.07

ACTA DE TRABAJO ACADÉMICO PARA OPTAR AL TÍTULO DE SEGUNDA ESPECIALIDAD PROFESIONAL EN TOXICOLOGÍA Y QUÍMICA LEGAL

Siendo las **12:20 hrs. del 22 de octubre de 2019** se reunieron en el auditorio de la Unidad de Posgrado de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, el Jurado de Trabajo Académico, Presidido por el Dr. Américo Jorge Castro Luna e integrado por los siguientes miembros: Mg. Carmen Gladys Peña Suasnabar. Mg. Luis Alberto Inostroza Ruiz y Q.F. Esp. Armando José Rivero Laverde; para la sustentación oral y pública del Trabajo Académico intitulada: **"DETERMINACIÓN DE CADMIO, ARSÉNICO Y PLOMO POR ESPECTROFOTOMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA EN AGUAS DE POZO DE CASTILLO GRANDE – TINGO MARÍA JULIO – SETIEMBRE 2019",** presentado por el **Q.F. EDER MACHA MANHUALAYA.**

Acto seguido se procedió a la exposición del Trabajo Académico, con el fin de optar el Título de **Segunda Especialidad Profesional en Toxicología y Química Legal**. Formuladas las preguntas, éstas fueron absueltas por el graduando.

A continuación, el Jurado de Trabajo Académico procedió a la calificación, la que dio como resultado el siguiente calificativo:

.....**DIECISIETE (17) MUY BUENO** .....

Luego, el Presidente del Jurado recomienda que la Facultad proponga que se le otorgue al **Q.F. EDER MACHA MANHUALAYA**, el Título de Segunda Especialidad Profesional en **Toxicología y Química Legal.**

Siendo las **11:50** hrs. se levanta la sesión.

Se extiende el acta en Lima, a las **11:55** hrs. del 23 de octubre de 2019.

Dr. Américo Jorge Castro Luna (P.P., D.E.)
Presidente

Mg. Carmen Gladys Peña Suasnabar (P. Asoc, T.C.)
Miembro

Mg. Luis Alberto Inostroza Ruiz (P. Asoc, T.P.)
Miembro

Q.F. Esp. Armando José Rivero Laverde (P.Asoc. T.P.)
Miembro

Observaciones:.....

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Farmacia y Bioquímica
Unidad de Posgrado

EL DIRECTOR DE LA UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS QUE SUSCRIBE DEJA,

CONSTANCIA

00270-FFB-UPG-2019

Que mediante procedimiento de la evaluación de originalidad según Resolución Rectoral N° 043005-R-18, del Trabajo Académico intitulada "**DETERMINACIÓN DE CADMIO, ARSÉNICO Y PLOMO POR ESPECTROFOTOMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA EN AGUAS DE POZO DE CASTILLO GRANDE – TINGO MARÍA JULIO – SETIEMBRE 2019**", presentado por **EDER MACHA MANHUALAYA** con fecha de recepción 07/10/2019, con fecha de aplicación al programa de similitud el 10/10/2019 con el software utilizado el TURNITIN, con las configuración de exclusión de textos entrecomillas, bibliografías y cadenas menores a 40 palabras, mediante el procedimiento de la evaluación de originalidad, el porcentaje de similitud según programa detector es **4%**, por lo que, cumple los criterios de originalidad sin observación, según informe adjunto.

Se expide la presente constancia para el trámite de expedito, según lo establecido en el Reglamento General de estudios de posgrado 2018, aprobado con RR. 04790-R-18.

Lima, 21 de octubre de 2019

Dr. José Roger Juárez Eyzaguirre
Director

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS ★ UNIDAD DE POSTGRADO ★ Facultad de Farmacia y Bioquímica

JRJE/ecj

DEDICATORIA

A mí papá en la eternidad porque nunca dejó de creer en mis metas y triunfos

AGRADECIMIENTO

Al Todo Poderoso por brindarme fortaleza, seguridad y sabiduría para vencer las vicisitudes que surgieron durante todo el proceso de investigación.

A toda mi familia por su gran tolerancia y brindarme un soporte económico y emocional durante el proceso de realización de mí investigación.

A las personas que me ofrecieron su apoyo y tiempo desinteresado en el inicio, ejecución y futura culminación de esta investigación.

A mí asesor Dr. Américo Castro Luna por su apoyo científico, moral, incondicional, sagaz e inagotable en el desarrollo y culminación del presente trabajo académico de investigación.

ÍNDICE

Dedicatoria **ii**

Agradecimiento **iii**

Índice **iv**

Resumen **vi**

Abstract **vii**

Índice de tablas **viii**

Índice de figuras **ix**

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN **10**

1.1 Objetivos **11**

1.1.1. Objetivo general **11**

1.1.2. Objetivos específicos **11**

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO **12**

2.1 Antecedentes **12**

2.1.1. Nacionales **12**

2.1.2. Internacionales **13**

2.2 Bases teóricas **14**

2.2.1. Aguas de pozo **14**

2.2.2. Principales metales pesados en aguas subterráneas **14**

2.2.3. Espectrofotometría de absorción atómica **19**

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA **21**

3.1 Método científico **21**

3.2 Tipo y nivel de investigación **21**

3.3 Diseño de investigación **21**

3.4 Universo y población **22**

3.5 Muestra y tipo de muestreo **22**

3.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos **22**

3.6.1 Técnicas **22**

3.6.2 Instrumentos **23**

3.7 Procesamientos de datos **23**

CAPÍTULO IV. RESULTADOS **24**

4.1 Análisis estadístico de la muestra 1 **24**

4.2 Análisis estadístico de la muestra 2 **24**
4.3 Análisis estadístico de la muestra 3 **24**
4.4 Análisis estadístico de la muestra 4 **24**
4.5 Análisis estadístico del cadmio en las cuatro muestras de aguas de pozo **25**
4.6 Análisis estadístico del arsénico en las cuatro muestras de aguas de pozo **26**
4.7 Análisis estadístico del plomo en las cuatro muestras de aguas de pozo **27**
4.8 Contrastación estadística de la hipótesis **28**
4.9 Análisis inferencial de las muestras **29**
CAPÍTULO V. DISCUSIÓN **30**
CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES **32**
CAPÍTULO VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFÍCAS **33**
CAPÍTULOVIII. ANEXOS **37**

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo determinar los metales pesados: cadmio, arsénico y plomo en las aguas de pozos del distrito de castillo Grande – Tingo María, Departamento de Huánuco de julio – setiembre 2019. El estudio es de tipo prospectivo, longitudinal, cuantitativo, analítico y aplicativo. El cadmio, arsénico y plomo determinados tienen connotaciones de contaminación o toxicidad pudiendo llegar a ser tóxicos para el ser humano, plantas y animales; causando consecuencias dañinas para ellos y futuras generaciones. Así también en la investigación se realizó análisis a cuatro muestras de aguas de pozos utilizadas para consumo humano y que fueron parte de un proceso de análisis cuantitativo mediante la espectrofotometría del tipo de absorción atómica. Por consiguiente de los metales investigados, el cadmio, se presentó como el metal de mayor cantidad generando una bioacumulación de este metal en el agua de pozo en perjuicio de vida humana. El cadmio está clasificado como carcinógeno de tipo 1 para los seres humanos según la Agencia Internacional sobre el Cáncer. El cadmio se presenta en diversas formas biodisponibles en el agua como $CdCO_3$, $Cd(OH)_2$, CdS y otros compuestos inorgánicos insolubles unidos al cadmio que son altamente tóxicos para el hombre. Este resultado de la presencia de cadmio en aguas de pozos analizados induce a generar una toxicidad de amplio espectro que produciría hepatotoxicidad, nefrotoxicidad, toxicidad pulmonar, pancreática, testicular y trastornos degenerativos del sistema nervioso central. El estudio concluye que la evaluación del cadmio determinada por el método de espectrofotometría de absorción atómica supera la concentración máxima permisible que podría estar generando riesgos por su alta concentración en las aguas de pozos de castillo Grande – Tingo María.

Palabras clave: Cadmio; arsénico; plomo; aguas de pozos; espectrofotometría de absorción atómica.

ABSTRACT

The research aimed to determine heavy metals: cadmium, arsenic and lead in the well waters of the district of Castillo Grande - Tingo Maria, Department of Huánuco from July - September 2019. The study is prospective, longitudinal, quantitative, analytical. and application. Cadmium, arsenic and certain lead have connotations of contamination or toxicity and can become toxic to humans, plants and animals; causing harmful consequences for them and future generations. Likewise, in the investigation, analyzes were carried out on four samples of well waters used for human consumption and that were part of a quantitative analysis process by means of the spectrophotometry of the type of atomic absorption. Therefore, of the metals investigated, cadmium was presented as the metal of greater quantity, generating a bioaccumulation of this metal in well water to the detriment of human life. Cadmium is classified as a type 1 carcinogen for humans according to the International Agency on Cancer. Cadmium comes in various bioavailable forms in water such as $CdCO_3$, $Cd(OH)_2$, CdS and other insoluble inorganic compounds bound to cadmium that are highly toxic to man. This result of the presence of cadmium in waters of analyzed wells induces to generate a broad spectrum toxicity that would produce hepatotoxicity, nephrotoxicity, pulmonary, pancreatic, testicular toxicity and degenerative disorders of the central nervous system. The study concludes that the evaluation of cadmium determined by the atomic absorption spectrophotometry method exceeds the maximum permissible concentration that could be generating risks due to its high concentration in the well waters of Castillo Grande - Tingo María wells.

Keywords: Cadmium; arsenic; lead; well waters; atomic absorption spectrophotometry.

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valores determinados del Cd, As y Pb (μg/mL) en aguas de pozo (AP1) **24**

Tabla 2. Valores determinados del Cd, As y Pb (μg/mL) en aguas de pozo (AP2) **24**

Tabla 3. Valores determinados del Cd, As y Pb (μg/mL) en aguas de pozo (AP3) **24**

Tabla 4. Valores determinados del Cd, As y Pb (μg /mL) en aguas de pozo (AP4) **25**

Tabla 5. Concentración de cadmio en aguas de pozo **25**

Tabla 6. Concentración de arsénico en aguas de pozo **26**

Tabla 7. Concentración de plomo en aguas de pozo **27**

Tabla 8. Estadística descriptiva de las tres muestras de aguas de pozo **28**

Tabla 9. Prueba t para las tres muestras de agua analizadas **28**

Tabla 10. Análisis inferencial de las muestras **29**

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Concentración de cadmio en aguas de pozo **25**

Figura 2. Concentración de arsénico en aguas de pozo **26**

Figura 3. Concentración de plomo en aguas de pozo **27**

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente uno de los más grandes problemas de salud pública en el Perú y el mundo son las intoxicaciones causadas por el consumo de agua no tratada en zonas rurales o lejanas, en especial aquellas provenientes de aguas subterráneas o posos.

La Organización Mundial de la Salud (OMS - 2018) ha estimado, como un problema de salud pública al consumo de agua subterránea no tratada, más aún que luego de su evaluación sanitaria a identificado que la exposición al plomo, arsénico y otros metales tóxicos en agua causaron muertes (494 550 aprox.) y grandes deterioros en la salud de los seres humanos, causando discapacidades futuras, como son discapacidades del desarrollo intelectual idiopático, cardiopatía isquémica, accidentes cerebrovasculares y otros[1].

Así también se realizó una evaluación de la calidad de agua en superficie externa e interna, donde afirmó que los recursos hidrobiológicos son de suma importancia, es por eso que se deben realizar pruebas para la determinación de calidad de agua antes de ser consumidas por los seres humanos[2].

No obstante se afirmó que los metales pesados debido a su toxicidad, larga persistencia, acumulación orgánica y en especial no biodegradable en la naturaleza, son considerados contaminantes tóxicos (metales pesados) presentes en aguas que se encuentran en contacto directo con materias de consumo humano; que pueden acarrear cambios y/o perturbaciones genéticas, fisiológicas, bioquímicas, anatómicas y de comportamiento en la salud de los seres humanos[3].

Debido a investigado se trazó como objetivo determinar el cadmio, arsénico y plomo por espectrofotometría de absorción atómica en aguas de pozo de Castillo Grande - Tingo María.

La presente investigación persigue los objetivos siguientes:

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo general

Determinar el cadmio, arsénico y plomo por espectrofotometría de absorción atómica en aguas de pozo de Castillo Grande - Tingo María, julio - setiembre 2019.

1.1.2. Objetivos específicos

1. Cuantificar cadmio en muestras de agua de pozos por espectrofotometría de absorción atómica en aguas de Castillo Grande - Tingo María.

2. Cuantificar arsénico en muestras de agua de pozos por espectrofotometría de absorción atómica en aguas de Castillo Grande - Tingo María.

3. Cuantificar plomo en muestras de agua de pozos por espectrofotometría de absorción atómica en aguas de Castillo Grande - Tingo María.

4. Comparar la concentración del cadmio, arsénico y plomo con los límites permisibles en agua establecidos por la Organización Mundial de la Salud.

II. MARCO TEÓRICO

2.1.Antecedentes

2.1.1.Nacionales

Meza[2] determino, que en el agua de consumo la concentración de Pb en promedio es de 11,8 µg Pb/L y también As en una cantidad de As/L que es 3,39 y estás son procedentes de caños ubicados en las calles [2].

Basualdo y Yacila[3] concluyeron la existencia en aguas del río Rímac arsénico en 18,35 ppb pudiendo llegar hasta 21,34 ppb; así también no se halló cadmio, y además tampoco hallaron residuos de arsénico en habas irrigadas[3].

Gonzales y Osorio[4] reporto que en el agua procedente de cilindros de plásticos se encontró cadmio en 1,08 ppb y arsénico 1,67 ppb; por consiguiente se determinó que estas concentraciones son menores a los límites delimitados y/o permisibles por el reglamento de la calidad del agua para consumo humano establecidos por el estado Peruano y la Organización Mundial de la Salud.

Sotil y Flores[5] determinaron que el río Mazán, se caracteriza por tener aguas con escaso contenido de materiales en suspensión, compuesto mayormente por material orgánico, con bajos valores de conductividad, que indica escases en relación al contenido de electrolitos y nutrientes (nitratos, carbonatos, sulfatos, fosfatos), donde predominan los ácidos húmicos, producidos por efecto de la descomposición de la materia orgánica y además son tánicas.

Noriega[6] determino que desde el punto de vista bacteriológico, el agua de los pozos evaluados es de buena calidad, ya que las trazas de metales, en arsénico y plomo, el 44 % y 40 % de las muestras respectivamente exceden los valores guía de la Organización Mundial de la Salud y además el acondicionamiento del agua estaría orientado a la remoción de turbiedad de arsénico y plomo, en los pozos donde se exceden éstos elementos.

2.1.2. Internacionales

Arbito[7] reporto que el estudio de la calidad del agua subterránea es importante para salvaguardar la salud pública y bienestar, por lo que es justificable emplear estudios en diferentes zonas de una localidad bajo distintos enfoques de diagnóstico, que nos permitan conocer condiciones tanto físicas como químicas del agua aprovechable por el hombre en diferentes actividades.

Hernandez[8] concluyo que los factores que influyen en la calidad del agua pueden deberse a varios motivos: desde razones naturales y geológicas, tal como la presencia de Mn en el suelo, hasta acciones antropogénicas, entre estas la escasa planificación urbana (ubicación pozo-letrina), una pobre inversión en infraestructura de fuentes, pocas medidas de higiene, así como la contaminación proveniente posiblemente del uso extensivo de plaguicidas en las fincas aledañas.

Vilchez[9] concluyo que el tiempo necesario para la formación de biopelícula en los biofiltros empleados en el estudio es de 24 h y el tiempo de lavado para una planta con las características de la empleada en este estudio es de diez días, funcionando a un caudal de 2,3 L/h y una concentración de sacarosa de 250 mg de sacarosa/L.

Morales y Villagomez[10] concluyeron que los moradores de la comunidad "La Calera" requieren de información esencial del tratamiento doméstico del agua y almacenamiento seguro para evitar enfermedades que se producen por el agua contaminada.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Aguas de pozo

a. Definición

Son aquellas aguas freáticas contenidas en las fisuras o intersticios del subsuelo a nivel del acuífero que se explotan mediante la captación vertical del suelo[11].

b. Importancia

Los pozos de agua explotan aguas subterráneas en zonas alejadas o rurales son una elección de un costo muy bajo y sencilla tecnología para el suministro de agua, son labrados a mano, con niveles de mantenimiento bastante simples y convirtiéndose en alternativas de solución para familias de limitados recursos económicos[11.]

c. Desventajas

Las aguas de pozo pueden tener muchas desventajas a nivel freático ya que pueden sufrir contaminación debido a agua residual por infiltración subterránea, por consiguiente el agua explotada no se puede ser consumida por seres humanos y si puede llegar a utilizarse en actividades domésticas de limpieza[11].

2.2.2. Principales metales pesados en aguas subterráneas

a. Metales pesados

Son aquellos elementos o sustancias químicas que poseen un peso atómico comprendido entre los márgenes de 63,55 a 200,59, llegando a tener un peso o masa específica mayor a los 4 g/cm^{-3}, aquí podemos encontrar a los elementos químicos en estudio como el cadmio (P.A. 112,411), arsénico (P.A. 74,9216) y plomo (P.A. 2017,2) [13].

b. Origen de metales químicos pesados en fuentes acuáticas[13]

b.1. Natural

Un suelo libre compuesto de sustancias químicas metálicas, depende del origen o composición de la roca madre, procesos erosivos y

material geológico sin contaminación. El proceso de los factores físicos y químicos medioambientales sobre las rocas y suelos son los elementos que determinan la conglomeración de los metales químicos pesados en las fuentes acuáticas.

b.2. Antropogénico

Es el proceso de intervención humana en el ciclo biogeoquímico de los metales pesados, mediante sus actividades agrícolas, ganaderos, acuícolas, domésticas e industriales. Este origen surge cuando una parte o desechos de los metales son vertidos a los focos de agua en forma de tóxicos, provocando contaminación u otros efectos adversos.

c. Principales metales pesados presentes en fuentes de agua

c.1. Cadmio

c.1.1. Definición

Es un elemento químico identificado como una sustancia altamente contaminante, se ubica en la tabla periódica de elementos químicos en el grupo IIB (Familia del Zinc), este elemento se le encuentra en la corteza terrestre, muchas veces junto a otros minerales. Se le puede obtener por procesos metalúrgicos del plomo y zinc, como subproducto [4].

c.1.2. Propiedades fisicoquímicas y usos

El cadmio es un elemento químico que naturalmente siempre lo podemos encontrar junto al cobre, plomo y zinc; y en gran parte de la corteza terrestre. Hoy en día esta sustancia química es muy utilizada en la industria química y manufacturera, debido a esto y a su desecho fisicoquímico y a su incorrecto desecho llega a convertirse en un contaminante ambiental y letal[4].

c.1.3. Fuentes y vías de exposición

El cadmio surge de las rocas fosfóricas en desgaste, unido a las concentraciones del zinc como sustancia menor generalmente de

0,1 a 0,3 %. Es considerado una de las principales sustancias que provocan la contaminación ambiental, además liberado al medio externo constantemente debido a que lo encontramos en los fertilizantes y otros productos de uso doméstico e industrial[4].

c.1.4. El cadmio y su relación con la contaminación del agua potable

El cadmio muchas veces presente en las tuberías o productos galvanizados de zinc utilizados en circuitos domésticos o industrial de circulación del agua, que por desgaste forma desechos en especial los óxidos de cadmio que se vierten al agua provocando su contaminación y deterioro[4].

c.1.5. El cadmio y su valor permisible en agua potable

El valor permisible de cadmio en agua potable es de 5µg/L establecido por la Organización Mundial de la Salud (OMS) el año 2006. En 1993 la FAO en coordinación con la OMS redujo el valor permisible a 0.003 mg/L, basado en aditivos alimentarios de la ingestión tolerable semanal de cadmio en agua potable[4].

c.1.6. Intoxicaciones del cadmio – efectos agudos y crónicos

Los efectos agudos y crónicos causados por la intoxicación del cadmio en los seres humanos, son aquellos que provocan daños pulmonares y renales principalmente, ya que ahí se acumula este elemento químico. No obstante, causa también irritaciones graves del estómago, diarreas, vómitos y otros. Todos estos efectos se deben a la exposición del ser humano al cadmio presentes en los alimentos y sobre todo en el aire y agua[4].

Así también el cadmio está clasificado como carcinógeno para los seres humanos, en especial causante de daños pulmonares y renales[17].

c.2. Arsénico

c.2.1. Definición

Es una sustancia química ubicado en la tabla periódica de elementos químicos, en el grupo VA (nitrogenoides), encontrado en la naturaleza suspendida en aguas geotermales y en las rocas ígneas (volcánicas) y sedimentarias[4].

c.2.2. Usos y propiedades fisicoquímicas del arsénico

Es un elemento químico cuyo número atómico es 33 y su peso atómico es 74,19; de color gris plata, sabor casi insípido e inodoro. Insoluble en agua, cáusticos y sustancias oxidantes. Además se encuentra en muchas formas alotrópicas (amarilla, negra y gris metálica) y forman óxidos de tipo anfótero[4].

c.2.3. Vías de exposición y fuentes del arsénico

El arsénico se encuentra en fuentes naturales se presenta en forma de rocas sedimentarias y rocas volcánicas, en aguas geotermales; además se presenta en la naturaleza con mayor frecuencia como sulfuro de arsénico, arsenopirita, arsenato o arsenito en las aguas superficiales y subterráneas. Este elemento mencionado en las fuentes naturales se encuentra como pentavalente y su forma más usual es la trivalente. Estos derivados pasan al medio ambiente a consecuencia de su uso como insecticidas, herbicidas, esterilizantes del suelo, decolorantes de vidrio, defoliantes, antiparasitarios, como descarga industrial[4].

c.2.4. Contaminación del agua con arsénico

Con frecuencia, su concentración está estrechamente relacionada con la profundidad del pozo, las concentraciones de Arsénico en el agua potable son usualmente menores a 10 μg/L mientras que, en sitios cercanos a minas o contaminados con minerales arsenicales, fluctúan entre (200 y 1000 μg/L) [4].

En consecuencia, el límite recomendado de arsénico concentrado en agua potable es de 10 µg/L, [18].

c.2.5. Intoxicaciones del arsénico - efectos agudos y crónicos

Las principales manifestaciones clínicas de las intoxicaciones con arsénico pueden ser agudas o crónicas, a ciertas concentraciones ocasiona alteraciones de la piel con efectos secundarios y dañinos a la piel, huesos, bazo, hígado, músculos, riñones, estómago, intestinos, bronquios, pulmones, cerebro, vasos sanguíneos y otros[4].

c.3. Plomo

c.3.1. Definición

Es un elemento químico metálico encontrado en gran parte de la corteza terrestre en forma natural, muy utilizado en actividades humanas lo ha catalogado como una sustancia altamente contaminante en el medio ambiente, causando problemas graves de salud pública en los seres humanos expuestos[1].

c.3.2. El plomo y su valor máximo permisible en la salud

Este elemento químico produce consecuencias muy delicadas y graves en la salud si superan los 5 µg/L de concentración en sangre, causando sus efectos agudos y crónicos [1].

c.3.3. Comparación de valores de referencia para plomo (OMS, UE vs. LMP)[2]

Valores de referencia para el plomo

Parámetro	Estándares de la OMS (mg/L)	Estándares europeos (mg/L)	Límite máximo permisible en Perú (mg/L)
Plomo	0,01	0,01	0,01

Fuente: Meza[2].

c.3.4. Descripción

El plomo es elemento químico metálico pesado utilizado debido a sus propiedades de maleables, dúctiles, resistencias corrosivas y para formar aleaciones[14].

c.3.5. Intoxicaciones del plomo - efectos agudos y crónicos

Anatómicamente es absorbido por ingestión, inhalación y por la piel. Debido a esto puede llegar a distribuirse en células, tejidos y órganos (huesos y dientes), causando deterioros nerviosos y cerebrales, llegando a provocar efectos convulsivos, coma y muerte[14].

d. Importancia del análisis de metales pesados en aguas de consumo

Los elementos químicos pesados del tipo metálicos presentes en sedimentos y aguas tienen alta persistencia, toxicidad muy alta y una acumulación acelerada en las estructuras de los seres vivos. Sus consecuencias dañinas no se detectan a corto plazo, pero si a mediano y largo plazo. Son difíciles de eliminar debido a que los propios organismos los incorporan a sus células y tejidos, para luego manifestarse en patologías. Su mayor toxicidad se manifiesta cuando son absorbidas en sustancias iónicas y/o disueltas, su reducción metálica aumentarán su oxidación tóxica y acumulación anormal en los organismos vivos[16].

2.2.3. Espectrofotometría de absorción atómica (EAA)

a. Principio

El método de espectroscopia de absorción atómica se basa en la ley de Kirchoff donde toda materia puede absorber o emitir tipo de luz a una longitud de onda fijada, este procedimiento ocurre cuando determinados átomos absorben energía del tipo radiante, a una específica longitud de onda y siempre en cuando se encuentren en estado coordinado y fundamental[12].

b. Fundamento

El átomo consiste de un núcleo y de un número determinado de electrones que llenan ciertos niveles cuánticos. El estado fundamental de un átomo es importante, ya que gracias a ello este podrá absorber energía específica hasta llegar a un estado de transición de energía mayor, pero muy inestable; debido a esto el átomo regresará a su estado de inicio, donde podrá emitir radiaciones en frecuencias específicas. Cada frecuencia específica surge de la diferencia de la energía del átomo en estado excitado con el fundamental[12].

Ecuación de Planck:

$$E = E_1 - E_0 = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$$

Donde:

h= Constante de Planck = $6{,}626069 \times 10^{-34}$ julios/segundo

v= Frecuencia, dada en (segundo^{-1}).

c = velocidad de luz = $2{,}997925 \times 10^{-3}$ metros x segundo

λ = longitud de onda, dada en (metros)

c. Importancia absorción atómica

El método o proceso espectroscopia de absorción atómica es una técnica específica de análisis instrumental cuantitativo, capaz de detectar y/o determinar elementos químicos en una muestra. Tiene por finalidad medir la cantidad de luz de la longitud de onda resonante la cual se absorbe cuando la luz pasa a través de una nube electrónica del átomo en análisis [15].

III. METODOLOGÍA

3.1. Método científico

En el trabajo de investigación se utilizó como método general el método experimental puesto que se aplicará un método analítico de identificación de muestras para la determinación del cadmio, arsénico y plomo en pozos de agua.

3.2. Tipo y nivel de investigación

Por el tipo de investigación fue cuasiexperimental, prospectivo, longitudinal, cuantitativo, analítico y aplicada, porque se realizará la manipulación de una variable experimental no comprobada, en condiciones rigurosamente controladas, con el fin de describir de qué modo o por qué causa se produjo el acontecimiento en particular.

Nivel de investigación

De acuerdo a la naturaleza de estudio de investigación fue de nivel explicativo porque su finalidad será poder explicar los niveles de tóxicos en las muestras analizadas.

3.3. Diseño de investigación

La investigación fue de diseño experimental de identificación de tóxicos en muestras. Se realizó mediante la observación, registro y análisis de las variables intervinientes en la investigación sobre modelos y ambientes artificiosamente creados para facilitar la manipulación de las mismas.

El esquema del diseño es el siguiente:

Muestras de aguas de pozo	**M_1**	**M_2**	**M_3**	**M_4**
Prueba de análisis	-	-	-	-
O , %	-	-	-	-

Dónde:

O % : Observaciones y porcentajes de los metales encontrados

P : Numeración del agua de pozo

3.4. Universo y población

Universo

Todas las muestras recolectadas de aguas de pozo de Castillo Grande durante julio a setiembre del 2019.

Población

Todas las muestras recolectadas de aguas de pozo de Castillo Grande.

3.5. Muestra y tipo de muestreo

En esta investigación la muestra fue no probabilística, debido a que las muestras de aguas de pozo de Castillo Grande - Tingo María fueron seleccionados a través del azar simple.

n = 4 (muestras de aguas de pozo)

Tipo de muestreo

Esta investigación fue de tipo muestreo aleatorio simple, donde cada muestra de agua de pozo de Castillo Grande - Tingo María tiene la misma probabilidad de ser seleccionado para integrar las cuatro muestras de aguas de pozo ubicados según las coordenadas. (Ver anexo 1)

M.1:	15” 16´ 14s 93° 00´ 45”w
M.2:	9” 17´ 10s 76° 00´ 34”w
M.3:	9” 17´ 10s 76° 00´ 35”w
M.4:	9” 17´ 11s 76° 00´ 34”w

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.6.1. Técnicas

Se utilizó como técnica de recolección de datos: la observación y evaluación.

Observación directa

Se observó los resultados de la determinación de cadmio, arsénico y plomo en las muestras.

Evaluación

Se realizó mediante la técnica de espectrofotometría de absorción atómica, para determinar los datos de metales pesados (Cd, As, Pb) en las muestras de agua de pozo.

3.6.2. Instrumentos

Espectrofotómetro de absorción atómica, SHIMADZU, AA-7000.

Ficha de identificación e inspección

3.7. Procesamiento de los datos

El procesamiento de datos se realizó en forma manual utilizándose cálculos mentales, para procesar y registrar la información de manera ordenada y sistemática.

Así también se procesó los datos de manera electrónica y donde se empleó la computadora para ingresar datos, quien efectuó los procesos requeridos automáticamente y emitir los resultados deseados. Para esto empleó el programa Excel versión 2016 y/o SPSS versión 21, donde se aplicará la estadística descriptiva como: la media aritmética, análisis porcentual, así como la estadística inferencial.

IV. RESULTADOS

4.1.Análisis estadístico de la muestra 1

Tabla 1. Valores determinados del Cd, As y Pb (µg/mL) en aguas de pozo 1 ubicado en las coordenadas 15" 16´ 14s 93° 00´ 45"w

Muestra de agua de pozo 1	Concentración (µg/mL)
Cadmio	0,008
Arsénico	0,001
Plomo	0,010
Total	0,017

Fuente: Elaboración propia, octubre 2019.

4.2.Análisis estadístico de la muestra 2

Tabla 2. Valores determinados del Cd, As y Pb (mg/L) en aguas de pozo 2 ubicado en las coordenadas 9" 17´ 10s 76° 00´ 34"w

Muestra de agua de pozo 2	Concentración (mg/L)
Cadmio	0.005
Arsénico	0.001
Plomo	0.003
Total	0.009

Fuente: Elaboración propia, octubre 2019.

4.3.Análisis estadístico de la muestra 3

Tabla 3. Valores determinados del Cd, As y Pb (mg/L) en aguas de pozo 3 ubicado en las coordenadas 9" 17´ 10s 76° 00´ 35"w

Muestra de agua de pozo 3	Concentración (mg/L)
Cadmio	0.006
Arsénico	0.001
Plomo	0.002
Total	0.009

Fuente: Elaboración propia, octubre 2019.

4.4.Análisis estadístico de la muestra 4

Tabla 4. Valores determinados del Cd, As y Pb (mg/L) en aguas de pozo 4 ubicado en las coordenadas 9" 17´ 11s 76° 00´ 34"w

Muestra de agua de pozo 4	Concentración (mg/L)
Cadmio	0.007
Arsénico	0.002
Plomo	0.004
Total	0.013

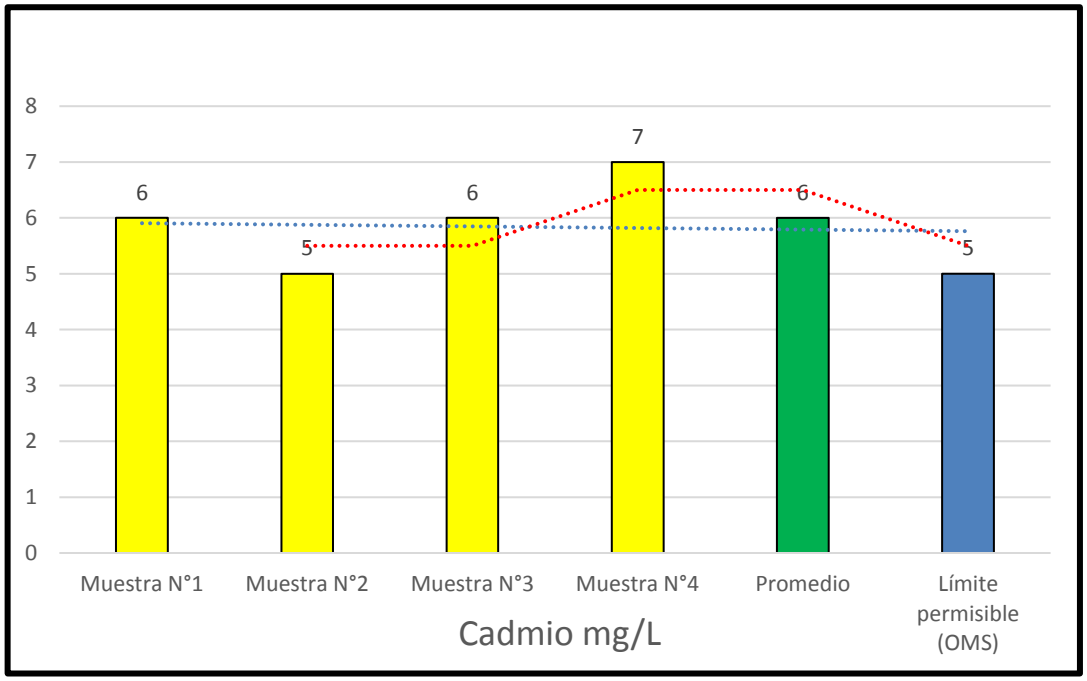
Fuente: Elaboración propia, octubre 2019.

4.4.1. Análisis estadístico del cadmio en las cuatro muestras de aguas de pozo analizados

Tabla 5. Concentración de cadmio en aguas de pozo

Concentración de la muestra de aguas de pozo	Cadmio (mg/mL)	Cadmio (mg/L)
Muestra de agua de pozo 1	0.006	6
Muestra de agua de pozo 2	0.005	5
Muestra de agua de pozo 3	0.006	6
Muestra de agua de pozo 4	0.007	7
Promedio (Media)	0.006	6
Límite permisible (OMS)	-	5

Fuente: Elaboración propia, octubre 2019.



Fuente: Elaboración propia, octubre 2019.

Figura 1. Concentración de cadmio en aguas de pozo analizadas

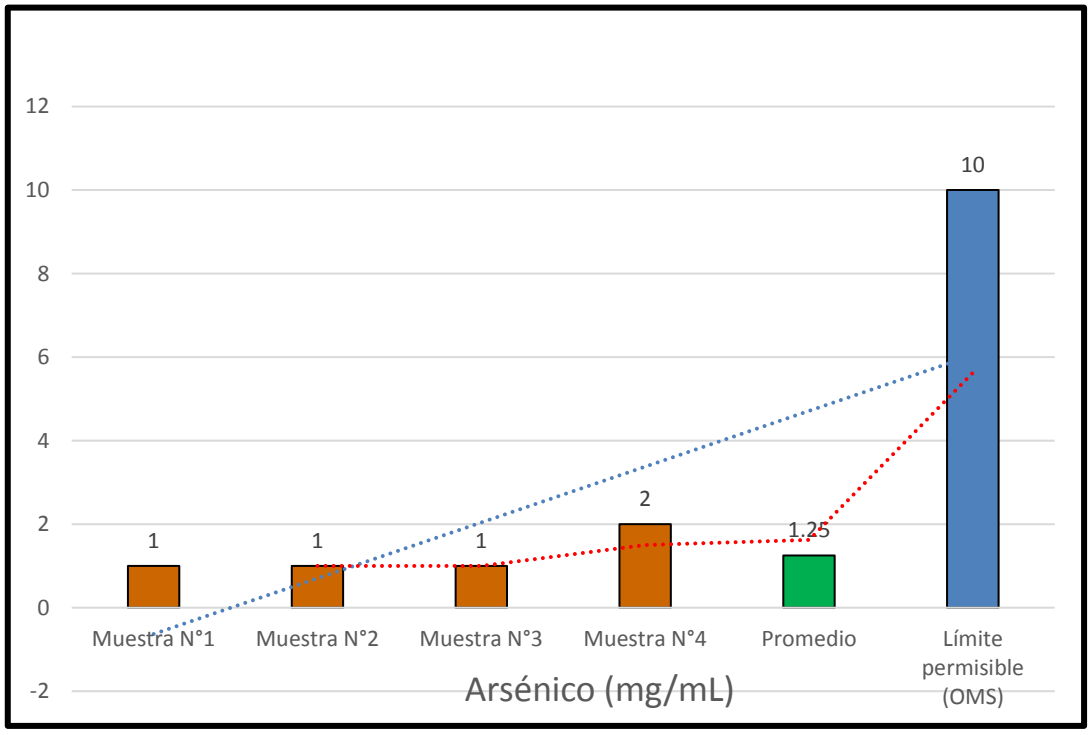
Interpretación: Según el gráfico 1, nos indica que el promedio de concentración de Cd (6**mg**/L) en aguas de pozo, excede al límite permisible por la OMS (5**mg**/L).

4.5.Análisis estadístico del arsénico en las cuatro muestras de aguas de pozo

Tabla 6. Concentración de Arsénico en aguas de pozo

Concentración de las muestra	Arsénico (mg/mL)	Arsénico (mg/L)
Muestra de agua de pozo 1	0.001	1
Muestra de agua de pozo 2	0.001	1
Muestra de agua de pozo 3	0.001	1
Muestra de agua de pozo 4	0.002	2
Promedio (Media)	0.00125	1.25
Límite permisible (OMS)	-	10

Fuente: Elaboración propia, octubre 2019.



Fuente: Elaboración propia, octubre 2019.

Figura 2. Concentración de Arsénico en aguas de pozo

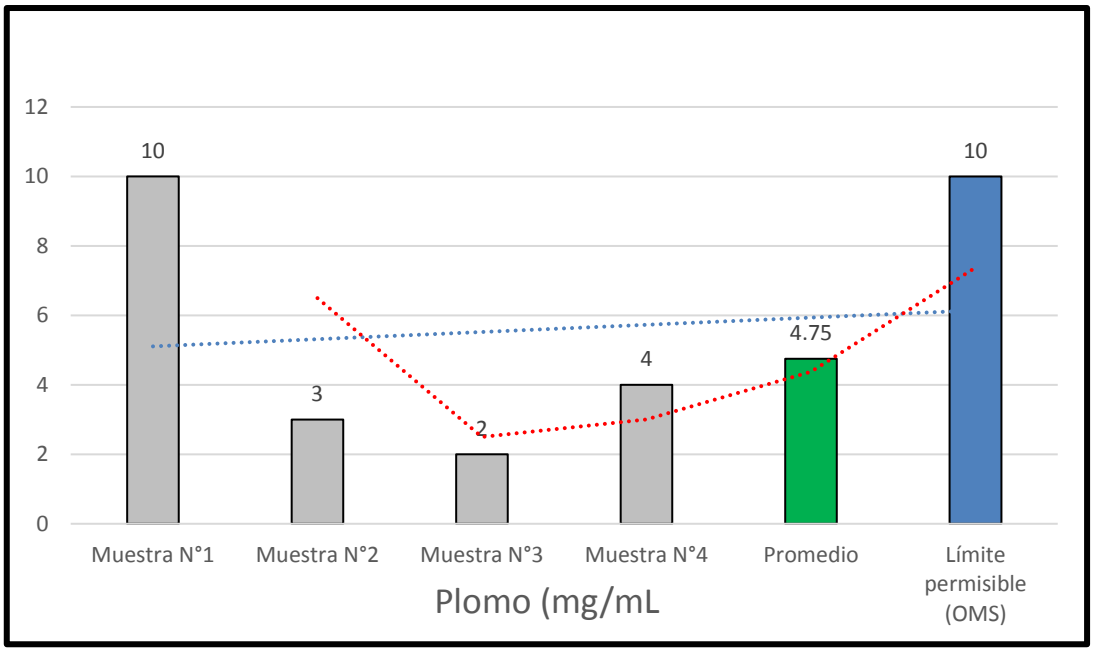
Interpretación: Según el gráfico 2, nos indica que el promedio de concentración de As (1.25**mg**/L) en aguas de pozo, es menor al límite permisible por la OMS (10**mg**/L).

4.6.Análisis estadístico del Plomo en las cuatro muestras de aguas de pozo

Tabla 7. Concentración de Plomo en aguas de pozo

Concentración de las muestra	Plomo (mg/mL)	Plomo (mg/L)
Muestra de agua de pozo 1	0.010	10
Muestra de agua de pozo 2	0.003	3
Muestra de agua de pozo 3	0.002	2
Muestra de agua de pozo 4	0.004	4
Promedio (Media)	0.00475	4.75
Límite permisible (OMS)	-	10

Fuente: Elaboración propia, octubre 2019.



Fuente: Elaboración propia, octubre 2019.

Figura 3. Concentración de Plomo en aguas de pozo

Interpretación: Según el gráfico 7, nos indica que el promedio de concentración de Pb (4.75**mg**/L) en aguas de pozo, es menor al límite permisible por la OMS (10**mg**/L).

4.7.Contrastación estadística de la hipótesis

a. Hipótesis Operacional

H_O: La determinación de cadmio, arsénico y plomo por espectrofotometría de absorción atómica no afectará de manera significativa en aguas de pozo de Castillo Grande - Tingo María 2019.

Ha: La determinación de cadmio, arsénico y plomo por espectrofotometría de absorción atómica afectará de manera significativa en aguas de pozo de Castillo Grande - Tingo María 2019.

b. Grado de significación

$$5\% \quad , \quad \propto = 0{,}05$$

c. Precisión de la Prueba

La prueba estadística es considerada bilateral, por la hipótesis alterna (Ha).

Tabla 8. Estadística descriptiva de las 3 muestras de agua de pozos

	N	Media	Desviación estándar
Cadmio	4	6,00	0,816
Arsénico	4	1,25	0,500
Plomo	4	4,75	3,594

Fuente: Elaboración propia, octubre 2019.

Tabla 9. Prueba t para las 3 muestras de agua de pozos

	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Cadmio	14,697	3	0,001	6,000	4,70	7,30
Arsénico	5,000	3	0,015	1,250	0,45	2,05
Plomo	2,643	3	0,077	4,750	0,97	10,47

Fuente: Elaboración propia, octubre 2019.

4.8.Análisis inferencial de las muestras

Tabla 10. Análisis inferencial de las muestras de aguas de pozo

Estadígrafos / Muestras	t	Promedio de concentración (µg/L)	Límite permisible (OMS) (µg/L)	Valoración
Cadmio	14,697	6	5	Significativa (mayor al límite)
Arsénico	5,000	1,25	10	Significativa (menor al límite)
Plomo	2,643	4,75	10	Significativa (menor al límite)
			Conclusión	Significativa

Fuente: Elaboración propia, octubre 2019.

a. Decisión Estadística

Como la prueba t y el promedio de concentración demuestran la valoración de las muestras con los límites permisibles según la OMS (mayor o menor), haciéndose significativa la hipótesis, en consecuencia, se rechaza la hipótesis nula (H_O) y se acepta la hipótesis alterna (Ha).

V. DISCUSIÓN

Los resultados han determinado en la presente investigación las concentraciones del Cadmio, Arsénico y Plomo en aguas de pozo, en cuatro muestras determinadas obtenidas en Castillo Grande – Tingo María. Por consiguiente, se puede apreciar en la figura 3, que representa a la primera muestra procesada donde se encontró en mayor cantidad Plomo.

Así también en las otras tres muestras de aguas de pozo se determinó la existencia de Cadmio en mayor cantidad y Arsénico en menor cantidad; representados en la figura 1 donde se encontró cadmio en un 6 mg/L y figura 2 arsénico en 1.25 mg/L.

No obstante en la figura 1 se determinó la concentración promedio de cadmio donde se obtuvo un valor de 6 mg/L de agua de pozo, cercanamente superior al límite permisible de 5 mg/L, determinado por la Organización Mundial de la Salud, lo cual es contrario a los resultados obtenidos en la investigación realizada por Basualdo G. y Yacila J. [3], donde afirmaron que la media de los puntos de muestreo de habas con cadmio regadas con aguas del rio Rímac no son mayores a los límites establecidos y permisibles por la Codex Alimentarius (100ppb) y la Organización Mundial de la Salud.

Así mismo en la figura 2 se determinó la concentración promedio de Arsénico donde se obtuvo un valor de 1.25 mg/L de agua de pozo, lejanamente inferior al límite permisible por la Organización Mundial de la Salud que es de 10 mg/L, lo cual es semejante a los resultados obtenidos en las investigaciones realizadas por Basualdo G. y Yacila J. [3], donde afirmaron que el promedio de los puntos de agua con arsénico tomados en el muestreo no logran superar los parámetros establecidos y permisibles que son 50 ppb establecidos por la Norma Técnica Peruana y Organización Mundial de la Salud, así como también en la investigación realizada por Gonzales L. y Osorio J. [4], donde afirmaron que el arsénico en aguas de consumo humano utilizados en el estudio, en su concentración promedio, no superaron los límites permisibles y establecidos por el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano de Perú y Organización Mundial de la Salud: 0,01 mg/L = 10 ppb.

También en la figura 3 se determinó la concentración promedio de plomo donde se obtuvo un valor de 4.75 mg/L de agua de pozo, inferior al límite permisible por la Organización Mundial de la Salud que es de 10 mg/L, lo cual es contrario a los resultados obtenidos en la investigación realizada por Meza M.[2], donde afirmó que del total de muestras de agua de caños y reservorios, 9 muestras (45%), excedieron los límites permisibles máximos de plomo establecidas por la NTP (10mg/L) y OMS (10 mg/L).

Por último para determinar la validez de la hipótesis se realizó un análisis inferencial de las muestras a partir de la prueba de la t de Student donde se logró evaluar estadísticamente los valores de las muestras de cadmio, arsénico y plomo, donde existió una valoración significativa debido a que gracias a esta prueba, concentración promedio y en comparación con los límites permisibles por la OMS, se pudo determinar los valores de cada elemento químico en las muestras de agua de pozo encontrándose cadmio en mayor al límite permisible, arsénico y plomo en menor al límite permisible.

VI. CONCLUSIONES

1. La concentración media de cadmio, arsénico y plomo determinados en aguas de uso humano por espectrofotometría de absorción atómica, procedentes de cuatro muestras de aguas de pozo originarios del distrito de Castillo Grande – Tingo María, departamento de Huánuco, fueron arsénico (1,25 mg/L < 10 mg/L) y plomo (4,75 mg/L < 10 mg/L), presentándose el cadmio como el metal pesado en mayor cantidad (6 mg/L > 5 mg/L).

2. Se determinó la concentración promedio de cadmio donde se obtuvo un valor de 6 mg/L de agua de pozo, cercanamente superior al límite permisible de 5 mg/L, determinado por la Organización Mundial de la Salud.

3. Se determinó la concentración promedio de arsénico donde se obtuvo un valor de 1,25 mg/L de agua de pozo, lejanamente inferior al límite permisible por la Organización Mundial de la Salud que es de 10 μg/L.

4. Se determinó la concentración promedio de plomo donde se obtuvo un valor de 4,75 mg/L de agua de pozo, inferior al límite permisible por la Organización Mundial de la Salud que es de 10 μg/L.

5. La presencia de metales pesados en aguas de pozo de acuerdo con lo descrito puede desencadenar diversas intoxicaciones causando daños irreparables en la salud humana, tan graves como efectos teratogénicos, cáncer e incluso la muerte.

6. Es importante considerar, que elevadas concentraciones de dichos metales en el organismo de los seres vivos alteran los procesos bioquímicos y fisiológicos ocasionando diversas patologías.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Organización Mundial de la Salud (OMS). Intoxicación por Plomo y Salud. editores OMS. 2018. https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/lead-poisoning-and-health

2. Meza MZ. Determinación de plomo y arsénico por absorción atómica en aguas de rio para consumo humano provenientes de caños y reservorio en el anexo de Huancapuquio, distrito de Chocos provincia de Yauyos 2017. [Tesis para optar Título de Químico Farmacéutico]. Lima: Universidad Norbert Wiener; 2018. http://repositorio.uwiener.edu.pe/handle/123456789/1789

3. Basualdo GJ, Yacila JD. Determinación de Cadmio y Arsénico en habas cultivadas en el distrito de San Mateo de Huánchor y Aguas del río Rímac de la región de Lima. Perú. Tesis. 2015. [Tesis para optar Título de Químico Farmacéutico]. Lima: Universidad Nacional Mayor San Marcos; 2015. http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/cybertesis/4155/Basualdo_lg.pdf?sequence=1&isAllowed=y

4. Gonzales LA, Osorio J. Determinación de la concentración de Cadmio y Arsénico por espectrofotométrica de absorción atómica en aguas de consumo humano de la comunidad urbana de Chuquitanta – distrito de San Martín de Porres. Perú. Tesis. 2014. [Tesis para optar Título de Químico Farmacéutico]. Lima: Universidad Nacional Mayor San Marcos; 2014. http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/cybertesis/3844/Gonzales_pl.pdf?sequence=1&isAllowed=y

5. Sotil LE, Flores HI. Determinación de parámetros físicos, químicos y bacteriológicos del contenido de las aguas del río Mazán – Loreto, 2016. Perú. Tesis. 2016. [Tesis para optar Título de Ingeniero Químico]. Iquitos: Universidad Nacional de la Amazonia Peruana; 2016. http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4156/Luz_Tesis_Titulo_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y

6. Noriega R. Estudio para el mejoramiento de la calidad del agua de pozos en zonas rurales de Puno. Perú. Editores OPS. 2005. [OPS/CEPIS/05/134]. Puno: Japan Bank for International Cooperación (JBIC); 2005. http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd53/puno-informe/informe.pdf

7. Arbito J. Caracterización del agua subterránea para uso en actividades productivas y humanas, en el Cantón Pasaje, 2014. Ecuador. Tesis.2015. [Tesis para optar Título de Ingeniero Agrónomo]. El Oro: Universidad Técnica de Machala; 2016. http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/2692/1/CD409_TESIS.pdf

8. Hernández C. Evaluación de la calidad del agua para consumo humano y propuesta de alternativas tendientes a su mejora, en la comunidad de 4 millas de Matina, Limón. Ecuador. Tesis. 2016 [Tesis para optar grado de Licenciatura en Gestión Ambiental con énfasis en Tecnologías Limpias]. Morona Santiago: Universidad Nacional Facultad de ciencias de la Tierra y el Mar; 2016. https://core.ac.uk/download/pdf/48881255.pdf

9. Vílchez R. Eliminación de metales pesados de aguas subterráneas mediante sistemas de lechos sumergidos: estudio microbiológico de las biopelículas. España. Tesis. 2005. [Tesis para optar grado de Doctor].Granada: Universidad de Granada; 2005. https://hera.ugr.es/tesisugr/1542649x.pdf

10. Morales MM, Villagómez ND. Enfermedades prevalentes relacionadas con la calidad de agua que utilizan para el consumo humano, los pobladores de la comunidad la calera, Cantón Cotacachi en el periodo de noviembre 2012 a noviembre del 2013. Ecuador. Tesis. 2013 [Tesis para optar grado licenciatura de enfermería]. Imbabura: Universidad Técnica del Norte; 2013. http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/3487/1/06%20ENF%20554%20TESIS.pdf

11. Chávez M. El pozo: usos, seguridad y tradición en la sub cuenca del río San Javier. México. Artículo científico. 2012. https://www.redalyc.org/pdf/417/41725649011.pdf

12. Remache AM. Validación por espectrofotometría de absorción atómica de métodos para el análisis de metales en diferentes matrices. Ecuador. Tesis. 2013. [Tesis para optar grado de ingeniería química]. Quito: Universidad Central del Ecuador; 2013. http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/1859/1/T-UCE-0017-39.pdf

13. Chata A. Presencia de Pb, As, Cd y Hg (metales pesados) en agua y leche en la cuenca del rio Coata 2015. Perú. Tesis. 2015. [Tesis para optar grado de Licenciada en Nutrición Humana]. Puno: Universidad Nacional del Altiplano; 2015. http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/1930/Chata_Quenta_Aydee.pdf?sequence=1&isAllowed=y

14. Reyes YC. Contaminación por metales pesados: implicaciones en la seguridad alimentaria, salud y ambiente. Colombia. Perú. Artículo Científico. 2005. https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6096110.pdf

15. Aponte M, Calderón IF. Validación de un método de análisis por espectroscopia de absorción atómica para minerales de plomo en el laboratorio del grupo Glencore unidad minera Santander-Trevali, Perú. Tesis. 2014. [Tesis para optar Título de Ingeniero Químico]. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú; 2014. http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/3720/Aponte%20Human%20-Calderon%20Daviran.pdf?sequence=1&isAllowed=y

16. Afán K, Flores VE. Determinación de arsénico y plomo por absorción atómica en agua potable de las viviendas del distrito Hualgayoc, Cajamarca – octubre 2017. Perú. Tesis. 2018. [Tesis para optar Título de Químico Farmacéutico]. Lima: Universidad Norbert Wiener; 2018.

http://repositorio.uwiener.edu.pe/bitstream/handle/123456789/1854/TITULO%20-%20Afan%20Rojas%2C%20%20Karina.pdf?sequence=1&isAllowed=y

17. Organización Mundial de la Salud (OMS). Programa Internacional de Seguridad de las Sustancias Químicas-Cadmio. 2019. https://www.who.int/ipcs/assessment/public_health/cadmium/es/

18. Organización Mundial de la Salud (OMS). Arsénico. 2018. https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/arsenic

VIII. ANEXOS

ANEXO 1

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE CIENCIAS
LABICER (Laboratorio Nº 12)
ANÁLISIS QUÍMICO, CONSULTORÍA E INVESTIGACIÓN

LABICER

INFORME TÉCNICO Nº 1634 – 19 – LABICER

1.	**DATOS DEL SOLICITANTE**		
1.1	NOMBRE DEL SOLICITANTE	:	UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
1.2	R.U.C.	:	20148092282
2.	**FECHA DE EMISIÓN**	:	24 / 09 / 2019
3.	**ANÁLISIS SOLICITADO**	:	ANÁLISIS DE AGUA DE POZO
4.	**DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN EL SOLICITANTE**		
4.1	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	:	01 MUESTRA DE AGUA DE POZO
5.	**LUGAR DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA**	:	LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
6.	**CONDICIONES AMBIENTALES**	:	Temperatura: 19.9°C; Humedad relativa: 74%
7.	**EQUIPO UTILIZADO**	:	ESPECTROFOTÓMETRO DE ABSORCIÓN ATÓMICA. SHIMADZU, AA-7000.

8. **RESULTADOS**

ANÁLISIS	RESULTADO (ug/mL)	MÉTODO UTILIZADO
Plomo, Pb	0.010	Espectrofotometría de Absorción atómica
Cadmio, Cd	<0.008(1)	
Arsénico, As	<1(1)	

(1) *Límite de detección del metal analizado.*

9. **VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO**

El Informe técnico es válido solo para la muestra y las condiciones indicadas en los ítems del uno (1) al cuatro (4) del presente informe técnico.

Bach. Nadia Rodríguez
Analista Químico
LABICER - UNI

M.Sc. Nelly Acha de la Cruz
Responsable de Análisis
Jefa de Laboratorio
CQP 202

El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra.

ANEXO 2



EPS SEDA HUÁNUCO S.A.

Empresa Prestadora de Servicios de Saneamiento Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Huánuco Sociedad Anónima.
LABORATORIO.

PROTOCOLO DE ANÁLISIS

REG.: 0029-19-CP

Solicitante	**Q.F. Eder Macha Manhualaya**
Producto declarado	Agua de pozo N° 01
Nombre de la fuente	Fuente de agua N° 01
Coordenadas	9° 17' 10"s 76° 00' 34"w
Recolectado por	El interesado.
Cantidad de muestra	01 muestra de 01 litro.
Fecha de muestreo	2019 – 09 – 23
Forma de presentación	Envase de plástico cerrado y refrigerado.
Fecha de recepción	2019 – 09 – 23
Fecha de inicio del ensayo	2019 – 09 – 24
Fecha de término del ensayo	2019 – 09 – 24
Ensayo realizado por	Ing. César A. Álvarez Espantoso.

Análisis:

ANÁLISIS	Unidad	Resultados
Plomo, Pb	mg/L	0.003
Cadmio, Cd	mg/L	0.005
Arsénico, As	mg/L	0.001

Métodos Empleados:

Espectrofotometría.

Huánuco, 25 de setiembre del 2019

Ing. César Antonio Alvarez Espantoso
Reg. CIP: 75745
COORDINADOR DE PRODUCCION
EPS SEDA HUANUCO S.A.

ANEXO 3

EPS SEDA HUÁNUCO S.A.

Empresa Prestadora de Servicios de Saneamiento Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Huánuco Sociedad Anónima.
LABORATORIO.

PROTOCOLO DE ANÁLISIS

REG.: 0030-19-CP

Solicitante	**Q.F. Eder Macha Manhualaya**
Producto declarado	Agua de pozo N° 02
Nombre de la fuente	Fuente de agua N° 02
Coordenadas	9° 17' 10"s 76° 00' 35"w
Recolectado por	El interesado.
Cantidad de muestra	01 muestra de 01 litro.
Fecha de muestreo	2019 – 09 – 23
Forma de presentación	Envase de plástico cerrado y refrigerado.
Fecha de recepción	2019 – 09 – 23
Fecha de inicio del ensayo	2019 – 09 – 24
Fecha de término del ensayo	2019 – 09 – 24
Ensayo realizado por	Ing. César A. Álvarez Espantoso.

Análisis:

ANÁLISIS	Unidad	Resultados
Plomo, Pb	mg/L	0.002
Cadmio, Cd	mg/L	0.006
Arsénico, As	mg/L	0.001

Métodos Empleados:

Espectrofotometría.

Huánuco, 25 de setiembre del 2019

Ing. César Antonio Alvarez Espantoso
Reg. CIP. 75746
COORDINADOR DE PRODUCCION
EPS SEDA HUANUCO S.A.

ANEXO 4



EPS SEDA HUÁNUCO S.A.

Empresa Prestadora de Servicios de Saneamiento Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Huánuco Sociedad Anónima.

LABORATORIO.

PROTOCOLO DE ANÁLISIS

REG.: 0031-19-CP

Solicitante	**Q.F. Eder Macha Manhualaya**
Producto declarado	Agua de pozo N° 03
Nombre de la fuente	Fuente de agua N° 03
Coordenadas	9" 17' 11"s 76° 00' 34"w
Recolectado por	El interesado.
Cantidad de muestra	01 muestra de 01 litro.
Fecha de muestreo	2019 – 09 – 23
Forma de presentación	Envase de plástico cerrado y refrigerado.
Fecha de recepción	2019 – 09 – 23
Fecha de inicio del ensayo	2019 – 09 – 24
Fecha de término del ensayo	2019 – 09 – 24
Ensayo realizado por	Ing. César A. Álvarez Espantoso.

Análisis:

ANÁLISIS	Unidad	Resultados
Plomo, Pb	mg/L	0.004
Cadmio, Cd	mg/L	0.007
Arsénico, As	mg/L	0.002

Métodos Empleados:

Espectrofotometría.

Huánuco, 25 de setiembre del 2019

Ing. César Antonio Alvarez Espantoso
Reg. CIP: 75746
COORDINADOR DE PRODUCCION
EPS SEDA HUANUCO S.A.

COORDINADOR DE PRODUCCION
EPS SEDA HUANUCO S.A.