

Contenido de arsénico, conocimiento y actitud en el consumo del agua de pozo familiar

Arsenic content, knowledge and attitude in family well water consumption

Conteúdo de arsênico, conhecimento e atitude em relação ao consumo doméstico de água de poço

ARTÍCULO ORIGINAL



Escanea en tu dispositivo móvil
o revisa este artículo en:

<https://doi.org/10.33996/revistavive.v6i18.264>

Julio Málaga Apaza 

jmalaga@unap.edu.pe

Escuela Profesional Medicina Veterinaria
y Zootecnia-Universidad Nacional Altiplano. Puno, Perú

Artículo recibido 2 de agosto 2023 / Aceptado 24 de agosto 2023 / Publicado 25 de septiembre 2023

RESUMEN

La contaminación por arsénico del agua de consumo humano, es un problema de salud pública, porque produce diversas enfermedades cancerígenas y de piel. **Objetivo.** Determinar niveles de arsénico en el agua de pozos, y evaluar el grado de conocimiento y actitud sobre el consumo del agua familiar. **Materiales y métodos.** Se utilizaron 96 muestras del agua de pozos del distrito de Juliaca. Las cuales se analizaron en laboratorio de Unidad de Servicios de Análisis Químicos de la Facultad de Química - Universidad Nacional Mayor de San Marcos-Lima, mediante la técnica Espectrofotometría de Absorción Atómica con Horno de Grafito. Los datos de arsénico fueron procesados estadísticamente mediante el diseño completamente al azar. Asimismo, la descripción del conocimiento y actitud del consumo de agua familiar se realizó aplicando la técnica de la encuesta y el instrumento fue un cuestionario de 11 ítems para la variable conocimiento y 7 para la variable actitud, con respuestas de alto, medio y bajo para conocimiento y buena, regular y mala calificadas con escala de Likert. **Resultados.** La concentración promedio fue 0.031 mg de As/L de agua y entre zonas hubo semejanza ($p>0.05$). En el grado de conocimiento sobre contaminación con arsénico en el agua de consumo humano respondieron el 40.81 % con calificación alta y el 59.19% están entre medio y bajo; en actitud, la calificación buena obtuvo menos del 50 % de encuestados y el resto están entre regular y mala. **Conclusiones.** El contenido arsenical en el agua de pozos supera los límites máximos permisibles según Organización Mundial de Salud y más del 50% se exponen al agua contaminada.

Palabras clave: Arsénico; Consumo de agua; Actitud

ABSTRACT

Arsenic contamination of drinking water is a public health problem, because it causes various carcinogenic and skin diseases. **Objective.** To determine arsenic levels in well water, and to evaluate the degree of knowledge and attitude about family water consumption. **Materials and methods.** Ninety-six samples of well water from the district of Juliaca were used. These were analyzed in the laboratory of the Chemical Analysis Services Unit of the Faculty of Chemistry - Universidad Nacional Mayor de San Marcos-Lima, using the technique Atomic Absorption Spectrophotometry with Graphite Furnace. The arsenic data were statistically processed using a completely randomized design. Likewise, the description of the knowledge and attitude of family water consumption was carried out by applying the survey technique and the instrument was a questionnaire of 11 items for the knowledge variable and 7 for the attitude variable, with answers of high, medium and low for knowledge and good, regular and bad rated with a Likert scale. **Results.** The average concentration was 0.031 mg As/L water and there was similarity between zones ($p>0.05$). In the degree of knowledge about arsenic contamination in drinking water, 40.81% responded with high qualification and 59.19% were between medium and low; in attitude, the good qualification obtained less than 50% of respondents and the rest were between regular and bad. **Conclusions.** The arsenic content in well water exceeds the maximum permissible limits according to the World Health Organization and more than 50% are exposed to contaminated water.

Key words: Arsenic; Drinking; Attitude

RESUMO

A contaminação da água potável por arsênico é um problema de saúde pública, pois causa várias doenças de pele e carcinogênicas. **Objetivo.** Determinar os níveis de arsênico na água de poço e avaliar o grau de conhecimento e atitude em relação ao consumo doméstico de água. **Materiais e métodos.** Foram utilizadas 96 amostras de água de poço do distrito de Juliaca. Elas foram analisadas no laboratório da Unidade de Serviços de Análises Químicas da Faculdade de Química da Universidade Nacional Mayor de San Marcos-Lima, usando a técnica de Espectrofotometria de Absorção Atômica com Forno de Grafito. Os dados sobre arsênico foram processados estatisticamente usando um desenho completamente aleatório. Da mesma forma, a descrição do conhecimento e da atitude do consumo familiar de água foi realizada aplicando a técnica de pesquisa e o instrumento foi um questionário de 11 itens para a variável conhecimento e 7 para a variável atitude, com respostas de alto, médio e baixo para o conhecimento e classificado como bom, regular e ruim em uma escala Likert. **Resultados.** A concentração média foi de 0,031 mg As/L de água e houve similaridade entre as zonas ($p>0,05$). Quanto ao grau de conhecimento sobre a contaminação por arsênico na água potável, 40,81% responderam com uma pontuação alta e 59,19% ficaram entre médio e baixo; quanto à atitude, a pontuação boa foi obtida por menos de 50% dos entrevistados e o restante ficou entre regular e ruim. **Conclusões.** O teor de arsênico na água de poço excede os limites máximos permitidos de acordo com a Organização Mundial da Saúde e mais de 50% estão expostos à água contaminada.

Palavras-chave: Arsênico; Ingestão de Líquidos; Atitude

INTRODUCCIÓN

La contaminación de las aguas subterráneas por As, es una amenaza grave para la población mundial; debido a que provoca una amplia distribución en los reinos vegetal y animal. Sin embargo, el pescado, las frutas y las verduras contienen principalmente arsénico orgánico; y el arsénico y sus compuestos son móviles en el medio ambiente (1). También es catalogado como uno de los elementos más carcinogénicos y tóxicos, implicando un grave problema ambiental y de salud en el mundo (2).

No obstante que, cuando ingresa el arsénico en la cadena trófica, la concentración de As soluble en el agua, se encuentra entre 0.03 y 1 mg/kg de suelo (0.4 y 2.5 % del As total del suelo), lo que indica una gran disponibilidad para las plantas. La concentración del As en los vegetales cultivados como son las zanahorias, patatas y remolacha azucarera, se encontró que superan los 0.05-1 mg/kg materia seca (3). La contaminación al ser humano con Arsénico ocurre por tres vías principales, por inhalación del aire, absorción dérmica e ingesta de alimentos y agua. Los principales efectos que puede causar, son las enfermedades agudas y crónicas; y se ven afectados en su funcionalidad de varios sistemas y órganos, como las vías respiratorias, sistema inmunológico, cardiovascular, digestivo, nervioso, genitourinario y reproductivo (4).

El arsénico es un metal tóxico que se encuentra en la corteza terrestre y su distribución

es desigual en el ambiente, dependiendo de las zonas geográficas, características geoquímicas de los suelos y la actividad industrial en el entorno. En la ciudad de Juliaca se estima que el 31.1% de abastecimiento del agua para consumo humano es proveniente de pozos artesanales sin tratamiento; ya que las familias se abastecen de fuentes subterráneas, mediante la perforación de pozos superficiales y profundos (5). Por la magnitud del problema en salud pública de las familias; los objetivos planteados en este estudio fueron determinar los niveles de arsénico en el agua de pozos familiares, y evaluar el grado de conocimiento y actitud sobre contaminación con arsénico y el consumo del agua familiar; y la población usuaria carece de conocimiento sobre contaminación del agua con arsénico y actitud no adecuada sobre el consumo del agua de pozos familiares; es por ello se requiere generación de conocimientos con tipo de investigación cuantitativa, y con el diseño horizontal prospectivo para alcanzar tecnologías que se aplique para lograr agua de calidad sin arsénico para una vida saludable.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para medir el contenido de As en el agua de pozos se realizó un estudio de corte transversal, recolectando datos mediante la técnica de espectroscopia de absorción atómica con horno de grafito. La descripción del conocimiento y actitud del consumo de agua familiar se realizó aplicando

la técnica de la encuesta y el instrumento fue un cuestionario de 11 ítems para la variable conocimiento con indicador evaluativa alto,

medio y baja; y 7 para la variable actitud, con indicadores de calificación a través de escala de Likert buena, regular y mala.

Tabla 1. Operacionalización de variables de la investigación.

| Variables | Indicador | Valor | Tipo de variables |
|-----------------|-----------------------|-------|-------------------|
| Contenido de As | Mg/litro | 0.031 | Continua |
| Conocimiento | Alto, Medio y bajo | % | Categoría ordinal |
| Actitud | Buena, regular y mala | % | Categoría ordinal |

a- Muestra para determinar niveles de Arsénico

El tamaño de la muestra se determinó mediante el método de muestreo al azar estratificado, considerando 50.0 % de pozos que poseen contaminación arsenical según reportes de diferentes autores, con un nivel de confianza de 95 % y un error de precisión de 10 %; utilizando la siguiente fórmula:

$$n = \frac{Z^2(p \times q)}{d^2} \quad n = \frac{(1.96)^2(0.5 \times 0.5)}{(0.1)^2} \quad n = 96 \text{ muestras de agua de pozos}$$

Las muestras del agua se recolectaron de los pozos tubulares, estos se depositaron en un frasco de polietileno estéril de 250 ml., con su respectivo rótulo de identificación y se almacenaron en un "Cooler" térmico con gel refrigerante para el envío al laboratorio de Unidad de Servicios de Análisis Químico de la Facultad de Química e Ingeniería Química de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos de la Ciudad de Lima.

Medición del arsénico

Preparación de la muestra. Medir 100 ml muestra agitada, 1 mL de HNO₃ en un vaso de 250mL limpio, lavado con ácido. Caliente sobre la plancha,

sin dejar que hierva la solución, hasta que el volumen sea reducido a 10mL aprox. Quítese de la plancha caliente y déjese enfriar a temperatura ambiente, dilúyase con agua en una fiola a un volumen de 50mL. Preparar simultáneamente un blanco digerido sustituyendo la muestra por agua ultrapura y realizar la digestión como se ha descrito con anterioridad.

Preparación de estándares

Estándar patrón de arsénico: 100 µg/mL: medir 10 mL del estándar certificado y diluir a 100ml con agua ultrapura. El estándar tiene una duración de un año.

Estándar de arsénico: 10 µg/mL: medir 10 mL del estándar de 100 µg/mL y diluir a 100 ml con ácido clorhídrico ultra puro al 10 %. Tiene una duración de 6 meses.

Estándar de arsénico: 1 µg/mL: medir 10 mL del estándar de 10 µg/mL y diluir a 100 ml con ácido clorhídrico ultra puro al 10 %. Tiene una duración de una semana.

Estándar de arsénico: 0.1 µg/mL (100 µg/L): medir 5 mL del estándar de 1 mg/L y diluir a 50 ml con ácido clorhídrico ultra puro al 10 %. Tiene una

duración de un día.

Estándares de calibración: medir 1mL, 3mL y 5mL del estándar de 100 µg/L, agregar 5 mL de ácido clorhídrico concentrado para análisis de trazas y 10 mL de la solución reductora, dejar **Blanco de calibración**, reposar 45 min y luego diluir a 50 ml con agua ultrapura para obtener concentraciones de 2 µg/L, 6 µg/L y 10 µg/L respectivamente. Los estándares tienen una duración de un día.

Blanco de calibración: tomar un volumen de agua ultrapura acidificada, con la misma cantidad de ácido que los estándares de calibración.

Aplicación de la técnica

Se incendie el equipo de absorción atómica SHIMADZU AA-7000, el equipo de horno de grafito GFA-7000 con inyector automático autosampler y la computadora, y se coloca la lámpara de cátodo hueco de Arsénico. Siguiendo el procedimiento de operación del horno de grafito, se calibra el instrumento, asegurando el alineamiento del autosampler antes de iniciar la corrida analítica. Usando el control manual del brazo muestreador, se hizo balancear el brazo sobre el tubo de grafito, sin tocar el borde del hueco. Con la ayuda de un espejo dental, se observó que el extremo del capilar estuviera a 2 mm, por encima de la plataforma del tubo.

Se coloca el blanco de calibración, el estándar de trabajo de 10 µg/L, el blanco reactivo y las muestras a los viales previamente identificados y enumerados correspondientemente, para posteriormente llevarlos al carrusel del autosampler.

Se programa la calibración automática y se chequea la Curva de Calibración.

Se programa el análisis de las muestras y se constata los resultados.

Las condiciones instrumentales para un análisis de arsénico por horno de grafito son: Se usa corrección de fondo (background):

Longitud de onda: 193.7nm.

Slit: 1.0 STD (Nº) Concentración (ppb) Absorbancia
 1 1.0000 0.0098 2 2.0000 0.0222 3 4.0000 0.0457
 4 8.0000 0.1062

Temperatura programada del horno de grafito

Tubo de grafito con plataforma

Temperatura programada del horno de grafito

Volumen de muestra: 20 µL. Cálculos: (ppb) = [As] * FD Donde: - [As] = lectura de concentración As en ppb por el equipo absorción atómica SHIMADZU AA-7000. - FD = diluciones necesarias a las cuales fue llevada la solución. Símbolos: - mL: mililitros - NHO3: ácido nítrico - HCl: ácido clorhídrico - v/v: volumen/ volumen - H2SO4: ácido sulfúrico - µg: micro gramos - STD: estándar - ppb: partes por billón

b- Muestra para evaluar el grado de conocimiento y actitud

Se utilizó el mismo método de muestreo al azar estratificado considerando el 50 % de los usuarios evidencian que tiene conocimiento medio y baja sobre consumo del agua contaminado, con un nivel de confianza de 95 % y un error de precisión de 10 %.

$$n = \frac{Z^2(p \times q)}{d^2} \quad n = \frac{(1.96)^2(0.5 \times 0.5)}{(0.1)^2} \quad n = 96 \text{ usuarios de agua}$$

Se aplicó la técnica de la encuesta y el instrumento fue un cuestionario de 11 ítems para la variable conocimiento y 7 para la variable actitud, con respuestas de alto, medio y bajo para conocimiento, y buena, regular y mala en actitud calificadas con escala de Likert.

La validación del instrumento fue aplicada a 24 % de 96 usuarios como piloto, para realizar ajustes en las preguntas del cuestionario, sí son comprensibles por los encuestados, caso contrario se replanteó las modificaciones en las preguntas y respuestas.

Se ha visitado a cada domicilio, previa coordinación con los presidentes de las zonas; en el cual, se entrega la encuesta para obtener la información. Y finalmente, cada encuesta fue sistematizada con la finalidad de organizar las respuestas.

Método estadístico

Los datos del arsénico se analizaron estadísticamente utilizando el diseño completamente al azar con 4 tratamientos y desigual número de repetición; mientras el grado de conocimiento y actitud se evaluó mediante calificación de escala de Likert, de donde se interpreta los resultados en frecuencias.

RESULTADOS

Niveles de arsénico

En la Tabla 2, se observa niveles de arsénico en el agua de pozos, por efecto de zonas, en el cual refleja que no muestra diferencias significativas en la variación de la cantidad de arsénico entre el agua de pozos de 4 zonas, y tuvieron un promedio de 0.031 mg de As/L de agua ($p>0.05$).

Tabla 2. Estadísticos del nivel de Arsénico en aguas de pozos familiares, según zonas.

| Zonas | N° de muestras | Promedio | E. E. | Valores extremos |
|--------|----------------|----------|--------|------------------|
| Zona 1 | 30 | 0.0337a | 0.0038 | 0.012 - 0.094 |
| Zona 2 | 22 | 0.0270a | 0.0028 | 0.009 - 0.060 |
| Zona 3 | 22 | 0.0329a | 0.0045 | 0.012 - 0.092 |
| Zona 4 | 22 | 0.0304a | 0.0027 | 0.012 - 0.057 |

Letras iguales indican que no hay diferencias significativas ($p>0.05$), E. E.= Error estándar.

Resultados del grado de conocimiento

En la Tabla 3, según el análisis del cuestionario sobre conocimiento por contaminación con Arsénico, respondieron con calificación alta

40.81 % y el resto 59.19 % califican medio y baja; por ello estos últimos requieren fortalecer capacidades en lo que se refiere a contaminación.

Tabla 3. Grado de conocimiento de los encuestados sobre contaminación arsenical en pozos.

| Conocimiento | Respuestas del encuestado | IEscala | Frecuencia de respuesta | % |
|---|--|-------------|-------------------------|--------------|
| 1: ¿Qué es el Arsénico? | Desinfectante | Medio | 25 | 26.04 |
| | Plaguicida | Bajo | 18 | 18.75 |
| | Metal pesado | Alto | 53 | 55.21 |
| | Total | | 96 | 100.00 |
| 2: ¿Sabe dónde se encuentra el Arsénico? | Aparatos electrónicos | Bajo | 18 | 18.75 |
| | En el plástico | Medio | 16 | 16.67 |
| | En el agua | Alto | 62 | 64.58 |
| | Total | | 96 | 100.00 |
| 3: ¿Cómo nos contaminamos con el Arsénico? | Manipulando fierros | Medio | 24 | 25.00 |
| | No sabe | Bajo | 12 | 12.50 |
| | Consumiendo alimentos | Alto | 60 | 62.50 |
| | Total | | 96 | 100.00 |
| 4: ¿Que enfermedad produciría por consumir agua con Arsénico? | Cálculos renales | Medio | 48 | 50.00 |
| | No causa peligros | Bajo | 19 | 19.79 |
| | Cáncer de hígado y piel | Alto | 29 | 30.21 |
| | Total | | 96 | 100.00 |
| 5: ¿Qué síntomas aparece con intoxicación aguda por consumir agua con arsénico? | Pérdida del pelo | Medio | 20 | 20.83 |
| | Tos y fiebre | Bajo | 22 | 22.92 |
| | Vómitos y dolor abdominal | Alto | 54 | 56.25 |
| | Total | | 96 | 100.00 |
| 6: ¿Qué síntomas aparece por intoxicación crónica cuando tomas agua con arsénico? | Calambres musculares | Bajo | 35 | 36.46 |
| | Diarrea | Medio | 39 | 40.62 |
| | Cáncer del pulmón, próstata y riñón | Alto | 22 | 22.92 |
| | Total | | 96 | 100.00 |

| Conocimiento | Respuestas del encuestado | IEscala | Frecuencia de respuesta | % |
|--|---|-------------|-------------------------|--------------|
| 7: ¿Qué medimos para ver la calidad del agua? | Turbidez de agua | Bajo | 40 | 41.67 |
| | Observando pH | Medio | 26 | 27.08 |
| | La cantidad de un elemento químico o biológico | Alto | 30 | 31.25 |
| | Total | | 96 | 100.00 |
| 8: ¿Cuál es el valor máximo permisible del arsénico en el agua de consumo? | 0.05 miligramos de As/L | Bajo | 36 | 37.50 |
| | 0.10 miligramos de As/L | Medio | 30 | 31.25 |
| | Menor a 0.01 miligramos de As/L | Alto | 30 | 31.25 |
| | Total | | 96 | 100.00 |
| 9: ¿Qué entidad brinda servicios sobre la calidad del agua de consumo? | Seda Juliaca | Medio | 71 | 73.96 |
| | No sé | Bajo | 12 | 12.50 |
| | ANA | Alto | 13 | 13.54 |
| | Total | | 96 | 100.00 |
| 10: ¿Qué actividades del hombre favorece la contaminación de pozos? | Comercio de aceros y metales | Bajo | 24 | 25.00 |
| | Comercio de material reciclado | Medio | 23 | 23.96 |
| | Uso de pesticidas y herbicidas | Alto | 49 | 51.04 |
| | Total | | 96 | 100.00 |
| 11: ¿Qué tratamiento debe hacerse al agua con arsénico? | Haciendo hervir el agua | Medio | 38 | 39.58 |
| | Ningún tratamiento | Bajo | 29 | 30.21 |
| | Purificando el agua por Coagulación - Filtración | Alto | 29 | 30.21 |
| | Total | | 96 | 100.00 |

Resultados sobre actitud de los encuestados

La Tabla 4, muestra el análisis de las respuestas sobre el manejo del agua de consumo en sus domicilios, respondieron de que califica

como buena 48.62 % y el resto 51.38 % muestran un manejo regular y mala; por lo cual, es necesario implementar el fortalecimiento de capacidades en el manejo del agua de consumo, ya que es un factor de riesgo para contaminarse.

Tabla 4. Actitud de los encuestados sobre el consumo del agua de pozos.

| Actitud | Respuestas del encuestado | IEscala | Frecuencia de respuesta | % |
|---|-----------------------------------|---------|-------------------------|--------|
| 1 ¿Qué tipo de pozo tiene usted? | Artesanal | Buena | 53 | 55.21 |
| | Tubular | Regular | 43 | 44.79 |
| | Aforado | Mala | 0 | 0.00 |
| | Total | | 96 | 100.00 |
| 2: ¿Que utiliza para tapar el pozo? | Calamina | Regular | 26 | 27.08 |
| | Tapa de madera | Mala | 28 | 29.17 |
| | Tapa de metal | Buena | 42 | 43.75 |
| | Total | | 76 | 100.00 |
| 3: ¿Que utiliza para sacar agua del pozo? | Balde con sogá | Buena | 32 | 33.33 |
| | Bomba eléctrica | Regular | 58 | 60.42 |
| | Bomba manual | Mala | 6 | 6.25 |
| | Total | | 96 | 100.00 |
| 4: ¿En que guarda el agua después de sacarla de pozo? | Cilindros | Mala | 25 | 26.04 |
| | Balde con tapa | Buena | 44 | 45.83 |
| | Tanques de agua | Regular | 27 | 28.13 |
| | Total | | 96 | 100.00 |
| 5: ¿En qué forma bebe el agua del pozo? | Hervida | Buena | 82 | 85.42 |
| | Sin hervir | Mala | 14 | 14.58 |
| | Total | | 96 | 100.00 |
| 6: ¿Cada cuánto tiempo limpia el pozo? | Cada 3 meses | Regular | 27 | 28.13 |
| | Una vez al año | Mala | 29 | 31.21 |
| | No limpia el pozo | Buena | 40 | 41.67 |
| | Total | | 96 | 100.00 |
| 7: ¿Con qué producto desinfecta el pozo? | Cloro en pastilla | Mala | 13 | 13.54 |
| | Cloro liquido comercial | Regular | 46 | 47.92 |
| | No utiliza ningún producto | Buena | 37 | 38.54 |
| | Total | | 96 | 100.00 |

DISCUSIÓN

Niveles de arsénico

El valor promedio 0.031 ± 0.01 mg de As/L encontrado, superan los límites máximos permisibles según la OMS que es de 0.01 mg/L (3); la no variación de los indicadores entre zonas se debería a la similitud de las capas de tierra que conforma los pozos, hasta donde aparece el agua subterránea, que es una formación geológica, donde una parte de esa consta de un material permeable capaz de almacenar una cierta cantidad de agua. registra promedio 0.022 mg de As/L de agua de consumo humano proveniente de pozos de puente piedra Lima (6). Reporta 0.038 mg de As/L, el 88 % de pozos superaron la concentración de 0.01 mg/L y el 32 % superan al 0.05 mg/L., casi un 10 % superó a 0.1 mg/L., en la Provincia de Valladolid-España (7).

El reporte de 0.025 mg de As/L en el agua de pozos a lo largo de diez meses, se asemeja al valor encontrado en el presente estudio, esto se debe por las lixiviaciones naturales pertenecientes al paraje “Flor de Guayabal” en Tlacolula, México (8). Asimismo, se ha comprobado que los factores importantes que afectan, es la química de arsénico y por lo tanto su movilidad en suelos o sedimentos se deben a la solución química, pH, las condiciones redox (9). También está ampliamente disperso las capas en la naturaleza, que por lixiviaciones naturales son extendidas hacia los acuíferos, lagos y pozos, y en pequeña

proporción las prácticas agrícolas que realizan, en el uso indiscriminado de fungicidas y plaguicidas en cultivos de papa y quinua, que son factores que influyen a la contaminación del agua por arsénico.

Entre otras teorías, la presencia de arsénico en aguas subterráneas obedece a diferentes causas, que estas producen problemas de contaminación natural o provocada. Según (10) las concentraciones altas de Arsénico no se restringen a determinados condiciones o ambientes, la mayor parte de los acuíferos con contenidos altos de arsénico tienen un origen ligado a procesos geoquímicos naturales. También, argumentan que la contaminación de As está 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 (11). No obstante, se cuantificó arsénico en aguas subterráneas del orden de 3 a 446 $\mu\text{g/L}$, en suelos de 10 a 42,7 mg/Kg., los resultados del primero sobrepasaron los estándares de calidad ambiental y las de suelo no representan un impacto ni riesgo ambiental (12). La contaminación por arsénico de las aguas subterráneas es un problema muy extendido, y hay varias regiones en que el agua de bebida presenta importantes niveles de arsénico. Y se estima que 140 millones de personas de al menos 70 países han estado bebiendo agua con niveles de arsénico superiores al valor de referencia provisional de la OMS de 10 $\mu\text{g/litro}$ (13).

El proceso de adsorción del As de los pozos mejorarían la calidad del agua de consumo en corto tiempo en ámbitos donde el uso del agua superficial es permanente; y 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, además manifiestan que la adsorción es un fenómeno físico, en donde un compuesto en fase líquida o gaseosa entra en contacto con un sólido adsorbente y se adhiere a la superficie del mismo, mediante una fuerza física (14).

Discusión sobre grado de conocimiento

La Tabla 3, muestra, que el 40.81 % de los encuestados obtuvieron calificación alto 40.81 % y el resto 59.19 % poseen calificación media y baja en conocimiento; esta expresión nos permite atribuir que el fortalecimiento de capacidades a las familias es primordial, en lo concerniente a la contaminación del agua. En tanto que la población desconoce los distintos peligros que ocasiona la exposición de dicho metal (15), y la población posee conocimientos acerca del contenido de arsénico en el agua de pozos de la localidad, pero no lo relaciona con las enfermedades que podría ocurrir (16). Además, se reportó que el 67% de madres de un asentamiento humano tienen un nivel medio de conocimiento sobre el consumo del agua (17); por cuenta un estudio sostiene que, las 48 % de madres califican baja sobre el

consumo de agua saludable, debido a que el grado de instrucción bajo que tienen no les permite conocer el consumo de este líquido (18).

La participación de miembros de cada familia en el fortalecimiento de capacidades reciba una educación para comprender los riesgos asociados a la exposición de altos niveles de As a través cultivos alimentarios como el arroz regado con agua contaminada o a través de alimentos cocinados con agua contaminada (19). En 2010, el Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios reevaluó los efectos del As en la salud humana, a la luz de los nuevos datos disponibles; concluyen que, algunas regiones del mundo donde las concentraciones de As inorgánico en el agua de bebida superan los 50-100 $\mu\text{g}/\text{litro}$, hay cierta evidencia de efectos adversos como es la aparición de enfermedades.

Discusión sobre actitud en el manejo del agua

La Tabla 4, se observa que califica como buena el 48.62 % y el resto 51.38 % logran calificar **medio y bajo**. A esto coadyuva en relacionar entre el conocimiento y práctica sobre tratamiento de agua intradomiciliaria en 36 padres familias, el 22,2% de familias que acuden al puesto de salud San Jerónimo con un nivel de conocimiento alto y prácticas correctas referentes al tratamiento del agua intradomiciliaria, y, 13,9% de familias con bajo nivel de conocimiento y práctica incorrecta (20). Reporta que el 40% de las familias de la comunidad desinfectan los pozos con cloro líquido

comercial, pero no técnicamente y el 60% no desinfectan (21). OMS recomienda, asegurar la protección sanitaria de los pozos, la extracción del agua, la instalación de bombas manuales o eléctricas y la adición de una tapa que evite la contaminación (22). Las teorías que sostiene los resultados del estudio, es que promueve la salud y las barreras que se perciben son las conductas promotoras de la salud. Estos factores se modifican por características demográficas y biológicas y por influencias interpersonales.

CONCLUSIONES

La investigación revela una preocupante presencia de arsénico en el agua de consumo proveniente de pozos familiares en la ciudad de Juliaca. Estos niveles superan los límites permisibles establecidos por normas técnicas internacionales. Por lo tanto, el agua extraída de estos pozos no es adecuada para el consumo humano, lo que representa un riesgo significativo para la salud pública de la comunidad.

Existe una diversidad en el nivel de conocimiento de los residentes de la ciudad de Juliaca acerca de los peligros asociados con la contaminación del agua por arsénico. Aunque un 40.81% de los encuestados demostró tener un conocimiento alto sobre el tema, una mayoría, representada por el 59.19%, posee un nivel de conocimiento medio o bajo. Esta disparidad en el nivel de conciencia sugiere la necesidad de programas educativos y de sensibilización para

informar adecuadamente a la comunidad sobre los riesgos asociados con el consumo de agua contaminada con arsénico.

La actitud de la población estudiada hacia el consumo de agua contaminada con arsénico muestra una tendencia preocupante. Más de la mitad de los encuestados, específicamente el 51.38%, mostró una actitud calificada como regular a mala. Esta actitud podría atribuirse a una falta de conciencia sobre los efectos adversos para la salud derivados de la ingesta de agua contaminada con arsénico o a factores socioeconómicos que limitan las opciones de acceso a fuentes de agua seguras.

Los hallazgos de esta investigación subrayan la urgencia de abordar el problema de la contaminación del agua por arsénico en la ciudad de Juliaca. Es esencial implementar medidas preventivas, educativas y de sensibilización para proteger la salud de la comunidad y garantizar el acceso a agua segura y potable.

CONFLICTO DE INTERESES. Los autores declaran que no existen conflicto de intereses para la publicación del presente artículo científico.

FINANCIAMIENTO. Los autores declaran que no recibieron financiamiento.

AGRADECIMIENTO. Los autores reflejan el esfuerzo y el aporte que las personas aportaron al desarrollo del presente artículo científico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Mandal B, Suzuki K. Arsénico alrededor del mundo. *Talanta*. 2002; 58 (1) 201-235. [http://dx.doi.org/10.1016/S0039-9140\(02\)00268-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0039-9140(02)00268-0)

2. Iliná A, Martínez J, Segur E, Villarreal J. y Gregorio K. Biosorción de arsénico en materiales derivados de maracuyá. *Rev. Int. Contam. Ambient.* 2009. 25(4), 201-216. <https://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v25n4/v25n4a1.pdf>
3. OMS. Guidance on the investigation and mitigation of arsenic contamination. Nueva York: Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia y Organización Mundial de la Salud. 2018. <https://www.unicef.org/documents/arsenic-primer-guidance-investigation-mitigation-arsenic-contamination>
4. Abernathy C, Morgan A. Exposure and Health Effects. Un synthesis report on arsenic in drinking water [Internet]. Geneva, Switzerland: World Health Organization. 2001. <https://www.sciencelink.net/Uploads/storage/bb27f6fd82653e4cbd06b1ae3e351239.pdf>
5. Instituto Nacional de Estadística e Informática INEI. IV Censo Nacional Agropecuario. Av. General Garzón N° 658, Jesús María, Lima Perú Teléfonos: (511) 433-8398 431-1340 Fax: 433-3591 2012. Web: www.inei.gov.pe Diciembre.
6. Caballero P, Carrillo J, Gome, R, y Jerez M. Presencia de arsénico en pozos y en cultivos de Oaxaca, México. *Agronomía Mesoamericana*, 2010. 21(1), 177-184. <https://doi.org/10.15517/am.v21i1.4923>
7. Flores R, y Pérez E. "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. Tesis para optar al título profesional de Químico Farmacéutico. Lima. 2009. https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/1638/Flores_ee.pdf?sequence=1&isAllowed=y
8. Revuelta C, Álvarez J, Benítez A, Diez M, y Rodríguez B. Contaminación por arsénico en aguas subterráneas en la provincia de Valladolid: variaciones estacionales. Estudios de la zona no saturada del suelo. 2003. https://abe.ufl.edu/faculty/carpena/files/pdf/zona_no_saturada/estudios_de_la_zona_v6/p091-098.pdf
9. Gulens, J., Champ, R., y Jackson, E. Influence of redox environments on the mobility of arsenic in ground water. In: Jenne, E.A. (ed) *Chemical Modeling in Aqueous Systems*. American Chemical Society, 1979. 81-85. https://inis.iaea.org/search/search.aspx?orig_q=RN:13668818
10. Lillo, J. Peligros geoquímicos: Arsénico de origen natural en las aguas. Escuela Superior de Ciencias Experimentales y Tecnología. Universidad Rey Juan Carlos. España. 2002. <https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag15564/Peligros%20geoqu%C3%ADmicos%20del%20ars%C3%A9nico%20-%20Javier%20Lillo.pdf>
11. Mamani W. Determinación de la concentración de Arsénico (As) total en las aguas subterráneas de pozos tubulares en el distrito de Juliaca y medidas de mitigación por: Universidad Nacional de Juliaca. 2019. <http://repositorio.unaj.edu.pe:8080/handle/UNAJ/59>
12. Calsina M, Calcina L, Huaraya, F, Salas A, y Tejada K. Arsénico en aguas subterráneas de la cuenca del río Callacame y su impacto en suelos agrícolas en Desaguadero, Puno – Perú. *Revista DYNA*, 89(221), pp. 178-184, April - June, 2022. <https://doi.org/10.15446/dyna.v89n221.98319>
13. Granda E. 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; 2014. 2025. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/2892>
14. Mayorga M. Arsénico en aguas subterráneas su transferencia al suelo y a la planta. Tesis Doctoral. Universidad Valladolid, Escuela Universitaria de Ingenierías Agrarias. Departamento Producción Vegetal y Recursos Forestales. Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Salamanca-CSIC. 2014; 59 p. Leída: 15-03-2013. <http://hdl.handle.net/10261/81461> <https://doi.org/10.35376/10324/2821>
15. Campodonico M. Diagnóstico del estado actual de la concentración de arsénico en las aguas de consumo humano del Centro Poblado Cruz del Médano en Mórrope. 2019.

https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/2035/Martha%20Campodonico_Trabajo%20de%20Investigacion_Bachiller_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y

16. Zaldarriaga M. Conocimiento sobre las consecuencias del consumo de agua contaminada con arsénico, en la población de Winifreda 2013. https://repo.unlpam.edu.ar/bitstream/handle/unlpam/2054/x_zalcon407.pdf?sequence=1&isAllowed=y

17. Nieto T. Relación del nivel de conocimiento y hábitos de consumo del agua en las madres del Asentamiento Humano la Mansión II, Socabaya Arequipa 2016. <https://repositorio.uap.edu.pe/handle/20.500.12990/1041>

18. Quispe, Valencia C. Conocimientos sobre consumo de agua segura en madres de la jurisdicción del puesto de salud Huayllay. Tesis. Huancavelica. 2012;

19. OMS. Cita a Global threat of arsenic in groundwater. Podgorski J, Berg M. Science. 2020. 368(6493):845-850. <https://www.science.org/doi/10.1126/science.aba1510>

20. Laime E, Quispe N. Conocimiento y práctica sobre tratamiento de agua intradomiciliaria en familias que acuden al puesto de salud de San Gerónimo - Huancavelica – Perú 2018. 2018. https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RUNH_cff0b401b9ed181dcf8eb68d458f455e

21. Tapia S, Pablo A, Calupiña M, Carlos J. Análisis de la evolución del mercado de agua embotellada, del año 2009 al 2013, en la ciudad de Quito, desde la perspectiva del posicionamiento y participación de las marcas. 2014. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/6209>

22. Collazo P, Pamoukaghlián K, Valery P, Mañay N. Arsénico en agua subterránea de Uruguay y riesgo a la salud asociado (Proyecto AsURU): resultados preliminares 2020. Universidad de la República. Uruguay. <https://hdl.handle.net/20.500.12008/33716>

ACERCA DE LOS AUTORES

Julio Málaga Apaza. Doctor en ciencias de la salud pública, UNA, Arequipa. Magister en producción animal, UNA-Puno. Médico veterinario y zootecnista, UNA-Puno. Bachiller en medicina veterinaria y zootecnia, UNA-Puno. Experiencia como docente en: La Universidad Católica Boliviana Sede Tiahuanaku- Bolivia, Universidad Técnica De Oruro En La Escuela Posgrado, Escuela Posgrado de la Universidad Nacional Mayor de San Andres, La Paz – Bolivia; Director del Centro de Investigación y Producción Chuquibambilla; Director de Escuela de Practicos Agropecuarios; Director Del Instituto De Investigación Y Promoción En Camélidos Sudamericanos(2014-2015), Director Del Centro Experimenta La Raya; actualmente Director de la Unidad Posgrado de la UPG - FMVZ-UNA-Puno, Perú.