



ANEXO 1

FORMATO PARA LA PRESENTACIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN CON EL FINANCIAMIENTO DEL FEDU

1. Título del proyecto

“CONTAMINACIÓN DE ARSÉNICO Y GRADO DE CONOCIMIENTOS EN EL AGUA DE CONSUMO HUMANO EN FAMILIAS DE LA CIUDAD DE JULIACA – PUNO”

2. Área de Investigación

Área de investigación	Línea de Investigación	Disciplina OCDE
SALUD PÚBLICA	CONTAMINACIÓN AMBIENTAL	

3. Duración del proyecto (meses)

Periodo de 12 meses

4. Tipo de proyecto

Individual	<input type="radio"/>
Multidisciplinario	<input type="radio"/>
Director de tesis pregrado	<input type="radio"/>

4. Datos de los integrantes del proyecto

Apellidos y Nombres	Málaga Apaza Julio
Escuela Profesional	Medicina Veterinaria y Zootecnia
Celular	989575230
Correo Electrónico	jmalaga@unap.edu.pe
Apellidos y Nombres	Soto Quispe Alberto
Escuela Profesional	Medicina Veterinaria y Zootecnia
Celular	959907790
Correo Electrónico	asoto@unap.edu.pe

I. Título

CONTAMINACIÓN DE ARSÉNICO Y GRADO DE CONOCIMIENTOS EN EL AGUA DE CONSUMO HUMANO EN FAMILIAS DE LA CIUDAD DE JULIACA – PUNO

II. Resumen del Proyecto de Tesis

El trabajo de investigación se realizará en cuatro barrios del distrito de Juliaca, provincia de San Román; con el objetivo de cuantificar la concentración de arsénico en el agua de pozos de consumo humano de las familias, y evaluar el grado de conocimientos y actitudes en el consumo de agua en familias; para lo cual se utilizará 76 muestras de agua en frascos de polietileno de 500 mL., estas muestras serán analizadas mediante técnica de espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito SHIMADZU AA-6800 en laboratorio Unidad de Servicios de Análisis Químicos - Universidad Católica Santa María de la ciudad de Arequipa. Para el segundo objetivo se aplicará el cuestionario a 76 familias con 18 preguntas constituidas 10 preguntas sobre conocimientos y 8 preguntas actitudinales con alternativa múltiple para que sea aplicado la evaluación con escala de liker. Los



datos serán digitados en Microsoft Excel y analizados en un diseño completo al azar, los resultados se presentarán en tabla de frecuencias, lo que contribuirán a prevenir intoxicaciones por arsénico y riesgo de cáncer para la población.

III. Palabras claves (Keywords)

Arsénico, Agua, Conocimientos, Pozos.

IV. Justificación del proyecto

El acceso al agua potable es un problema en los ámbitos nacional, regional y local así en la ciudad de Juliaca el 31.1% de abastecimiento de agua para consumo humano provienen de pozos, los cuales son consumidos en forma directa sin ningún tratamiento, lo que sería insalubre y de un saneamiento e higiene deficiente. Ante la agudización de la escasez de agua potable, las poblaciones obtienen de este compuesto dotación a través de fuentes subterráneas cuyo volumen les permite su utilización para el consumo y otras actividades humanas, esta fuente de agua es abastecida mediante la perforación de pozos superficiales y profundos con rendimientos que superan los 30 L/s (INEI, 2012). Además, el agua es un factor que puede convertirse en un vehículo para la adquisición de diversas enfermedades en el ser humano; actualmente, existen descritas más de 20 enfermedades como (Anquilostomiasis, Ascariasis, Botulismo, Campilobacteriosis, Colera, Criptosporidiosis, Dengue, Diarrea, Fruorosis, Giardiasis, Hepatitis, Leptospirosis, Malaria, Oncocercosis, Dracunculiasis, Encefalitis japonesa, Contaminación del plomo, Trichuriasis, Tinea, Esquistomiasis) en las que el agua actúa directa o indirectamente en su aparición, algunas de ellas con alto impacto en términos de morbilidad y mortalidad. Aproximadamente el 80% de las enfermedades y más de la tercera parte de las defunciones en países en desarrollo son causadas por el consumo de agua contaminada (Boletín del Comité 34 Sectorial de Agua y Saneamiento, 1999).

El arsénico en el agua es un tema muy preocupante ya que se ha demostrado mediante investigaciones que este contaminante se encuentra en diferentes regiones del Perú como en Arequipa, Puno, Tacna y Tarma, las cuales exceden un 0.0566 mg/l, el límite permisible de 0,01 mg/l establecido por la OMS. En el Perú también está establecido en esas cantidades según el (D.S.N° 031-2010-SA.), en lima se hicieron muestras a los ríos por lo que arrojo que el rio Rímac y como agua potable de SEDAPAL del distrito de Puente Piedra, contiene altas cantidades de arsénico que sobre pasan los límites establecidos, la población no bebe esta agua directamente por lo que la preocupación se encuentra río arriba ya que la gente usa este recurso para regar sus campos de cultivo, también se toma en cuenta que variedades de vegetales absorben arsénico por medio de sus raíces las cuales también es perjudicial para la salud humana ya que dichos alimentos son ingeridos por las personas, en la región de Tacna y Arequipa (SEDAPAR) como también en Camaná, el agua con arsénico se volvió en un problema de gran escala ya que el agua que provenía de las tuberías arrojaba aguas de color amarillento con alta cantidad de arsénico, los pobladores exigían una solución o una sanción a los prestadores de servicios EPS, ya que exigían una buena calidad de vida en el tema de agua potable. (George, 2012).

La presencia de arsénico constituye uno de los grandes problemas de la contaminación del agua. La mayoría de arsénico proviene de la lixiviación natural de suelos, estos se filtran y se extienden hacia los acuíferos, ríos, lagos y pozos subterráneos que generan eminente contaminación del agua. La actividad biológica y actividades volcánicas, las actividades realizadas por el hombre son responsables de la contaminación de arsénico al ambiente (Reimer, 1989). Las fuentes de la



industria de metalurgia, cristalería, cerámica, tinte, pesticida, refinación del petróleo, de la industria tierra rara, entre otras industrias químicas, orgánicas e inorgánicas provienen de actividades antropogénicas importantes del arsénico. La toxicidad del arsénico es conocida a través de los incidentes por envenenamiento de seres humanos y por el uso que se le ha dado en medicina. En la actualidad, los reportes epidemiológicos de cáncer y problemas como la enfermedad de pie negro y lesiones cutáneas, asociados al arsénico han generado un creciente interés sobre los efectos que la exposición crónica de este elemento causa, debido a la ingesta y uso de agua contaminada, por lo que ya se le considera un problema de salud pública. La mayoría de la población de la zona, carece de conocimiento, uso adecuado y de recursos económicos para su mantenimiento de los pozos artesanales y manuales; esta situación se debe a la no existencia de programas de vigilancia de calidad de agua y educación sanitaria por parte de las instituciones competentes en el ámbito de estudio. El desconocimiento de la calidad de agua subterránea para fines de consumo, nos lleva a plantear diferentes preguntas para los pobladores de las distintas urbanizaciones del ámbito de estudio. Para lo cual se quiere evaluar el grado de conocimiento y actitudes.

V. Antecedentes del proyecto

5.1. MARCO TEÓRICO

5.1.1 Agua

El agua es una sustancia cuya molécula está formada por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno (H₂O). Es esencial para la supervivencia de todas las formas conocidas de vida. El término agua generalmente se refiere a la sustancia en su estado líquido, aunque la misma puede hallarse en su forma sólida llamada hielo, y en su forma gaseosa denominada vapor. El agua cubre el 71 % de la superficie de la corteza terrestre. Se ubica principalmente en los océanos, donde se concentra el 96,5 % del agua total, los glaciares y casquetes polares poseen el 1,74 %, los depósitos subterráneos (acuíferos), los permafrost y los glaciares continentales suponen el 1,72 % y el restante 0,04 % se reparte en orden decreciente entre lagos, humedad del suelo, atmósfera, embalses, ríos y seres vivos. (Ingeniería civil y Medio Ambiente, 2008).

5.1.2 Situación del abastecimiento de agua potable

A escala mundial, casi mil millones de personas carecen de agua potable, y 2 400 millones no tienen acceso a servicios de saneamiento básicos; otros 1 200 millones de personas no disponen de instalaciones de saneamiento de ningún tipo (Mora, 1996).

Por lo anterior, la OMS estima que cada año se presentan 500 millones de casos de infecciones gastrointestinales en niños menores de 5 años en Asia, África y América Latina (OPS, 2004), las mejoras en el abastecimiento de agua potable, benefician principalmente a las personas con menores ingresos, que suelen ser las más afectadas, además es preciso tener en cuenta que los recursos hídricos también son fundamentales en los procesos de producción, y en la salud de los trabajadores, lo que resulta esencial para aumentar la productividad (Reynolds, 2002).

5.1.3 Calidad del agua

La calidad del agua se define en función de un conjunto de características variables fisicoquímicas o microbiológicas, así como de sus valores de aceptación o de rechazo, la calidad físico-química del agua se basa en la determinación de sustancias químicas específicas que pueden afectar a la salud (OMS, 2006) tras cortos o largos periodos de exposición (Rojas, 2002) la evaluación de la calidad del agua es un proceso de enfoque múltiple que estudia la naturaleza física, química y biológica del agua con relación a la calidad natural, efectos humanos y acuáticos relacionados con la salud (OPS, 2004), el agua destinada a ser consumida por el hombre ha sido, y es, de primordial importancia, interviniendo en el mismo muchos



factores que pueden afectarla, siendo las actividades antrópicas una de las principales causas de contaminación del agua (Terán, 2003).

El análisis del agua revela la presencia de gases, elementos minerales, elementos orgánicos en solución o suspensión y microorganismos patógenos, así mismo los primeros tienen origen natural, los segundos son procedentes de las actividades de producción y consumo humano que originan una serie de desechos que son vertidos a las aguas para su eliminación (Sáenz, 1999). Por consiguiente, la contaminación causada por efluentes domésticos e industriales, la deforestación y las malas prácticas de uso de la tierra, están reduciendo notablemente la disponibilidad de agua (OPS, 2004). Por lo cual muchas de las actividades humanas contribuyen a la degradación del agua, afectando su calidad y cantidad (OMS, 2006).

Por lo anterior, la calidad del agua es un parámetro importante que afecta a todos los aspectos de los ecosistemas y del bienestar humano, como la salud de una comunidad, el alimento que se ha de producir, las actividades económicas, la salud de los ecosistemas y la diversidad biológica. Es importante señalar que, después de ser utilizada, el agua suele regresar al sistema hidrológico y, si no es tratada, puede afectar gravemente al medio ambiente, la calidad del agua se determina comparando las características físicas y químicas, sin embargo en el caso del agua potable, estas normas se establecen para asegurar un suministro de agua limpia y saludable para el consumo humano y, de este modo, proteger la salud de las personas; estas normas se basan normalmente en unos niveles de toxicidad científicamente aceptables para los humanos (Gramajo, 2004).

El agua para consumo humano se deriva de dos fuentes: aguas superficiales, como los ríos y reservorios que fluyen sobre la superficie de la Tierra, y subterráneas que son las que están situadas bajo el nivel freático y saturando completamente los poros y fisuras del terreno (Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología; 1992), cualquier cambio significativo en la concentración de algún parámetro indicador es sospecha de algún grado de contaminación, ya sea físico, químico o bacteriológico (Fawell y Nieuwenhuijsen, 2003).

5.1.4 Tipos de agua

a) Aguas subterráneas

Son aguas que se infiltran a través de las rocas y los suelos permeables, ya sea cuando llueve o desde los ríos y lagos (Acaso et al., 2006), por lo cual representa sesenta veces más agua de la que hay en lagos y arroyos, pero parece algunas veces un problema por las diferentes profundidades a las que se encuentran, la velocidad de extracción y además, cuando se infiltran aguas contaminadas hasta los depósitos de agua subterránea, estas últimas también se contaminan (Hirata y Reboucas, 2001).

b) 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).

c) Pozos tubulares

Son obras hidrogeológicas de acceso a uno o más acuíferos para la captación de agua subterránea, ejecutada con sonda perforadora en forma vertical con diámetro mínimo de 101,6 mm (4") (Galdiano et al., 2007).

2.2 Arsénico

El arsénico es un elemento muy común en aguas naturales, en rocas y suelos, en



la hidrosfera y la biosfera. Es movilizado al medio ambiente a través de una combinación de procesos que incluyen tanto procesos naturales (meteorización, actividad biológica, emisiones volcánicas), así como procesos antropogénicos (aguas residuales, actividad minera, uso de combustibles fósiles, uso de pesticidas y herbicidas). Ello es así, que ha llevado a organismos como la Organización Mundial de la Salud (OMS), a establecer la reducción del límite del contenido de arsénico en agua de consumo de 0.05 a 0.01 mg/L (Berg M. 2006).

El arsénico es un elemento natural de la corteza terrestre; ampliamente distribuido en todo el medio ambiente, está presente en el aire, el agua y la tierra. En su forma inorgánica es muy tóxico. El arsénico se presenta raramente como sólido, se encuentra principalmente en forma de sulfuros. Presenta tres estados alotrópicos. Gris o metálico, amarillo y negro. La arsenopirita (FeAsS) en la forma más abundante (Alós y Juvíña 2005).

El arsénico (As) es un material sólido de color gris acero, aunque en el ambiente se le encuentra combinado con otros elementos como oxígeno, cloro y azufre. La combinación de arsénico con otros elementos se le conoce como arsénico inorgánico y combinado como carbono e hidrógeno, arsénico orgánico. La mayoría de los compuestos inorgánicos y orgánicos de arsénico son polos de color blanco que no se evaporan; no tienen olor o sabor especial por lo que no se puede saber si están presentes o no en el medio (Ambiental, 2007).

Ramírez V. (2013), indica que el arsénico (As) es un elemento natural ampliamente distribuido en la corteza terrestre, ha sido clasificado químicamente como un metaloide con propiedades tanto de metal como de elemento no metálico; sin embargo, se le refiere frecuentemente como un metal.

2.2.1 Arsénico en el agua.

El arsénico presenta cuatro estados de oxidación bajo condiciones normales siendo los más comunes sus estados trivalentes $\text{As}+3$ (arsenitos) y pentavalente $\text{As}+5$ (arsenatos), en las aguas naturales se presenta en forma inorgánica. En condiciones aeróbicas y aguas superficiales, es frecuente encontrar el arsénico en estado pentavalente $\text{As}+5$ mientras que en aguas profundas o de pozo, en condición de anaerobiosis es más común encontrarlo en estado trivalente $\text{As}+3$. Cuando el pH es de 4 a 10 el $\text{As}+5$ se encuentra cargado negativamente, lo que explica su mayor eficiencia en los sistemas de remoción, en cambio el $\text{As}+3$ a un pH de 4 a 10 no posee carga. Las condiciones que favorecen la oxidación química y biológica inducen el cambio a especies pentavalentes y a la inversa, aquellas que favorecen la reducción cambian el equilibrio al estado trivalente (Bournod. 2010).

2.2.2 Arsénico en las aguas subterráneas.

Berg M. (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 A. 2000).

2.2.3 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 cardíaco 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.

a) 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 KL et al. 2008).

b) 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 (angiosarcoma), el de riñón, y otros tipos de cánceres presentan una fuerza limitada de asociación (IARC 2004; NRC, 2000).

2.2.4 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 (hidro-arsenicismo), que afecta a en su mayoría parte de la población de una región (Berg M. 2001).

Es una enfermedad crónica producida por el consumo de arsénico a través del agua en un área geográfica definida y en forma permanente, luego de un periodo variable de exposición a concentraciones mayores de 50 $\mu\text{g As/L}$ en el agua de consumo diario. Estudios recientes han demostrado que la población infantil expuesta a arsénico en agua de bebida durante el periodo prenatal y posnatal, pueden tener menor desempeño neurológico que los niños no expuestos.

Los primeros síntomas aparecen 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 y evocador de la enfermedad, la hiperqueratosis puede ser 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).

2.2.5 Toxicocinética del Arsénico

a) Absorción

Las vías de absorción con mayor énfasis son: oral, respiratoria y cutánea, por estar ellas más relacionadas a las formas de exposición. Por vía Digestiva (inorgánicos: más fácil además son cáusticos; orgánicos: errática). Inhalatoria, la absorción a través de los pulmones implica dos procesos: la deposición de las partículas en la superficie del pulmón, y la absorción del arsénico del material depositado (es escasa para los compuestos inorgánicos excepto para la arsina). Y por 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, pero también se encuentra en músculos, hueso, corazón, pulmones, páncreas, bazo, cerebro, piel, cabellos y uñas (Benramdane, Accominotti y Fanton, et al., 1999).

Los datos sobre los efectos de la valencia y nivel de exposición de arsénico en la distribución en los tejidos indican 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 aumentan en gran medida a dosis más altas. (Health assessment document for inorganic arsenic, 1984).

El Arsénico inorgánico atraviesa la barrera placentaria y produce 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 fue detectado en leche materna en dos estudios, en uno de ellos realizado por la OMS, se halló concentraciones de 0.00013 a 0.00082 ppm y en el otro realizado en mujeres andinas expuestas a altas concentraciones en agua de consumo humano se encontró concentraciones de 0.0008 a 0.008 ppm de arsénico. (Lugo, Somogyi y Concha, 1998).

c) Metabolismo

Dos procesos están involucrados en el metabolismo: el primero 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. De esta manera el cuerpo humano tiene la habilidad de cambiar el arsénico inorgánico a formas orgánicas menos tóxicas (MMA y DMA) y esta es excretada más rápidamente en la orina que las formas inorgánicas. El metabolismo de arsénico en niños es menos eficiente que en los adultos (Menzel, Ross, Oddo, et al., 1994).

d) Eliminación

La eliminación del arsénico se da por la orina, las heces. También se excreta en la leche materna, uñas, cabellos y bilis. La proporción relativa de As+3, As+5, MMA y DMA en la orina puede variar dependiendo de la forma administrada, tiempo después de la exposición, vía de exposición y cantidad de dosis. En general 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 usualmente es 40% a 60% de DMA, 20% a 25% de arsénico inorgánico y 15% a 25% de MMA. (Buchet, Lauwerys y Roels, 1981).

5.3. Reportes

Chumbes J. (2018), "Reducción De Arsénico En Aguas Subterráneas Mediante El Uso De Alambre De Hierro En Diferentes Concentraciones, Taparachi, Juliaca, 2018" reportó los resultados obtenidos gracias a BHIOS LABORATORIO, la cantidad de Arsénico en agua subterránea extraída en la ciudad de Juliaca – Taparachi Sector 3 jirón Aliaga, es de 0.06 mg/ L con un pH de 7.1, por lo que sobrepasan lo establecido por la OMS y D. S. N° 031- 2010 S. A.

Monroy, J. (2019), "Efectos En La Salud Producidos Por Valores Elevados De Arsenico En El Agua, En La Población De Camaná 2014-2018" Se realizó el análisis de los reportes del INCAL DA-Perú, laboratorio de ensayos acreditados Registro N Le-003 Indecopi, sobre presencia de arsénico en agua, encontrándose que los niveles de arsénico en agua de consumo humano en la provincia de Camaná, en el periodo de enero 2017 hasta marzo 2018, en varias localidades superan el límite máximo permitido con un promedio de (0.01748 mg/L).

Basualdo y Yacida (2015). Reportaron la concentración media de arsénico en aguas del río Rímac es de (= 18,35 ppb) con valores extremos de (16,34 - 21,34 ppb) en el distrito de San Mateo de Huánchor de la región de Lima, no superando el límite máximo permisibles establecidos por los Estándares Nacionales de Calidad de



Agua y de la Organización Mundial de la Salud (50 ppb); lo cual nos indica que las aguas cercanas a los puntos de muestreo del río Rímac del distrito de San Mateo de Huánchor de la región de Lima son aptas para el riego de vegetales de la zona. El arsénico en la superficie terrestre no se encuentra en forma pura. Lo podemos encontrar como arsenopirita, trióxido de arsénico, pentóxido de arsénico y sulfuro de arsénico; siendo el trióxido de arsénico y el pentóxido de arsénico los más solubles y más tóxicos para el humano.

Castro de Esparza (2004). En el valle del río Locumba, en el año 2002, se hizo una evaluación que presentó niveles de arsénico entre 0,4 a 0,2 mg/L. La población de este valle consume esta agua desde mucho tiempo atrás sin que se reporten de casos de arsenicismo.

Sarmiento (2004). En el 2004 se realizó un estudio sobre el grado de contaminación de arsénico y otros metales en el río Mala. Este río es una cuenca altamente aprovechable para la agricultura y el consumo de la población de Mala. Se encontraron dos puntos, el Puente Mala (0,226 mg As/L) y Salitre (0,276 mg As/L), en el que las concentraciones de arsénico eran superiores a los límites dados para las aguas de tipo III según la Ley General de Aguas.

Caballero y col, (2010). "Presencia De Arsénico En Pozos Y En Cultivos En Oaxaca, México" En los resultados del análisis de agua (julio-abril), hubo arsénico ($\mu=0,1$ mg/l) en niveles que superan lo establecido en la norma oficial mexicana (0,025 mg/l). En la segunda fase, en los órganos comestibles de jitomate, lechuga, zanahoria, maíz y frijol cultivados en el paraje, no se encontró evidencias sobre la presencia de este metal.

VI. Hipótesis del trabajo

Hipótesis general

La contaminación de arsénico supera los valores permisibles y grado de conocimientos sobre el consumo del agua de las familias es bajo de la ciudad de Juliaca - Puno,

Hipótesis específicas

La concentración de arsénico en el agua de pozos de consumo humano de las familias supera al límite máximo permisible según normas internaciones en las cuatro zonas de la ciudad de Juliaca.

El grado de conocimientos y actitudes en las familias es deficiente sobre el consumo del agua de pozos de cuatro zonas de la ciudad de Juliaca.

VII. Objetivo general

Evaluar la contaminación de arsénico y grado de conocimientos en el agua de consumo humano de las familias de la ciudad de Juliaca - Puno.

VIII. Objetivos específicos

Determinar la concentración de arsénico en el agua de pozos de consumo humano de las familias de cuatro zonas de la ciudad de Juliaca.

Evaluar el grado de conocimientos y actitudes en las familias que consumen agua de pozos de cuatro zonas de la ciudad de Juliaca.



IX. Metodología de investigación

9.1 Tamaño muestral

El tamaño se determinará 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 está conformada por 76 pozos para su análisis y número de familias para ser encuestadas, a 17 familias en cada zona, que en total son cuatro zonas, son distribuidas de la siguiente manera:

Tabla 1. Distribución del número de muestras de agua y familias de 4 zonas 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

Procedimiento para el muestreo.

Recolección de muestras de agua de pozos

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

- a) El volumen de agua requerido fue concordante con el método de ensayo para el parámetro evaluado.
- b) 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).
- c) 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 en 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).
- d) Posteriormente se realizará 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 utilizará un envase de plástico limpio para sacar el agua con ayuda de una cuerda.



- e) La recolección de las muestras de agua de pozos, se realizará empleando un frasco de polietileno de 500 ml.
- f) Luego se procederá al etiquetado según la procedencia, código, volumen, nombre de la persona que realizará el muestreo, fecha y hora de recolección.
- g) Las muestras se colocarán en un "Cooler" con el gel refrigerante para garantizar su adecuada preservación hasta su llegada al laboratorio.

DETERMINACIÓN DE ARSÉNICO POR ESPECTROSCOPIA DE ABSORCIÓN ATÓMICA POR LA TÉCNICA DE HORNO DE GRAFITO

Las 76 muestras serán 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.

GRADO DE CONOCIMIENTO DEL CONSUMO DE AGUA

Para el presente trabajo de investigación, el tamaño de muestra estará 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.

A) 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).

B) Ejecución de la encuesta

Para el desarrollo del cuestionario, se realizará 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 y observación directa.

C) Procesamiento y análisis de datos

Después de la recolección, se procederá 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.

D) Proceso de validación de cuestionario para el estudio de investigación

Para el proceso de validación se contará con 20 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.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

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

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

Donde

Y_{ij}: Variable respuesta

μ: Media poblacional

U_i: Efecto del i-esimo tratamiento (urbanizaciones)

ε_{ij}: Error experimental

Para el grado de conocimientos se utilizará tabla de frecuencia y se interpretará en forma porcentual.

X. Referencias

- 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. Available at URL: <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp2.html>.
- Alos, R. y Juvina, 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/ProblematicaCastilla_Leon.a.sp.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. Retrieved April 11, 2022, from http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1659-13212010000100018&lng=en&tlng=es.
- 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., Garcia, S., y Villaamil, 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 6ª Processes, techniques, and Health issues En Reviews in Economic Geology, vol 6ª. 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.
- Reuelta, 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 (Hidralgirita) 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.
- UNDERWOOD EJ, F. SN. (2003). Los minerales en la nutrición del ganado.. 3rd ed. Zaragoza : Acribia. (<http://www.epa.gov/mercury/about-español.htm>, 2009.

XI. Uso de los resultados y contribuciones del proyecto

Los resultados de niveles de contaminación y grado de conocimiento de arsénico en aguas de pozos artesanales 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; es un conocimiento científico que se socializará con la población humana de las distintas urbanizaciones, con la finalidad de realizar acciones preventivas sobre el consumo de aguas de pozos contaminados con arsénico que puede causar intoxicaciones y hasta cáncer en los pobladores y contribuir una vida saludable.

XII. Impactos esperados

i. Impactos en Ciencia y Tecnología

El conocimiento generado se sumará en la acumulación de la ciencia de la salud pública y aplicable para dar solución el problema.

ii. Impactos económicos

El aporte del estudio permitirá evitar el consumo de antineoplásicos y demás medicamentos para en tratamiento de la salud del poblador, lo cual conllevaría a realizar un gasto de dinero.

iii. Impactos sociales

Las conclusiones del estudio motivarán en el cambio de actitudes en el consumo de agua de pozos artesanales a nivel de consumidores.

iv. Impactos ambientales

Permitirá planificar acciones monitoreo y vigilancia del comportamiento de la contaminación de metales pesados.



XIII. Recursos necesarios

- a) Muestra**
- Agua de pozos artesanales
- b) Reactivos**
- Estándar certificado de arsénico de 1000mg/L
- Ácido nítrico, HNO₃ concentrado para análisis de trazas, para la digestión de las muestras.
- Ácido nítrico, HNO₃ concentrado ultrapuro, para preparación de estándares.
- Diluyente, Ácido nítrico, 0.2 %: Medir 2 mL de ácido nítrico concentrado ultrapuro y llevar a una fiola de 1 litro, enrasar a la marca con agua ultrapura.
- Agua desionizada
- c) Materiales**
- Fiolas de 10 mL, 25 mL y 100 mL clase A
- Pipetas de 5 mL y 10 mL, clase A
- Probetas de 10 mL
- Vasos de precipitados
- Papel de filtrado de celulosa Whatman Nro. 40.
- Embudos de líquidos.
- d) Equipos**
- Equipo de absorción atómica SHIMADZU AA-6800
- Horno de grafito GFA-EX7
- Inyector automático, Autosampler ASC-6100
- Computadora
- Plancha térmica
- Balón de Argón, 99.999% de pureza
- Balanza analítica.

XIV. Localización del proyecto

El trabajo de investigación se ejecutará en cuatro zonas de la ciudad de Juliaca: Zona salidas a Huancané, Cusco, Arequipa y Puno; ubicadas geográficamente en la provincia de San Román, que pertenece a la región Puno, según las coordenadas, su ubicación es de 15°29'24" de latitud sur y 70°08'00" de longitud oeste del Meridiano de Greenwich. Pertenece a la región Suni, zona Central, con altitud de 3825 msnm., presenta 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, precipitaciones pluviales en verano (SENAMHI, 2014).

XV. Cronograma del estudio

Actividades	MESES 2023												
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E
Visita a las cuatro zonas de estudio	X												
Revisión de bibliografía	X												
Elaboración del Proyecto de investigación	X												
Revisión y análisis del proyecto de investigación			X										
Identificación de unidades de estudio				X	X	X	X						
Proceso de muestreo				X	X	X	X						
Análisis de muestras en laboratorio de la Facultad de Química de la UNMSM Lima						X	X						
Procesamiento de información							X	X					
Redacción de resultados de la tesis									X	X			
Presentación de la tesis										X	X		



- Cada 3 meses
- Una vez al año
- Dos veces al año

P8: ¿Qué utiliza para limpiar su pozo?

- Cloro líquido comercial
- Cloro en pastilla
- No hace limpieza del pozo
- Tintura de Yodo

P9: ¿Para usted, que es el arsénico?

- Un metal pesado
- Un plaguicida
- Un fármaco
- Un desinfectante

P10: ¿Conoce los peligros que causa al consumir el agua con arsénico?

- Desarrollo de cáncer de piel, pulmón e hígado
- Diarrea
- No causa peligros
- Trastornos Psicológicos

P11: ¿Conoce cuál es la vía principal de ingreso del arsénico al cuerpo humano?

- Vía oral (por la boca)
- Vía oftálmica (por los ojos)
- Vía ótica (por el oído)
- No sé

P12: ¿Cuál es la principal vía de distribución del arsénico en el medio ambiente?

- El agua
- En los animales
- El plantas
- El bacterias

P13: ¿Usted conoce los síntomas agudos (corto plazo) por consumo de agua con arsénico de un pozo?

- Vomito, dolor abdominal y diarrea
- Pérdida de cabello
- Mareos
- Tos y fiebre

P14: ¿Conoce usted los síntomas Crónicos (largo plazo) por consumo de agua con arsénico de un pozo?

- Cáncer de piel
- Diarrea
- Perdida de memoria
- Calambres musculares

P15: ¿Tiene conocimiento sobre los parámetros de calidad que debe contar el agua que consume?

- Se refiere a las medidas de concentración de un elemento ya sea físico, químico o biológico, presente en el agua.

- Se refiere a la medida de concentración de parásitos.
- Se refiere a la medida de concentración de la turbidez del agua
- Se refiere a la medida del pH del agua.

P16: ¿Usted sabe cuál es el valor máximo permisible de arsénico en agua potable para el consumo humano?

- 0.01 miligramos / litro
- 0.05 miligramos / litro
- 0.5 miligramos / litro



0.10 miligramos / litro

P17: ¿Dentro de la urbanización, conoce una entidad que vigila los pozos de consumo humano?

Sunass

ANA

Seda Juliaca

Emsa Puno

P18: ¿Cómo afecta las actividades económicas ó mineras en la contaminación del agua subterránea?

Los alimentos contaminados pueden contaminar el agua.

Se encuentra en objetos inanimados

Se encuentra en el comercio de aceros y metales.

Se encuentra en el comercio de material reciclado