

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS

FACULTAD DE INGENIERÍAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

**DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE CONCENTRACIÓN DE ARSÉNICO EN
AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LA URBANIZACIÓN TAPARACHI, JULIACA,
PUNO 2023**

PRESENTADA POR:

THAIS NUARA MESTAS MORA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

PUNO – PERÚ

2025



Repositorio Institucional ALCIRA by Universidad Privada San Carlos is licensed under a [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)



11.64%

SIMILARITY OVERALL

SCANNED ON: 17 MAR 2025, 7:15 PM

Similarity report

Your text is highlighted according to the matched content in the results above.

● IDENTICAL
0.9%

● CHANGED TEXT
10.74%

Report #25285487

THAIS NUARA MESTAS MORA // DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE CONCENTRACIÓN DE ARSÉNICO EN AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LA URBANIZACIÓN TAPARACHI, JULIACA, PUNO 2023 RESUMEN El presente estudio tuvo como objetivo determinar el nivel de concentración de arsénico en las aguas subterráneas de la Urbanización Taparachi, en Juliaca, Puno, durante el año 2023, así como identificar las principales fuentes de contaminación. La hipótesis general sugiere que existe un alto nivel de concentración de arsénico en esta zona. 6 35

La investigación es de tipo aplicada con un enfoque cuantitativo, y se desarrolló bajo un diseño no experimental y de nivel descriptivo. Se tomaron dos muestras de aguas subterráneas como parte del análisis y los datos fueron procesados utilizando el T Student para una muestra, el cual determina la significancia estadística de estar o no contaminado el agua por arsénico. Los objetivos específicos fueron identificar las principales fuentes de contaminación, entre las cuales se consideran las actividades agrícolas, la filtración de ríos y las aguas residuales domésticas. Asimismo, este estudio tuvo como objetivo contribuir a la comprensión del problema del arsénico y sus consecuencias en aguas subterráneas. Los resultados muestran que el 100% de las muestras tomadas de dos pozos, ubicados en distintas áreas de la urbanización, presentan un nivel tóxico de arsénico, superando los 50 µg/L. Se concluye que las aguas subterráneas de la Urbanización Taparachi, en

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS
FACULTAD DE INGENIERÍAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL
TESIS

**DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE CONCENTRACIÓN DE ARSÉNICO EN
AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LA URBANIZACIÓN TAPARACHI, JULIACA,
PUNO 2023**

PRESENTADA POR:

THAIS NUARA MESTAS MORA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE

:



Mg. JULIO WILFREDO CANO OJEDA

PRIMER MIEMBRO

:



M.Sc. FREDY APARICIO CASTILLO SUAQUITA

SEGUNDO MIEMBRO

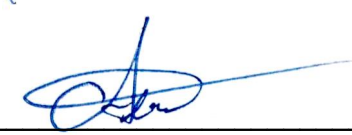
:



Dra. MARLENE CUSI MONTESINOS

ASESOR DE TESIS

:



Mg. ELVIRA ANANI DURAND GOYZUETA

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Ingeniería Ambiental

Línea de investigación: Ciencias Ambientales

Puno, 21 de marzo del 2025.

DEDICATORIA

A mis padres con mucho amor y afecto, por apoyarme y valorar mi esfuerzo como su hija y como profesional; también se la dedico a mi familia por ser el motivo que ha llenado de esfuerzo mi vida.

THAIS NUARA MESTAS MORA

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Privada San Carlos y a la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental por los años de enseñanza y esmero en la formación de profesionales con visión económica, social y ambiental.

THAIS NUARA MESTAS MORA

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	1
AGRADECIMIENTOS	2
ÍNDICE GENERAL	3
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	7
ÍNDICE DE ANEXOS	8
RESUMEN	9
ABSTRACT	10
INTRODUCCIÓN	11

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
1.1.1. PROBLEMA GENERAL	14
1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	14
1.2 OBJETIVOS	15
1.2.1. OBJETIVO GENERAL	15
1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
1.3. ANTECEDENTES	15
1.3.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES	15
1.3.2. ANTECEDENTES NACIONALES	17
1.3.3. ANTECEDENTES LOCALES	18

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO	21
2.1.1. CONTAMINACIÓN POR ARSÉNICO	21
	3

2.1.2. AGUAS SUBTERRÁNEAS	22
2.2. MARCO CONCEPTUAL	25
2.3. MARCO NORMATIVO	25
2.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	26
2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL	26
2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	26
CAPÍTULO III	
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	
3.1. ZONA DE ESTUDIO	27
3.1.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA ZONA	28
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA	28
3.3. MÉTODOS Y MATERIALES	30
3.4. PROCEDIMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN	30
3.5. DISEÑO ESTADÍSTICO	31
3.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	33
CAPÍTULO IV	
EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	
4.1. NIVEL DE CONTAMINACIÓN EN AGUAS SUBTERRÁNEAS POR ARSÉNICO EN LA URBANIZACIÓN TAPARACHI DE LA CIUDAD DE JULIACA, 2023	34
4.2. CONCENTRACIÓN DE ARSÉNICO PRESENTE EN AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA URBANIZACIÓN TAPARACHI EN LA CIUDAD DE JULIACA, 2023.	36
4.3. IDENTIFICACIÓN DE LAS PRINCIPALES FUENTES DE CONTAMINACIÓN POR ARSÉNICO EN AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA URBANIZACIÓN TAPARACHI EN LA CIUDAD DE JULIACA, 2023.	37
4.4. CONTRATACIÓN DE HIPÓTESIS.	40
DISCUSIÓN	43

CONCLUSIONES	45
RECOMENDACIONES	46
BIBLIOGRAFÍA	47
ANEXOS	53

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 01: Baremo de la variable	34
Tabla 02: Nivel de contaminación por Arsénico	35
Tabla 03: Resultados del laboratorio de las muestras	36
Tabla 04: Prueba t Student para una muestra.	40

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 01: Mapa de la Urbanización Taparachi - Juliaca - Puno	28
Figura 02: Mapa de áreas verdes y redes hídricas de Juliaca.	29
Figura 03: Nivel de contaminación por Arsénico	35
Figura 04: Resultados del laboratorio de las Muestras	36
Figura 05: Delimitación de la cuenca de Coata	38
Figura 06: Toma de primera muestra en pozo para el laboratorio.	57
Figura 07: Ubicación de la Urbanización Quinta Belén Taparachi.	57
Figura 08: Tomando la segunda muestra para el laboratorio en pozo.	58
Figura 09: Recolectando la muestra para análisis en el laboratorio.	58

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 01: Matriz de consistencia	54
Anexo 02: Operacionalización de variables	55
Anexo 03: Evidencias del laboratorio	56
Anexo 04: Evidencias fotográficas	57

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo determinar el nivel de concentración de arsénico en las aguas subterráneas de la Urbanización Taparachi, en Juliaca, Puno, durante el año 2023, así como identificar las principales fuentes de contaminación. La hipótesis general sugiere que existe un alto nivel de concentración de arsénico en esta zona. La investigación es de tipo aplicada con un enfoque cuantitativo, y se desarrolló bajo un diseño no experimental y de nivel descriptivo. Se tomaron dos muestras de aguas subterráneas como parte del análisis y los datos fueron procesados utilizando el T Student para una muestra, el cual determina la significancia estadística de estar o no contaminado el agua por arsénico. Los objetivos específicos fueron identificar las principales fuentes de contaminación, entre las cuales se consideran las actividades agrícolas, la filtración de ríos y las aguas residuales domésticas. Asimismo, este estudio tuvo como objetivo contribuir a la comprensión del problema del arsénico y sus consecuencias en aguas subterráneas. Los resultados muestran que el 100% de las muestras tomadas de dos pozos, ubicados en distintas áreas de la urbanización, presentan un nivel tóxico de arsénico, superando los 50 µg/L. Se concluye que las aguas subterráneas de la Urbanización Taparachi, en la Ciudad de Juliaca, tienen un nivel de contaminación tóxico por arsénico, lo cual representa un riesgo significativo para la salud humana.

Palabras clave: Aguas subterráneas, Concentración de arsénico, Contaminación.

ABSTRACT

The objective of this study was to determine the level of arsenic concentration in the groundwater of the Taparachi Urbanization, in Juliaca, Puno, during the year 2023, as well as to identify the main sources of contamination. The general hypothesis suggests that there is a high level of arsenic concentration in this area. The research is of an applied type with a quantitative approach, and was developed under a non-experimental and descriptive design. Two groundwater samples were taken as part of the analysis, and the data were processed using Student's t test for one sample, which determines the statistical significance of being or not being contaminated by arsenic. Specific objectives include identifying the main sources of contamination, among which agricultural activities, river seepage, and domestic wastewater are considered. This study aims to contribute to the understanding of the arsenic problem and its consequences for groundwater. The results show that 100% of the samples taken from two wells, located in different areas of the urbanization, present a toxic level of arsenic, exceeding 50 µg/L. It is concluded that the groundwater of the Taparachi Urbanization, in the City of Juliaca, has a toxic level of arsenic contamination, which represents a significant risk to human health.

Keywords: Groundwater, Arsenic concentration, Contamination.

INTRODUCCIÓN

Preservar la calidad del agua, un elemento indispensable para la existencia de todo ser vivo, es la mayor preocupación del ser humano, ya que su estado influye directamente en la salud y bienestar de la población.

Sin embargo, la presencia de arsénico en aguas subterráneas representa un riesgo para la salud pública, sobre todo cuando este, excede los límites permisibles. Esta contaminación procede especialmente de una urbanización acelerada, las actividades industriales como la minería, las prácticas agrícolas y la mala gestión de los residuos sólidos (Rasool et al., 2015).

En ese sentido, son factores que hacen que la calidad de vida de las personas se vea afectada. En México, se han detectado tres ambientes hidrogeológicos principales con presencia de arsénico como en los acuíferos aluviales, áreas de minería activa y aguas geotérmicas (Cortés et al., 2010).

En nuestro país, varias investigaciones han revelado la presencia de arsénico en la zona amazónica como en la andina, especialmente en Pelipeline y Jallamilla, así como en Huata y Carancas. En los distritos de Juliaca y Caracoto se han encontrado concentraciones de arsénico de hasta 500 $\mu\text{g/L}$, con un 6% de las muestras de agua subterránea superando el límite permisible de 10 $\mu\text{g/L}$ (Calcina et al., 2022).

Ante este contexto, la presente investigación se centra en la problemática de la contaminación por arsénico en las aguas subterráneas, con el objetivo de comprender los procesos que originan dicha contaminación y su repercusión en los recursos hídricos en áreas urbanas.

Enfocado en la zona de Taparachi, donde las aguas subterráneas son frecuentemente utilizadas para el consumo humano y animal. Este uso conlleva un gran riesgo, ya que la ingesta prolongada de agua contaminada con arsénico puede tener efectos adversos para la salud.

El propósito principal de este estudio es evaluar los riesgos a los que está expuesta la población de ese sector, identificando la presencia y distribución de arsénico en el agua subterránea. Además, busca contribuir al conocimiento científico sobre el tema. Estudios previos, en otros países, como el de Osicka et al. (2022) han demostrado una correlación positiva entre las concentraciones de arsénico y fluoruro, lo que sugiere que las personas expuestas a altas concentraciones de arsénico también enfrentan un riesgo al fluoruro.

Por lo tanto, esta investigación tiene el potencial de generar datos esenciales para la formulación de políticas públicas y medidas preventivas que mejoren la calidad de vida de las comunidades afectadas.

La investigación se presentará por capítulos:

En el capítulo I, el planteamiento del problema, objetivos y antecedentes; en el capítulo II se presenta el marco teórico y conceptual.

Posteriormente en el capítulo III se detalla la metodología de la investigación, posterior a ello en el capítulo IV la exposición y análisis de resultados, que nos darán mayor detalle al nivel de contaminación, la cantidad de concentración de arsénico y las principales fuentes de contaminación.

Del mismo modo se redactan las conclusiones y recomendaciones respectivas, bibliografía y por último, los anexos.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El agua representa un recurso natural finito, esencial para la vida y la salud, por lo que el acceso a este recurso debe ser contemplado como un elemento crucial de las políticas efectivas (Naciones Unidas, 2003).

La insuficiencia de agua es un problema complicado originado por influencias tanto naturales como humanas, donde a pesar de existir en teoría suficiente agua dulce en el mundo para abastecer a la población global, su distribución desigual, derroche, contaminación y manejo no sostenible son responsables de esta compleja situación (UNESCO, 2015). La degradación de la calidad del agua, descuidada en la gestión de recursos hídricos, ocasiona escasez al afectar su aptitud para diversos usos, generando impactos en la salud y el medio ambiente, lo que se traduce en una reducción en la disponibilidad de recursos hídricos y convierte la contaminación del agua en una amenaza para su disponibilidad y reutilización.

De acuerdo con datos del INEI, el 94,8% de los habitantes en zonas urbanas tiene acceso a este servicio, mientras que en las áreas rurales este porcentaje es del 76,3%. La parte restante de la población carece de acceso al suministro público de agua, lo que hace que el acceso al agua subterránea se convierta en una opción para proporcionar agua a estos hogares que carecen de servicios de saneamiento, lo que contribuye a una deficiencia en la calidad del agua y se convierte en un factor que influye en la aparición de problemas de salud (INEI, 2020).

La localidad de Juliaca, situada en la provincia de San Román en la región de Puno, está comprendida en esta problemática, ya que enfrenta un problema ambiental persistente. Una parte significativa de su población carece de acceso a servicios de agua potable en sus viviendas. En relación con esta escasez, según Tacuri (2019) en Juliaca el 31,1% del suministro de agua para consumo humano proviene de pozos, los cuales se consumen directamente sin tratamiento alguno, lo que resulta en un consumo no saludable. Dado el agravamiento de la carencia de agua potable, las comunidades recurren a fuentes subterráneas cuyo caudal les permite emplearla para consumo y otras necesidades humanas; esta fuente de agua es obtenida mediante la perforación de pozos, tanto superficiales como profundos, con caudales que superan los 30 litros por segundo (INEI, 2020).

En Taparachi, una urbanización de la ciudad de Juliaca, también se vive dentro de esta problemática respecto al acceso al agua potable. De igual forma, para quienes no pueden costear el servicio de agua, la única opción es utilizar pozos subterráneos, que lamentablemente contienen niveles peligrosos de arsénico. A pesar de ser conscientes de la contaminación, la población agrega cloro para hacer el agua apta para el consumo. La falta de acción por parte de las entidades responsables y las repercusiones en la salud de la población son motivo de gran preocupación en esta y demás urbanizaciones de la ciudad de Juliaca.

Considerando lo expuesto previamente, resulta esencial llevar a cabo una investigación de las aguas subterráneas que están siendo utilizadas por los habitantes de la Urbanización Taparachi en la Ciudad de Juliaca.

1.1.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cuál es el nivel de contaminación de aguas subterráneas por arsénico en la Urbanización Taparachi en la Ciudad de Juliaca, 2023?

1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Cuál es la concentración de arsénico presente en aguas subterráneas de la Urbanización Taparachi en la Ciudad de Juliaca, 2023?

- ¿Cuáles son las principales fuentes de contaminación por arsénico de aguas subterráneas de la Urbanización Taparachi en la Ciudad de Juliaca, 2023?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar el nivel de contaminación en aguas subterráneas por arsénico en la Urbanización Taparachi de la Ciudad de Juliaca, 2023.

1.2.2.. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la concentración de arsénico presente en aguas subterráneas de la Urbanización Taparachi en la Ciudad de Juliaca, 2023.
- Identificar las principales fuentes de contaminación por arsénico en aguas subterráneas de la Urbanización Taparachi en la Ciudad de Juliaca, 2023.

1.3. ANTECEDENTES

1.3.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Altamirano y Delgado (2019) desarrollaron el trabajo titulado “*Contaminación natural por arsénico en las aguas subterráneas de la comunidad rural “La Fuente”, para sugerir y promover el uso de fuentes alternativas de agua segura municipio La Paz Centro, León, Nicaragua*”, con el propósito de promover procesos de descontaminación ecológica en aguas subterráneas, por la presencia de arsénico. La investigación fue teórica, de nivel descriptivo y diseño experimental, de corte transversal, la muestra estuvo conformada por 30 pozos excavados, 3 perforados y un manantial. De acuerdo con los resultados se encontró que al realizar el análisis de las muestra seleccionadas, el 70% excede en los parámetros permisibles, los lugares que presentaron mayor nivel de temperatura, indican 36.6-45.8°C, que corresponde a la mayor concentración de arsénico, entre 38-103ug1-1. Con respecto a la conductividad eléctrica, se encontró valores de 989-1140 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, para el Ph lo que corresponde 5.80-7.80 unidades. Se concluyó que los habitantes de este lugar consumen agua muy contaminada y con altos parámetros de toxicidad.

Fernández (2020) desarrolló una investigación titulada “*Origen de las concentraciones de arsénico y fluoruro en el agua subterránea de acuíferos en rocas volcánicas: el caso de la*

ciudad de Chihuahua”, con la finalidad de hacer un análisis y evaluación de las concentraciones de As y F en las aguas subterráneas de esta localidad. El estudio fue básico, de nivel descriptivo, enfoque cuantitativo y diseño experimental de corte transversal. Se trabajó con una muestra de 34 pozos correctamente seleccionados. De acuerdo con los resultados, se indica que el 80% y el 32% de las muestras analizadas contienen As y F, lo que sobrepasa los límites permitidos. Así mismo se encontró contaminación antropogénica por la presencia de nitratos, y con respecto a la conductividad eléctrica, los parámetros son muy altos. Se concluyó que, las aguas subterráneas de la mencionada localidad no son aptas para el consumo humano.

Celador y Schulz (2018) elaboraron la investigación denominada “*Comportamiento del arsénico y elementos traza en agua subterránea en una línea de flujo en el noreste de La Pampa*”, con el objetivo de determinar los niveles de contaminación por la presencia de As y elementos traza en las aguas subterráneas indicadas. El estudio fue fundamental, con enfoque cuantitativo, nivel descriptivo y diseño experimental, transaccional. Los instrumentos utilizados fueron las hojas de control y los registros de información respecto de la presencia de As y otros elementos contaminantes. La muestra estuvo conformada por un grupo seleccionado de pozos de los cuales se extrae agua para consumo humano. Los resultados indican que las concentraciones de As presentan parámetros de 1570 µg/L Media=23 y DE=2.73. La concentración fierro, la media fue de 0.24mg/L con rangos de 0.05-0.72 mg/L, con respecto a otros contaminantes, se encontraron valores no permisibles con tendencias de concentración ascendente. Se concluyó que las aguas subterráneas analizadas presentan altos niveles de As que superan los límites máximos permisibles.

Martínez et al. (2020) desarrollaron un estudio titulado “*Variación espacio-temporal de arsénico y flúor en el agua subterránea de la ciudad de Durango, México*” con la finalidad de establecer la dinámica espacial y temporal de la presencia de As en las aguas subterráneas de la ciudad mencionada. La investigación fue básica, de nivel descriptivo, enfoque cuantitativo y diseño experimental de corte transversal. Los instrumentos

empleados fueron hojas de información y registros de control. Se estimó una muestra de 455 puntos de muestreo, con 97 pozos y 7 tanques. Los resultados indican que la presencia de As supera los parámetros permisibles establecidos por la Organización Mundial de la Salud, en tanto el 88% respecto de la presencia de As se ubica en el rango de 20 - 35 $\mu\text{g/L}$, mientras que el 84% de la presencia de F se encuentra en el rango de 3-6 $\mu\text{g/L}$. Se concluyó que en las mencionadas aguas subterráneas, existe alta cantidad de arsénico y flúor.

1.3.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Belizario y Carpio (2018) elaboraron la investigación titulada “*Evaluación de parámetros para la remoción de arsénico y manganeso de agua subterránea de la Punta De Bombón usando zeolita natural (cliptololita)*” con el objetivo de realizar una evaluación para aplicar procesos orientados a reducir la concentración de arsénico y manganeso en las aguas subterráneas de la mencionada localidad. La investigación fue básica, con enfoque cuantitativo, nivel descriptivo y diseño experimental de corte transversal. Los instrumentos utilizados fueron las hojas de registro y los formatos de laboratorio. La muestra estuvo conformada por 3 pozos debidamente seleccionados en 3 diferentes puntos de muestreo. Los resultados indican que, la presencia de As y Mn alcanzan 0.10mgAs/L y 0.86 mgMn/L respectivamente. Así mismo se realizó un conjunto de procesos para la remoción de los mencionados metales. Se concluyó que se requiere implementar un tratamiento del tipo convencional para la remoción de As y Mn, a partir de procesos de oxidación, adsorción, coagulación, decantación y filtración.

Delgado y Zavala (2021) elaboraron un estudio titulado “*Estudio de la concentración de metales pesados (arsénico, cadmio, mercurio y plomo) en agua para consumo humano en el departamento de Arequipa*”, con el propósito de examinar la nivel de concentración de los elementos arsénico (As), cadmio (Cd), mercurio (Hg) y plomo (Pb) en el agua destinada para consumo humano en el departamento de Arequipa, se llevó a cabo una investigación de naturaleza no experimental, correlacional y aplicada. La muestra consistió en analizar la presencia de metales pesados en seis provincias del mencionado

departamento. Los resultados revelaron que en provincias como Arequipa, Camaná, Caravelí, Condesuyos, Castilla e Islay, el agua destinada para consumo humano exhibe concentraciones notables tanto de arsénico como de los otros elementos mencionados. En la mayoría de los casos, estas concentraciones excedieron los límites máximos permitidos establecidos por el MINSA y la Organización Mundial de la Salud.

Caicedo y Fuentes (2020) realizaron un estudio titulado “*Remoción de arsénico de aguas subterráneas del distrito de Pacora para uso y consumo humano mediante adsorción*”, cuyo propósito consistió en eliminar el As presente en las aguas subterráneas del distrito de Pacora. La investigación tuvo un enfoque explicativo y diseño experimental utilizando un diseño completamente al azar (DCA) con tres tratamientos replicados en cuatro ocasiones. Se procedió a evaluar aspectos como la calidad del agua, la efectividad de la remoción de arsénico y su variación posterior a la aplicación de los tratamientos. Según los resultados obtenidos, se evidenció que el tratamiento T1, que implicaba el uso de un filtro con un 100% de óxido de hierro, logró remover un 87.5% del contenido de arsénico presente en el agua subterránea, reduciendo su concentración inicial de 0.012mg/L a 0.0015mg/L. Finalmente se llegó a la conclusión de que la implementación del filtro de óxido de hierro al 100% en la purificación, en combinación con el uso de semillas de moringa y jugo de limón para la disminución de turbidez y ajuste de pH, demuestra ser un método eficaz..

1.3.3. ANTECEDENTES LOCALES

Mamani (2019) en su investigación titulada “*Contaminación de las aguas subterráneas por arsénico(As) el caso del distrito de Juliaca – Perú*” tuvo por objetivo determinar el grado de concentración de arsénico en las aguas subterráneas utilizadas como fuente de consumo para algunos residentes de esta localidad. La investigación adoptó un enfoque fundamental, básico, aplicado y no experimental. Para lograr esto, se eligieron un total de 20 pozos tubulares, teniendo en cuenta la profundidad de cada uno. Los resultados revelaron que las aguas subterráneas en las áreas urbanas marginales de Juliaca están contaminadas con arsénico, con una concentración promedio de 73.5 µg/L. En base a

estos hallazgos, se llegó a la conclusión de que las aguas subterráneas en Juliaca no son adecuadas para el consumo humano debido a los niveles significativos de arsénico presentes.

Calcina et al. (2022) desarrollaron la investigación titulada "*Arsénico en aguas subterráneas de la cuenca del río Callacame y su impacto en suelos agrícolas en Desaguadero, Puno – Perú*", en la cual se centraron en la cuantificación del arsénico en aguas subterráneas y muestras de suelo. La investigación adoptó un enfoque básico, fundamental, no experimental y aplicado. Para ello, se eligieron 32 puntos estratégicos para la recolección de muestras de aguas subterráneas, que presentan afloramientos naturales. Los resultados revelaron concentraciones de arsénico en aguas subterráneas que oscilaban entre 3 y 446 $\mu\text{g/L}$, y en suelos de 10 a 42.7 mg/Kg . Como conclusión, se resaltó la importancia de la vigilancia continua para prevenir posibles procesos de bio-acumulación y bio-magnificación en suelos agrícolas causados por el riego con aguas subterráneas contaminadas de arsénico.

Mamani (2019) elaboró un trabajo titulado "*Determinación de la concentración de arsénico (as) total en las aguas subterráneas de pozos tubulares en el distrito de Juliaca y medidas de mitigación*" con el objetivo de identificar los niveles de concentración de as total en las aguas de pozos privado de la ciudad de San Roman Juliaca. La investigación fue teórica, de nivel descriptivo, enfoque cuantitativo y diseño experimental transaccional. Se estimó una muestra de 12 pozos con similares características. De acuerdo con los resultados se indica que el parámetro más alto de concentración de As alcanza $0,165\text{mgL}^{-1}$ con una media $0,089\text{mgL}^{-1}$. También se encontró que las mencionadas aguas subterráneas están contaminadas con plomo que alcanza el valor de $0,041\text{mg l}^{-1}$, además de otros metales traza. Se concluyó que las aguas subterráneas analizadas en esta investigación, no son aptas para el consumo humano por los altos niveles de contaminación que contienen.

Apaza (2020) desarrolló una investigación titulada "*Evaluación de arsénico, dureza, coliformes termotolerantes y E.coli en aguas subterráneas, de las urbanizaciones de*

Santa Adriana y Niño San Salvador, del distrito de Juliaca, Puno 2019”, con el propósito de realizar un análisis y evaluación respecto de las concentraciones de estos componentes en las aguas subterráneas de las urbanizaciones Santa Adriana y Niño San Salvador de la ciudad de Juliaca. El estudio fue fundamental, de nivel descriptivo, enfoque cuantitativo y diseño experimental de corte transversal. La muestra estuvo conformada por 14 puntos de control, los cuales fueron seleccionados de manera aleatoria. Los instrumentos utilizados fueron la hoja de control y la ficha de registro de información. Los resultados indican que las mencionadas aguas presentan altos niveles de concentración de As que superan los límites permisibles y el 82% de las muestras analizadas presentan coliformes totales y Escherichia Coli. Se concluyó que las aguas mencionadas están altamente contaminadas y no son aptas para su consumo.

Huaracha y Quispe (2020,) presentaron la investigación titulada *”Determinación de la concentración de arsénico en aguas subterráneas en las salidas: Puno, Lampa y Arequipa de la ciudad de Juliaca”*, con el propósito de establecer los niveles de concentración de As en las aguas subterráneas del distrito de Juliaca en la salida a Lampa, Puno y Arequipa. La investigación fue teórica con enfoque cuantitativo, alcance descriptivo y diseño experimental, de corte transversal. La muestra estuvo constituida por 10 puntos totales distribuidos de la siguiente manera: Puno (3), Lampa (4) y Arequipa (3). Los instrumentos utilizados fueron los formatos de laboratorio y de acuerdo con los resultados se puede asegurar que las concentraciones de As son las siguientes: salida a Puno (0.068, 0.081, 0.082 mg/L), la salida Lampa (0.046, 0.057, 0.066, 0.069 mg/L) y en la salida a Arequipa (0.001, 0.005, 0.011 mg/L). Concluyendo así que tanto en la salida a Puno como a Lampa, estos niveles superan los límites máximos permisibles, mientras que en la salida Arequipa el agua es aceptable para su consumo por obtener un valor menor a 0.01 mg/L.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO

2.1.1. CONTAMINACIÓN POR ARSÉNICO

La distribución y contaminación del arsénico son consecuencia tanto de procesos naturales como de actividades humanas, y su problemática radica en su capacidad para moverse fácilmente en el entorno.

El arsénico se encuentra presente en la atmósfera, el suelo, las rocas, los cuerpos de agua, los minerales y los organismos en formas inorgánicas, orgánicas y metiladas (Campos et al., 2009). La preocupación con respecto al arsénico surge de su capacidad para movilizarse fácilmente en condiciones naturales.

2.1.1.1. Concentración de arsénico en agua

La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha definido una concentración estándar de arsénico en el agua recomendada de 0,01 mg/L. No obstante, este umbral exhibe variaciones en los países de América Latina, fluctuando entre 0,01 y 0,5 mg/L (Bolaños, 2016).

El arsénico en aguas superficiales es mayormente arsenato (As^{+5}), mientras que en aguas subterráneas predomina el arsénico (As^{+3}). Estas aguas se utilizan para consumo humano, pero concentraciones altas pueden ser perjudiciales con exposición prolongada. Esto puede llevar a un envenenamiento gradual y desencadenar la enfermedad conocida como hidroarsenicismo crónico (Fernández et al., 2005).

El arsénico (As) es un elemento naturalmente presente en la corteza terrestre y se distribuye en el medio ambiente debido a procesos naturales y algunas actividades humanas. Existe en formas tanto inorgánicas como orgánicas (Mora et al., 2012).

- **Fuentes contaminantes del arsénico en el agua**

Las aguas subterráneas pueden sufrir contaminación debido a diversas razones, que incluyen la urbanización inadecuada, actividades industriales como la minería, prácticas agrícolas y una mala gestión de los residuos sólidos (Rasool et al., 2016). El arsénico en el suelo y el agua subterránea proviene de fuentes naturales (meteorización de rocas) y actividades humanas (quema de carbón, minería, pesticidas). Su movilidad en el entorno a través de cuerpos de agua y suelos agrava la preocupación ambiental. La contaminación de las aguas subterráneas por arsénico ha sido documentada en países de todos los continentes, excepto en la Antártida (Calcina et al., 2022).

La exposición involuntaria al arsénico en el entorno difiere de la exposición ocupacional y se debe a emisiones industriales clave, como las de fundiciones, refinerías y plantas de energía que emplean combustibles fósiles o geotérmicos. Estas actividades antropogénicas son las principales fuentes de contaminación del aire, agua y suelo. Además, los detergentes domésticos también contribuyen a la presencia de arsénico en cuerpos de agua naturales, como ríos y lagos. Por lo general, las aguas de estas masas de agua presentan concentraciones de arsénico que oscilan entre 1 y 73 partes por millón (ppm) (Kulp et al., 2008). Una vez que estas aguas alcanzan el océano, el arsénico tiende a precipitar o ser absorbido por las arcillas presentes en el agua.

2.1.2. AGUAS SUBTERRÁNEAS

El agua subterránea, una valiosa reserva natural y componente esencial del Ciclo Hidrológico, desempeña diversos roles cruciales. Los acuíferos contribuyen al flujo de ríos, permitiendo caudales aún en ausencia de lluvia. Como solvente activo, el flujo subterráneo transporta contaminantes y controla la intrusión de aguas salinas (Younger, 2008).

A lo largo de la historia, las aguas subterráneas han sido utilizadas para abastecimiento y riego, y su aprovechamiento ha aumentado con avances en técnicas de perforación y bombas sumergidas. Sin embargo, el uso intensivo en áreas áridas ha llevado a la reducción de niveles de agua, caudales de ríos y manantiales, impactando los ecosistemas y calidad del agua. A pesar de ello, estas aguas pueden ser gestionadas como recursos naturales, con modelos disponibles para analizar su comportamiento en relación con otros componentes hidrológicos (Herráiz, 2009).

2.1.2.1. Ubicación de las fuentes

- **Hidrogeología y fuentes de agua subterránea:**

La hidrogeología constituye una disciplina dentro de la geología que se dedica al análisis de las aguas subterráneas y su interacción con las estructuras rocosas y el sustrato terrestre. Las fuentes de agua subterránea emergen como resultado de la infiltración en el terreno y las rocas subyacentes del agua pluvial o superficial. Este proceso de infiltración culmina en la acumulación de agua subterránea en estratos permeables, dando lugar a la formación de acuíferos. Estos acuíferos se configuran como capas de sedimentos o rocas que albergan cantidades significativas de agua.

- **Inventario de fuentes de agua subterránea:**

El proceso de inventariar las fuentes de agua subterránea abarca la localización, cartografía y descripción detallada de dichas fuentes en una determinada zona geográfica. Este procedimiento resulta fundamental para llevar a cabo una planificación y administración efectiva de los recursos hídricos. Según Cerón et al. (2021) el proceso de inventariado puede englobar:

- Estudios geológicos y geofísicos: Emplean técnicas como la aplicación de sondeos geofísicos y la realización de análisis geológicos para descubrir los estratos de roca y depósitos de sedimentos que albergan y retienen agua subterránea.
- Supervisión de niveles de agua: Lleva a cabo mediciones periódicas de los niveles de agua en pozos y manantiales, con el propósito de comprender las variaciones estacionales y a largo plazo en los reservorios subterráneos.

- Pruebas de extracción controlada: Realiza pruebas de extracción controlada para examinar la capacidad de producción de agua de un pozo y analizar la reacción del acuífero ante la extracción de agua.
- Evaluación de calidad del agua: Analiza la calidad del agua subterránea con el fin de garantizar su idoneidad para usos diversos, incluyendo el consumo humano y otros propósitos.

2.1.2.2. Volumen de agua disponible

Acuífero

Se refiere a una estructura geológica que alberga una cantidad significativa de agua y que posibilita su flujo con facilidad. Según lo mencionado por Sánchez (2012) es posible identificar dos categorías distintas de acuíferos:

- a) **Acuífero libre:** Estos acuíferos se caracterizan por tener su límite superior, conocido como nivel freático, sometido a la presión atmosférica. Al extraer agua de ellos, la superficie freática disminuirá, en una analogía similar a como ocurre con el nivel de agua en una piscina al ser vaciada. El cálculo del volumen de agua que un acuífero libre puede suministrar se realiza mediante la evaluación de la porosidad efectiva.

$$m_e = \frac{\text{Volumen de agua drenada por gravedad}}{\text{Volumen total}}$$

- b) **Acuífero confinado:** se distinguen por que su límite superior, está sometido a una presión superior a la atmosférica debido a una capa impermeable. El proceso de extracción de agua de estos acuíferos resulta de la descompresión del agua y, en menor medida, de la compresión de la matriz sólida, sin que los poros se vacíen. Si la compresión del acuífero es irreversible y significativa, podrían surgir hundimientos y subsidencias en la superficie terrestre. Para calcular el volumen en acuíferos confinados, se utiliza el coeficiente de almacenamiento (S), que indica la cantidad de agua liberada al reducir la presión en el acuífero.

$$S = \frac{\text{Volumen de agua liberado}}{\text{Volumen total que ha bajado la superficie piezométrica}}$$

2.1.2.3. Profundidad de las fuentes

Para determinar la profundidad de las aguas subterráneas y otras características como la dirección del flujo y la conductividad hidráulica, se suele emplear mapas de líneas equipotenciales, los cuales se relacionan con planos topográficos. Estos mapas, conocidos como mapas de isopiezas, se generan a partir de mediciones específicas de niveles piezométricos, los cuales se obtienen mediante el uso de sondas de nivel o cintas métricas equipadas con un electrodo (Vélez et al., 2011). Cuando la sonda entra en contacto con el agua, se establece un circuito eléctrico que puede manifestarse a través de la activación de un bombillo, la respuesta eléctrica de una aguja (en forma análoga) o la emisión de un sonido de timbre.

2.2. MARCO CONCEPTUAL

- **Acciones y soluciones:** Se refiere a las medidas propuestas para contrarrestar la contaminación por arsénico y garantizar el acceso a agua segura.
- **Aguas subterráneas:** Refiere al agua que se almacena debajo de la superficie terrestre en acuíferos, capas freáticas y pozos.
- **Arsénico (As):** Un elemento químico que puede adoptar diversas formas y que es reconocido por su toxicidad en concentraciones elevadas.
- **Contaminación del agua:** La introducción de sustancias perjudiciales, como el arsénico, en las fuentes de agua, lo que puede tornar el agua no apta para el consumo humano y dañina para el medio ambiente.
- **Orígenes de la contaminación:** Pueden ser naturales, como la liberación de arsénico debido a procesos geológicos, o de origen humano, relacionados con actividades como la minería y la agricultura.
- **Sostenibilidad:** Implica la consideración de estrategias y soluciones para asegurar un suministro sostenible de agua potable y la preservación del medio ambiente.

2.3. MARCO NORMATIVO

- **DL N° 1083,** "Promueve el aprovechamiento eficiente y la conservación de los recursos hídricos"

- **Ley N° 29338**, Esta regulación abarca el uso y la administración de los recursos hídricos, incluyendo el agua de fuentes superficiales, subterráneas, y bienes relacionados, y se extiende a la gestión del agua en entornos marítimos y atmosféricos cuando sea pertinente.
- **RD N° 160-2015/DIGESA/SA** “Protocolo de procedimientos para la toma de muestras, preservación, conservación, transportes, almacenamiento y recepción de las muestras de agua para consumo humano”
- **DS N° 004-2017-MINAM**. “Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias”

2.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

Existe un alto nivel de contaminación en aguas subterráneas por arsénico en la Urbanización Taparachi de la Ciudad de Juliaca, 2023.

2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

La concentración de arsénico presente en aguas subterráneas de la Urbanización Taparachi en la Ciudad de Juliaca, es alta.

Las principales fuentes de contaminación por arsénico en aguas subterráneas de la Urbanización Taparachi de la Ciudad de Juliaca, son las actividades agrícolas, la filtración de ríos y las aguas residuales domésticas.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. ZONA DE ESTUDIO

El estudio se desarrolló en la ciudad de Juliaca, específicamente en la Urbanización Taparachi, ubicada en el departamento de Puno y la provincia de San Román, está situada en la porción noreste del departamento de Puno, a una distancia de 45 kilómetros al noreste de la ciudad de Puno.

En cuanto a la urbanización Taparachi, esta cuenta con una población estimada de alrededor de 11,000 residentes y aproximadamente 1200 hogares particulares. En términos geomorfológicos, la topografía de la ciudad y sus alrededores contribuye a la formación de aguas subterráneas, que se acumulan en capas de roca permeable, lo que podría tener implicaciones importantes en la calidad y disponibilidad del recurso hídrico en la zona.

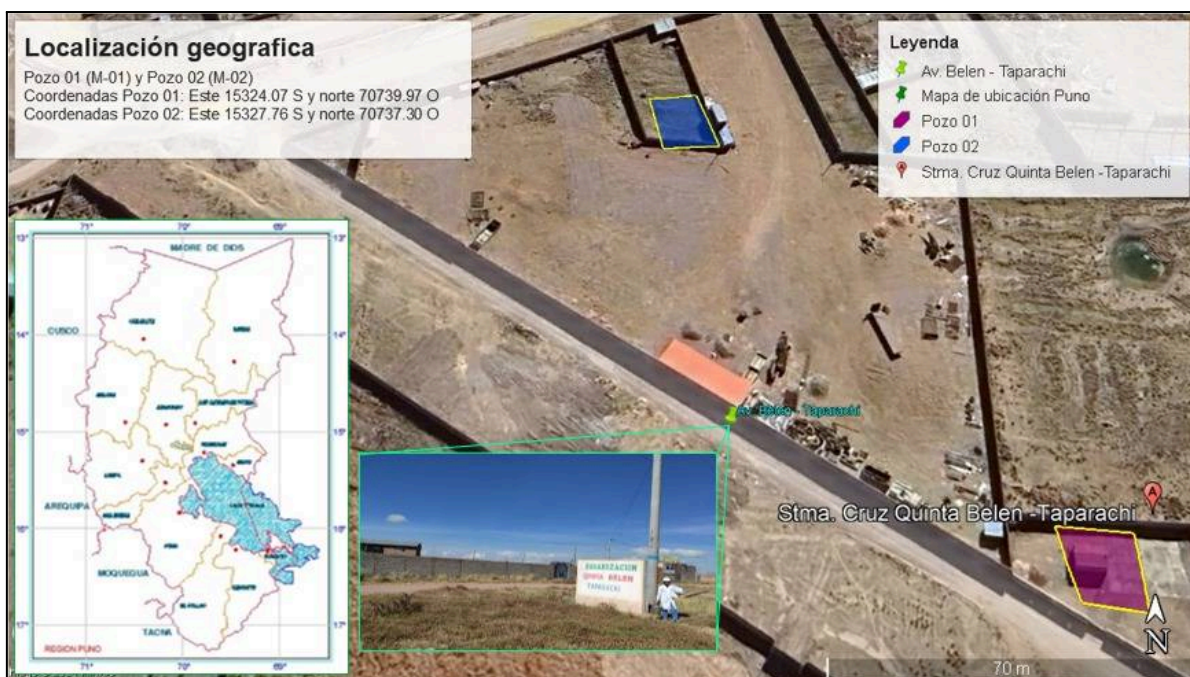


Figura 01: Mapa de la Urbanización Taparachi - Juliaca - Puno

3.1.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA ZONA

Juliaca se ubica de la siguiente forma:

- Latitud sur: 15° 29' 40"
- Longitud oeste : 70° 07' 54"
- Altitud: 3824 m.s.n.m

La Urbanización Taparachi se ubica de la siguiente forma

- Latitud sur: 15° 31' 26.62"
- Longitud oeste: 70° 07' 32.24"
- Altitud: 3824 m.s.n.m

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

Población

La población estuvo constituida por las principales fuentes de aguas subterráneas identificadas en la Urbanización Taparachi en la ciudad de Juliaca, incluyendo los pozos de distribución pública utilizados por la ciudadanía, pozos privados pertenecientes a familias del barrio y manantiales documentados.

Puntos de monitoreo

Parámetro fisicoquímico	Muestras representativas	Coordenadas en WGS84 - Zona 19 S	
		Este	Norte
Arsénico	PM - 01	379135	8282129
	PM - 02	379059	8282241

3.3. MÉTODOS Y MATERIALES

- **Tipo de investigación:** Aplicada cuantitativa, la cual se enfoca en abordar problemas reales y prácticos utilizando datos numéricos y análisis estadísticos.
- **Diseño de investigación:** No experimental, se lleva a cabo la observación de fenómenos en su entorno natural, los cuales se analizan en su estado original (Agudelo et al., 2008).

3.4. PROCEDIMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

Planificación de la Investigación:

- Se identificaron las fuentes de contaminación.
- Se diseñó una estrategia de muestreo: Se definió el número, la ubicación y la profundidad de los pozos a muestrear.
- Se seleccionó y preparó los instrumentos y equipos requeridos.

Selección de puntos de muestreo:

- Se identificaron 2 pozos de agua subterránea en diversos lugares de Juliaca que sean representativos y puedan estar expuestos a distintas fuentes de contaminación.

Recolección de muestras:

- Se llevó a cabo el muestreo en los pozos elegidos.
- Se realizaron mediciones in situ de parámetros físico-químicos mediante las sondas correspondientes.

- Se tomaron muestras de agua en envases de polietileno (PVC) de alta densidad, asegurando su adecuada conservación.

Análisis de muestras:

- Las muestras obtenidas se transportaron al laboratorio designado.
- Se ejecutaron análisis para determinar el nivel de contaminación (concentraciones de arsénico) en las muestras, de acuerdo con los procedimientos indicados en la Resolución Directoral No. 160-2015/DIGESA/SA.

Identificación de fuentes de contaminación:

- Se realizaron análisis estadísticos y comparativos de las concentraciones por arsénico en las distintas muestras.
- Se detectaron posibles patrones de distribución espacial de las concentraciones y correlaciones potenciales con actividades humanas o fuentes de contaminación conocidas.

Interpretación de resultados y conclusiones:

- Se analizó los resultados y evaluaciones realizadas en función de cada objetivo.
- Se obtuvieron conclusiones basadas en los hallazgos y se determinó el nivel de contaminación de las fuentes principales.

Elaboración de informe final:

- Se sistematizó los resultados, las conclusiones y las recomendaciones en un informe exhaustivo.
- Se presentaron los datos de manera clara y respaldada por fundamentos científicos.

3.5. DISEÑO ESTADÍSTICO

La investigación utilizó estadística descriptiva para visualizar datos en tablas y gráficos, y estadística inferencial T Student a través de SPSS para examinar diferencias de concentración de arsénico entre grupos definidos por variables. Se buscará identificar áreas con alta concentración de arsénico.

Materiales: En esta sección, se tendrá en cuenta lo indicado en la Resolución Directoral N° 160-2015/DIGESA/SA.

- Tablero
- Fichas de campo
- Libreta de campo
- Etiqueta para la identificación de frascos
- Papel secante
- Plumón indeleble
- Frascos de vidrio Ámbar, previamente lavados con agua desionizada.
- Guantes descartables
- Gotero
- Cooler

3.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores	Instrumento de medición
V1: Concentración de arsénico	El arsénico es un metaloide altamente tóxico presente en el entorno, cuya especiación depende de factores químicos, físicos y biológicos. Su distribución resulta de procesos naturales y actividades humanas, agravando su contaminación debido a su movilidad en el ambiente. (Montoya et al., 2015)	Grado en el que el arsénico está presente en una muestra de agua, expresado en mg/L o µg/L.	Concentración de arsénico en agua	Valores de concentración de arsénico	Kits de laboratorio específicos para medir arsénico en agua
V2: Aguas subterráneas	Este recurso se encuentra bajo tierra tiene una cantidad mayor en términos cuantitativos que el agua en la superficie. Juega un papel esencial en múltiples procesos naturales y ofrece numerosos beneficios al ecosistema. Además, es menos propenso a ser contaminado por actividades humanas y es menos afectado por cambios en el entorno. (Cerón et al., 2021)	Agua almacenada en poros y espacios dentro de rocas, que abastece pozos y manantiales.	Ubicación de las fuentes Volumen de agua disponible Profundidad de las fuentes	Número y localización de pozos y manantiales en Juliaca. Volumen de agua extraído en m ³ /día Profundidad media de las fuentes en metros	Mapas geológicos Localización de pozos y manantiales. Equipos de muestreo de agua subterránea

CAPÍTULO IV

EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

En este capítulo se presentan los resultados de los objetivos planteados en la investigación, asimismo, al obtener los resultados de las muestras de laboratorio realizadas en la escuela profesional e ingeniería de Minas de la Universidad Nacional del Altiplano Puno. En base a estos resultados se aprecian las cantidades de concentración de arsénico, estos valores fueron procesados en el paquete estadístico de SPSS, también para la determinación en el nivel de contaminación se empleó la baremación, esto permite explicar mediante las estadísticas descriptivas.

Baremo del nivel de contaminación de arsénico se aprecia en la siguiente tabla:

Tabla 01: Baremo de la variable

Nivel	Contaminación de arsénico ($\mu\text{g L}^{-1}$)
No detectable	[0 – 1 >
Bajo	[1 – 10>
Tolerable	[10 – 50>
Tóxico	[50 – más >

Fuente: (Aragonés et al. 2001)

4.1. NIVEL DE CONTAMINACIÓN EN AGUAS SUBTERRÁNEAS POR ARSÉNICO EN LA URBANIZACIÓN TAPARACHI DE LA CIUDAD DE JULIACA, 2023

En consideración de las muestras, así como los niveles de consideración de Arsénico en las aguas potable a considerar mg/L de este modo que la OMS establece el nivel de Arsénico aceptable de 0.010 ppm (mg/L) siendo ello una ruta de mayor significancia para

la salud pública la ingesta por vía directa a través del agua de bebida y/o alimentos (Ministerio de Salud, 2010)

Por este sentido se presenta la tabla de frecuencia del nivel de contaminación en respecto de las muestras obtenidas en los pozos.

Tabla 02: Nivel de contaminación por Arsénico

Nivel	Cantidad de muestras	Porcentaje
Tóxico	2	100.0
Total	2	100.0



Figura 03: Nivel de contaminación por Arsénico

En la tabla 2 y figura 2 se observa el nivel de contaminación por arsénico en las muestras de los pozos. El 100% de las muestras, ubicadas en diferentes lugares de la urbanización, presentan un nivel tóxico de arsénico. Esto indica que el consumo de agua en la zona tiene efectos graves en la salud de la población, y su consumo excesivo conlleva un mayor riesgo de perjuicios para la salud.

4.2. CONCENTRACIÓN DE ARSÉNICO PRESENTE EN AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA URBANIZACIÓN TAPARACHI EN LA CIUDAD DE JULIACA, 2023.

Tabla 03: Resultados del laboratorio de las muestras

Código	Elemento	Resultado PPM (mg/L)	Profundidad (m)
M_01	As	1.07	14
M_02	As	1.17	15

Donde:

As: Arsénico

PPM: Unidad de partes por millón

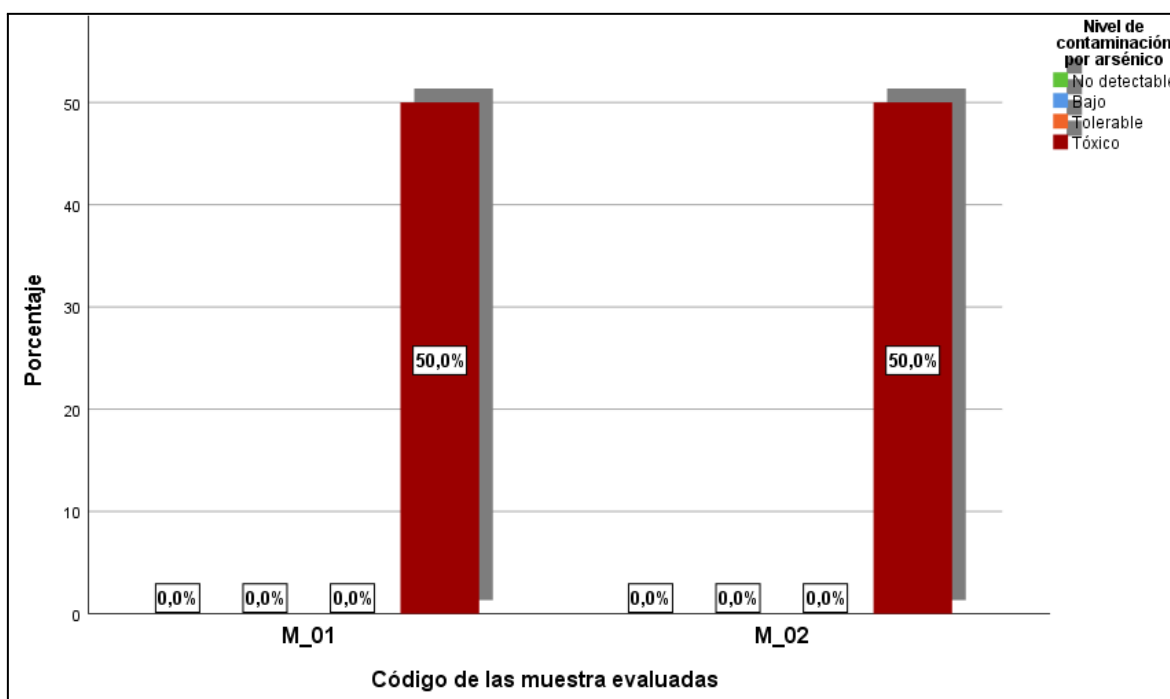


Figura 04: Resultados del laboratorio de las Muestras

En respecto a la información obtenido del análisis del laboratorio se aprecia que en el pozo la primera muestra se obtuvo un 1.07 mg/L de un millón de unidades partes de Arsénico (PPM), asimismo, la segunda muestra fue 1.17 mg/L, estos resultados mostrados en el análisis de los distintos pozos. Por lo tanto, la comparación con la concentración considerable de Arsénico según la OMS para el consumo humano

determina el límite de 0,01 mg L⁻¹ de As. En la investigación se muestra riesgo de agua potable, en cual se encuentra en un nivel tóxico siendo > 10 µg L⁻¹.

4.3. IDENTIFICACIÓN DE LAS PRINCIPALES FUENTES DE CONTAMINACIÓN POR ARSÉNICO EN AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA URBANIZACIÓN TAPARACHI EN LA CIUDAD DE JULIACA, 2023.

Diagnóstico de Fuentes de Contaminación de Aguas Subterráneas en la Urbanización Taparachi

Introducción:

La Urbanización Taparachi se encuentra ubicada en la región de Puno, específicamente en la provincia de San Román, a una elevación de 3,824 metros sobre el nivel del mar y a una distancia de 7.1 km del centro de la ciudad de Juliaca. Según el INEI, la población de la urbanización es de 4,975 habitantes. En cuanto al servicio de agua, el 32.85% de los habitantes pagan por el servicio, mientras que el 67.15% no lo hacen. Además, se observa que el 35.95% de la población no tiene edad para trabajar y el 64.05% sí.

Dado que la mayor parte de la población no contribuye al costo del servicio de agua, una opción a considerar es el acceso a aguas subterráneas para el consumo familiar. En consideración de los datos del INEI, se aprecian deficiencias en el servicio de agua.

Objetivo del Diagnóstico:

Identificar las fuentes de contaminación de aguas subterráneas en la Urbanización Taparachi del distrito de Juliaca

Metodología:

El método de investigación se basa en fuentes secundarias obtenidas del MINAM – Ministerio del Ambiente, el INEI – Instituto Nacional de Estadística e Informática, el SINIA – Sistema Nacional de Información Ambiental y, por último, el SENAMHI – Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. Dicha información detalla las condiciones de las cuencas hidrográficas de la ciudad de Juliaca, las cuales están conformadas por los ríos Lampa y Cabanillas.

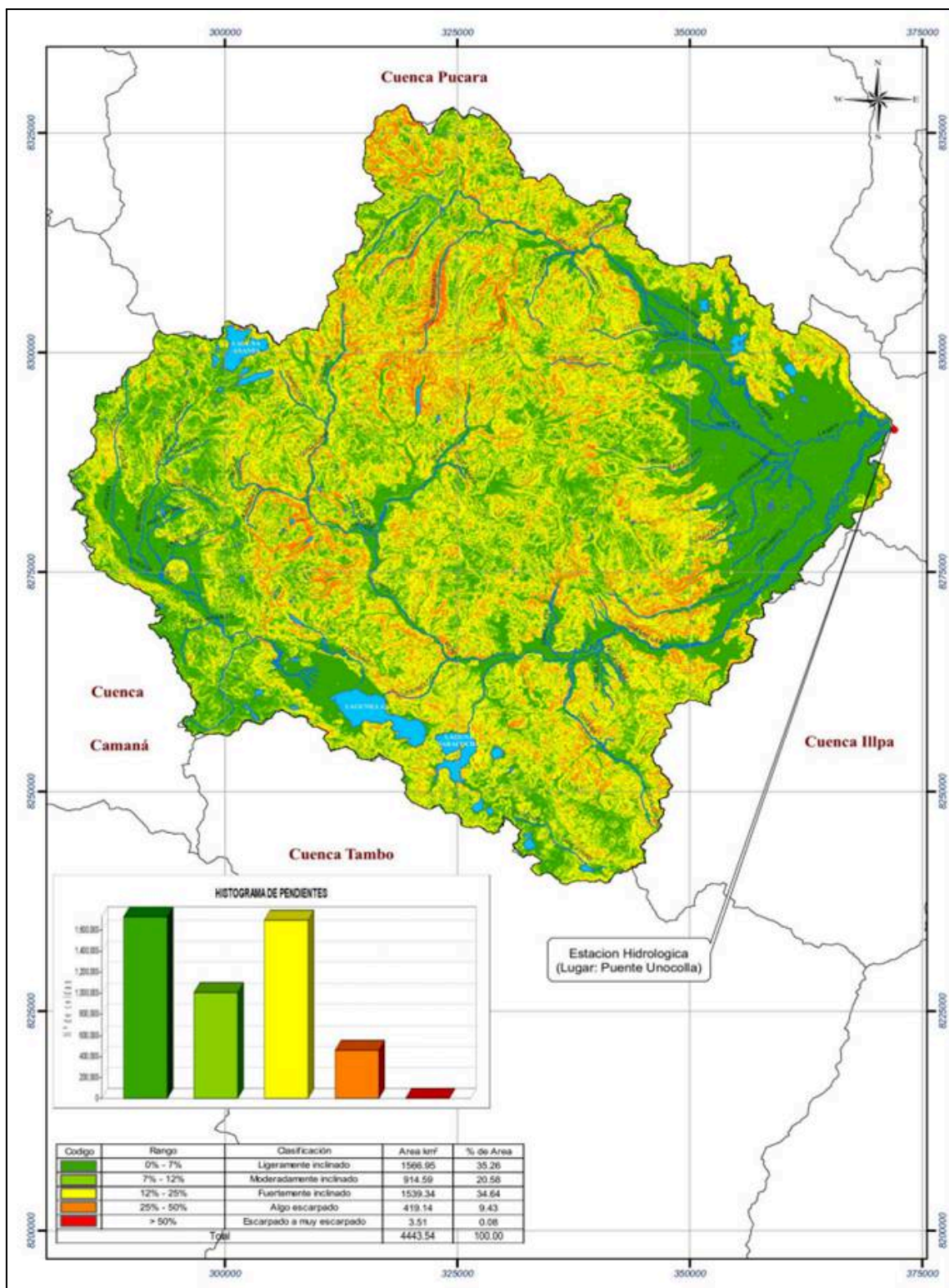


Figura 05: Delimitación de la cuenca de Coata

Fuente: MINAM, 2013

Recopilación de Información:

- Mediante la figura mostrada con anterioridad para la identificación de las fuentes de agua para la urbanización de Taparachi. Según el Instituto Nacional de Recursos Hídricos (2007).

De este modo el área de influencia de la cuenta de Rio Coata es de 588.77 km² con una precipitación de 595.52 mm, dichas precipitaciones se aprecian en mayor proporción en los meses de enero, febrero y marzo, y con poca intensidad en mayo, Junio, Julio y agosto y con moderación en septiembre, octubre noviembre y abril (Instituto Nacional de Recursos Hídricos, 2007)

Además, de la cuenca mencionada se aprecia la presencia de las subcuencas como el Bajo Coata, la subcuenca media bajo Coata y la sub cuenca de Lampa. Cabe resaltar con los mismos periodos de precipitación.

Por otro lado, las fuentes de contaminación por Arsénico en aguas subterráneas provenientes de las cuencas es de manera natural puesto que se encuentra en la corteza terrestre estas se influyen a través de formaciones rocosas los cuales son propensos en disolverse desplazarse en acuíferos subterráneos, arroyos o ríos como fuentes de agua potable. También otras de las fuentes la quema de carbón, el uso de las pesticidas a base de arsénicos en la agricultura cercanos a las cuencas, asimismo como los vertederos industriales además de la fundición de metales.

Se muestran en diferentes puntos específicos de la Urbanización de pozos con 14 a 115 metros de profundidad que mediante un análisis en el laboratorio se obtuvo un 1.07 de mg/L y un 1.17 de mg/L.

Análisis y Evaluación:

- Al evaluar los datos obtenidos del análisis del laboratorio y compararlos con los estándares de calidad de agua establecidos por el MINAM, que fija como nivel mínimo de arsénico 0.10 mg/L para el consumo humano, se evidencia un riesgo en la salud.

- Asimismo, estos hallazgos muestran que los pozos destinados al consumo familiar en la urbanización Taparachi presentan un peligro debido al exceso de arsénico y representan un riesgo en salud.

4.4. CONTRATACIÓN DE HIPÓTESIS.

Hipótesis general

Ho: No existe un alto nivel de contaminación en aguas subterráneas por arsénico en la Urbanización Taparachi de la Ciudad de Juliaca, 2023.

Hi: Existe un alto nivel de contaminación en aguas subterráneas por arsénico en la Urbanización Taparachi de la Ciudad de Juliaca, 2023.

Tabla 04: Prueba t Student para una muestra.

Valor de prueba = 0.01						
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Resultado	22.200	1	0.029	1.11000	0.4747	1.7453
PPM						

Fuente. Datos obtenidos del resultado del laboratorio

La tabla muestra que la prueba t para una muestra se realizó con un valor de prueba de 0.01, que es el nivel aceptable de arsénico para el consumo humano. El resultado muestra un valor t de 22.200 con 1 grado de libertad, y una significancia bilateral (p-valor) de 0.029. Esto indica que hay una diferencia estadísticamente significativa entre la concentración de arsénico observada en las aguas subterráneas de la Urbanización Taparachi y el valor de prueba. La diferencia de medias es de 1.11000, con un intervalo de confianza del 95% que varía entre 0.4747 y 1.7453. Esto sugiere que la concentración de arsénico en las aguas subterráneas es significativamente mayor que el límite

aceptable de 0.01 mg/L, lo cual implica un riesgo potencial para la salud de los habitantes que consumen esta agua.

Hipótesis específica - 1

Ho: No existen niveles altos de concentración de arsénico en aguas subterráneas en la Urbanización Taparachi de la Ciudad de Juliaca, 2023.

Hi: Existe un alto nivel de concentración de arsénico en aguas subterráneas en la Urbanización Taparachi de la Ciudad de Juliaca, 2023.

Según el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, establece que el límite máximo permisible para arsénico es de 0.01 mg/L; es decir la concentración máxima permisible para el consumo debe estar dentro de lo que estipula el DS N° 031-2010-SA. Asimismo, el DECRETO SUPREMO N° 004-2017-MINAM el cual Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias, establece en la Categoría 1: Poblacional y Recreacional, en la Subcategoría A1 y A2. que la concentración de arsénico es de 0.01 mg/L. En ese sentido, en la hipótesis específica - 1, se rechaza la hipótesis nula (Ho) y se acepta la hipótesis alterna (Hi); debido a que la concentración de arsénico en los dos puntos de monitoreo está por encima de los límites máximos permisibles (DS N° 031-2010-SA).

Hipótesis específica - 2

Ho: No existen las principales fuentes de contaminación por arsénico en aguas subterráneas de la Urbanización de Taparachi en la ciudad de Juliaca, 2023.

Hi: Existen las principales fuentes de contaminación por arsénico en aguas subterráneas en la Urbanización Taparachi de la Ciudad de Juliaca, 2023.

El arsénico (As) en las aguas subterráneas es un problema de salud pública mundial. A nivel mundial, las aguas subterráneas son la principal fuente de agua potable, siguen siendo uno de los recursos hídricos más importantes y más de dos tercios de las fuentes de agua potable en los países en desarrollo (Barun & Vijaya, 2025). Sin embargo, el agua subterránea puede contener arsénico geogénico y otros contaminantes. Incluso en concentraciones más bajas, el arsénico es cancerígeno y constituye un problema de

salud pública en muchos países, donde las rocas y los minerales de sulfuro de arsénico y otras fases minerales son abundantes en el lecho rocoso cristalino subyacente que son fuentes de contaminación en las aguas subterráneas de la ciudad de Juliaca; así también, erosión y desgaste de estas rocas y minerales, y sobre todo, la sobreexplotación de acuíferos, hacen que este arsénico pase del suelo a las aguas subterráneas originando el problema (Obeng et al., 2024). En ese sentido, Los impactos directos en la salud causan tanto mortalidad (es decir, muerte) como morbilidad (es decir, enfermedad) y efectos indirectos en la salud, como olores de fuentes de agua y otros impactos visuales (Boffetta et al., 2020). Por lo cual, la urbanización Taparachi de la Ciudad de Juliaca, según las muestras analizadas, los resultados muestran concentraciones altas de arsénico; de manera que para la hipótesis específica - 2, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna (H_1). Es decir, hay presencia de contaminación de aguas subterráneas por arsénico.

DISCUSIÓN

Al determinar el nivel de contaminación por arsénico en las aguas subterráneas de la Urbanización Taparachi de la Ciudad de Juliaca, se encontró que el 100% de las muestras presentan un nivel tóxico de arsénico. Estos resultados son consistentes con estudios previos, como los de Celador y Schulz (2018), quienes también encontraron concentraciones elevadas de arsénico que superan los límites máximos permisibles. De igual manera, Delgado y Zavala (2021) reportaron en su investigación que los niveles de arsénico exceden los límites establecidos por el MINSA y la OMS.

Por consiguiente, el primer objetivo específico fue determinar la concentración de arsénico presente en las aguas subterráneas de la Urbanización Taparachi en la Ciudad de Juliaca. Se obtuvo que la cantidad de arsénico es de 1.10 mg/L y 1.17 mg/L, valores que superan el límite de 0.1 mg/L. Comparando estos resultados con estudios previos, Fernández (2020) encontró que las aguas subterráneas tienen una concentración de arsénico y flúor de 80% y 32%, respectivamente, indicando que no son aptas para el consumo humano. Martínez et al. (2020) también señalaron que el arsénico supera los parámetros permisibles debido a su alta concentración. Belizario y Carpio (2018) encontraron una cantidad de 0.10 mg/L de arsénico, aceptable para el consumo. Mamani (2019) reportó un promedio de 73.5 µg/L, sugiriendo que la concentración de arsénico no es adecuada para el consumo humano. Calcina et al. (2022) documentaron concentraciones de arsénico en aguas subterráneas entre 3 y 446 µg/L, y en suelos entre 10 y 42.7 mg/Kg, advirtiendo sobre los riesgos de bioacumulación y biomagnificación. Mamani (2019) indicó que la concentración de arsénico alcanza 0.165 mg/L. Apaza (2020) encontró que el 82% de las muestras analizadas superan los límites permisibles

de arsénico. Finalmente, Huaracha y Quispe (2020) reportaron concentraciones de arsénico de 0.068, 0.081, y 0.082 mg/L en la salida de Puno. Por ende, estos resultados, respaldan la conclusión de que las aguas subterráneas de la Urbanización Taparachi presentan concentraciones de arsénico que traen consecuencias futuras para la salud.

Asimismo, el segundo objetivo fue identificar las principales fuentes de contaminación por arsénico en las aguas subterráneas de la Urbanización Taparachi en la Ciudad de Juliaca.

Mediante la evaluación y análisis, se identificaron las formaciones rocosas naturales como una fuente de arsénico, ya que son propensas a disolverse y desplazarse en acuíferos subterráneos, arroyos o ríos que sirven como fuentes de agua potable. Otras fuentes de contaminación incluyen la quema de carbón, el uso de pesticidas a base de arsénico en la agricultura cerca de las cuencas, los vertederos industriales y la fundición de metales. Por ende, estos hallazgos se contrastan con estudios anteriores, como el de Altamirano y Delgado (2019), quienes indicaron que los habitantes consumen agua muy contaminada y con altos parámetros de toxicidad. Por último, los resultados de nuestra investigación respaldan la conclusión de que las principales fuentes de contaminación por arsénico son las formaciones rocosas y el uso de fertilizantes.

CONCLUSIONES

PRIMERA: La contaminación por arsénico en las aguas subterráneas de la Urbanización Taparachi, en la Ciudad de Juliaca, de acuerdo al análisis de las muestras de laboratorio reveló la presencia de niveles tóxicos de arsénico en los pozos ubicados en dicha urbanización.

SEGUNDA: La concentración de arsénico presente en las aguas subterráneas de la Urbanización Taparachi, en la Ciudad de Juliaca, se observó una mayor concentración de arsénico en comparación con la normativa N°811/2015-MINSA, que establece una cantidad máxima permisible de 0.10 mg/L.

TERCERA: Se determinó que una de las fuentes de contaminación es natural, proveniente de formaciones rocosas en la corteza terrestre. Otras fuentes de contaminación incluyen la quema de carbón, el uso de pesticidas a base de arsénico en la agricultura cercana a la cuenca de Coata, los vertederos industriales y la fundición de metales.

RECOMENDACIONES

PRIMERA: Se sugiere al alcalde de la provincia de San Román, Juliaca, que instale un sistema de filtración para la urbanización Taparachi, en la ciudad de Juliaca. Además, se recomienda programar un proyecto futuro para la urbanización con el fin de reducir el exceso de arsénico en el agua destinada al consumo humano por las familias de la ciudad de Juliaca.

SEGUNDA: Se recomienda al gerente de planificación y al encargado de la Oficina de OPMI de la municipalidad provincial de San Román, Juliaca, considerar la inclusión de programas de gestión de riesgo en el presupuesto participativo. El objetivo de estos programas es minimizar la exposición al arsénico en el agua potable..

TERCERA: Se sugiere al presidente de la Urbanización que solicite a la OEFA con el respaldo del Ministerio del Ambiente, charlas de capacitación para las familias, con el objetivo de mejorar el conocimiento sobre el manejo adecuado de los alimentos de consumo diario.

BIBLIOGRAFÍA

- Aragonés Sanz, N., Palacios Diez, M., Avello de Miguel, A., Gómez Rodríguez, P., Martínez Cortés, M., & Rodríguez Bernabeu, M. J. (2001). Nivel de arsénico en abastecimientos de agua de consumo de origen subterráneo en la comunidad de Madrid. *Revista Española de Salud Pública*, 75(5), 421–432.
https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1135-5727200100050003&lng=es&nrm=iso&tlng=es
<https://doi.org/10.4067/S0718-07642021000100047>
- Cortés, F. I. A., Guillén, R. C., Navarro, P. R. S., & Smedley, P. L. (2010). Una revisión de la presencia de arsénico en el agua subterránea en México.
Instituto Nacional de Recursos Hídricos. (2007). Evaluación de los recursos hídricos en las cuencas de los ríos Cabanillas y Lampa (No. Volumen I).
https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/estudio_hidrologico_la_mpa_0_0_3.pdf
<https://doi.org/10.24850/j-tyca-2020-02-09>
- Ministerio del Ambiente. (2013). Estudio hidrológico superficial de las cuencas de los ríos Ilave y Coata.
- Ministerio de Salud. (2010). Reglamento-de-la-calidad-del-agua-para-consumo-humano.
<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/273650/reglamento-de-la-calidad-d-el-agua-para-consumo-humano.pdf?v=1561937448>
https://www.academia.edu/814518/Groundwater_in_the_environment_an_introduction_by_Paul_L_Younger_2007_Blackwell_London_390_pages_ISBN_1_4051_2143_2
- Agudelo, G., Aigner, M., & Restrepo, J. R. (2008). EXPERIMENTAL Y NO-EXPERIMENTAL. *La Sociología en sus Escenarios*, 18, Article 18.
- Altamirano, M., & Delgado, V. (2019). Contaminación natural por arsénico en las aguas subterráneas de la comunidad rural “La Fuente”, para sugerir y promover el uso de fuentes alternativas de agua segura municipio La Paz Centro, León, Nicaragua.
Revista Torreón Universitario, 8(23), Article 23.

<https://doi.org/10.5377/torreon.v8i23.9533>

Barun, T., & Vijaya, G. (2025). *Estimación del bienestar de la contaminación por arsénico en las aguas subterráneas de la India: Perspectivas para la política hídrica*. 17.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652625004573>

Belizario, L. F., & Del Carpio, I. (2018). *Evaluación de parámetros para la remoción de arsénico y manganeso de agua subterránea de la Punta De Bombón usando zeolita natural (cliptololita)* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Agustín].

<https://repositorio.unsa.edu.pe/server/api/core/bitstreams/27210262-f3da-4f8f-8b9f-7876dd7e0b31/content>

Boffetta, P., Zunarelli, C., & Borron, C. (2020). *Análisis de la dosis-respuesta de la exposición al arsénico en el agua potable y el riesgo de lesiones cutáneas: Una revisión sistemática de la literatura*.

<https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/1559325820957823>

Bolaños, J. D. B. (2016). DETERMINACIÓN DE ARSÉNICO EN AGUA POTABLE DEL CANTÓN DE GRECIA. *InterSedes*, 17(35), Article 35.

<https://doi.org/10.15517/isucr.v17i35.25561>

Caicedo, M., & Fuentes, V. (2020). *Remoción de arsénico de aguas subterráneas del distrito de Pacora para uso y consumo humano mediante adsorción* [Tesis de pregrado, Universidad Pedro Ruiz Gallo].

<https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/8847>

Calcina, M. E., Calcina, L. E., Huaraya, F. R., Salas, A. R., & Tejada, K. (2022a). *Arsénico en aguas subterráneas de la cuenca del río Callacame y su impacto en suelos agrícolas en Desaguadero, Puno – Perú*. 89(221), 13.

<https://revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/article/view/98319>

Calcina, M. E., Calcina, L. E., Huaraya, F. R., Salas, A. R., & Tejada, K. (2022b). *Arsénico en aguas subterráneas de la cuenca del río Callacame y su impacto en suelos agrícolas en Desaguadero, Puno – Perú*. *DYNA*, 89(221), 178-184.

<https://doi.org/10.15446/dyna.v89n221.98319>

Calcina-Benique, M. E., Calcina-Rondán, L. E., Huaraya-Chambi, F. R., Salas-Camargo, A. R., Tejada-Meza, K., Calcina-Benique, M. E., Calcina-Rondán, L. E., Huaraya-Chambi, F. R., Salas-Camargo, A. R., & Tejada-Meza, K. (2022). Arsénico en aguas subterráneas de la cuenca del río Callacame y su impacto en suelos agrícolas en Desaguadero, Puno—Perú. *DYNA*, 89(221), 178-184. <https://doi.org/10.15446/dyna.v89n221.98319>

Campos, V., Esacalante, G., Yañez, J., Zaror, C., & Mondaca, M. (2009). Isolation of arsenite-oxidizing bacteria from a natural biofilm associated to volcanic rocks of Atacama Desert, Chile: Isolation of arsenite-oxidizing bacteria from a natural biofilm associated to volcanic rocks of Atacama Desert, Chile. *Journal of Basic Microbiology*, 49(1). https://www.researchgate.net/publication/51438072_Isolation_of_arsenite-oxidizing_bacteria_from_a_natural_biofilm_associated_to_volcanic_rocks_of_Atacama_Desert_Chile/link/6295a36555273755ebc4d2e8/download

Celador, R., & Schulz, C. (2018, octubre 11). *Comportamiento del arsénico y elementos traza en agua subterránea en una línea de flujo en el noreste de La Pampa*. https://www.researchgate.net/profile/Raul-Celador-Martinez/publication/332353533_Comportamiento_del_arsenico_y_elementos_traza_en_agua_subterranea_en_una_linea_de_flujo_en_el_noreste_de_La_Pampa/links/5caf8cfda6fdcc1d498e0e29/Comportamiento-del-arsenico-y-elementos-traza-en-agua-subterranea-en-una-linea-de-flujo-en-el-noreste-de-La-Pampa.pdf

Cerón, L. M., Sarria, J. D., Torres, J. S., & Soto-Paz, J. (2021). Agua subterránea: Tendencias y desarrollo científico. *Información tecnológica*, 32(1), 47-56. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642021000100047>

Cortés, F. I. A., Guillén, R. C., Navarro, P. R. S., & Smedley, P. L. (2010). *Una revisión de la presencia de arsénico en el agua subterránea en México*.

Delgado, T., & Zavala, P. (2021). *Estudio de la concentración de metales pesados*

- (arsénico, cadmio, mercurio y plomo) en agua para consumo humano en el departamento de Arequipa [Tesis de pregrado, Universidad María Auxiliadora].
<https://repositorio.uma.edu.pe/handle/20.500.12970/417>
- Fernández, J. (2020). *Origen de las concentraciones de arsénico y fluoruro en el agua subterránea de acuíferos en rocas volcánicas: El caso de la ciudad de Chihuahua* [Tesis de posgrado, Universidad Autónoma de Chihuahua].
<http://repositorio.uach.mx/403/>
- Fernández, J., Galindo, G., Parada, M., Gimeno, D., García, M., & Saavedra, J. (2005). ESTADO ACTUAL DEL CONOCIMIENTO SOBRE EL ARSÉNICO EN EL AGUA DE ARGENTINA Y CHILE: ORIGEN, MOVILIDAD Y TRATAMIENTO. *Departamento de Geología, Universidad de Chile*, 11-32.
- González, O. H. (2021). Aproximación a los distintos tipos de muestreo no probabilístico que existen. *Revista Cubana de Medicina General Integral*, 3(73), 1-3.
- Herráiz, A. S. (2009). La importancia de las aguas subterráneas. *Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (España)*, 103(1), 97-114.
- Huaracha, J., & Quispe, L. (2020). Determinación de la concentración de arsénico en aguas subterráneas en las salidas: Puno, Lampa y Arequipa de la ciudad de Juliaca. *Universidad Peruana Unión*, 1-14.
- INEI. (2020). *Perú: Formas de Acceso al Agua y Saneamiento Básico*.
- Kulp, T., Hoelft, S., Asao, M., Madigan, M., Hollibaugh, J., Fisher, J., Stolz, J., Culbertson, C., Miller, L., & Oremland, R. (2008). Arsenic(III) Fuels Anoxygenic Photosynthesis in Hot Spring Biofilms from Mono Lake, California. *Science*, 15(321).
<https://doi.org/10.1126/science.1160799>
- Mamani, W. (2019a). Contaminación de las aguas subterráneas por arsénico(as) el caso del distrito de Juliaca – Perú. *ÑAWPA RISUN*, 1(4), 31-36.
- Mamani, W. (2019b). *Determinación de la concentración de arsénico (as) total en las aguas subterráneas de pozos tubulares en el distrito de Juliaca y medidas de mitigación* [Tesis de posgrado, Universidad Nacional de San Agustín].

<https://repositorio.unsa.edu.pe/server/api/core/bitstreams/e4277544-232f-461d-9c1f-75dbdf1f322d/content>

- Martínez, D. A., Alarcon, M. T., Reynoso, L., & Torres, L. A. (2020). Variación espacio-temporal de arsénico y flúor en el agua subterránea de la ciudad de Durango, México. *Tecnología y ciencias del agua*, 11(2), Article 2. <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2020-02-09>
- Mora, D., González, C. A., Medina, I. M., & Robledo, M. de L. (2012). PRESENCIA DE ARSÉNICO Y COLIFORMES EN AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE TECUALA, NAYARIT, MÉXICO. *evista internacional de contaminación ambiental*, 28(2), 127-135.
- Naciones Unidas. (2003). *CUESTIONES SUSTANTIVAS QUE SE PLANTEAN EN LA APLICACIÓN DEL PACTO INTERNACIONAL DE DERECHOS ECONÓMICOS, SOCIALES Y CULTURALES (Tema 3 del programa)*. Consejo Económico y Social. <https://www.acnur.org/fileadmin/Documentos/BDL/2012/8789.pdf>
- Obeng, A., Kwaansa, E., Osaе, S., & Podgorski, J. (2024). *Estimación de la contaminación geogénica por arsénico en aguas subterráneas y la población humana expuesta en cuencas fluviales de Ghana mediante modelos de clasificación de bosques aleatorios: Implicaciones para las políticas de salud pública*. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=4668617
- Rasool, A., Farooqi, A., Masood, S., & Hussain, H. (2015). *Arsénico en aguas subterráneas y evaluación de los riesgos para la salud en el agua potable de Mailsi, Punjab, Pakistán*. 9. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10807039.2015.1056295>
- Rasool, A., Farooqi, A., Masood, S., & Husaim, K. (2016). Arsenic in groundwater and its health risk assessment in drinking water of Mailsi, Punjab, Pakistan. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 22(1), 187-202.
- Sánchez, J. (2012). *Hidrología—Hidrogeología*. Dpto. de Geología. https://hidrologia.usal.es/temas/Conceptos_Hidrogeol.pdf

Tacuri, R. (2019). *DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE POZOS ARTESIANOS Y SUS ASPECTOS AMBIENTALES ASOCIADOS, JULIACA, PUNO, 2018* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa].

<https://repositorio.unsa.edu.pe/items/9b950867-519d-428a-a8e5-b5df8a77b6df>

UNESCO. (2015). Abordar la escasez y la calidad del agua. *UNESCO*.
<https://es.unesco.org/themes/garantizar-suministro-agua/hidrologia/escasez-calidad>

Vélez, M., Ortiz, C., & Vargas, M. (2011). *Las aguas subterráneas. Un enfoque práctico*. Instituto Colombiano de Geología y Minería.
<https://libros.sgc.gov.co/index.php/editorial/catalog/download/76/72/558?inline=1>

Younger, P. (2008). Groundwater in the environment: An introduction. *River Research and Applications*. *RIVER RESEARCH AND APPLICATIONS*, 24.
https://www.academia.edu/814518/Groundwater_in_the_environment_an_introduction_by_Paul_L_Younger_2007_Blackwell_London_390_pages_ISBN_1_4051_2143_2

ANEXOS

Anexo 01: Matriz de consistencia

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General		Tipo de investigación
¿Cuál es el nivel de concentración de arsénico en aguas subterráneas en la Urbanización Taparachi, Juliaca, Puno 2023?	Determinar el nivel de concentración de arsénico en aguas subterráneas en la Urbanización Taparachi, Juliaca, Puno 2023.	Existe un alto nivel de concentración de arsénico en las aguas subterráneas en la Urbanización Taparachi, Juliaca, Puno 2023.	Variable 1: Concentración de arsénico. Variable 2: Aguas subterráneas	Aplicada de enfoque cuantitativo
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas		Diseño de investigación
¿Cuál es el nivel de concentración de arsénico presente en aguas subterráneas de la Urbanización Taparachi en la Ciudad de Juliaca, 2023?	Determinar la concentración de arsénico presente en aguas subterráneas de la Urbanización Taparachi en la Ciudad de Juliaca, 2023.	La concentración de arsénico presente en aguas subterráneas de la Urbanización Taparachi en la Ciudad de Juliaca, es alta.		No experimental
¿Cuáles son las principales fuentes de contaminación por arsénico de aguas subterráneas en la Urbanización Taparachi en la Ciudad de Juliaca, 2023?	Identificar las principales fuentes de contaminación por arsénico en aguas subterráneas de la Urbanización Taparachi en la Ciudad de Juliaca, 2023.	Las principales fuentes de contaminación por arsénico en aguas subterráneas de la Urbanización Taparachi de la Ciudad de Juliaca, son las actividades agrícolas, la filtración de ríos y las aguas residuales domésticas.		Nivel de investigación Descriptivo
				Área de estudio: Urbanización Taparachi, Juliaca, Puno Población y muestra: 2 muestras patrón Diseño estadístico Análisis de varianza (ANOVA).

Anexo 02: Operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores	Instrumento de medición
V1: Concentración de arsénico	El arsénico es un metaloide altamente tóxico presente en el entorno, cuya especiación depende de factores químicos, físicos y biológicos. Su distribución resulta de procesos naturales y actividades humanas, agravando su contaminación debido a su movilidad en el ambiente. (Montoya et al., 2015)	Grado en el que el arsénico está presente en una muestra de agua, expresado en mg/L o µg/L.	Concentración de arsénico en agua	Valores de concentración de arsénico	Kits de laboratorio específicos para medir arsénico en agua
V2: Aguas subterráneas	Este recurso se encuentra bajo tierra tiene una cantidad mayor en términos cuantitativos que el agua en la superficie. Juega un papel esencial en múltiples procesos naturales y ofrece numerosos beneficios al ecosistema. Además, es menos propenso a ser contaminado por actividades humanas y es menos afectado por cambios en el entorno. (Cerón et al., 2021)	Agua almacenada en poros y espacios dentro de rocas, que abastece pozos y manantiales.	Ubicación de las fuentes	Número de localización de pozos y manantiales en Juliaca.	Mapas geológicos
			Volumen de agua disponible	Volumen de agua extraído en m ³ /día	Localización de pozos y manantiales.
			Profundidad de las fuentes	Profundidad media de las fuentes en metros	Equipos de muestreo de agua subterránea

Anexo 03: Evidencias del laboratorio



Universidad Nacional del Altiplano

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS

LABORATORIO DE MONITOREO Y EVALUACION AMBIENTAL



INFORME DE ANÁLISIS DE AGUA
N° 18-LA136

<p>ASUNTO: Análisis de metales pesados por Espectrofotómetro de Emisión Atómica por Plasma Microondas 4210 MP-AES</p> <p>PROCEDENCIA: Urbanización Taparachi, distrito de Juliaca, Provincia de San Roman</p> <p>TESIS: "DETERMINACIÓN DE CONCENTRACIÓN DEL NIVEL DE ARSÉNICO EN AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LA URBANIZACIÓN DE TAPARACHI JULIACA, PUNO – 2023"</p>	<p>CODIGO DE LABORATORIO: L01LA136</p> <p>N° ORDEN: LMEA – 4210 – MP – AES</p> <p>FECHA DE INGRESO: 13/05/2024</p> <p>TIPO DE SERVICIO: Único</p> <p>SOLICITANTE: THAIS NUARA MESTAS MORA</p>
--	--

INFORMACIÓN DE LA MUESTRAS DE AGUA

<p>EMPAQUE PRIMARIO: Botella color ámbar sellada</p> <p>TIPO DE MUESTRA: Agua</p> <p>CANTIDAD DE MUESTRAS: 1/2</p>	<p>TEMPERATURA DEL RECIPIENTE: <input checked="" type="checkbox"/> Ambiente <input type="checkbox"/> Refrigeración</p> <p>FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS: 13/05/2024</p> <p>DESCRIPCIÓN DEL SOLICITANTE: Contenido de As</p>
---	--

I.- RESULTADO DE ANALISIS

Código de muestra	Elemento	Resultados PPM (mg/L)	Método de Ensayo
M_01	As	1.07	Digestión multiácida

RESULTADOS: La muestra presenta una concentración de 1.07 mg por cada L.



M.Sc. Fidel Huisa Mamani
JEFE DE LABORATORIO L.M.E.A.
UNA-PUNO-CIP.28768



Anexo 04: Evidencias fotográficas



Figura 06: Toma de primera muestra en pozo para el laboratorio.



Figura 07: Ubicación de la Urbanización Quinta Belén Taparachi.



Figura 08: Tomando la segunda muestra para el laboratorio en pozo.



Figura 09: Recolectando la muestra para análisis en el laboratorio.