



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE MEDICINA VETERINARIA Y**  
**ZOOTECNIA**



**NIVELES DE ARSÉNICO EN POZOS ARTESANALES Y GRADO  
DE CONOCIMIENTO DEL CONSUMO DE AGUA EN FAMILIAS  
DE 4 URBANIZACIONES DEL DISTRITO DE JULIACA-SAN  
ROMÁN-PUNO**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**Bach. MARVIN PABLO QUISPE HUANCA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
MÉDICO VETERINARIO Y ZOOTECNISTA**

**PUNO – PERÚ**

**2022**



## DEDICATORIA

*A dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional, por los triunfos y los momentos difíciles que me han enseñado a valorarlo cada día más.*

*A mis queridos padres Werner Quispe y Janet Huanca, por ser el pilar más importante en mi vida, que han sabido formarme de buenos sentimientos, hábitos y valores, por brindarme su cariño, consejos, paciencia y apoyo incondicional en el trayecto de mi vida y quienes han velado por mí durante este arduo camino para convertirme en una persona de bien y profesional.*

*A mi abuela Amanda Pineda, mi segunda madre, por su gran cariño, apoyo, motivación y anhelo de cumplir mis metas.*

*A mis abuelos Dionicio Huanca y Baltazar Quispe, que me protegen y guían mi camino desde el cielo.*

**Marvin Pablo Quispe Huanca**



## AGRADECIMIENTOS

A mi alma mater, la Universidad Nacional del Altiplano y a mi Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia por ser la sede de todo el conocimiento adquirido en estos años de vida universitaria.

A mi director Dr. Julio Málaga Apaza por su paciencia, orientación, conocimientos y tiempo brindado para la elaboración de la tesis.

A los miembros del jurado, Dr. Faustino Adolfo Jahuirá Huarcaya, M. Sc. Harnold Segundo Portocarrero Prado y Mg. Sc. Celso Zapata Coacalla, por sus sugerencias y correcciones brindadas durante la elaboración del presente trabajo de investigación.

A los docentes de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, por compartir sus conocimientos y por el tiempo que dedica a esta hermosa profesión, por su paciencia y compromiso, es mi base fundamental de mi desarrollo profesional.

A María Celeste, por ser una parte muy importante en mi vida, por el apoyo y motivación recibido desde el día que te conocí, el transcurso de mi vida universitaria y en la realización de este trabajo de investigación, por compartir momentos de alegría, tristeza y demostrarme que siempre podré contar con ella.

A las personas que me apoyaron, a mi madre Janet y la familia Huanca Ilaquijo, que sin ellos no hubiera sido posible la ejecución de este trabajo de investigación.

A mi amigo Luis Carlo Lozada, por ofrecerme su amistad, consejos, apoyo durante mi vida estudiantil, por los gratos momentos y experiencias compartidas, también amigos y compañeros por los buenos momentos compartidos y apoyo brindado.

**Marvin Pablo Quispe Huanca**



# ÍNDICE GENERAL

**DEDICATORIA**

**AGRADECIMIENTOS**

**ÍNDICE GENERAL**

**ÍNDICE DE TABLAS**

**ÍNDICE DE FIGURAS**

**ÍNDICE DE ACRÓNIMOS**

**RESUMEN ..... 10**

**ABSTRACT..... 11**

## **CAPÍTULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

**1.1. OBJETIVO GENERAL..... 14**

**1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... 14**

## **CAPÍTULO II**

### **REVISIÓN DE LITERATURA**

**2.1. MARCO TEÓRICO..... 15**

2.1.1. Agua..... 15

2.1.2. Situación del abastecimiento de agua potable ..... 15

2.1.3. Calidad del agua..... 16

2.1.4. Tipos de agua ..... 18

2.1.5. Arsénico ..... 19

2.1.5.1. Arsénico en el agua. .... 20

2.1.5.3. Toxicidad del Arsénico ..... 21

2.1.5.4. Hidroarsenicismo crónico regional endémico (HACRE) ..... 24



2.1.5.5. Toxicocinética del Arsénico.....	25
2.1.6. Marco Legal Para la Evaluación de la Calidad de Agua .....	19
2.1.6.1. Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano – Ministerio de Salud Perú.....	27
2.1.6.2. Guías Para la Calidad de Agua Potable – Organización Mundial de la Salud .....	30
2.1.6.3. Los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental Para Agua..	30
2.1.7. Espectroscopía de Absorción Atómica por la Técnica de Horno de Grafito.....	32
2.1.8. Evaluación del conocimiento.....	33
2.1.9. Evaluación de las actitudes .....	34
<b>2.2. ANTECEDENTES.....</b>	<b>36</b>

### **CAPÍTULO III**

#### **MATERIALES Y MÉTODOS**

<b>3.1. LUGAR DE ESTUDIO .....</b>	<b>41</b>
<b>3.2. POBLACIÓN.....</b>	<b>41</b>
<b>3.3. MUESTRA.....</b>	<b>42</b>
<b>3.4. MATERIALES .....</b>	<b>43</b>
3.4.1 Pozos.....	43
3.4.2 Equipos .....	44
3.4.3. Material de laboratorio .....	44
3.4.4. Material de campo .....	44
3.4.5. Reactivos .....	45
<b>3.5. METODOLOGÍA.....</b>	<b>45</b>
3.5.1. Recolección de muestras de agua de pozos .....	45



3.5.2. Determinación de Arsénico por Espectroscopia de Absorción Atómica por la Técnica de Horno de Grafito .....	46
3.5.3. Grado de Conocimiento del Consumo de Agua .....	47
3.5.4. Análisis Estadístico.....	49

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

<b>4.1. NIVELES DE ARSÉNICO .....</b>	<b>50</b>
<b>4.2. GRADO DE CONOCIMIENTO SOBRE EL CONSUMO DEL AGUA ..</b>	<b>53</b>
4.2.1. Encuesta sobre Conocimientos .....	53
4.2.2. Encuesta de Actitudes.....	58
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>63</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>64</b>
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>65</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>75</b>

**ÁREA: Salud Pública.**

**TEMA: Niveles de arsénico en aguas de pozo de Juliaca.**

**FECHA SE SUSTENTACIÓN: 30 de junio de 2022**



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b>	Parámetros Químicos Inorgánicos .....	29
<b>Tabla 2.</b>	Distribución del número de muestras de agua y familias de 4 Urbanizaciones del distrito de Juliaca. ....	43
<b>Tabla 3.</b>	Distribución por proporciones del número de muestras de agua y familias en 4 urbanizaciones del distrito de Juliaca. ....	43
<b>Tabla 4.</b>	Concentración de Arsénico (mg/L) en aguas de pozos del distrito de Juliaca, según zonas .....	50
<b>Tabla 5.</b>	Frecuencia de respuestas de los consumidores sobre el nivel de conocimiento del consumo de agua y Arsénico en pozos. ....	53
<b>Tabla 6.</b>	Frecuencia de respuestas de los consumidores sobre las actitudes en el consumo del agua de pozos.....	58
<b>Tabla 7.</b>	Cuadro General de Resultados de las Urbanizaciones Muestreadas del distrito de Juliaca.....	76
<b>Tabla 8.</b>	Cuadro general de respuestas de los consumidores sobre las actitudes en el consumo del agua de pozos de las urbanizaciones del distrito de Juliaca. ..	77
<b>Tabla 9.</b>	Cuadro general de respuestas de los consumidores sobre conocimiento del consumo de agua de pozos de las urbanizaciones del distrito de Juliaca ....	79



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Espectrofotómetro de absorción atómica, SHIMADZU AA-6800.....	33
<b>Figura 2.</b> Mapa de ubicación de la urbanización Néstor Cáceres Velásquez (Salida a Puno).....	92
<b>Figura 3.</b> Mapa de ubicación de la urbanización Costa Alegre (Salida a Lampa). ....	92
<b>Figura 4.</b> Mapa de ubicación de la urbanización Alfonso Ugarte (Salida a Huancané). .....	93
<b>Figura 5.</b> Mapa de ubicación de la urbanización Selva Alegre Etapa 1 (Salida a Arequipa). ....	93
<b>Figura 6.</b> Extracción de agua de pozo tubular en la urbanización Néstor Cáceres Velásquez (Salida a Puno). ....	94
<b>Figura 7.</b> Extracción de agua de pozo tubular en la urbanización Costa Alegre (Salida a Lampa). ....	94
<b>Figura 8.</b> Extracción de agua de pozo tubular en la urbanización Alfonso Ugarte (Salida a Huancané). ....	94
<b>Figura 9.</b> Extracción de agua de pozo tubular en la urbanización Selva Alegre (Salida a Arequipa) .....	94
<b>Figura 10.</b> Encuesta a poblador de la urbanización Néstor Cáceres Velásquez (Salida a Puno).....	94
<b>Figura 11.</b> Encuesta a pobladora de la Urbanización Selva Alegre (Salida a Arequipa). .....	94
<b>Figura 12.</b> Muestras en Frascos de Polietileno en Cooler con gel refrigerante para su análisis Laboratorial.....	94



## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

OMS	: Organización Mundial de la Salud
OPS	: Organización Panamericana de la Salud
FAO	: Organización para la Alimentación y la Agricultura.
SEDAPAL	: Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima
SEDAPAR	: Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Arequipa
MINAM	: Ministerio del Ambiente
SENAMHI	: Servicio Nacional de Meteorología e hidrología del Perú
MPSR-J	: Municipalidad Provincial de San Román - Juliaca
INEI	: Instituto Nacional de Estadística e Informática
ECA	: Estándar de Calidad Ambiental
NTP	: Norma Técnica Peruana
LMP	: Límite Máximo Permisible
µg/L	: Microgramo por litro
mg/L	: Miligramo por litro
mL	: Mililitro
As	: Arsénico
Ppm	: Partes por millón
HACRE	: Hidroarsenicismo Crónico Regional Endémico
EPA	: Protección Medio Ambiental de Estados Unidos
EAA	: Espectrofotometría de Absorción Atómica
IARC	: International Agency for Research on Cancer
N	: Tamaño de muestra
UNMSM	: Universidad Nacional Mayor de San Marcos
USAQ	: Unidad de Servicios de Análisis Químicos



## RESUMEN

La contaminación por Arsénico mediante el consumo del agua de pozos, es un problema de salud pública en familias que no cuentan con el servicio de agua potable. Los objetivos fueron determinar niveles de arsénico en aguas de pozos, y evaluar el grado de conocimiento y actitudes del consumo de agua. Se utilizaron 76 muestras de agua de pozos de 4 urbanizaciones del distrito Juliaca; las que fueron analizadas en el laboratorio de Unidad de Servicios de Análisis Químicos de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos - Lima, mediante la técnica Espectrofotometría de Absorción Atómica con Horno de Grafito. Los datos obtenidos fueron procesados mediante el diseño completamente al azar. Para la evaluación del grado de conocimiento y actitudes, se elaboró una encuesta de 18 preguntas aplicadas a 76 familias, 7 preguntas de actitudes y 11 de conocimiento con alternativa múltiple a escala de calificación de Likert. La concentración del Arsénico fue de  $0.03 \pm 0.01$  mg de As/L de agua como promedio en las 4 zonas del distrito de Juliaca ( $P > 0.05$ ). En la evaluación del grado de conocimiento sobre contaminación con arsénico en el agua de consumo humano respondieron que, el 43.18% que si conoce y el 56.82% no conoce; y en actitudes evidencian que practican manejo del agua de consumo en forma adecuada. En conclusión, los niveles de arsénico en pozos superan los límites máximos permisibles según normas técnicas. Referente a conocimientos que, más de 50% de usuarios se encuentran expuestos al consumo del agua contaminada con arsénico.

**Palabras clave:** Agua, Arsénico, Conocimientos, Pozos.



## ABSTRACT

Arsenic contamination through the consumption of well water is a public health problem in families that do not have drinking water service. The objectives were to determine arsenic levels in well water, and to evaluate the degree of knowledge and attitudes regarding water consumption. 76 well water samples from 4 urbanizations of the Juliaca district were used; which were analyzed in the laboratory of the Chemical Analysis Services Unit of the Universidad Nacional Mayor de San Marcos - Lima, using the Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrophotometry technique. The data obtained were processed using a completely randomized design. For the evaluation of the degree of knowledge and attitudes, a survey of 18 questions applied to 76 families, 7 questions about attitudes and 11 about knowledge with multiple alternatives on a Likert rating scale, was developed. Arsenic concentration was  $0.03 \pm 0.01$  mg As/L of water as an average in the 4 zones of the Juliaca district ( $P > 0.05$ ). In the evaluation of the degree of knowledge about arsenic contamination in water for human consumption, they answered that 43.18% did know and 56.82% did not know; and in attitudes they show that they practice drinking water management in an adequate way. In conclusion, the levels of arsenic in wells exceed the maximum permissible limits according to technical standards. Regarding knowledge that more than 50% of users are exposed to the consumption of water contaminated with arsenic.

**Keywords:** Water, Arsenic, Knowledge, Wells.



# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

El arsénico es un metal tóxico que se encuentra en la corteza terrestre y su distribución es desigual por todo el mundo, dependiendo de la zona geográfica, características geoquímicas de los suelos y la actividad industrial (Mandal y Suzuki, 2002). El Arsénico es catalogado como uno de los elementos más carcinogénicos y tóxicos, implicando un grave problema ambiental en el mundo (Iliná et al., 2009).

La presencia de arsénico representa un gran problema de la contaminación del agua. La mayoría proviene de la lixiviación natural del suelo, se filtran y distribuye hacia los acuíferos, ríos, lagos y pozos que generan una notable contaminación del agua. Las actividades antropogénicas son responsables de la contaminación de arsénico al medio ambiente. La industria metalúrgica, pesticidas, herbicidas, minería, refinación del petróleo, y demás industrias químicas, orgánicas e inorgánicas resultan de actividades humanas importantes del arsénico (Reimer, 1989).

La exposición del humano al Arsénico ocurre por tres vías principales, por inhalación del aire, absorción dérmica e ingesta de alimentos y agua. Los principales efectos que puede causar por la exposición a este metal, van cursando efectos agudos y crónicos. Se ven afectados varios sistemas y órganos, como las vías respiratorias, la piel, sistema inmunológico, cardiovascular, digestivo, nervioso, genitourinario y reproductivo (Abernathy y Morgan, 2001), también el sistema endocrino, hematopoyético, renal y hepático (Abdul et al., 2015).

El arsénico en el agua ha generado preocupación, por lo que se ha realizado investigaciones de este metal que se encuentra en diferentes regiones del Perú como Lima, Arequipa, Lambayeque y Puno, las cuales exceden un 0.0566 mg/l (Flores y Pérez, 2009;



Guillen y Torres, 2015; Mamani, 2019; Campodónico, 2019). En el distrito de Juliaca, Huancané y Taraco se encontraron valores de 0.07, 0.06 y 0.05 mg/l respectivamente (Mamani, 2019; Tintaya, 2019; Tapia, 2017), el principal abastecimiento de agua para consumo humano proviene de pozos, son consumidos en forma directa sin ningún tratamiento, excediendo el límite permisible de 0,01 mg/l establecido por la OMS. Así mismo en Arequipa (SEDAPAR) y Camaná, el agua con arsénico se volvió un gran problema ya que el agua tenía un color amarillento con altos niveles de arsénico, los usuarios exigían pronta solución o una sanción a los prestadores de servicio, por lo que pedían una buena calidad de vida en el tema de agua potable (Guillen y Torres, 2015; Monroy, 2019).

En la ciudad de Juliaca se estima el 31.1% de abastecimiento de agua para consumo humano provienen de pozos, son consumidos directamente sin tratamiento, por lo que es insalubre, de saneamiento e higiene deficiente. Por la escasez de agua potable, las poblaciones obtienen el agua a través de fuentes subterráneas, les permite para la utilización de consumo y otras actividades, el abastecimiento de agua lo hacen mediante la perforación de pozos superficiales y profundos (INEI, 2012).

La mayoría de la población, carece de conocimientos y actitudes sobre el consumo de agua y Arsénico en pozos artesanales y tubulares; esta situación se debe a la falta de programas de vigilancia de calidad de agua y educación sanitaria por parte de las instituciones competentes en el ámbito de estudio. El desconocimiento del arsénico, los efectos que pueda causar en la salud y calidad de agua de los pozos para el consumo humano, lleva a plantear diferentes preguntas para los pobladores de las distintas urbanizaciones del distrito de Juliaca. Para lo cual se quiere evaluar el grado de conocimiento y actitudes.



## **1.1. OBJETIVO GENERAL**

Determinar niveles de arsénico en aguas de pozos y grado de conocimiento y actitudes del consumo de agua en familias de las Urbanizaciones del distrito de Juliaca - San Román – Puno.

## **1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar los niveles de Arsénico en el agua de pozos para el consumo humano en familias de las urbanizaciones, Selva Alegre Etapa I, Costa alegre, Alfonso Ugarte y Néstor Cáceres Velásquez del distrito de Juliaca, provincia San Román – Puno.
- Evaluar el grado de conocimiento y actitudes en el consumo de agua de pozos artesanales de las familias de Selva Alegre Etapa I, Costa alegre, Alfonso Ugarte y Néstor Cáceres Velásquez del distrito de Juliaca, provincia San Román – Puno.



## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. MARCO TEÓRICO

##### 2.1.1. Agua

La molécula de agua se forma a partir de 2 átomos de hidrógeno y uno de oxígeno (H<sub>2</sub>O), esta sustancia es indispensable para que todas las formas de vida puedan sobrevivir. Esta sustancia se puede encontrar en tres estados, sólida, gaseosa y líquida, a su primera forma se la llama hielo, al segundo vapor y al tercer líquido, generalmente está más relacionada con esta última. De toda la superficie de la corteza terrestre el agua cubre el 71%, de este el 96.5 % se encuentran en los océanos, el 1.74 % está en los glaciares, casquetes polares, el 1.74 % en depósitos subterráneos, permafrost y glaciares continentales, el restante se distribuye entre los lagos, humedad del suelo, atmósfera, ríos y en el agua que contienen los seres vivos (Ingeniería civil y Medio Ambiente, 2008).

##### 2.1.2. Situación del abastecimiento de agua potable

Mundialmente, aproximadamente 1 000 millones de habitantes no tienen acceso a agua potable, mientras que 2 400 millones a un saneamiento básico y 1 200 millones no cuentan con algún tipo de instalación de saneamiento (Mora, 1996).

Ante la problemática descrita en el párrafo anterior la Organización Mundial de la Salud (OMS), valora que anualmente existen, en niños menores de 5 años, 500 millones de casos de infecciones gastrointestinales pertenecientes a Asia, África y América Latina (OPS, 2004), por lo que, las mejoras que se tengan respecto al abastecimiento de agua potable, beneficiaran beneficiar en gran



medida a personas que no tengan muchos recursos, que generalmente son los más afectados, también es importante considerar que el agua es esencial en los procesos de producción y en salud de los trabajadores necesarios para desarrollarla porque aumenta su productividad (Reynolds, 2002).

### **2.1.3. Calidad del agua**

La calidad del agua, está definida a partir de características variables (físico-químicas y microbiológicas), asimismo por su aceptación o rechazo. La calidad físico-química del agua está basada en determinar específicamente qué sustancias químicas pueden afectar a la salud en un periodo determinado de exposición (OMS, 2006).

Su evaluación siempre tiene un enfoque múltiple, en las que se estudia su naturaleza física, química y biológica relacionada con su calidad natural. efectos humanos y acuáticos y la salud (OPS, 2004). Las actividades antrópicas es una de las principales causas de contaminación del agua, que afecta en que esta pueda ser consumida por el hombre (Terán, 2003).

Al analizar el agua se encontraron elementos minerales, orgánicos (en suspensión o solución), gases, microorganismos patógenos; aunque algunos compuestos son de origen natural, otros proceden de actividades de producción y consumo humano, porque vierten sus desechos a las aguas. (Sáenz, 1999). La contaminación que se da por efluentes domésticos e industriales, la deforestación y las malas prácticas de uso de la tierra, actualmente conducen a una reducción de la disponibilidad del agua (OPS, 2004). La OMS (2006), menciona que gran parte de las actividades humanas tienen una contribución en la degradación del agua, y de esa manera afectan su calidad y cantidad.



Por lo anterior, queda en evidencia que la calidad del agua es determinante porque afecta a todos los aspectos de los ecosistemas y del bienestar humano, como la salud de una población, cantidad de alimento que se tiene que producir, salud de los ecosistemas, diversidad biológica y las actividades económicas. Es de suma importancia señalar que el agua una vez utilizada, regresa al sistema hidrológico en algunas ocasiones y si no ha sido tratada, afecta en gran medida al medio ambiente.

Como ya ha sido mencionado, la calidad del agua se determina comparando las características físicas y químicas, no obstante, en el caso del agua potable se establecen normas para asegurar un suministro de agua limpia y saludable para el consumo humano, para que así se protejan la salud de las personas; el criterio al que en que se basan estas normas, son los niveles de toxicidad científicamente aceptables para los humanos (Gramajo, 2004).

El agua de consumo humano proviene de dos fuentes: las aguas superficiales, que incluyen ríos y reservorios que fluyen sobre la superficie de la Tierra, y las aguas subterráneas, que son las que están situadas bajo el nivel freático y saturan los poros y las fisuras del terreno (Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología, 1992), cuando se encuentra una variación significativa en la concentración de algún parámetro indicador, se presume de un grado de contaminación, que puede ser físico, químico o bacteriológico (Fawell y Nieuwenhuijsen, 2003).



#### **2.1.4. Tipos de agua**

##### **Aguas subterráneas**

Son aguas que gracias a los suelos permeables y a las rocas consiguen entrar al subsuelo, cuando llueve o por los ríos y lagos (Acaso et al., 2006), estos representan sesenta veces más agua de los lagos y arroyos, al encontrarse a diferentes profundidades se dificulta su extracción, además, cuando se infiltran aguas contaminadas las aguas subterráneas se contaminan (Hirata y Reboucas, 2001).

##### **Pozos artesianos**

Los pozos artesianos, que pueden ser aquellos tipos de pozo que alcanza un manto cautivo de agua, de forma que como el nivel freático del líquido está por encima de la superficie del pozo, éste mana por sí solo elevándose hasta un nivel equivalente al del punto de alimentación de la capa cautiva menos un tanto debido a la pérdida de carga (Cuellar y Duarte, 2001) sin embargo, en algunos pozos el agua asciende, derramándose a veces por la superficie (Sutton y Harmon, 1999) en cuanto a la ventaja de los pozos artesianos es que no necesitan de bomba para elevar el agua (Tarbuck y Lutgens, 2005).

##### **Pozos tubulares**

Los pozos tubulares, son obras hidrogeológicas de acceso a uno o más acuíferos para la captación de agua subterránea, para su construcción se usa una sonda perforadora en forma vertical que tiene que tener un diámetro mínimo de 101,6 mm (4") (Galdiano et al., 2007).



### 2.1.5. Arsénico

El arsénico es un elemento natural de la corteza terrestre; que se distribuye por todo el medio ambiente, se lo encuentra en el aire, el agua y la tierra. En su forma inorgánica es muy tóxica, raramente se la encuentra en su forma sólida, su estado más común es en sulfuros, también tiene tres estados alotrópicos. el Gris o metálico, amarillo y negro. La arsenopirita (Fe As S) en la forma más abundante (Alós y Juvina, 2005).

El arsénico (As) es un material sólido puro y de color gris acero, cuando se mezcla con otros elementos se lo conoce como arsénico inorgánico y combinado con carbono e hidrógeno, arsénico orgánico. Gran parte de los compuestos inorgánicos y orgánicos del arsénico son polos de color blanco que no se evaporan; ni poseen olor o algún sabor especial, siendo así difícil distinguirlo por medio de los sentidos (Ambiental, 2007).

Según Ramírez (2013) menciona que el arsénico (As) es un elemento natural ampliamente distribuido en la corteza terrestre, químicamente está como metaloide porque posee propiedades de metálicas y no metálicas; sin embargo, con frecuencia se lo relaciona más como un metal.

Es común encontrarlo en aguas naturales, en rocas, suelos, la hidrosfera y la biosfera. Se transporta por el ambiente gracias a varios procesos algunos naturales (meteorización, actividad biológica, emisiones volcánicas), y otros antropogénicos (aguas residuales, actividad minera, uso de combustibles fósiles, uso de pesticidas y herbicidas).

La OMS, estableció la reducción del límite del contenido de arsénico en agua de consumo de 0.05 a 0.01 mg/L (Berg, 2006).



### **2.1.5.1. Arsénico en el agua.**

En condiciones normales, el arsénico, tiene cuatro estados de oxidación, los más comunes son sus estados trivalentes  $As+3$ (arsenitos) y pentavalente  $As+5$  (arsenatos), en las aguas naturales se presenta en forma inorgánica, en condiciones aeróbicas y aguas superficiales, es frecuente encontrar el arsénico en estado pentavalente  $As+5$ , mientras que, en aguas profundas o de pozo, en anaerobiosis es más común encontrarlo en estado trivalente  $As+3$ . Cuando el pH es de 4 a 10.

El  $As+5$  tiene carga negativa, debido a esto tiene una mayor eficiencia en los sistemas de remoción, por lo contrario, el  $As+3$  en un pH de 4 a 10 no posee carga, cuando las condiciones favorecen la oxidación química y biológica se induce el cambio a especies pentavalentes e inversamente, aquellas que favorecen la reducción, cambian el equilibrio al estado trivalente (Bournod. 2010).

### **2.1.5.2. Arsénico en las aguas subterráneas.**

De acuerdo con Berg (2006) menciona que el Arsénico (As) es muy normal al encontrarlo en aguas subterráneas, en rocas y suelos, en la hidrosfera y la biosfera a su vez se desplaza con facilidad al medio ambiente a través de combinaciones de procesos que fluyen tanto procesos naturales (meteorización, actividad biológica, emisiones volcánicas), así como sucesiones antropogénicas (aguas residuales, actividad minera, uso de combustibles fósiles, uso de pesticidas y herbicidas). Es así que ha llevado a la (OMS), Organización Mundial de la Salud a implantación de la reducción del límite mínimo y máximo del contenido de Arsénico (As) en aguas de consumo humano de 0,05 a 0,01 mg/L.



Los valores de fondo de concentración de arsénico en aguas subterráneas son, para la mayoría de los casos, inferiores a 0.01 mg/L. Las concentraciones altas no se restringen a determinadas condiciones o ámbitos, apareciendo en acuíferos en condiciones oxidantes y de pH alto, acuíferos en condiciones reductoras, acuíferos con circulación geotermal, acuíferos afectados por procesos ligados a la actividad minera o relacionados con depósitos minerales, y acuíferos ligados a otros procesos antropogénicos (actividad industrial, asentamientos urbanos, actividad agropecuaria, etc.). Sin embargo, la mayor parte de los acuíferos con contenidos altos de arsénico tienen un origen ligado a procesos geoquímicos naturales. A diferencia de la contaminación antropogénica, la cual genera una afección de carácter más local, la ocurrencia de concentraciones altas de arsénico de origen natural afecta a grandes áreas. Los numerosos casos de “contaminación” natural de aguas subterráneas por arsénico que existen en el mundo están relacionados con ambientes geológicos muy diferentes metasedimentos con filones mineralizados, formaciones volcánicas, formaciones volcano-sedimentarias, distritos mineros, sistemas hidrotermales actuales, cuencas aluviales terciarias y cuaternarias, etc. (Welch, 2000).

### **2.1.5.3. Toxicidad del Arsénico**

Es un contaminante importante del agua de consumo, ya que es una de las pocas sustancias que se ha demostrado que producen cáncer en el ser humano por consumo de agua potable. Hay pruebas abrumadoras, de estudios epidemiológicos, de que el consumo de cantidades altas de arsénico en el agua potable, está relacionado causalmente con el desarrollo de cáncer en varios órganos, en particular la piel, la vejiga y los pulmones. En varias partes del



mundo, las enfermedades producidas por arsénico, como el cáncer, constituyen un problema significativo de salud pública. Dado que la reactividad y toxicidad del arsénico inorgánico trivalente son mayores que las del arsénico inorgánico pentavalente, se cree generalmente que la forma trivalente es la cancerígena (OMS, 2001).

La exposición a niveles muy bajos puede producir náuseas y vómitos, disminución del número de glóbulos blancos y rojos, ritmo cardiaco anormal, fragilidad capilar y una sensación de hormigueo en las manos y en los pies, la ingestión o inhalación prolongada de niveles bajos de arsénico inorgánico puede producir oscurecimiento de la piel y aparición de pequeños callos o verrugas en la palma de las manos, la planta de pies y el torso. El contacto de la piel con arsénico inorgánico puede producir enrojecimiento e hinchazón (ATSDR, 2017).

La inhalación de niveles altos de arsénico, puede producir dolor de garganta e irritación de los pulmones. La ingestión de niveles muy altos de arsénico puede ser fatal; a exposiciones muy altas de arsénico inorgánico puede ser causar infertilidad y abortos en mujeres, puede causar perturbación de la piel, pérdida de la resistencia a infecciones, perturbación en el corazón y daño del cerebro tanto en hombres como en mujeres; finalmente, el arsénico inorgánico puede dañar el ADN.

Según Baur (1969), alteraciones cardíacas, vasculares y neurológicas, lesiones hepáticas y renales, repercusiones en el aparato respiratorio y lesiones cutáneas que avanzan progresivamente hasta las neoplasias: estos son los riesgos a los que se expone quien consume agua con excesivo contenido de arsénico durante un tiempo prolongado.



### **Intoxicación aguda**

En la intoxicación aguda por arsénico, la muerte sobreviene debido a un colapso cardiovascular y a un shock hipovolémico. La dosis letal en humanos para el trióxido de arsénico ingerido es de 70 a 180 mg, o aproximadamente 600 microgramos por kg/día (ATSDR, 2007).

El inicio de una neuropatía periférica puede presentarse varias semanas después de la exposición inicial al arsénico. Las líneas de Mee pueden hacerse visibles en las uñas varias semanas o meses después de una intoxicación aguda por arsénico. Las líneas de Mee son líneas blancas y transversales que aparecen en las uñas (Rossman, 2007).

La toxicidad directa del arsénico inorgánico en las células epiteliales del tracto digestivo, unida a la inhibición enzimática sistémica, puede provocar una gastroenteritis profunda, a veces con hemorragia, minutos u horas después de la ingesta de arsénico (Caldwell et al., 2008).

### **Intoxicación crónica**

En este tipo de intoxicación crónica ha sido observada en medio profesional, en pacientes tratados a largo plazo con medicaciones arsenicales y por consumo habitual de agua de pozo con altas concentración de arsénico. Su diagnóstico clínico es difícil porque los síntomas que aparecen inicialmente son poco característicos. Puede haber o no alteraciones gastrointestinales, y una serie de trastornos inespecíficos, principalmente anorexia, pérdida de peso, debilidad y malestar general. Otros síntomas pueden hacerse más o menos evidentes, facilitando el diagnóstico: dermatitis, estomatitis, neuropatía periférica con incoordinación y parálisis y alteraciones hematológicas. Los trastornos cutáneos (EPA, 2001).



Según la IARC y el NRC, la asociación más fuerte entre la exposición crónica al arsénico y el cáncer se da con los cánceres de piel, pulmón y vejiga. El cáncer de hígado, el de riñón, y otros tipos de cánceres presentan una fuerza limitada de asociación (IARC, 2004; NRC, 2000).

#### **2.1.5.4. Hidroarsenicismo crónico regional endémico (HACRE)**

El Hidro-arsenicismo Crónico Regional Endémico (HACRE) es una enfermedad producto de la exposición de la población a la ingestión prolongada o crónica de aguas que contenga sales de arsénico (hidroarsenicismo), que afecta a en su mayoría parte de la población de una región (Berg, 2001).

Es una enfermedad producto de la exposición de la población a la ingestión prolongada de aguas que contengan sales de arsénico, afectando en su mayoría parte de la población de una región (Berg, 2001).

Los primeros síntomas se manifiestan después de residir un tiempo prolongado en las zonas endémicas. Existe sudoración en las palmas de las manos y plantas de los pies, descamación y prurito. El periodo hiperqueratósico, es el síntoma más constante de la enfermedad, la hiperqueratosis se manifiesta de manera difusa o localizada; las lesiones que pueden ser simétricas en palmas y plantas, pueden llegar a comprometer el dorso de manos y pies (Infante y Palomino, 1994).

El periodo melanodermico, la piel muestra una serie de manchas que comienzan en el tronco y se extienden sin afectar las mucosas por todo el cuerpo. La pigmentación generalmente no es uniforme y puede variar, desde el bronceado al negro humo subsistiendo puntos de piel de color normal. En el periodo de complicaciones se puede producir una displasia inicial moderada



a nivel de la piel que con el tiempo puede evolucionar a una displasia severa, que por lo general provoca la muerte. (Infante y Palomino, 1994; CONAPRIS, 2006).

Progresivamente la enfermedad evoluciona en cuatro periodos:

- Hiperhidrosis palmoplantar con prurito y descamación, conjuntivitis, vómitos o diarreas.
- Hiperqueratosis palmoplantar con lesiones dolorosas que impiden caminar y realizar tareas manuales.
- Melanodermia del tronco y parte superior de los miembros y Cancerización (cáncer de Hutchinson, epiteloma de Bowen).

#### **2.1.5.5. Toxicocinética del Arsénico**

##### **A. Absorción**

Las principales vías son: oral, cutánea y respiratoria, por estar ellas más relacionadas a las formas de exposición. Por vía Digestiva el arsénico inorgánico es más fácil por ser cáusticos y orgánicos es errática. Por vía inhalatoria, se absorbe a través de los pulmones implicando dos procesos, como la deposición de las partículas en la superficie del pulmón, y la absorción del arsénico del material depositado, es limitada para los compuestos inorgánicos excepto para la arsina). Y por la vía cutánea es pobre para todos los compuestos (Pinto y McGill, 1953).

##### **B. Distribución**

Se distribuye en todos los tejidos del cuerpo, se encuentra en mayor concentración en el hígado y riñón, también en músculos, hueso, cerebro,



pulmones, corazón, páncreas, bazo, piel, uñas y cabellos (Benramdane et al., 1999).

La distribución en los tejidos indica que los niveles de arsénico en los riñones, hígado, bilis, cerebro, huesos, piel y la sangre es de 2 a 25 veces más para las formas trivalentes que para las formas pentavalentes y aumentando en gran medida a dosis más altas. (Health assessment document for inorganic arsenic, 1984).

El arsénico inorgánico atraviesa la barrera placentaria, produciendo concentraciones importantes en el feto. Altos niveles de arsénico fueron encontrados en hígado, riñón y cerebro en la autopsia de infantes nacidos prematuramente. El arsénico también fue detectado en leche materna en estudios realizado por la OMS, hallando concentraciones de 0.00013 a 0.00082 ppm y el realizado en mujeres andinas expuestas a altas concentraciones de arsénico en agua de consumo humano se encontró concentraciones de 0.0008 a 0.008 ppm de arsénico (Lugo et al., 1998).

### **C. Metabolismo**

El primer proceso involucrado son las reacciones de oxidación/reducción que convierten el arsenato y el arsenito y el segundo son las reacciones de metilación las cuales convierten el arsenito a monometilarsenato (MMA) y dimetilarsenato (DMA) ambas especies metiladas. Por lo tanto, el cuerpo humano tiene la habilidad de cambiar el arsénico inorgánico a formas orgánicas menos tóxicas (MMA y DMA) y esta es eliminada más rápidamente en la orina que las formas inorgánicas (Menzel, et al., 1994).



## **D. Eliminación**

Principalmente por la orina y heces. También por la leche materna, uñas, cabellos y bilis. La proporción relativa de  $As+3$ ,  $As+5$ , ácido monometilarsónico y ácido dimetilarsónico en la orina varía dependiendo de la forma administrada, vía de exposición, tiempo después de la exposición y cantidad de dosis. El DMA es el principal metabolito, con niveles más bajos de arsénico inorgánico ( $As+3$  y  $As+5$ ) y MMA. En los humanos la proporción relativa es de 40 a 60% de DMA, 20 a 25% de arsénico inorgánico y 15 a 25% de MMA (Buchet et al., 1981).

### **2.1.6. Marco Legal Para la Evaluación de la Calidad de Agua**

#### **2.1.6.1. Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano –**

##### **Ministerio de Salud Perú**

El acceso al agua potable es una necesidad primaria y por lo tanto un derecho humano fundamental, en este contexto era necesario actualizar el Reglamento de los requisitos Oficiales Físicos, Químicos y Bacteriológicos que deben reunir las aguas de bebida para ser consideradas potables, que por su antigüedad (1946), se hacía inaplicable; es entonces que en el año 2000, la Dirección General de Salud Ambiental, asume la tarea de elaborar el “Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano”, tarea que el 26 de setiembre del 2010, a través del D. S. N° 031-2010-SA, se vio felizmente culminada.

El presente Reglamento establece las disposiciones generales con relación a la gestión de la calidad del agua para consumo humano, con la finalidad de garantizar su inocuidad, prevenir los factores de riesgos sanitarios, así como proteger y promover la salud y bienestar de la población.



Límite máximo permisible: son los valores máximos admisibles de los parámetros representativos de la calidad del agua. (Letterman y American Water Works Association, 2002).



**Tabla 1. Parámetros Químicos Inorgánicos**

<b>PARÁMETROS INORGÁNICOS</b>	<b>UNIDAD DE MEDIDA</b>	<b>LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE</b>
1. Antimonio	mg Sb L-1	0.020
2. Arsénico	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	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. Níquel	mg Ni L-1	0.020
14. Nitratos	mg NO <sub>3</sub> L-1	50.00
15. Nitritos	mg NO <sub>2</sub> 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:** Reglamento de la Calidad de Agua para Consumo Humano. D. S. N°031-2010-SA



### **2.1.6.2. Guías Para la Calidad de Agua Potable – Organización**

#### **Mundial de la Salud**

El arsénico es un elemento distribuido extensamente por toda la corteza terrestre, en su mayoría en forma de sulfuro de arsénico o de arseniatos y arseniuros metálicos. Los compuestos de arsénico se utilizan comercialmente y en la industria, principalmente como agentes de aleación en la fabricación de transistores, láseres y semiconductores. La principal fuente de arsénico del agua de consumo es la disolución de minerales y menas de origen natural. Excepto en las personas expuestas al arsénico por motivos laborales, la vía de exposición más importante es la vía oral, por el consumo de alimentos y bebidas. En ciertas regiones, las fuentes de agua de consumo, particularmente las aguas subterráneas pueden contener concentraciones altas de arsénico se considera una sustancia a la que debe darse una prioridad alta en el análisis sistemático de fuentes de agua de consumo humano. Con frecuencia, su concentración está estrechamente relacionada con la profundidad del pozo. Valor de referencia: 0,01 mg/l.

### **2.1.6.3. Los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental Para Agua**

Tiene como objetivo establecer el nivel de concentración o el grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el agua, en su condición de cuerpo receptor y componente básico de los ecosistemas acuáticos que no representa riesgos significativos para la salud de las personas ni para el medio ambiente. ECA clasifica los cuerpos del agua del país para el medio ambiente. Para evaluar la calidad de las aguas del país respecto a sus usos, ya sean terrestres o marítimos.



### **Artículo 63.- Estándar de Calidad Ambiental – ECA.**

El estándar de Calidad Ambiental (ECA) es la medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente. Según el parámetro en particular a que se refiera, la concentración o grado podrá ser expresada en máximos, mínimos o rangos. El ECA es obligatorio en el diseño de las normas legales y las políticas públicas. El ECA es un referente obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental.

### **Artículo 64.- Límite Máximo Permisible – LMP.**

Es la medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o a una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente. Aprobación de los estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua.

### **Aprobación de los estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua.**

Aprobar los estándares de calidad ambiental para agua, con el objetivo de establecer el nivel de concentración o el grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente. Los estándares aprobados son aplicables a los cuerpos de agua del territorio nacional en su estado natural y son obligatorios en el diseño de las normas legales y las políticas públicas siendo



un referente obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental (WHO, 2004).

### **2.1.7. Espectroscopía de Absorción Atómica por la Técnica de Horno de Grafito.**

La espectroscopía de absorción atómica es una técnica para determinar la concentración de un elemento metálico determinado en una muestra. Puede utilizarse para analizar la concentración de más de 62 metales diferentes en una solución. Aunque la espectroscopía de absorción atómica data del siglo XIX, la forma moderna fue desarrollada en gran medida durante la década de los 50 por un equipo de químicos de Australia, dirigidos por Alan Walsh (Welz, 1983).

Es un método de química analítica cuantificable que está basado en la atomización del analito en matriz líquida y que utiliza comúnmente un nebulizador pre-quemador (o cámara de nebulización) para crear una niebla de la muestra y un quemador con forma de ranura que da una llama con una longitud de trayecto más larga, en caso de que la transmisión de energía inicial al analito sea por el método "de llama". La niebla atómica es desolvatada y expuesta a una energía a una determinada longitud de onda emitida ya sea por la dicha llama, o una lámpara de cátodo hueco construida con el mismo analito a determinar o una Lámpara de Descarga de Electrones (EDL). Normalmente las curvas de calibración no cumplen la Ley de Beer-Lambert en su estricto rigor.

La temperatura de la llama es lo bastante alta para que la llama de por sí no mueran los átomos de la muestra de su estado fundamental. El nebulizador y la llama se usan para desolvatar y atomizar la muestra, pero la excitación de los átomos del analito es hecha por el uso de lámparas que brillan a través de la llama a diversas longitudes de onda para cada tipo de analito. En AA la cantidad de luz absorbida

después de pasar a través de la llama determina la cantidad de analito existente en la muestra. Hoy día se utiliza frecuentemente una mufla de grafito (u horno de grafito) para calentar la muestra a fin de desolvatarla y atomizarla, aumentando la sensibilidad (Schrenk, 1986).

*Figura 1. Espectrofotómetro de absorción atómica, SHIMADZU AA-6800*



#### **2.1.8. Evaluación del conocimiento**

El conocimiento es una mezcla de información, experiencias, valores y saber hacer, que sirve como un marco para la incorporación de información y nuevas experiencias, y es muy útil para la acción, el conocimiento existe dentro de las personas como parte de la complejidad humana y de nuestra impredecibilidad.

Sánchez (1990) menciona que el conocimiento que es el conjunto de información almacenada de una persona, adquirida en forma cualitativa y cuantitativa, logrados por la integración de los aspectos sociales, intelectuales y



experiencias en la actividad práctica de la vida diaria con los que sus conceptos y su saber determina el cambio de conducta frente a situaciones problemáticas, la adquisición del conocimiento es a partir de dos formas básicas como: el informal a través de actividades ordinarias de la vida , y formal mediante informaciones y experiencias seleccionadas que tiene como logros y metas específicas. Por consiguiente, la demanda básica global que hace la sociedad a la educación es la distribución del conocimiento socialmente válido y a partir de esta demanda es que se dice que un sistema educativo no es de calidad si no nos transmite conocimiento socialmente válido.

El ministerio de Educación del Perú, menciona que los conocimientos son las teorías, conceptos y procedimientos legados por la humanidad en distintos campos del saber es la escuela quien trabaja con conocimientos contruidos y validados por la sociedad global y por la sociedad en la que están insertos. La escuela y los sistemas escolares son instituciones sociales que se desarrollaron en un momento determinado de la historia para dar respuesta a necesidades concretas. Los sistemas escolares son desde su creación, el dispositivo social para la distribución del conocimiento socialmente válido (MINEDU, 2006).

### **2.1.9. Evaluación de las actitudes**

En el Currículo Nacional de Educación Básica MINEDU (2006) se define que las actitudes son disposiciones o tendencias para actuar de acuerdo o en desacuerdo a una situación específica. Son formas habituales de pensar, sentir y comportarse de acuerdo a un sistema de valores que se va configurando a lo largo de la vida a través de las experiencias y educación recibida.



El concepto de actitud designa un estado de predisposición psicológica adquirida y organizada a través de la propia experiencia, que incita al individuo a reaccionar de una manera característica frente a determinadas personas objetos o situaciones, siendo una predisposición a la acción (Papalia, 1985).

Otra de las características esenciales de las actitudes es que constituyen un fenómeno mental. Es decir, las actitudes reflejan una tendencia evaluativa que no es directamente observable desde fuera del propio sujeto. Por tanto, se hace necesario inferir las actitudes de las personas a partir de ciertos indicadores (Guirado et al., 2011).



## 2.2. ANTECEDENTES

Un estudio realizado por Caballero et al. (2010), presencia de arsénico en pozos y en cultivos en Oaxaca, México, tuvo como objetivo determinar los niveles de arsénico en agua de pozos y en cultivos. Se muestrearon pozos semi profundos, y cultivos como frijol, tomate, maíz y lechuga, durante un periodo de 10 meses. La primera fase fue el diagnóstico de la determinación mensual del arsénico en los pozos, y en la segunda, el análisis de los cultivos. En los resultados del análisis de agua hubo arsénico cuyo promedio fue 0,1 mg/l en niveles que superan lo establecido en la norma oficial mexicana. Y en los cultivos comestibles de frijol, tomate, maíz y lechuga, no se encontró evidencias sobre la presencia de Arsénico.

En otra investigación Revuelta et al. (2003), contaminación por Arsénico en Aguas Subterráneas en la Provincia de Valladolid-España, los objetivos de esta investigación fueron, la determinación de los niveles de Arsénico en diferentes puntos, para instaurar la extensión del problema y seleccionar de un grupo de pozos para el estudio de su evolución y posterior seguimiento. El primer muestreo se analizó 63 puntos situados en la zona afectada. Tuvo un promedio de 0.038 mg de As/L. El 88% de los pozos sobrepasaron la concentración de 0.01 mg/L y el 32 % superaron 0.05 mg/L. Casi un 10 % superó 0.1 mg/L. Se seleccionaron 14 puntos de control, se tomaron muestras mensualmente, por todo un año. A finales del año, no se encontraron diferencias estadísticas significativas en la concentración entre los meses.

Una investigación realizada por Navoni et al. (2012), riesgo sanitario de la población vulnerable expuesta al arsénico en la provincia de Buenos Aires, Argentina el objetivo fue determinar la concentración de arsénico en agua recolectada en localidades de dicha provincia. Se cuantificó la concentración de As en 152 muestras provenientes de 52 localidades durante el periodo 2003–2008 mediante la técnica de espectrofotometría



de absorción atómica. Las concentraciones de As de tuvieron un rango amplio, de 0.0003 a 0.187 mg/L, con un promedio de 0.04 mg/L. El 82% de las muestras analizadas superan al valor límite permisible de 0.01 mg/L.

Una tesis realizada por Guillen y Torres (2015), determinación y Monitoreo de Arsénico en agua potable de fuentes superficiales y de Manantial suministrada por Sedapar, cuyo objetivo fue la determinación de Arsénico mediante Espectroscopía de Absorción Atómica en la matriz de agua potable en la ciudad de Arequipa. Se tomaron 240 muestras de agua de los distritos; Cayma, Cerro Colorado, Sabandia, Tiabaya, Sachaca, Tingo, Yanahuara, y Cercado. Los resultados en los distritos de Sabandia, Tiabaya, Sachaca y Tingo, tuvieron promedios de 0.053, 0.042, 0.034 y 0.032 mg/L respectivamente, siendo fuentes de manantial y cuentan con concentraciones de As más elevadas. Mientras en los distritos de Yanahuara, Cayma, Cercado y Cerro colorado, tuvieron promedios de 0.024, 0.023, 0.022 y 0.024 mg/L respectivamente, siendo de fuentes superficiales. Con un promedio total de 0.031 mg/L. Se encuentran por encima de los límites máximos permisibles según las normas técnica.

Un estudio realizado por Flores y Pérez (2009) determinaron niveles arsénicos en el agua, proveniente de Sedapal, cisternas y de pozo en el distrito de Puente Piedra. Se tomaron 38 muestras de agua para consumo humano, 13 provienen de SEDAPAL, 13 de cisterna y 12 de agua de pozo, mediante el método espectrofotométrico de absorción atómica con horno de grafito. Se determinó la concentración de As total de muestras provenientes de Sedapal con un promedio de 0.009 mg As/L de cisterna fue de 0.005 mg As/L, por lo tanto, no superan la concentración máxima permisible según la OMS cuyo valor es (0.01 mg As/L) finalmente se halló que la concentración As en agua que provienen de pozo con promedio de 0.022 mg As/L, por consiguiente, se encuentra por encima del límite permisible según normas técnicas.



El estudio llevado a cabo por Mamani (2019), determinó la concentración de Arsénico, en muestras de agua para consumo humano de pozos perforados en el distrito de Juliaca. Se tomaron 12 muestras, la profundidad estuvo entre 3 a 18 metros, seguidamente se determinó la concentración de As, por la técnica espectrometría de emisión óptica de plasma acoplado inductivamente, cuyos resultados se reportaron el valor más alto de concentración de Arsénico 0,165 mg/L, con promedio de 0,089 mg/L. Estos valores fueron superiores a lo recomendado por la Organización Mundial de la Salud, de 0,01 mg/L. Además de la presencia de As también se encontró Pb (0,041 mg L<sup>-1</sup>) y otros metales traza.

En el estudio de Apaza (2019) evaluaron la concentración de arsénico en aguas para consumo humano de origen subterráneo ubicado en la asociación de viviendas Nueva Jerusalén, se analizaron 10 pozos. El arsénico se analizó por el método espectrométrico de absorción atómica, como resultado 8 muestras de los pozos subterráneas presentan concentraciones de arsénico menor a 0.005 mg/L y las demás muestras tienen concentraciones de 0.108 y 0.106 mg/L respectivamente, con un promedio de 0.025 mg/L. Estos valores superan los límites máximos permisibles según normas técnicas.

Por otro lado, en el uso de encuestas, Zaldarriaga (2013) determinó mediante encuestas en habitantes, el conocimiento de la población de Winifreda-Uruguay, sobre el daño que causa en la salud el consumo de agua con presencia de arsénico, estableciendo la relación a la edad, grado de instrucción y lugar. Los resultados de esta investigación determinaron que la población encuestada posee conocimientos acerca del As en el agua de pozos de la localidad que habitan, pero no saben que enfermedades puede provocar su consumo continuo.



El reporte de Tapia (2012) el consumo de agua segura en familias de la comunidad de Colon, Portoviejo, Ecuador, realizaron la implementación de un programa de promoción de prácticas sanitarias, capacitación al equipo de salud y sensibilización a la comunidad para mejorar su calidad de vida. El 40% de las familias realizan la desinfección del agua usando cloro, pero no realizan de manera técnica, sino por el criterio, más cloro se adiciona, mejora la calidad de agua y un 60% de las familias no realizan la desinfección. El programa implementado demostró que la mejora de la calidad de agua en los domicilios a través del tratamiento, más el almacenamiento seguro permite disminuir la incidencia de enfermedades transmitidas por el agua.

Por otro lado, el estudio Quispe y Valencia (2012) determinaron el nivel de conocimiento sobre el consumo de agua segura en madres de la jurisdicción del puesto de salud de Huayllay Grande, Lircay, Huancavelica. En su mayoría son madres jóvenes que habitan en esta jurisdicción, más de la mitad almacenan el agua de consumo en baldes, la cuarta parte en bidones y en mínima proporción almacenan en cilindros de plástico. Se concluye que, el grado de instrucción de madres jóvenes que predominó fue analfabeta con un 48% por lo tanto su conocimiento es bajo, por su grado de instrucción tienen desconocimiento del consumo de agua segura, principalmente en la manipulación de los recipientes de almacenamiento, desinfección de bidón o baldes y cloración.

Un estudio realizado por Campodónico (2019), realizó un diagnóstico del estado actual de la concentración de Arsénico en las Aguas de Consumo Humano del Centro Poblado Cruz del Medano en Mórrope, Provincia y departamento de Lambayeque. Se realizó un diagnóstico del problema recolectando datos de encuesta, observación y análisis de espectrometría para determinar el nivel de arsénico en el agua para el consumo humano. Los resultados indicaron que la población tiene conocimiento de esta problemática, pero no conocen los distintos peligros que puede ocasionar la exposición a



este metal, la mayoría de los pobladores ya llevan mucho tiempo habitando este centro poblado, por lo tanto, el tiempo de exposición ha generado en los habitantes alguna enfermedad debido a la presencia del arsénico, pero la mayoría manifiesta que no presenta síntomas relacionados a la exposición a este elemento tóxico. Además, los resultados obtenidos del análisis del agua superan los límites permisibles según estándares de calidad ambiental respecto al As.



## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. LUGAR DE ESTUDIO

El trabajo de investigación se realizó en cuatro urbanizaciones del distrito de Juliaca, geográficamente ubicada en la provincia de San Román, perteneciente al departamento de Puno, por sus coordenadas, su ubicación es de 15°29'27" latitud sur y 70°07'37" longitud oeste del Meridiano de Greenwich. Perteneciente a la región Suni, con una altitud de 3825 msnm. Presenta un clima frígido con escasa humedad que varía por estaciones del año, en algunas temporadas como en el mes de agosto soporta fuertes corrientes de viento y precipitaciones pluviales en verano (SENAMHI, 2014).

Las muestras fueron analizadas en el laboratorio de Unidad de Servicios de Análisis Químicos de la Facultad de Química e Ingeniería Química de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Ubicada en el Cercado de Lima Av. Venezuela Cuadra 34, en el distrito de Lima (SENAMHI, 2014).

#### 3.2. POBLACIÓN

La población está conformada por 360 familias de cuatro urbanizaciones del distrito de Juliaca, el número de familias las constituyen: Selva Alegre Etapa I (47), Costa alegre (40), Alfonso Ugarte (80) y Néstor Cáceres Velásquez (193). Están ubicadas en la salida al departamento de Arequipa, provincia de Lampa, Huancané y Puno, respectivamente (MPSR-J, 2015).

### 3.3. MUESTRA

Se determinó el tamaño de muestra utilizando el método probabilístico, con la fórmula de tamaño de muestra finita, con un nivel de confianza de 95%, la población de las urbanizaciones del distrito de Juliaca estuvo conformada por 360 familias (MPSR-J, 2015).

$$n = \frac{N z^2(p)(q)}{E^2 (N - 1) + z^2(p)(q)}$$

$$n = \frac{360 (1.96)^2 \times 0.5 \times 0.5}{(0.1)^2 \times (360 - 1) + (1.96)^2 \times 0.5 \times 0.5} \quad n = 76$$

**Donde:**

N = Tamaño de la población

E = Error de muestra (10% = 0.1)

z = Nivel de confianza (95% = 1.96)

p = Probabilidad de éxito

q = Probabilidad de fracaso

La muestra estuvo conformada por 76 pozos para su análisis y número de familias para ser encuestadas. Con 17 familias de las urbanizaciones; Costa Alegre, Selva Alegre y Alfonso Ugarte; y 25 familias de la urbanización Néstor Cáceres Velásquez, son distribuidas de la siguiente manera.

**Tabla 2.** Distribución del número de muestras de agua y familias de 4 Urbanizaciones del distrito de Juliaca.

Urbanizaciones	Número de muestras	%
Costa Alegre	17	22.4
Selva Alegre	17	22.4
Alfonso Ugarte	17	22.4
Néstor Cáceres Velásquez	25	32.9
<b>TOTAL</b>	<b>76</b>	<b>100</b>

Fuente: Elaboración propia

La distribución por proporciones del número de muestra de agua y familias se determinó en forma porcentual, estuvo conformada por el 21.1% del tamaño de muestra en la población de 360 hogares, distribuidas en la siguiente tabla.

**Tabla 3.** Distribución por proporciones del número de muestras de agua y familias en 4 urbanizaciones del distrito de Juliaca.

Urbanizaciones	Proporciones %
Costa Alegre	4.72
Selva Alegre	4.72
Alfonso Ugarte	4.72
Néstor Cáceres Velásquez	6.94
<b>TOTAL</b>	<b>21.1</b>

Fuente: Elaboración propia

### 3.4. MATERIALES

#### 3.4.1 Pozos

- Agua de pozos tomadas en 4 urbanizaciones del distrito de Juliaca.



### **3.4.2. Equipos**

- Espectrofotómetro de absorción atómica, SHIMADZU AA-6800
- Horno de grafito GFA-EX7
- Computadora.
- Plancha térmica
- Balón de gas con argón de 99.999% de pureza

### **3.4.3. Material de laboratorio**

- Frascos Erlenmeyer de 300 mL
- Probetas de 50.0 mL
- Pipetas volumétricas clase A de 1, 2, 5, y 10 mL.
- Recipientes de Teflón de 1 L
- Vasos de 0,5 y 1,0 L
- Fiolas de 50 y 100 mL clase A

### **3.4.4. Material de campo**

- Cámara fotográfica
- Tablero
- Lapicero
- Lápiz
- Fichas de encuesta
- Fichas de registro de datos
- Rótulos elaborados



### 3.4.5. Reactivos

- Estándar certificado de arsénico de 1000  $\mu\text{g/mL}$
- Solución diluyente de Ácido clorhídrico HCl, 10%
- Ácido sulfúrico H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 2.5 N
- Diluyente: Agua ultra pura

## 3.5. METODOLOGÍA

### 3.5.1. Recolección de muestras de agua de pozos

Para la recolección y manipulación de las muestras de aguas se tomaron en cuenta las siguientes consideraciones:

- El volumen de agua requerido fue concordante con el método de ensayo para el parámetro evaluado.
- El envase para la toma de muestras debe tener las características apropiadas para el tipo de análisis, tal como menciona en las guías y manuales de análisis de la calidad de agua. Por lo cual se ha tomado cuenta las técnicas y recomendaciones para la recolección de las muestras de agua. En el presente trabajo de investigación para la toma de muestras se utilizará envases descartables (NTP, 2012).
- Posteriormente se realizó la toma de muestra de los pozos tubulares de la válvula de la manguera más cercana al pozo y se dejó fluir el agua por unos 2 minutos para el muestreo adecuado (NTP, 2012), para pozos artesanales se utilizó un envase de plástico limpio para sacar el agua con ayuda de una cuerda.



- La recolección de las muestras de agua de pozos, se realizó empleando un frasco de polietileno de 500 ml.
- Luego se procedió al etiquetado según la procedencia, código, volumen, nombre de la persona que realizó el muestreo, fecha y hora de recolección.
- Las muestras ya tomadas fueron colocadas en un “Cooler” con gel refrigerante para garantizar su adecuada preservación hasta su llegada al laboratorio.

### **3.5.2. Determinación de Arsénico por Espectroscopia de Absorción Atómica por la Técnica de Horno de Grafito**

Las 76 muestras fueron analizadas en el laboratorio de Unidad de Servicios de Análisis Químicos de la Facultad de Química e Ingeniería Química de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos de la Ciudad de Lima. Este método de ensayo establece la metodología para el análisis total mediante espectroscopia de absorción atómica. Este método, es aplicable para la determinación del contenido de arsénico, según lo establecido en la norma NCh 409/1 – Of. 2005.

Esta normativa técnica se usa para determinar arsénico en aguas y efluentes industriales en el rango de 0.001mg/L a 0.05mg/L, es posible determinar mayores o menores concentraciones por dilución o concentración de la muestra respectivamente.



### 3.5.3. Grado de Conocimiento del Consumo de Agua

#### A. Muestra

Para el presente trabajo de investigación, el tamaño de muestra estuvo representado por 76 familias, con la finalidad de conocer el estado actual del conocimiento de la población respecto a la problemática del agua que es consumida por los pobladores y se encuentra contaminada con arsénico. Por cada urbanización y el muestreo será probabilístico, por conveniencia, considerando los criterios de inclusión y exclusión.

- **Criterios de Inclusión**

El criterio para identificar hogares será enfocado a las familias compuestas por hijos mayores de edad y a padres de familia que principalmente tiene 1 a más hijos como integrantes de familias.

- **Criterios de Exclusión**

Familias que no habitan en la urbanización.

#### B. Elaboración de la encuesta

Para poder determinar el grado de conocimiento y actitudes del consumo de agua y Arsénico en 76 familias del distrito de Juliaca, se elaboró una encuesta que consta de 18 interrogantes; de 7 preguntas de actitudes sobre el manejo del agua y 11 de conocimiento sobre Arsénico con alternativa múltiple, a escala de calificación de Likert, estuvo conformado por 3 alternativas, para la encuesta de conocimiento (Conoce, conoce poco y no conoce) y actitudes (Adecuado, poco adecuado y no adecuado).



### **C. Ejecución de la encuesta**

Para el desarrollo del cuestionario, se procedió a visitar a cada domicilio, previa coordinación con los presidentes de urbanización y barrios, el investigador se presentó a las familias con un saludo cordial, seguido de un dialogo amigable con cada uno de sus miembros identificándose con su nombre y Escuela Profesional de procedencia, se dio a conocer la razón y propósito de la investigación, describiéndolo en forma explícita el procedimiento, lográndose así la aceptación para por parte de las familias, todo esto ayudará a crear una relación favorable, de confianza y seguridad que les permitirá sentirse cómodos (as), para expresar sus opiniones en forma honesta y así puedan responder el instrumento. Se procedió a realizar las preguntas al jefe de familia o a algún integrante. Al concluir con el llenado del cuestionario. Se agradeció a la familia por su tiempo brindado.

### **D. Procesamiento y análisis de datos**

Después de la recolección, se procedió al procesamiento de datos y análisis, usando el programa Microsoft Excel, ayudó cuantificar y clasificar los resultados de las encuestas, a medida que se digitalizaron los datos, se realizó los gráficos y tablas, mediante porcentajes que permitió analizar y dar una conclusión final.

### **E. Proceso de validación de cuestionario para el estudio de investigación**

Para el proceso de validación se contó con 30 familias del distrito de Juliaca. Para observar que son comprensibles, objetiva y lógica las preguntas del cuestionario, previamente solicitando su participación y



explicando el propósito de estudio, con la finalidad de realizar el ajuste de las preguntas y alternativas.

#### 3.5.4. Análisis Estadístico

Los datos de la variable (nivel de arsénico) fueron analizados mediante el diseño completo al azar, siendo el modelo aditivo lineal el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + U_i + E_{ij}$$

**Donde:**

$Y_{ij}$  = Variable respuesta

$\mu$  = Media poblacional

$U_i$  = Efecto del i-esimo tratamiento (urbanizaciones)

$E_{ij}$  = Error experimental

Para el grado de conocimientos se utilizó tabla de frecuencia y se interpretó en forma porcentual.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. NIVELES DE ARSÉNICO

Los resultados de los niveles de concentración de Arsénico en el agua de consumo humano de los pozos de las urbanizaciones Néstor Cáceres Velásquez, Costa Alegre, Alfonso Ugarte y Selva Alegre del distrito de Juliaca, se presenta en la siguiente tabla.

**Tabla 4.** Concentración de Arsénico (mg/L) en aguas de pozos del distrito de Juliaca, según zonas

ZONAS	N° DE MUESTRAS	PROMEDIO	D. S.	VALORES EXTREMOS
Urb. Néstor Cáceres Velásquez (Salida Puno)	25	0.03 <sup>a</sup>	0.01	0.01 - 0.04
Urb. Costa Alegre (Salida Lampa)	17	0.03 <sup>a</sup>	0.01	0.01 - 0.04
Urb. Alfonso Ugarte (Salida Huancané)	17	0.03 <sup>a</sup>	0.01	0.01 - 0.04
Urb. Selva Alegre (Salida Arequipa)	17	0.03 <sup>a</sup>	0.01	0.01 - 0.04

<sup>a</sup> Letras iguales indican que no hay diferencias significativas ( $P>0.05$ ), D. S.= Desviación estándar, Urb. = Urbanización

En la tabla 4, se observa los niveles de concentración de arsénico en el agua de pozos, por efecto de zonas del distrito de Juliaca; el ANVA (anexo 1), muestra que no se encontró diferencias estadísticas significativas en la variación de los niveles de arsénico en el agua de pozos de abastecimiento del distrito de Juliaca; expresando como promedio de  $0.03 \pm 0.01$  mg de As/L de agua ( $P>0.05$ ). Esta semejanza se debería a que el arsénico se encuentra en la corteza terrestre, el mismo que se encuentra ampliamente disperso en la naturaleza y que su causa puede ser natural, por lixiviaciones naturales que son extendidas hacia los acuíferos, lagos y pozos, y en pequeña proporción de prácticas agrícolas realizando el uso indiscriminado de fungicidas y plaguicidas en el cultivo de papa y quinua, que son factores de



contaminación del agua por arsénico, Los valores encontrados en el presente estudio superan los límites máximos permisibles según la OMS. Estos valores encontrados en el presente estudio son superiores al reporte de Caballero et al. (2010) quien registra la concentración de As detectada en el agua de pozos a lo largo de diez meses, excedió en todos los casos el valor de (0,025 mg/l), se efectuó un análisis de varianza ( $\alpha=0,05$ ) a las concentraciones de arsénico en el agua, no reveló diferencia estadística en el comportamiento de la concentración de arsénico, esto se debe por la lixiviaciones naturales pertenecientes al paraje “Flor de Guayabal”, en Tlacolula, Oaxaca, México. Hubo establecido como límite por la norma oficial mexicana NOM-127- SSA1-1994 y el valor límite de 0,01 mg/l, indicado por la Organización Mundial de la Salud y la Agencia de Protección al Ambiente de los Estados Unidos. Esto indica que existe el riesgo de afecciones a la salud humana y de contaminación al ambiente en la región por la contaminación de los pozos contaminados. Igualmente, Flores y Pérez (2009) en el distrito de Puente Piedra-Lima. También hallaron la concentración promedio de arsénico en el agua de consumo humano proveniente de pozo fue de 0.022 mg As/L, la cual está por encima del límite permisible establecido por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y se observó que el 100% de las muestras supera el límite permisible.

De manera similar, Apaza (2019) en la Asociación Nueva Jerusalén, Juliaca - Puno. Donde se monitorearon pozos subterráneos con una media de 0.025 mg As / L de agua. Los que indican agua contaminada ya que sobrepasa los límites máximos permisibles de acuerdo al D. S. N° 031-2010 S. A. establecido para aguas de consumo humano donde no se encuentra ningún factor contaminante minero que pueda provocar la contaminación del agua subterránea, no obstante, se podría decir que estas provienen o son generados por lixiviaciones naturales. La movilidad del arsénico en



el agua subterránea es controlada por reacciones como la disolución/precipitación, adsorción/desorción, y la reducción/oxidación (Panagiotaras et al., 2012). A un conjunto de condiciones (pH, Eh, concentración, adsorción, contenido de materia orgánica, existencia de sales disueltas, presencia de cationes y aniones, clima, y temperatura) (Plumlee y Logsdon, 1999). La adsorción del As (V) en las superficies de los coloides de suelos y sedimentos es un proceso muy importante, que afecta su movilidad. Los grupos hidroxilo de la superficie de algunos minerales son los sitios de adsorción más abundantes y reactivos, particularmente en los óxidos e hidróxidos de hierro, aluminio y magnesio que tienen fuerte afinidad por el As (V). (Mayorga 2014). Por otro lado, Mamani (2019) argumenta, la contaminación de As. esta influenciada por las altas concentraciones de hierro, fosfatos, iones de amonio y actividades antropogénicas como el uso de fertilizante, pesticidas y herbicidas en la agricultura.

Valores superiores al presente de estudio registra Revuelta et al. (2003) en la Provincia de Valladolid – España. El valor medio hallado fue de 0.038 mg de As/L. El 88 % de los pozos superaron la concentración de 0.01 mg/L y el 32 % superaron 0.05 mg/L. Casi un 10 % superó 0.1 mg/L. Se ha comprobado que los factores importantes que afectan la química de arsénico y por lo tanto su movilidad en suelos o sedimentos se deben a la solución química, pH, las condiciones redox (Gulens et al., 1979). Asimismo, Mamani (2019) en el distrito Juliaca – Perú. Determinó la contaminación de aguas subterráneas por As, en muestras de agua para el consumo humano, reportó el valor más alto de concentración de As (0,146 mg L<sup>-1</sup>) y el valor con menor concentración de As (0,017 mg L<sup>-1</sup>) con una media de (0,073 mg L<sup>-1</sup>). Estos valores fueron superior a la directriz recomendado por la Organización Mundial de la Salud de 0,01 mg. Entre otras teorías, la presencia de arsénico en aguas

subterráneas también puede obedecer a diferentes causas y/o orígenes, que estas producen problemas de contaminación natural o provocada. Según Lillo (2002) las concentraciones altas de Arsénico no se restringen a determinadas condiciones o ambientes, la mayor parte de los acuíferos con contenidos altos de arsénico tienen un origen ligado a procesos geoquímicos naturales.

## 4.2. GRADO DE CONOCIMIENTO SOBRE EL CONSUMO DEL AGUA

### 4.2.1. Encuesta sobre Conocimientos

Los resultados de la encuesta de conocimientos sobre el consumo del agua y Arsénico en familias de 4 urbanizaciones del distrito de Juliaca se presentan en la siguiente tabla.

*Tabla 5. Frecuencia de respuestas de los consumidores sobre el nivel de conocimiento del consumo de agua y Arsénico en pozos.*

Pregunta	Respuestas	Número de encuestados	%
<b>1: ¿Que es el Arsénico?</b>	Desinfectante	15	23.68
	Plaguicida	6	14.47
	<b>Metal pesado</b>	<b>47</b>	<b>61.84</b>
	Total general	<b>76</b>	<b>100.00</b>
<b>2: ¿Dónde cree que se encuentra principalmente el Arsénico?</b>	Aparatos electrónicos	11	14.47
	En el plástico	9	11.84
	<b>En el agua</b>	<b>56</b>	<b>73.68</b>
	Total general	<b>76</b>	<b>100.00</b>
<b>3: ¿Como nos contaminamos con el Arsénico?</b>	Manejar materiales como fierros	17	22.37
	No sabe	4	6.58
	<b>Consumiendo alimentos contaminados con arsénico</b>	<b>54</b>	<b>71.05</b>
	Total general	<b>76</b>	<b>100.00</b>
<b>4: ¿Que causaría en nuestra salud por el consumo de agua con Arsénico?</b>	Cálculos renales	41	53.95
	No causa peligros	6	15.79
	<b>Cáncer de hígado y piel</b>	<b>23</b>	<b>30.26</b>
	Total general	<b>76</b>	<b>100.00</b>
<b>5: ¿Cuáles son los síntomas por</b>	Perdida de cabello	10	17.11



<b>intoxicación aguda por consumir agua con arsénico?</b>	Tos y fiebre	15	19.74
	<b>Vómitos y dolor abdominal</b>	<b>48</b>	<b>63.16</b>
	Total general	76	<b>100.00</b>
<b>6: ¿Cuáles son los síntomas por intoxicación crónica por consumir agua con arsénico?</b>	Calambres musculares	23	36.84
	Diarrea	26	42.11
	<b>Cáncer de pulmón, próstata y riñón</b>	<b>16</b>	<b>21.05</b>
	Total general	<b>76</b>	<b>100.00</b>
<b>7: ¿Cómo se mide la calidad del agua?</b>	Concentración de turbidez de agua	23	42.11
	Medida del pH	16	31.58
	<b>Medida de concentración de un elemento físico, químico o biológico</b>	<b>20</b>	<b>26.32</b>
	Total general	<b>76</b>	<b>100.00</b>
<b>8: ¿Cuál es el valor máximo permisible de arsénico en agua para el consumo?</b>	0.05 miligramos de As/L	21	38.16
	0.10 miligramos de As/L	19	30.26
	<b>0.01 miligramos de As/L</b>	<b>24</b>	<b>31.58</b>
	Total general	<b>76</b>	<b>100.00</b>
<b>9: ¿Cuál es la entidad que brinda servicios sobre la calidad del agua para el consumo?</b>	Seda Juliaca	64	84.21
	No sé	4	6.58
	<b>ANA</b>	<b>7</b>	<b>9.21</b>
	Total general	<b>76</b>	<b>100.00</b>
<b>10: ¿Que actividades del hombre contribuye a la contaminación de pozos?</b>	Comercio de aceros y metales	13	22.37
	Comercio de material reciclado	10	21.05
	<b>Uso de pesticidas y herbicidas</b>	<b>43</b>	<b>56.58</b>
	Total general	<b>76</b>	<b>100.00</b>
<b>11: ¿Que tratamiento debe hacerse el agua con arsénico?</b>	Haciendo hervir el agua	27	40.79
	Ningún tratamiento	21	28.95
	<b>Purificando el agua por Coagulación - Filtración</b>	<b>23</b>	<b>30.26</b>
	Total general	<b>76</b>	<b>100.00</b>

En la tabla 5, se observa la preguntas y frecuencia de respuestas de 76 encuestas aplicadas a los pobladores de las 4 urbanizaciones del distrito de Juliaca. A continuación,



se analizan las respuestas por cada pregunta respecto al grado de conocimiento del consumo de agua.

Pregunta 1: El 61.84% de 76 encuestados respondieron que el Arsénico es un metal pesado, lo que indicaría que el nivel de conocimiento que si conoce. Siendo favorable por que los habitantes tienen conocimiento básico de este metal.

Pregunta 2: Un 73.68% de las personas manifiestan que, el arsénico se encuentra en el agua, esto indica que los usuarios tienen un nivel de conocimiento que si conoce.

Pregunta 3: El 71.05% de los encuestados indican que nos contaminamos consumiendo alimentos con la presencia de este metal, lo cual refleja que si conoce; siendo esto propicio, porque las familias tienen conocimiento de las fuentes principales de contaminación por Arsénico.

Pregunta 4: El 53.95% de las personas conoce poco sobre cómo es que perjudica a la salud lo cual implica realizar implementar promoción de la salud a favor de los pobladores encargadas; y solo el 30.26% manifiesta que el consumo de agua con Arsénico causa cáncer de hígado y piel, lo cual indica que si conoce.

Pregunta 5: De los 76 encuestados, el 63.16% de las personas manifestaron que, les causa vómitos y dolor abdominal, por intoxicación aguda al consumir agua con Arsénico lo cual se califica de que si conoce; mientras el resto requiere fortalecer capacidades para evitar el consumo de agua contaminada.

Pregunta 6: El 42.11% de las personas respondieron que el síntoma por intoxicación crónica es la diarrea lo cual indica que no conoce. Mientras que el 21.05% de los encuestados mencionan que causa cáncer de pulmón, próstata y riñón. Por lo tanto, si conoce.

Pregunta 7: El 42.11% de las personas encuestadas manifestaron que la turbidez del agua, mide la calidad del agua que consume, lo cual se califica que no conoce; esto



indica la falta de capacitación de familias en las urbanizaciones del distrito de Juliaca. Solo el 26.32% si conoce, respondiendo la calidad del agua se mide a través de elementos físicos, químicos o biológicos que contiene el agua de consumo.

Pregunta 8: Un 31.58% de los usuarios respondieron que el valor máximo permisible del Arsénico en el agua de consumo es de 0.01 miligramos de As/Litro, lo cual se califica de que si conoce. El 30.26% de los encuestados aducen de que, no conoce al responder de que la concentración del metal pesado es 0.10 de As/Litro establecida por la organización mundial de la salud, esta respuesta indica que están expuestos de adquirir enfermedades causadas por el Arsénico.

Pregunta 9: Solo el 9.21% de los encuestados manifiesta que la entidad que brinda servicios sobre la calidad del agua es el ANA lo cual califica de que, si conoce, mientras que el 84.21% de los usuarios indican que la entidad que brinda servicios sobre la calidad del agua es SEDA Juliaca, se encuentran en un nivel de conocimiento que poco conoce, esto demuestra que las personas confunden la labor que desempeñan estas instituciones, por lo tanto, requiere orientación los usuarios.

Pregunta 10: El 56.58% de los encuestados indican que la industria metalúrgica, tintes y pesticidas son las actividades que contribuye a la contaminación de las aguas subterráneas, es calificado que si conoce; y el resto de los encuestados están expuestos al riesgo de contaminarse al estar en contacto con la manipulación pesticidas y herbicidas, este último practicado en la agricultura.

Pregunta 11: Solo el 30.26% de las personas saben que el tratamiento adecuado del agua con Arsénico es mediante la purificación del agua por Coagulación – Filtración, la respuesta indica que si conoce. Y un 40.49% de los encuestados cree que el tratamiento del agua con arsénico es haciendo hervir el agua, tienen una calificaron que no conoce; por lo que resulta preocupante y denota que existe deficiente información por parte de las



entidades encargadas de la salud pública, esto puede corregirse mediante las campañas de capacitación hacia los habitantes de las zonas periurbanas del distrito de Juliaca.

De acuerdo con Zaldarriaga (2013) en su investigación establecen que la población posee conocimientos acerca del contenido de arsénico en el agua de pozo de la localidad, pero no saben que enfermedades puede provocar su consumo continuo. Así mismo Campodónico (2019) argumenta que la población tiene conocimiento sobre el Arsénico, sin embargo, desconocen de los distintos peligros que ocasiona a la exposición de dicho metal. También Nieto (2016), reportó que el 67% tienen un nivel medio de conocimientos sobre el consumo del agua, en madres de asentamiento humano. Mientras que, Quispe y Valencia (2012) reportaron el grado de instrucción en madres de un asentamiento humano, el 48% desconocen del consumo de agua lo cual indica que por su grado de instrucción desconocen el consumo de este líquido.

La OMS sugiere que el arsénico es una amenaza para la salud pública reside en la utilización de agua contaminada para beber, preparar alimentos, así mismo la exposición prolongada a este metal por el consumo de agua y alimentos contaminados puede causar cáncer de piel (OMS, 2006). También Rossman (2007) argumenta, que el arsénico está presente de forma natural en niveles altos en las aguas subterráneas de varios países y este metal es muy tóxico en su forma inorgánica. El reporte Saha (1999), refiere que la intoxicación aguda inicia con sensación quemante en labios y disfagia. Acompañada con síntomas gastrointestinales como, dolor abdominal, diarrea profusa, náusea y vómitos violentos. Mientras que Lepori (2015) indica la intoxicación crónica provoca cáncer de hígado, pulmón, vejiga, riñón, próstata y piel. También alteraciones en el desarrollo, afecciones cardiovasculares, neurotoxicidad y diabetes.

El resultado obtenido sugiere que la población Juliaqueña no posee los conocimientos suficientes sobre el arsénico y las consecuencias en la salud del consumo

de agua contaminada con arsénico. Si bien la encuesta contenía preguntas muy básicas respecto al arsénico y enfermedades producidas por el mismo. Sería de vital importancia para la salud pública que se planifiquen nuevas campañas de educación para el control y prevención de enfermedades producidas por el arsénico, que estén involucrados los gobiernos locales y personal de salud, siendo una herramienta vital para la difusión de la problemática, ya que la población tiene un déficit de conocimiento relacionado con la falta de información, se podrá revertir esta situación con el transcurso de los años.

#### 4.2.2. Encuesta de Actitudes

Los resultados de la encuesta de actitudes sobre el consumo del agua en familias de 4 urbanizaciones del distrito de Juliaca se presentan la siguiente tabla.

**Tabla 6.** Frecuencia de respuestas de los consumidores sobre las actitudes en el consumo del agua de pozos.

Pregunta	Respuestas	Número de encuestados	%
<b>1 ¿Qué tipo de pozo tiene?</b>	Artesanal	43	43.42
	Tubular	33	56.58
	Aforado	0	0.00
	<b>Total general</b>	<b>76</b>	<b>100.00</b>
<b>2: ¿Que utiliza para cubrir el pozo?</b>	Calamina	17	25.00
	Tapa de madera	18	27.63
	Tapa de metal	36	47.37
	<b>Total general</b>	<b>76</b>	<b>100.00</b>
<b>3: ¿Que utiliza para saca agua del pozo?</b>	Balde con sogá	25	32.89
	Bomba eléctrica	51	67.11
	Bomba manual	0	0.00
	<b>Total general</b>	<b>76</b>	<b>100.00</b>
<b>4: ¿Dónde almacena el agua después de sacarla de pozo?</b>	Cilindros	14	23.68
	Balde con tapa	35	48.68
	Tanques de agua	16	27.63
	<b>Total general</b>	<b>76</b>	<b>100.00</b>
<b>5: ¿Como consume el agua del pozo?</b>	Hervida	72	95.00
	Sin hervir	4	5.00
	<b>Total general</b>	<b>76</b>	<b>100.00</b>
	Cada 3 meses	20	26.32

<b>6: ¿Cada cuánto tiempo limpia el pozo?</b>	Una vez al año	22	28.95
	No limpia el pozo	34	44.74
	<b>Total general</b>	<b>76</b>	<b>100.00</b>
<b>7: ¿Que utiliza para desinfectar el pozo?</b>	Cloro en pastilla	3	7.89
	Cloro liquido comercial	39	53.95
	No utiliza algún producto	24	38.16
	<b>Total general</b>	<b>76</b>	<b>100.00</b>

En la tabla 6, se observa la preguntas y frecuencia de respuestas de la encuesta aplicada a los pobladores de urbanizaciones del distrito de Juliaca. A continuación, se analizan las respuestas por cada pregunta respecto a la encuesta de actitudes del consumo de agua.

Pregunta 1: El 56.58% de las personas encuestadas poseen pozos de tipo tubular, mientras que el 43.42% tienen pozos artesanales, lo que indica que la actitud en las personas es poco adecuada.

Pregunta 2: Los habitantes de las urbanizaciones del distrito de Juliaca, el 47.37% utilizan tapas de metal para cubrir sus pozos, al cual se califica como Adecuado, es considerado como el método más eficiente para cubrir los pozos. El 27.63% de las personas utilizar tapas de madera para cubrir los pozos y el otro 25.00% utilizan calaminas para cubrir, el cual no es muy aconsejable el uso para tapar los pozos, pero siendo el más económico.

Pregunta 3: El 67.11% de las personas encuestadas utilizan bombas eléctricas para extraer agua del pozo, calificado como método de extracción adecuado, mientras que el 32.89% de los encuestados utilizan baldes con agua para el proceso de extracción del agua, por lo que este método no es recomendado, pero siendo este el más económico.



Pregunta 4: Un 48.68% de los encuestados realizan el almacenamiento de aguas en baldes con tapas, poseen una calificación poco adecuada, el 23.68% usan cilindros y el 27.63% hacen uso de tanques de agua para su almacenamiento de para su consumo diario, siendo este último el adecuado.

Pregunta 5: El 95.00% de los habitantes encuestados dicen hervir el agua antes de consumirla al cual se le califica como adecuada, pero el 5% de los usuarios consume el agua directamente del pozo, no es recomendable esta actitud, porque algunos pozos no están debidamente tratados.

Pregunta 6: Los habitantes de las urbanizaciones del distrito de Juliaca refleja un 44.74% que no realiza la limpieza de los pozos, es calificado como no adecuado. Siendo esto preocupante para la salud de los pobladores que podrían contraer distintas enfermedades. Pero esto puede corregirse mediante campañas de sensibilización y concientización hacia la población Juliaqueña. Mientras que el 28.95% realiza una vez al año la limpieza de pozos y un 26.32% realizan la limpieza cada 3 meses, esta última actividad es el adecuado.

Pregunta 7: Un 53.95% de los encuestados realiza la desinfección de los pozos usando cloro liquido comercial, posee una calificación adecuada; el 38.16% no hace uso de algún producto para la desinfección y el 7.89% dice utilizar pastillas de cloro, siendo este método de desinfección el más aconsejable pero el costo del producto no permite utilizar por los bajos ingresos que tienen las familias.

Laime y Quispe (2018) En las actitudes sobre tratamiento de agua intradomiciliaria en familias, el 50% de las familias realizan la práctica adecuada porque saben los beneficios y la importancia que se obtiene al realizar el tratamiento y el otro



50% lo realiza de manera incorrecta o no realizan, esto debido a que desconocen el tema y la falta de interés por parte de las familias.

Reyes y Altamirano (2015) reportaron las actitudes del manejo seguro del agua de consumo humano, el método más utilizado para la desinfección de pozos fue el cloro líquido comercial mientras que, el resto de la población no utilizaba ningún método de desinfección y la mayoría no realizaban esta práctica, representando un factor de riesgo para la contaminación del agua de pozo que consumen, ejerciendo como hábitat de diferentes microorganismos, por lo que requiere capacitaciones por autoridades de la promoción de salud pública en mantener la calidad del agua e higiene personal.

Tapia (2013) reportó que el 40% de las familias de la comunidad desinfectan los pozos con cloro líquido comercial, pero no lo hacen de manera técnica, más bien el criterio es que mientras más cloro pone, es mejor calidad de agua, y un 60% de familias no desinfectan los pozos. La OMS respalda la desinfección del agua en pozos, la forma más común es el tratamiento con cloro, tiene las ventajas de estar fácilmente disponible en los mercados locales, ser sencillo de medir y de usar, y de fácil disolución en el agua (OMS, 2006).

Por otro lado, Granda (2014) reportó las características socioeconómicas de los habitantes de un barrio, influyen sobre el consumo de agua y por consiguiente en la proliferación de enfermedades ya que el 16,4% de personas que habitan, no cuentan con recipientes adecuados para almacenar el agua, mientras que, Reyes y Altamirano (2015) reportaron que, menos de la mitad de los pobladores utilizaban baldes con tapadera, el Manual de vigilancia y Control de la Calidad del Agua recomiendan, utilizar recipientes que garanticen el almacenamiento del agua, la forma y tamaño del recipiente deben ser apropiados, con manija para facilitar su transporte, tener una base estable para



estacionarlo sin peligro de que se voltee, el recipiente deberá ser durable e inoxidable, resistente a las quebraduras y la boca debe facilitar el llenado y limpieza, tener tapa y grifo, para extraer el agua preferentemente de plástico (Manual de vigilancia y Control de la Calidad del Agua; Ministerio de Salud Pública, 2010). También la OMS recomienda, para asegurar la protección sanitaria de los pozos, para la extracción del agua, la instalación de bombas manuales o eléctricas y la adición de una tapa que se pueda cerrar e impedir la contaminación de los pozos (OMS, 1998).



## V. CONCLUSIONES

Los niveles de arsénico en pozos domésticos para el consumo humano en las cuatro urbanizaciones del distrito de Juliaca superan los límites permisibles según las normas técnicas y esto indicaría que las aguas de pozos no son aptas para consumo humano.

La evaluación del grado de conocimiento en las familias de cuatro urbanizaciones del distrito de Juliaca sobre el consumo del agua y Arsénico respondió el 43.18% de que si conoce y el 56.82% no conoce sobre la exposición al Arsénico de 76 encuestados, por lo tanto, más de 50% de usuarios se encuentran expuestos al consumo del agua contaminada con arsénico y el grado de actitudes sobre el consumo de agua evidencian que practican actitudes adecuadas.



## VI. RECOMENDACIONES

Realizar monitoreo continuo de las concentraciones de Arsénico (As) pozos en el distrito de Juliaca, a fin de comprender mejor el comportamiento e identificar las fuentes de contaminación natural y/o antropogénica y realizar pruebas de remoción de Arsénico y otros metales, con distintos métodos.

Investigar la concentración de arsénico en muestras de orina, uñas y cabellos, de la población que no cuenta con acceso al agua potable, ya que el Arsénico es una de las mayores amenazas para la salud pública que afecta a la calidad de vida debido a su alta toxicidad y su presencia generalizada.

Que la empresa SEDA JULIACA S.A. realice el abastecimiento de agua potable a través de cisternas para los habitantes de las zonas periurbanas del distrito de Juliaca.

Se recomienda también que las autoridades competentes planificar anualmente campañas de salud sobre los efectos del As en la salud de las personas; así como realizar proyectos de ampliación de agua potable. Esto ayudará a concienciar y a mejorar la salud de la población afectada.



## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdul, S., Jayasinghe, S., Chandana, P., Jayasumana, C. y Silva, C. (2015). Arsenic and human health effects: A Review. *Environ Toxicol Pharmacol.* 2015;40(3):828-46. doi: 10.1016/j.etap.2015.09.016.
- Abernathy, C. y Morgan, A. (2001). Exposure and Health Effects. Un synthesis report on arsenic in drinking water [Internet]. Geneva, Switzerland: World Health Organization.
- Acaso, E., Martín, M., Moya, E., Ruíz, B. y Calonge, A. (2006). Geología y geomorfología del campus externo de la Universidad de Alcalá. Cuadernos del Campus. Naturaleza y Medio Ambiente. España.
- (ATSDR) Agency for Toxic Substances and Disease Registry. (2007). Toxicological profile for arsenic. Draft for Public Comment. Atlanta: US Department of Health and Human Services.
- Alos, R. y Juviña, J. (2005). "Monitorización potenciométrica de la bioadsorción del ion cobre (II) en raspo de uva. Proyecto final de la carrera. Barcelona. España.
- Barrios, N. (2009). Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente CEPIS/ OPS, OMS, Guía de orientación en saneamiento básico para alcaldías de municipios rurales y pequeñas comunidades.
- Baur, L. y Onishi, J. (1969). Minerales de arsénicos más frecuentes.
- Benramdane, L., Accominotti, M. y Fanton, L. (1999). Arsenic speciation in human organs following fatal arsenic trioxide poisoning--a case report. *Clin Chem* 45(2):301-306.



- Berg, M., Tran, C. y Nguyen, C. (2001). “La contaminación por arsénico de las aguas subterráneas y el agua potable en Vietnam: una amenaza para la salud humana”.
- Boletín del Comité Sectorial de Agua y Saneamiento. (1999). N° 4 Lima – PERÚ. Ingeniería Civil y Medio Ambiente (citado 2008, 16 mayo) disponible desde: [http://www.miliarium.com/monografias/Arsenico/ProblematICA Castilla\\_Leon.as](http://www.miliarium.com/monografias/Arsenico/ProblematICA Castilla_Leon.as) p. 4.
- Bournod, L. y Cabezas, E. (2010). “composición química de arsénico” en España. Welch A. H., Westjohn D. B., Helsel D. R., Wanty R. B. (2000). “Arsénico en el agua subterránea de los Estados Unidos: ocurrencia y geoquímica. Agua Subterránea, Pág. 38, 589, 604”.
- Boyle, W. y Jonasson, R. (2002). “La geoquímica del arsénico y su uso como un elemento indicador en la prospección geoquímica”.
- Buchet, J., Lauwerys, R. y Roels, H. (1981). Comparison of the urinary excretion of arsenic metabolites after a single oral dose of sodium arsenite, monomethyl arsonate or dimethylarsinate in man. *Int Arch Occup Environ Health* 48:71-79.
- Caballero, P., Carrillo, J., Gomez, R., y Jerez, M. (2010). Presencia de arsénico en pozos y en cultivos de Oaxaca, México. *Agronomía Mesoamericana*, 21(1), 177-184.
- Caldwell, L., Jones, L y Verdon, P. (2008). Levels of urinary total and speciated arsenic in the US population: National Health and Nutrition Examination Survey 2003-2004. *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology*. 1-10.
- Campodonico, M. (2019). Diagnóstico del estado actual de la concentración de arsénico en las aguas de consumo humano del Centro Poblado Cruz del Médano en Mórrope.



- COMISIÓN ECONÓMICA PARA EUROPA. (1995). Protection and Sustainable USE of Waters: Recommendations to ECE Governments. Ginebra.
- CONAPRIS (2006). Epidemiología del Hidroarsenicismo crónico regional endémico en la República Argentina. INFORME FINAL. Argentina.
- Cuéllar, N. y Duarte, R. (2001). Alteración del ciclo hidrológico en El Salvador tendencias y desafíos para la gestión territorial. Programa salvadoreño de investigación sobre desarrollo y medio ambiente (Prisma). El Salvador, Nicaragua.
- Fawell, J. y Nieuwenhuijsen, J. (2003). Contaminants in drinking water, environmental pollution and health. Br. Med. Bull., 2003; 68(1): 199-208.
- Flores, R. y Pérez E. (2009). Tesis para optar al título profesional de Químico Farmacéutico: “Determinación de arsénico, por absorción atómica, en agua de consumo humano proveniente de SEDAPAL, de cisterna y de pozo del distrito de Puente Piedra”. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima.
- Galdiano, V., Souza, M., Borella, I. y Quaglia, C. (2007). Manual de Perforación de Pozos Tubulares para Investigación y Captación de Agua Subterránea en el Sistema Acuífero Guaraní» Primera edición, Montevideo.
- Gasque, L. (2013). Arsénico, el elemento inclasificable. Educación Química, 24, 495-500. doi: [https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(13\)72519-9](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(13)72519-9)
- Gramajo, P. (2004). Determinación de la calidad del agua para consumo humano y uso industrial, obtenida de pozos mecánicos en la zona 11, México, Guatemala.



- Granda, K. (2014). Consumo de agua segura en familias del barrio 24 de septiembre que acuden al S.C.S rayito de luz de Machala durante el segundo trimestre. P.S Rayito de Luz, Colombia.
- Guillen, E., y Torres, V. (2015). Determinación y Monitoreo de Arsénico en Agua Potable de Fuentes Superficiales y de Manantial, Provistas por Sedapar” Arequipa 2014.
- Gulens, J., Champ, R., y Jackson, E. (1979). Influence of redox environments on the mobility of arsenic in groundwater. In: Jenne, E.A. (ed) Chemical Modeling in Aqueous Systems. American Chemical Society, 81-85.
- Guirado, C., Stewart, G., Morales, M. y Morales, J. (2011). Psicología Social. España: McGraw-Hill España.
- Health assessment document for inorganic arsenic (1984). Research Triangle Park, NC, US Environmental Protection Agency, p. 351 (Final report, No. EPA-600/8-83-021F).
- Hirata, R. y Rebouças, A. (2001). La protección de los recursos hídricos subterráneos: una visión integrada, basada en perímetros de protección de pozos y vulnerabilidad de acuíferos.
- Huillca, M., y Apaza, L. (2019). Evaluación de la concentración de Arsénico en aguas subterráneas para consumo humano en la Asociación Nueva Jerusalén, Juliaca-Puno.
- (IARC) International Agency for Research on Cancer (2004). IARC Monograph on the Evaluation of Carcinogenic Risk to Humans. Some Drinking Water Disinfectant and Contaminants, Including Arsenic. Vol. 84. Lyon, France: International Agency for Research on Cancer.



- Iliná, A., Martínez, J., Segura, E., Villarreal, J. y Gregorio, K. (2009). Biosorción de arsénico en materiales derivados de maracuyá. *Rev. Int. Contam. Ambient.* 25: 201-216.
- INSTITUTO NACIONAL DE HIGIENE, EPIDEMIOLOGÍA Y MICROBIOLOGÍA. (1992). Criterios para el perfeccionamiento de las Normas de Calidad Sanitaria de las aguas de Uso recreativo. Ministerio de Salud. CUBA.
- Infante, L. y Palomino, S. (1994). Cuantificación espectrofotométrica de Arsénico en aguas de consumo humano en la vertiente del Rio Rímac. Para optar al título profesional de Químico Farmacéutico: Universidad Nacional Mayor de San Marcos - Lima.
- Kumar, R. y Riyazuddin, P. (2010). Preservation of inorganic arsenic species in environmental water samples for reliable speciation analysis. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 29(10), 1212-1223.
- Lepori, C. (2015). Hidroarsenicismo crónico regional endémico en Argentina. *Acta Bioquímica Clínica Latinoamericana* 49(1):83–104.
- Letterman, D. y American Water Works Association (2002). Calidad y tratamiento del agua. Manual de suministro de agua comunitaria. 5a ed. McGraw Hill Interamericana de España. Madrid, España, 834 p.
- Lillo, J. (2002). Peligros geoquímicos: Arsénico de origen natural en las aguas. Escuela Superior de Ciencias Experimentales y Tecnología. Universidad Rey Juan Carlos. España.
- Lugo, G., Cassady, G. y Palmisano P. (1969). Acute maternal arsenic intoxication with neonatal death. *Am J Dis Child* 117:328-330.



- Mamani, W. (2019). Contaminación de las Aguas Subterráneas por Arsénico (As) el caso del distrito de Juliaca–Perú.
- Mamani, W. (2019). Determinación de la concentración de Arsénico (As) total en las aguas subterráneas de pozos tubulares en el distrito de Juliaca y medidas de mitigación.
- Mandal, K. y Suzuki, K. (2002). Arsenic round the world: A review. *Talanta* 58: 201-235.
- Manual de vigilancia y Control de la Calidad del Agua; Ministerio de Salud Pública; 2010.
- Mayorga, M. (2014). Arsénico en aguas subterráneas su transferencia al suelo y a la planta. Tesis Doctoral. Universidad Valladolid, Escuela Universitaria de Ingenierías Agrarias
- Menzel, D., Ross, M. y Oddo, S. (1994). A physiologically based pharmacokinetic model for ingested arsenic. *Environ Geochem Health* 16:209-218.
- Ministerio de Educación (2016). Diseño Curricular Nacional de Educación Básica Regular – Resolución Ministerial N°649-20160 MINEDU.
- Monroy, J. (2019). Efectos en la Salud Producidos por Valores Elevados de Arsénico en el Agua, en la Población de Camaná 2014-2018 [Tesis, Universidad Católica de Santa María]. <http://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/handle/UCSM/8688>.
- Mora, D. (1996). Situación del agua de consumo humano y evacuación de excretas en América Latina y el Caribe. Reunión Regional sobre la Calidad del Agua Potable. Lima, CEPIS.



Municipalidad Provincial de San Román – Juliaca (2015).

<https://munisanroman.gob.pe/portal>.

Navoni, A., De Pietri, D., García, S., y Villamil, C. (2012). Riesgo sanitario de la población vulnerable expuesta al arsénico en la provincia de Buenos Aires, Argentina. *Revista Panamericana de Salud Pública*, 31, 1-8.

Nieto, T. (2016). Relación del nivel de conocimiento y hábitos de consumo del agua en las madres del Asentamiento Humano la Mansión II, Socabaya Arequipa 2016.

Nordberg, G., Fowler, B. y Nordberg, M. (1986). *Handbook of the toxicology of metals*, Vol. II. Amsterdam-New York-Oxford, Elsevier.

ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD (2004). Técnicas para la construcción de captaciones de aguas superficiales.

ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD (1988). Guías para la calidad del agua potable. Vol. 3. Control de la calidad del agua potable en sistemas de abastecimiento para pequeñas comunidades. Washington D. C., OPS.

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (2004). Guías para la calidad del agua potable. OMS. Ginebra.

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (2006). Guías para la calidad del agua potable primer apéndice a la tercera edición Volumen 1 Recomendaciones Organización Mundial de la Salud.

Panagiotaras, D., Panagopoulos, G. Papoulis, D. & Avramidis, P. (2002). Arsenic Geochemistry in Groundwater System, En *Geochemistry – Earth System Processes*. Ed. Intech Europe, University Campus STE Croatia, (pp 27-38).



- Papalia. "Psicología Social". Editorial Me Graw Hill". Primera Edición 1985. España.  
Pág. 629- 630.
- Paredes, J. (2012). Remoción de arsénico del agua para uso y consumo humano mediante diferentes materiales de adsorción. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Pinto, S. y McGill, M. (1953). Arsenic trioxide exposure in industry. *Industrial medicine & surgery*, 22(7), 281–287.
- Plumlee, G. y Logsdon, M. (1999). The Environmental Geochemistry of Mineral Deposits, Part 6<sup>a</sup> Processes, techniques, and Health issues En Reviews in Economic Geology, vol 6<sup>a</sup>. Society of Economic Geologist. pp 371.
- Quintero, D. y Herrera, I. (2009). “Microbiología De Aguas Subterráneas en la Región Sur del Municipio de Valledupar-Cesar” [Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar el título de Microbiólogo]. Universidad Popular del Cesar. Facultad Ciencias de la Salud.
- Quispe, Y. y Valencia C. (2012). Conocimientos sobre consumo de agua segura en madres de la jurisdicción del puesto de salud Huayllay. Tesis. Huancavelica.
- Ramesh, A. y Riyazuddin, P. (2010). Preservation of inorganic arsenic species in environmental water samples for reliable speciation analysis. *Trends in Analytical Chemistry*, 29(10), 10, p. 1212-1223.
- Ramírez, V. (2013). Exposición ocupacional y ambiental al arsénico: actualización bibliográfica para investigación científica. In *Anales de la Facultad de Medicina* (Vol. 74, No. 3, pp. 237-248). UNMSM. Facultad de Medicina.



- Revuelta, C., Álvarez, J., Benítez, A., Diez, M., y Rodríguez, B. (2003). Contaminación por arsénico en aguas subterráneas en la provincia de Valladolid: variaciones estacionales. *Estudios de la zona no saturada del suelo*, 1.
- Reynolds, J. (1986). *Manejo integrado de aguas subterráneas, Un reto para el futuro*. Editorial Universidad Estatal a Distancia. San José. 348 p.
- Reyes, P. y Altamirano, I. (2015). *Conocimientos, actitudes y prácticas sobre el manejo seguro del agua de consumo humano y su relación con la salud en los pobladores de la comarca La Virgen, Estelí*.
- Rojas, R. (2002). *Guía para la vigilancia y control de la calidad del agua para consumo humano*.
- Rossmann T. (2007). Arsenic. In: Rom W and Markowitz S eds. *Environmental and Occupational Medicine*, 4th ed. Lippincott Williams & Wilkins, pp1006-1017.
- Sáenz, F. (1999). *Identificación de áreas críticas para el manejo de la cuenca del río Pacuare, Costa Rica*. Tesis Mag. Se. Turrialba, CR, CATIE. 145 p.
- Saha, C., Dikshit, K., y Bandyopadhyay, M. (1999). A Review of Arsenic Poisoning and its Effects on Human Health. *Crit Rev Environ Sci Technol*;29(3):281–313.
- Sánchez, H. y Delgado, A. (2014). *Principios, Leyes y Conceptos Fundamentales de la Psicología*. Lima. Editorial Business Support Aneth.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología de Perú (SENAMHI). 2014.
- Schrenk, G. (1986). *Applied Spectroscopy*. 40 (1), XIX.
- Silva, G. (2013). Arsénico, el elemento inclasificable. *Educación química*, 24, 495-500.
- Sutton, D. y Harmon, P. (1999). *Fundamentos de Ecología*. Limusa Noriega Editores.



- Tapia, A. (2013). Programa de promoción del consumo de agua segura en la parroquia Colón del cantón Portoviejo Año 2012.
- Tapia, L. y Lidia, R. (2017). Evaluación de arsénico con chacko (Hidralgiritita) en aguas subterráneas contaminadas del distrito de Taraco–Puno. Perú: Universidad Nacional del Altiplano.
- Tarbuck, E. y Lutgens, F. (2005). Ciencias de la Tierra, Una Introducción a la Geología. Prentice Hall.
- Terán, P. (2003). Comparación de métodos para determinación de perímetros de protección de pozos y su aplicabilidad en algunos pozos del sistema de abastecimiento de agua potable en la ciudad de El Vigía. Mérida- Venezuela.
- Tintaya, L. (2019). Adsorción de arsénico de las aguas municipales y pozos domésticos en la ciudad de Huancané por coagulación-floculación.
- Welz, B. (1983). Atom-Absorptions Spektroskopie. Verlag Chemie, Weinheim.
- Who Arsenic compounds. (2001). Environmental Health Criteria 224, and edition, world heal Thorganization, Genova.
- WHO. (2004). Guidelines for drinking water quality. World Health Organization. Manual. Ginebra, Suiza. 515 p.
- Zaldarriaga, M. (2013). Conocimiento sobre las consecuencias del consumo de agua contaminada con arsénico, en la población de Winifreda 2013.



## ANEXOS

### Anexo 1. Análisis de la Varianza para Niveles De Arsénico En Agua De Pozos - Juliaca

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj</u>	<u>CV</u>
As	76	4.5E-03	0.00	36.75

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	3.0E-05	3	1.0E-05	0.11	0.9555
zona	3.0E-05	3	1.0E-05	0.11	0.9555
Error	0.01	72	9.3E-05		
Total	0.01	75			

#### MEDIDAS RESUMEN DE PROMEDIOS

<u>Zona</u>	<u>Variable</u>	<u>n</u>	<u>Media</u>	<u>D. E.</u>	<u>E. E.</u>	<u>CV</u>	<u>Mín.</u>	<u>Máx.</u>	<u>Mediana</u>
zona 1	As	25	0.03	0.01	1.9E-03	36.55	0.01	0.04	0.03
zona 2	As	17	0.03	0.01	2.3E-03	35.93	0.01	0.04	0.03
zona 3	As	17	0.03	0.01	2.3E-03	35.93	0.01	0.04	0.03
zona 4	As	17	0.03	0.01	2.5E-03	38.58	0.01	0.04	0.03

**Anexo 2.****Tabla 7. Cuadro General de Resultados de las Urbanizaciones Muestreadas del distrito de Juliaca.**

Número	Zonas de Juliaca				Unidad
	Urb. Néstor Cáceres Velásquez	Urb. Costa Alegre	Urb. Alfonso Ugarte	Urb. Selva Alegre	
1	0.016	0.035	0.035	0.029	mg As/L
2	0.021	0.038	0.038	0.012	mg As/L
3	0.031	0.027	0.027	0.033	mg As/L
4	0.029	0.013	0.013	0.042	mg As/L
5	0.012	0.022	0.022	0.035	mg As/L
6	0.033	0.016	0.016	0.038	mg As/L
7	0.042	0.021	0.021	0.027	mg As/L
8	0.035	0.031	0.031	0.013	mg As/L
9	0.038	0.029	0.029	0.022	mg As/L
10	0.027	0.012	0.012	0.016	mg As/L
11	0.013	0.033	0.033	0.021	mg As/L
12	0.022	0.042	0.042	0.031	mg As/L
13	0.016	0.035	0.035	0.029	mg As/L
14	0.021	0.038	0.038	0.012	mg As/L
15	0.031	0.027	0.027	0.033	mg As/L
16	0.027	0.013	0.013	0.042	mg As/L
17	0.013	0.022	0.022	0.016	mg As/L
18	0.022				mg As/L
19	0.016				mg As/L
20	0.021				mg As/L
21	0.031				mg As/L
22	0.029				mg As/L
23	0.012				mg As/L
24	0.033				mg As/L
25	0.042				mg As/L
<b>Promedio</b>	0.03	0.03	0.03	0.03	mg As/L
<b>Desviación estándar</b>	0.01	0.01	0.01	0.01	

**Tabla 8.** Cuadro general de respuestas de los consumidores sobre las actitudes sobre el consumo del agua de pozos de las urbanizaciones del distrito de Juliaca.

PREGUNTA 1: ¿Qué tipo de pozo tiene?										
Respuesta	Zona 1	%	Zona 2	%	Zona 3	%	Zona 4	%	Total	%
Tubular	11	44%	11	65%	12	71%	9	53%	43	43.42%
Artesanal	14	56%	6	35%	5	29%	8	47%	33	56.58%
Aforado	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0.00%
<b>Total</b>	<b>25</b>	<b>100%</b>	<b>17</b>	<b>100%</b>	<b>17</b>	<b>100%</b>	<b>17</b>	<b>100%</b>	<b>76</b>	<b>100.00%</b>
PREGUNTA 2: ¿Que utiliza para cubrir el pozo?										
Respuesta	Zona 1	%	Zona 2	%	Zona 3	%	Zona 4	%	Total	%
Calamina	4	16%	6	35%	4	24%	5	29%	19	25.00%
Madera	7	28%	5	29%	8	47%	1	6%	21	27.63%
Tapa de Metal	14	56%	6	35%	5	29%	11	65%	36	47.37%
<b>Total</b>	<b>25</b>	<b>100%</b>	<b>17</b>	<b>100%</b>	<b>17</b>	<b>100%</b>	<b>17</b>	<b>100%</b>	<b>76</b>	<b>100.00%</b>
Pregunta 3: ¿Que utiliza para saca agua del pozo?										
Respuesta	Zona 1	%	Zona 2	%	Zona 3	%	Zona 4	%	Total	%
Bomba manual	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0.00%
Balde y sogá	4	16%	9	53%	5	29%	7	41%	25	32.89%
Bomba eléctrica	21	84%	8	47%	12	71%	10	59%	51	67.11%
<b>Total</b>	<b>25</b>	<b>100%</b>	<b>17</b>	<b>100%</b>	<b>17</b>	<b>100%</b>	<b>17</b>	<b>100%</b>	<b>76</b>	<b>100.00%</b>
pregunta 4: ¿Donde almacena el agua después de sacarla de pozo?										
Respuesta	Zona 1	%	Zona 2	%	Zona 3	%	Zona 4	%	Total	%
Cilindros	3	12%	6	35%	6	35%	3	18%	18	23.68%
Balde con tapa	15	60%	6	35%	5	29%	11	65%	37	48.68%
Tanques de agua	7	28%	5	29%	6	35%	3	18%	21	27.63%
<b>Total</b>	<b>25</b>	<b>100%</b>	<b>17</b>	<b>100%</b>	<b>17</b>	<b>100%</b>	<b>17</b>	<b>100%</b>	<b>76</b>	<b>100.00%</b>
Pregunta 5: ¿Como consume el agua del pozo?										
Respuesta	Zona 1	%	Zona 2	%	Zona 3	%	Zona 4	%	Total	%
Hervida	25	100%	17	100%	17	100%	17	81%	76	100.00%



Sin hervir	0	0%	0	0%	0	0%	4	19%	4	95.00%
<b>Total</b>	<b>25</b>	<b>100%</b>	<b>17</b>	<b>100%</b>	<b>17</b>	<b>100%</b>	<b>17</b>	<b>100%</b>	<b>76</b>	<b>100.00%</b>
<b>Pregunta 6: ¿Cada cuánto tiempo limpia el pozo?</b>										
<b>Respuesta</b>	<b>Zona 1</b>	<b>%</b>	<b>Zona 2</b>	<b>%</b>	<b>Zona 3</b>	<b>%</b>	<b>Zona 4</b>	<b>%</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>
cada 3 meses	7	28%	6	35%	6	35%	1	6%	20	26.32%
No limpia	7	28%	5	29%	6	35%	4	24%	22	28.95%
Una vez/año	11	44%	6	35%	5	29%	12	71%	34	44.74%
<b>Total</b>	<b>25</b>	<b>100%</b>	<b>17</b>	<b>100%</b>	<b>17</b>	<b>100%</b>	<b>17</b>	<b>100%</b>	<b>76</b>	<b>100.00%</b>
<b>Pregunta 7: ¿Que utiliza para desinfectar el pozo?</b>										
<b>Respuesta</b>	<b>Zona 1</b>	<b>%</b>	<b>Zona 2</b>	<b>%</b>	<b>Zona 3</b>	<b>%</b>	<b>Zona 4</b>	<b>%</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>
Cloro pastilla	3	12%	1	6%	1	6%	1	6%	6	7.89%
Cloro liquido comercial	15	60%	8	47%	6	35%	12	71%	41	53.95%
No utiliza algún producto	7	28%	8	47%	10	59%	4	24%	29	38.16%
<b>Total</b>	<b>25</b>	<b>100%</b>	<b>17</b>	<b>100%</b>	<b>17</b>	<b>100%</b>	<b>17</b>	<b>100%</b>	<b>76</b>	<b>100.00%</b>

**Tabla 9. Cuadro general de respuestas de los consumidores sobre conocimiento del consumo de agua de pozos de las urbanizaciones del distrito de Juliaca**

<b>Pregunta 1: Para usted, ¿Que es el arsénico?</b>										
Respuesta	Zona 1	%	Zona 2	%	Zona 3	%	Zona 4	%	Total	%
Metal pesado	16	64%	11	65%	12	71%	8	47%	47	61.84%
Un plaguicida	5	20%	1	6%	1	6%	4	24%	11	14.47%
Desinfectante	4	16%	5	29%	4	24%	5	29%	18	23.68%
<b>Total</b>	<b>25</b>	<b>100%</b>	<b>17</b>	<b>100%</b>	<b>17</b>	<b>100%</b>	<b>17</b>	<b>100%</b>	<b>76</b>	<b>100.00%</b>
<b>Pregunta 2: ¿Dónde cree que se encuentra principalmente el Arsénico?</b>										
Respuesta	Zona 1	%	Zona 2	%	Zona 3	%	Zona 4	%	Total	%
En el agua	18	72%	12	71%	15	88%	11	65%	56	73.68%
Aparatos electrónicos	6	24%	3	18%	0	0%	2	12%	11	14.47%
En el plástico	1	4%	2	12%	2	12%	4	24%	9	11.84%
<b>Total</b>	<b>25</b>	<b>100%</b>	<b>17</b>	<b>100%</b>	<b>17</b>	<b>100%</b>	<b>17</b>	<b>100%</b>	<b>76</b>	<b>100.00%</b>
<b>Pregunta 3: ¿Como nos contaminamos con el Arsénico?</b>										
Respuesta	Zona 1	%	Zona 2	%	Zona 3	%	Zona 4	%	Total	%
Consumiendo alimentos con presencia de arsénico	21	84%	11	65%	11	65%	11	65%	54	71.05%
Manejar materiales como fierros	3	12%	5	29%	4	24%	5	29%	17	22.37%
No sabe	1	4%	1	6%	2	12%	1	6%	5	6.58%
<b>Total</b>	<b>25</b>	<b>100%</b>	<b>17</b>	<b>100%</b>	<b>17</b>	<b>100%</b>	<b>17</b>	<b>100%</b>	<b>76</b>	<b>100.00%</b>
<b>Pregunta 4: ¿Que podría causar en nuestra salud por el consumo de agua con arsénico?</b>										
Respuesta	Zona 1	%	Zona 2	%	Zona 3	%	Zona 4	%	Total	%
Cáncer de hígado y piel	10	40%	4	24%	4	24%	5	29%	23	30.26%
Cálculos renales	11	44%	11	65%	10	59%	9	53%	41	53.95%
No causa peligros	4	16%	2	12%	3	18%	3	18%	12	15.79%
<b>Total</b>	<b>25</b>	<b>100%</b>	<b>17</b>	<b>100%</b>	<b>17</b>	<b>100%</b>	<b>17</b>	<b>100%</b>	<b>76</b>	<b>100.00%</b>
<b>Pregunta 5: ¿Que síntoma parece por la intoxicación aguda por consumir agua con arsénico?</b>										
Respuesta	Zona 1	%	Zona 2	%	Zona 3	%	Zona 4	%	Total	%

Vomito y dolor abdominal	18	72%	12	71%	10	59%	8	47%	48	63.16%
perdida de cabello	3	12%	2	12%	2	12%	6	35%	13	17.11%
tos y fiebre	4	16%	3	18%	5	29%	3	18%	15	19.74%
<b>Total</b>	<b>25</b>	<b>100%</b>	<b>17</b>	<b>100%</b>	<b>17</b>	<b>100%</b>	<b>17</b>	<b>100%</b>	<b>76</b>	<b>100.00%</b>
<b>Pregunta 6: ¿Que síntoma parece por la intoxicación crónica por consumir agua con arsénica?</b>										
<b>Respuesta</b>	<b>Zona 1</b>	<b>%</b>	<b>Zona 2</b>	<b>%</b>	<b>Zona 3</b>	<b>%</b>	<b>Zona 4</b>	<b>%</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>
Cáncer de pulmón, próstata y riñón	3	12%	5	29%	4	24%	4	24%	16	21.05%
Calambres musculares	10	40%	4	24%	8	47%	6	35%	28	36.84%
Diarrea	12	48%	8	47%	5	29%	7	41%	32	42.11%
<b>Total</b>	<b>25</b>	<b>100%</b>	<b>17</b>	<b>100%</b>	<b>17</b>	<b>100%</b>	<b>17</b>	<b>100%</b>	<b>76</b>	<b>100.00%</b>
<b>Pregunta 7: ¿Cómo se mide calidad del agua que consume?</b>										
<b>Respuesta</b>	<b>Zona 1</b>	<b>%</b>	<b>Zona 2</b>	<b>%</b>	<b>Zona 3</b>	<b>%</b>	<b>Zona 4</b>	<b>%</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>
Medida de concentración de un elemento físico, químico o biológico	7	28%	5	29%	5	29%	3	18%	20	26.32%
Concentración turbidez de agua	13	52%	5	29%	6	35%	8	47%	32	42.11%
Medida del pH	5	20%	7	41%	6	35%	6	35%	24	31.58%
<b>Total</b>	<b>25</b>	<b>100%</b>	<b>17</b>	<b>100%</b>	<b>17</b>	<b>100%</b>	<b>17</b>	<b>100%</b>	<b>76</b>	<b>100.00%</b>
<b>Pregunta 8: ¿Cuál es el valor máximo permisible de arsénico en agua para el consumo?</b>										
<b>Respuesta</b>	<b>Zona 1</b>	<b>%</b>	<b>Zona 2</b>	<b>%</b>	<b>Zona 3</b>	<b>%</b>	<b>Zona 4</b>	<b>%</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>
0.01 mg As/L	8	32%	5	29%	8	47%	3	18%	24	31.58%
0.05 mg As/L	9	36%	7	41%	4	24%	9	53%	29	38.16%
0.10 mg As/L	8	32%	5	29%	5	29%	5	29%	23	30.26%
<b>Total</b>	<b>25</b>	<b>100%</b>	<b>17</b>	<b>100%</b>	<b>17</b>	<b>100%</b>	<b>17</b>	<b>100%</b>	<b>76</b>	<b>100.00%</b>
<b>Pregunta 9: ¿Cuál es la entidad que brinda servicios sobre la calidad del agua para el consumo?</b>										
<b>Respuesta</b>	<b>Zona 1</b>	<b>%</b>	<b>Zona 2</b>	<b>%</b>	<b>Zona 3</b>	<b>%</b>	<b>Zona 4</b>	<b>%</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>
SEDA Juliaca	18	72%	16	94%	14	82%	16	94%	64	84.21%
ANA	4	16%	0	0%	3	18%	0	0%	7	9.21%
Emsa Puno	3	12%	1	6%	0	0%	1	6%	5	6.58%

<b>Total</b>	<b>25</b>	<b>100%</b>	<b>17</b>	<b>100%</b>	<b>17</b>	<b>100%</b>	<b>17</b>	<b>100%</b>	<b>17</b>	<b>100%</b>	<b>76</b>	<b>100.00%</b>
<b>Pregunta 10: ¿Que actividades del hombre contribuye a la contaminación de pozos?</b>												
<b>Respuesta</b>	<b>Zona 1</b>	<b>%</b>	<b>Zona 2</b>	<b>%</b>	<b>Zona 3</b>	<b>%</b>	<b>Zona 4</b>	<b>%</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>
Uso de pesticidas y herbicidas	16	64%	10	59%	9	53%	8	47%	43	56.58%	43	56.58%
Comercio de aceros y metales	4	16%	3	18%	6	35%	4	24%	17	22.37%	17	22.37%
Comercio de material reciclado	5	20%	4	24%	2	12%	5	29%	16	21.05%	16	21.05%
<b>Total</b>	<b>25</b>	<b>100%</b>	<b>17</b>	<b>100%</b>	<b>17</b>	<b>100%</b>	<b>17</b>	<b>100%</b>	<b>76</b>	<b>100.00%</b>	<b>76</b>	<b>100.00%</b>
<b>Pregunta 11: ¿Que tratamiento debe hacerse el agua con arsénico?</b>												
<b>Respuesta</b>	<b>Zona 1</b>	<b>%</b>	<b>Zona 2</b>	<b>%</b>	<b>Zona 3</b>	<b>%</b>	<b>Zona 4</b>	<b>%</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>
Purificando el agua por Coagulación - Filtración	11	44%	2	12%	9	53%	1	6%	23	30.26%	23	30.26%
Haciendo hervir el agua	9	36%	8	47%	6	35%	8	47%	31	40.79%	31	40.79%
Ningún tratamiento	5	20%	7	41%	2	12%	8	47%	22	28.95%	22	28.95%
<b>Total</b>	<b>25</b>	<b>100%</b>	<b>17</b>	<b>100%</b>	<b>17</b>	<b>100%</b>	<b>17</b>	<b>100%</b>	<b>76</b>	<b>100.00%</b>	<b>76</b>	<b>100.00%</b>



**Anexo 3.** Encuesta de Grado de conocimiento y actitudes en el consumo del agua de pozos de las urbanizaciones del distrito de Juliaca.



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y  
ZOOTECNIA**



**GRADO DE CONOCIMIENTO Y ACTITUDES DEL CONSUMO DE AGUA EN  
FAMILIAS DE LAS URBANIZACIONES DEL DISTRITO DE JULIACA - SAN  
ROMÁN – PUNO.**

---

**DATOS GENERALES:**

Familia Encuestada: .....

Urbanización: .....

Fecha: ..... / ..... / .....

Marcar (X) o (✓) en el paréntesis del lado izquierdo ( ) de cada opción, como crea correspondiente.

**A) Preguntas Actitudinales.**

**Pregunta 1. ¿Qué tipo de pozo tiene?**

- ( ) Artesanal
- ( ) Tubular
- ( ) Aforado

**Pregunta 2. ¿Qué utiliza para cubrir el pozo?**

- ( ) Calamina
- ( ) Tapa de Madera
- ( ) Tapa de metal

**Pregunta 3. ¿Qué utiliza usted para sacar agua del pozo?**

- ( ) Bomba eléctrica
- ( ) Balde con soga
- ( ) Bomba manual

**Pregunta 4. ¿Dónde almacena el agua después de sacarla del pozo?**

- ( ) En baldes con tapa
- ( ) Cilindros
- ( ) Tanques de agua



**Pregunta 5. El agua que utilizan para su consumo, la toma:**

- Hervida
- Sin hervir

**Pregunta 6. ¿Cada cuánto tiempo limpia el pozo?**

- Cada 3 meses
- Una vez al año
- No limpia el pozo

**Pregunta 7. ¿Qué utiliza para desinfectar el pozo?**

- Cloro liquido comercial
- Cloro en pastilla
- No utiliza algún producto

**B) Preguntas de Conocimiento**

**Pregunta 8. Para usted, ¿Que es el arsénico?**

- Un metal pesado
- Un plaguicida
- Un desinfectante

**Pregunta 9. ¿Dónde cree que se encuentra principalmente el Arsénico?**

- Aparatos electrónicos
- En el plástico
- En el agua

**Pregunta 10. ¿Como nos contaminamos con el Arsénico?**

- Manejando materiales como fierros
- No sabe
- Consumiendo alimentos con presencia de Arsénico

**Pregunta 11. ¿Que podría causar en nuestra salud por el consumo de agua con Arsénico?**

- Cáncer de hígado y piel
- Cálculos renales
- No causa peligros

**Pregunta 12. ¿Cuáles son los síntomas por intoxicación aguda por consumir agua con arsénico?**

- Vómitos y dolor abdominal
- Mareos



Tos y fiebre

**Pregunta 13. ¿Cuáles son los síntomas por intoxicación crónica por consumir agua con arsénico?**

Cáncer de pulmón, próstata y riñón

Diarrea

Calambres musculares

**Pregunta 14. ¿Cómo se mide la calidad del agua que consume?**

Medidas de concentración de un elemento ya sea físico, químico o biológico, presente en el agua.

Medida de concentración de la turbidez del agua

Medida del pH del agua.

**Pregunta 15. ¿Cuál es el valor máximo permisible de arsénico en agua para el consumo?**

0.01 miligramos de Arsénico / litro

0.05 miligramos de Arsénico / litro

0.10 miligramos de Arsénico / litro

**Pregunta 16. ¿Cuál es la entidad que brinda servicios sobre la calidad del agua para el consumo?**

ANA

Seda Juliaca

Emsa Puno

**Pregunta 17. ¿Qué actividades del hombre contribuye a la contaminación de pozos?**

Comercio de aceros y metales

Comercio de material reciclado

Uso de pesticidas y herbicidas

**Pregunta 18. ¿Qué tratamiento debe hacerse el agua con arsénico?**

Purificando el agua por Coagulación-Filtración

Hirviendo el agua

Ningún tratamiento



**Anexo 4. Resultados de análisis emitido por la Unidad de Servicios de Análisis Químicos de la UNMSM.**



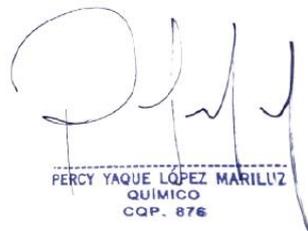
**INFORME DE ENSAYO** N° 109-2021

Cliente	MARVIN PABLO QUISPE HUANCA
Dirección del cliente	Jr. Piura N° 319 - Puno
Referencia USAQ	108-01/76
Denominación de la muestra	Aguas superficiales
Fecha de recepción	21/04/2021
Fecha de análisis	22/04/2021
Fecha de emisión de informe	20/05/2021
Características de muestra.	Muestras de aguas superficiales

Referencia USAQ	Determinación o Parámetro	Especificación	Resultado	Unidades
108-01	Arsénico	M01	0.027	ppm
108-02	Arsénico	M02	0.013	ppm
108-03	Arsénico	M03	0.022	ppm
108-04	Arsénico	M04	0.016	ppm
108-05	Arsénico	M05	0.021	ppm
108-06	Arsénico	M06	0.031	ppm
108-07	Arsénico	M07	0.029	ppm
108-08	Arsénico	M08	0.012	ppm
108-09	Arsénico	M09	0.033	ppm
108-10	Arsénico	M10	0.042	ppm
108-11	Arsénico	M11	0.035	ppm
108-12	Arsénico	M12	0.038	ppm

Limites de detección y Métodos

Determinación o parámetro	Límite de detección	Método
Arsénico	0.002 ppm	USAQ-ME-04 AAS

  
 PERCY YAQUE LÓPEZ MARILUZ  
 QUÍMICO  
 CQP. 876

**RESPONSABLE DE LABORATORIO**



INFORME DE ENSAYO

N° 109-2021

Cliente	MARVIN PABLO QUISPE HUANCA
Dirección del cliente	Jr. Piura N° 319 - Puno
Referencia USAQ	108-01/76
Denominación de la muestra	Aguas superficiales
Fecha de recepción	21/04/2021
Fecha de análisis	22/04/2021
Fecha de emisión de informe	20/05/2021
Características de muestra.	Muestras de aguas superficiales

Referencia USAQ	Determinación o Parámetro	Especificación	Resultado	Unidades
108-13	Arsénico	M13	0.027	ppm
108-14	Arsénico	M14	0.013	ppm
108-15	Arsénico	M15	0.022	ppm
108-16	Arsénico	M16	0.016	ppm
108-17	Arsénico	M17	0.021	ppm
108-18	Arsénico	M18	0.031	ppm
108-19	Arsénico	M19	0.029	ppm
108-20	Arsénico	M20	0.012	ppm
108-21	Arsénico	M21	0.033	ppm
108-22	Arsénico	M22	0.042	ppm
108-23	Arsénico	M23	0.035	ppm
108-24	Arsénico	M24	0.038	ppm

Límites de detección y Métodos

Determinación o parámetro	Límite de detección	Método
Arsénico	0.002 ppm	USAQ-ME-04 AAS

PERCY YAQUE LÓPEZ MARILUZ  
QUÍMICO  
CQP. 876

**RESPONSABLE DE LABORATORIO**



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS  
FACULTAD DE QUÍMICA E INGENIERÍA QUÍMICA



UNIDAD DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICOS

INFORME DE ENSAYO

N° 109-2021

Cliente	MARVIN PABLO QUISPE HUANCA
Dirección del cliente	Jr. Piura N° 319 - Puno
Referencia USAQ	108-01/76
Denominación de la muestra	Aguas superficiales
Fecha de recepción	21/04/2021
Fecha de análisis	22/04/2021
Fecha de emisión de informe	20/05/2021
Características de muestra.	Muestras de aguas superficiales

Referencia USAQ	Determinación o Parámetro	Especificación	Resultado	Unidades
108-25	Arsénico	M25	0.027	ppm
108-26	Arsénico	M26	0.013	ppm
108-27	Arsénico	M27	0.022	ppm
108-28	Arsénico	M28	0.016	ppm
108-29	Arsénico	M29	0.021	ppm
108-30	Arsénico	M30	0.031	ppm
108-31	Arsénico	M31	0.029	ppm
108-32	Arsénico	M32	0.012	ppm
108-33	Arsénico	M33	0.033	ppm
108-34	Arsénico	M34	0.042	ppm
108-35	Arsénico	M35	0.035	ppm
108-36	Arsénico	M36	0.038	ppm

Limites de detección y Métodos

Determinación o parámetro	Limite de detección	Método
Arsénico	0.002 ppm	USAQ-ME-04 AAS

  
PERCY YAQUE LÓPEZ MARILUZ  
QUÍMICO  
CQP. 876  
RESPONSABLE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS  
FACULTAD DE QUÍMICA E INGENIERÍA QUÍMICA

UNIDAD DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICOS



**INFORME DE ENSAYO**

N° 109-2021

Cliente	MARVIN PABLO QUISPE HUANCA
Dirección del cliente	Jr. Piura N° 319 - Puno
Referencia USAQ	108-01/76
Denominación de la muestra	Aguas superficiales
Fecha de recepción	21/04/2021
Fecha de análisis	22/04/2021
Fecha de emisión de informe	20/05/2021
Características de muestra.	Muestras de aguas superficiales

Referencia USAQ	Determinación o Parámetro	Especificación	Resultado	Unidades
108-37	Arsénico	M37	0.027	ppm
108-38	Arsénico	M38	0.013	ppm
108-39	Arsénico	M39	0.022	ppm
108-40	Arsénico	M40	0.016	ppm
108-41	Arsénico	M41	0.021	ppm
108-42	Arsénico	M42	0.031	ppm
108-43	Arsénico	M43	0.029	ppm
108-44	Arsénico	M44	0.012	ppm
108-45	Arsénico	M45	0.033	ppm
108-46	Arsénico	M46	0.042	ppm
108-47	Arsénico	M47	0.035	ppm
108-48	Arsénico	M48	0.038	ppm

Limites de detección y Métodos

Determinación o parámetro	Límite de detección	Método
Arsénico	0.002 ppm	USAQ-ME-04 AAS

PERCY YAQUE LÓPEZ MARILUZ  
QUÍMICO  
CQP. 876

**RESPONSABLE DE LABORATORIO**



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS  
FACULTAD DE QUÍMICA E INGENIERÍA QUÍMICA  
UNIDAD DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICOS



**INFORME DE ENSAYO**

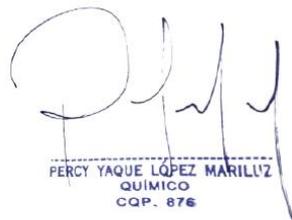
N° 109-2021

Cliente	MARVIN PABLO QUISPE HUANCA
Dirección del cliente	Jr. Piura N° 319 - Puno
Referencia USAQ	108-01/76
Denominación de la muestra	Aguas superficiales
Fecha de recepción	21/04/2021
Fecha de análisis	22/04/2021
Fecha de emisión de informe	20/05/2021
Características de muestra.	Muestras de aguas superficiales

Referencia USAQ	Determinación o Parámetro	Especificación	Resultado	Unidades
108-49	Arsénico	M49	0.027	ppm
108-50	Arsénico	M50	0.013	ppm
108-51	Arsénico	M51	0.022	ppm
108-52	Arsénico	M52	0.016	ppm
108-53	Arsénico	M53	0.021	ppm
108-54	Arsénico	M54	0.031	ppm
108-55	Arsénico	M55	0.029	ppm
108-56	Arsénico	M56	0.012	ppm
108-57	Arsénico	M57	0.033	ppm
108-58	Arsénico	M58	0.042	ppm
108-59	Arsénico	M59	0.035	ppm
108-60	Arsénico	M60	0.038	ppm

Limites de detección y Métodos

Determinación o parámetro	Limite de detección	Método
Arsénico	0.002 ppm	USAQ-ME-04 AAS

  
PERCY YAQUE LÓPEZ MARILUZ  
QUÍMICO  
CQP. 876

**RESPONSABLE DE LABORATORIO**



INFORME DE ENSAYO

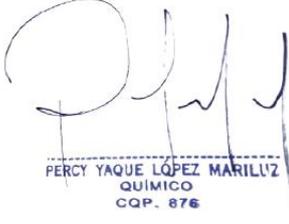
Nº 109-2021

Cliente	MARVIN PABLO QUISPE HUANCA
Dirección del cliente	Jr. Piura N° 319 - Puno
Referencia USAQ	108-01/76
Denominación de la muestra	Aguas superficiales
Fecha de recepción	21/04/2021
Fecha de análisis	22/04/2021
Fecha de emisión de informe	20/05/2021
Características de muestra.	Muestras de aguas superficiales

Referencia USAQ	Determinación o Parámetro	Especificación	Resultado	Unidades
108-61	Arsénico	M61	0.027	ppm
108-62	Arsénico	M62	0.013	ppm
108-63	Arsénico	M63	0.022	ppm
108-64	Arsénico	M64	0.016	ppm
108-65	Arsénico	M65	0.021	ppm
108-66	Arsénico	M66	0.031	ppm
108-67	Arsénico	M67	0.029	ppm
108-68	Arsénico	M68	0.012	ppm
108-69	Arsénico	M69	0.033	ppm
108-70	Arsénico	M70	0.042	ppm
108-71	Arsénico	M71	0.035	ppm
108-72	Arsénico	M72	0.038	ppm

Limites de detección y Métodos

Determinación o parámetro	Limite de detección	Método
Arsénico	0.002 ppm	USAQ-ME-04 AAS



PERCY YAQUE LÓPEZ MARILUZ  
QUÍMICO  
CQP. 876

RESPONSABLE DE LABORATORIO



	<p>UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS FACULTAD DE QUÍMICA E INGENIERÍA QUÍMICA</p> <p>UNIDAD DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICOS</p>	
---	--	---

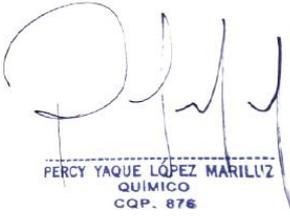
**INFORME DE ENSAYO** N° 109-2021

Cliente	MARVIN PABLO QUISPE HUANCA
Dirección del cliente	Jr. Piura N° 319 - Puno
Referencia USAQ	108-01/76
Denominación de la muestra	Aguas superficiales
Fecha de recepción	21/04/2021
Fecha de análisis	22/04/2021
Fecha de emisión de informe	20/05/2021
Características de muestra.	Muestras de aguas superficiales

Referencia USAQ	Determinación o Parámetro	Especificación	Resultado	Unidades
108-73	Arsénico	M73	0.027	ppm
108-74	Arsénico	M74	0.013	ppm
108-75	Arsénico	M75	0.022	ppm
108-76	Arsénico	M76	0.016	ppm

Limites de detección y Métodos

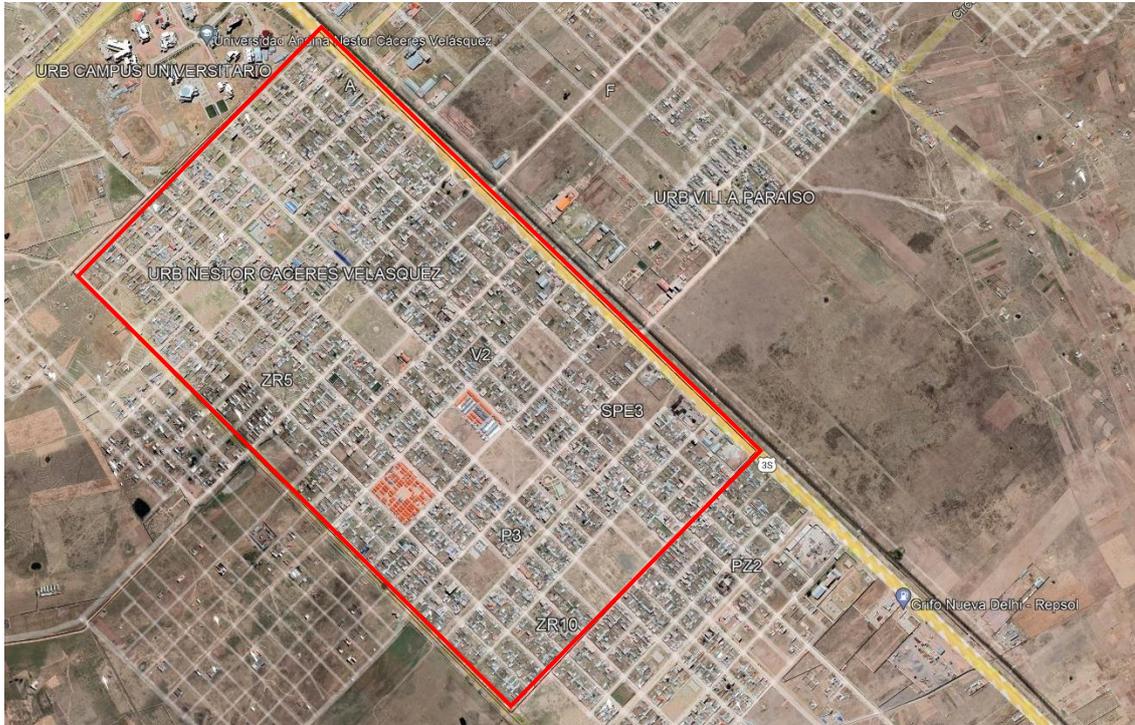
Determinación o parámetro	Limite de detección	Método
Arsénico	0.002 ppm	USAQ-ME-04 AAS

  
PERCY YAQUE LÓPEZ MARILUZ  
QUÍMICO  
CQP. 876

**RESPONSABLE DE LABORATORIO**

## Anexo 5. Mapas de ubicación

**Figura 2.** Mapa de ubicación de la urbanización Néstor Cáceres Velásquez (Salida a Puno).



**Figura 3.** Mapa de ubicación de la urbanización Costa Alegre (Salida a Lampa).



*Figura 4. Mapa de ubicación de la urbanización Alfonso Ugarte (Salida a Huancané).*



*Figura 5. Mapa de ubicación de la urbanización Selva Alegre Etapa 1 (Salida a Arequipa).*



**Anexo 6.** Extracción y toma de muestra en aguas de pozos en las urbanizaciones del distrito de Juliaca.

**Figura 6.** Extracción de agua de pozo tubular en la urbanización Néstor Cáceres Velásquez (Salida a Puno).



**Figura 7.** Extracción de agua de pozo tubular en la urbanización Costa Alegre (Salida a Lampa).



**Figura 8.** Extracción de agua de pozo tubular en la urbanización Alfonso Ugarte (Salida a Huancané).



**Figura 9.** Extracción de agua de pozo tubular en la urbanización Selva Alegre (Salida a Arequipa)



*Figura 10. Encuesta a poblador de la urbanización Néstor Cáceres Velásquez (Salida a Puno).*



*Figura 11. Encuesta a pobladora de la Urbanización Selva Alegre (Salida a Arequipa).*





**Figura 12.** Muestras en Frascos de Polietileno en Cooler con gel refrigerante para su análisis Laboratorial.

