



UNIVERSIDAD ANDINA
NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL



**DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS EN AGUAS
SUBTERRÁNEAS DE LA URBANIZACIÓN
TAPARACHI III SECTOR JULIACA 2024**

TESIS PRESENTADA POR:
Bach. NILGUAR JACOH RAMOS MAMANI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL

JULIACA – PERÚ
2025



NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

**DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS EN AGUAS
SUBTERRÁNEAS DE LA URBANIZACIÓN
TAPARACHI III SECTOR JULIACA 2024**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. NILGUAR JACOH RAMOS MAMANI

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL**

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE

:


Dr. OSCAR VICENTE VIAMONTE CALLA

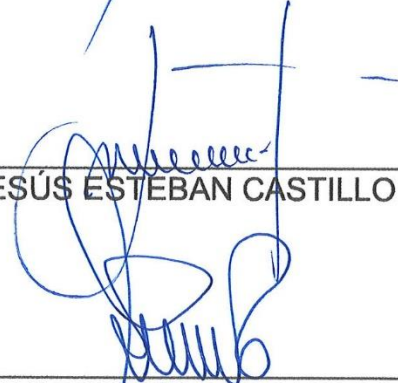
PRIMER MIEMBRO

:


Dr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA

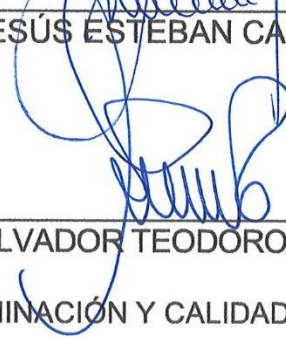
SEGUNDO MIEMBRO

:


M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

ASESOR DE TESIS

:


Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

CONTAMINACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL – P22

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 1324-2025-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 20 de octubre del 2025

VISTO: El expediente N° 2025 - CU - 9475 presentado por el (la) Bachiller: **NILGUAR JACOB RAMOS MAMANI** estudiante de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN**.

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bach. **NILGUAR JACOB RAMOS MAMANI**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulada: **DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS EN AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA URBANIZACIÓN TAPARACHI III SECTOR JULIACA 2024**, la misma que pertenece a la línea de investigación **CONTAMINACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en concordancia con el dictamen de similitud.

De conformidad al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 24, Art. 28 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, la **NOMINACIÓN DE JURADOS** integrado por los siguientes docentes:

- * **Presidente** : Dr. OSCAR VICENTE VIAMONTE CALLA
- * **1er Miembro** : Dr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA
- * **2do Miembro** : M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

ARTICULO SEGUNDO. - **RECONOCER** como asesor de la investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, **Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS**.

ARTICULO TERCERO. - **APROBAR**, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de él (la) bachiller: **NILGUAR JACOB RAMOS MAMANI**; del informe final de la investigación (tesis) titulada: **DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS EN AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA URBANIZACIÓN TAPARACHI III SECTOR JULIACA 2024** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental**. de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : jueves 30 de octubre del 2025
- * **HORA** : 14:00 horas
- * **LUGAR** : Aula 406 - FICP

ARTÍCULO CUARTO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURASDr. OSCAR V. VIAMONTE CALLA
DECANO (e)
CIP. 32730UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURASDr. Fritz Willy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.

Archivo
Investigación

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 1892-2024-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 27 de diciembre del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU - 18289 por el señor (a): **NILGUAR JACOB RAMOS MAMANI** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el PROVEIDO - N° 1562 - 2024-UI-FICP-UANCV/J, y la FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS) formato N° 141- 2024 del integrante del comité de investigación **EPISA** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **NILGUAR JACOB RAMOS MAMANI**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulado: **DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS EN AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA URBANIZACIÓN TAPARACHI III SECTOR JULIACA 2024**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Mgtr. Franz Joseph Barahona Perales** de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión del informe final de la investigación (borrador de tesis) formato N° 141- 2024 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS EN AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA URBANIZACIÓN TAPARACHI III SECTOR JULIACA 2024**, Correspondiente a la línea de investigación **CONTAMINACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducentes a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y estando a la opinión favorable del comité de investigación respecto al informe final de la investigación (borrador de tesis).

Estando, con la opinión favorable del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en mérito al Art. 27 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, el **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para la **REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN**, presentado por el señor (a): **NILGUAR JACOB RAMOS MAMANI**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental, con el Tema Titulado: **DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS EN AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA URBANIZACIÓN TAPARACHI III SECTOR JULIACA 2024** correspondiente a la línea de investigación **CONTAMINACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL**, en virtud a los considerandos expuestos.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RATIFICAR como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a) **la)**, **Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS**.

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURASDr. MILTON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
DIRECTOR
Dr. Efraín Paillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓNcc.
Archivo
interesado (a)

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 716-2024-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 01 de agosto del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU-9468, presentado el señor (a) **NILGUAR JACOB RAMOS MAMANI** solicitando **APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** el **PROVEIDO - N° 714 -2024-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** formato N° 082 -2024 del integrante del comité de investigación **EPISA** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **NILGUAR JACOB RAMOS MAMANI** ha presentado su propuesta de investigación Titulado: **DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS EN AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA URBANIZACIÓN TAPARACHI III SECTOR JULIACA 2024**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Mgtr. Franz Joseph Barahona Perales** de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión de la propuesta de investigación formato N° 082 -2024- aprobando la propuesta de investigación titulado: **DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS EN AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA URBANIZACIÓN TAPARACHI III SECTOR JULIACA 2024**.

Que, es requisito indispensable contar con un asesor docente ordinario y/o contratado de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras con un mínimo de cinco años de docencia, grado de doctor o magister y experiencia en la línea a investigar, o deberá estar acreditado por Resolución 0989-2022-UANCV-CU-R, quien asumirá como asesor de la propuesta de investigación, según el área o grado.

Estando, con la opinión favorable de la propuesta de investigación del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en mérito al Art. 25 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN**, presentado por el señor (a): **NILGUAR JACOB RAMOS MAMANI**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental, con el Tema Titulado: **DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS EN AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA URBANIZACIÓN TAPARACHI III SECTOR JULIACA 2024** correspondiente a la línea de investigación **CONTAMINACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL**.

La misma que deberá proceder con la ejecución de la propuesta de Investigación aprobado de acuerdo a lo establecido en el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** de al (a la) docente **Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS**.

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURASDR. MILTON QUISPE HUANGA
DECANO
CIP. 47790Dr. Edwin Parillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓNcc.
Archivo 2024
Interesado (a)



DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS EN AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA URBANIZACIÓN TAPARACHI III SECTOR JULIACA 2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

14%

INDICE DE SIMILITUD

12%

FUENTES DE INTERNET

6%

PUBLICACIONES

9%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

Submitted to Universidad Andina Nestor
Caceres Velasquez

Trabajo del estudiante

8%

2

repositorio.uancv.edu.pe

Fuente de Internet

3%

3

alicia.concytec.gob.pe

Fuente de Internet

1%

4

hdl.handle.net

Fuente de Internet

<1%

5

Mamani Arpasi, Yesica Magnolia.
"Determinación de metales pesados en aguas
subterráneas para uso en actividades
productivas en las comunidades de Queata,
CP Carata, Cupiro Pampa, Uquisilla, Distrito
de Coata, 2021", Universidad Nacional del
Altiplano de Puno (Peru)

Publicación

<1%



Metadatos complementarios

Título de la Tesis	
DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS EN AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA URBANIZACIÓN TAPARACHI III SECTOR JULIACA 2024	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	NILGUAR JACOH RAMOS MAMANI
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	72422200
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0005-6032-5135
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	02383061
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-5101-4264
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	OSCAR VICENTE VIAMONTE CALLA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02371550
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	FRITZ WILLY MAMANI APAZA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02306659
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	01323821



Datos de investigación	
Línea de investigación	Contaminación y Calidad Ambiental – P22
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento.
Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Puno Provincia: San Román Distrito: Juliaca Coordenadas: Latitud: -15.5246929 Longitud: -70.1252919 URL Maps:  https://www.google.com/maps/d/u/0/edit?mid=1hzyPfNNkyCOCJqWNjxW8LKgaP5YYmU&usp=sharing
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Agosto 2024 – Octubre 2025
URL de disciplinas OCDE https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html - Librería	Ingeniería ambiental https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.07.00 Ciencias del medio ambiente https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.05.08



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS FÍSICAS

Dr. Fritz Willy Manani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo NILGUAR JACOB RAMOS MAMANI, identificado con DNI
Nro. 72422200, en mi condición de egresado de:

☒ **Escuela Profesional**

☐ **Programa de Segunda Especialidad,**

☐ **Programa de Maestría o Doctorado**

INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

informo que he elaborado el/la ☒ **Tesis** o ☐ **Trabajo de Investigación**, ☐ **Trabajo Académico**
denominada:

DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS EN AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA
URBANIZACIÓN TAPARACHI III SECTOR JULIACA 2024

Asesorado por: Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Juliaca 05 de DICIEMBRE del 2025

Firma del Asesor
(obligatoria)

Firma del Estudiante
(obligatoria)



Huella



DEDICATORIA

A mi esencia divina por proporcionarme esta chance de existir y gozar de bienestar, orientándome por el camino correcto de la existencia.

A mis adorados progenitores por ser excepcionales en su rol, quienes durante toda su existencia me han enseñado el valor del esfuerzo y el conocimiento. Su entrega y perseverancia para garantizarme formación académica son un obsequio que aprecio más de lo que puedo expresar.



AGRADECIMIENTO

Agradezco a la UANCV, en especial a EPISA por la gran congruencia de educarse en esta institución.

A mi madre, por brindarme una formación excepcional y enseñanzas invaluable.

A mi padre, le reconozco gran parte de mis logros, incluido este proyecto de investigación, donde me guio con disciplina, pero también con cierta flexibilidad, motivándome constantemente a alcanzar mis metas.

Agradezco también a mi asesor y al jurado por su valiosa dirección y respaldo, fundamentales para la conclusión de este trabajo.



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO	ii
ÍNDICE GENERAL.....	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
INTRODUCCIÓN	xi

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Análisis de la situación problemática	13
1.2. Planteamiento del problema.....	15
1.2.1 Problema general	15
1.2.2 Problemas específicos.....	15
1.3. Objetivos de la investigación.....	16
1.3.1 Objetivo general.....	16
1.3.2 Objetivos específicos.....	16
1.4. Justificación del estudio	16
1.4.1 Justificación técnica.....	16
1.4.2 Justificación ambiental.....	17



1.4.3	Justificación social	17
1.5.	Hipótesis	18
1.5.1	Hipótesis general	18
1.5.2	Hipótesis específicas	18
1.6.	Variables.....	18
1.6.1	Variable independiente:	18
1.6.2	Variable dependiente:.....	18
1.6.3	Operacionalización de variables.....	19

CAPÍTULO II

MARCO TEORICO

2.1.	Antecedentes del estudio	20
2.1.1	A nivel internacional.....	20
2.1.2	A nivel nacional.....	22
2.1.3	A nivel regional	25
2.2.	Bases teóricas	29
2.2.1	Agua.....	29
2.2.2	Agua subterránea	29
2.2.3	Calidad del agua subterránea	31
2.2.4	Contaminación del agua subterránea	31
2.2.5	Metales pesados.....	33
2.2.6	Efectos de los metales pesados en la salud del ser humano	35



2.2.7 Metales y su toxicidad	36
2.3. Marco Conceptual	40
2.3.1 Agua.....	40
2.3.2 Pozos subterráneos.....	40
2.3.3 Propuesta de tratamiento	40
2.3.4 Límite Máximo Permisible (LMP).....	41
2.3.5 Normatividad.....	41

CAPÍTULO III

METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

3.1. Tipo de investigación.....	42
3.2. Diseño de investigación	42
3.3. Nivel de investigación.....	42
3.4. Técnicas e instrumentos de la investigación	43
3.5. Materiales y equipos	43
3.6. Lugar de estudio.....	44
3.7. Población y muestra.....	46
3.8. Procedimiento Metodológico	47

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Resultados.....	56
----------------------	----



4.1.1 Resultados de la concentración de arsénico y cadmio en las aguas subterráneas de la urbanización Taparachi III sector Juliaca 2024.....	56
4.1.2 Resultados de la concentración de calcio, magnesio, manganeso y potasio en las aguas subterráneas de la urbanización Taparachi III sector Juliaca 2024.....	59
4.1.3 Resultados de la propuesta de tratamientos viables para la remoción de metales pesados en base a la realidad de la ciudad de Juliaca.....	63
4.2. Discusiones	67
CONCLUSIONES	71
RECOMENDACIONES	72
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	73
ANEXOS	77



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables de la presente investigación.	19
Tabla 2 Coordenadas de los puntos de muestreo para la investigación.	45
Tabla 3 Concentración de arsénico y cadmio en las aguas subterráneas de la urbanización Taparachi III sector Juliaca.	56



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Localización de los puntos de muestreo de las aguas subterráneas de la urbanización Taparachi III sector Juliaca.	46
Figura 2 Concentración del arsénico en las aguas subterráneas de la urbanización Taparachi III sector VS los LMP del D.S. N° 010 - 2010 – MINAM.	57
Figura 3 Concentración del cadmio en las aguas subterráneas de la urbanización Taparachi III sector VS los LMP del D.S. N° 010 - 2010 – MINAM.....	58
Figura 4 Concentración del calcio en las aguas subterráneas de la urbanización Taparachi III sector Juliaca.	59
Figura 5 Concentración del magnesio en las aguas subterráneas de la urbanización Taparachi III sector Juliaca.	60
Figura 6 Concentración del manganeso en las aguas subterráneas de la urbanización Taparachi III sector Juliaca.	61
Figura 7 Concentración del potasio en las aguas subterráneas de la urbanización Taparachi III sector Juliaca.	62



RESUMEN

El existente estudio se desarrolló en Juliaca en el lapso de julio del presente año, teniendo como propósito general de establecer la agrupación de metales sólidos en los líquidos acuíferos de la urbanización Taparachi III sector Juliaca 2024. En las metodologías de estudio muestra que el tipo de análisis es descriptivo con un enfoque cuantitativo y diseño no experimental, la toma de muestreo se ejecutó esgrimiendo el método por conveniencia propia en donde, se tomó en cuenta 10 pozos de la urbanización Taparachi III sector Juliaca y estas fueron desarrolladas en el Recinto de Condición Ambiental de E.P.I.S.A. de la F.I.C.P. de la U.A.N.C.V. Consiguiendo las siguientes derivaciones: El arsénico obtuvo un valor de 0.12934 mg/L a 0.27402 mg/L, el Cd obtuvo un valor de 0.01302 mg/L a 0.02451 mg/L, el calcio obtuvo un valor de 45.7 mg/L a 53.4 mg/L, el Mg obtuvo un valor de 13.6 mg/L a 14.5 mg/L, el Mn consiguió un valor de 0.0406 mg/L a 0.0523 mg/L, el potasio obtuvo un valor de 12.7 mg/L a 14.2 mg/L. Asimismo, se propuso tres procesos apropiados para la realidad de Juliaca, junto con sus ventajas y desventajas, las cuales son: Adsorción con carbón activado y zeolitas naturales, precipitación química y electrocoagulación. Estos métodos brindan un enfoque integral para el mandato de la polución por metales sólidos, aunque su eficacia dependerá de las particularidades específicas del H₂O a tratar y de los contaminantes presentes.

Palabras clave: Metales pesados, agua subterránea, propuesta y tratamiento.



ABSTRACT

The existing study was carried out in Juliaca during the month of July of this year, with the general purpose of establishing the meeting of solid metals in the aquiferous waters of the Taparachi III urbanization in the Juliaca 2024 sector. In the study methodologies it shows that the type of study is descriptive with a quantitative procedure and non-experimental design, the sampling was executed using the method by own convenience where, 10 wells of the urbanization Taparachi III sector Juliaca were taken into account and this were developed in the Precinct of Environmental Condition of the E.P.I.S.A. of the F.I.C.P. of the U.A.N.C.V. Obtaining the following derivations: Arsenic gained a value from 0.12934 mg/L to 0.27402 mg/L, Cd gained a value from 0.01302 mg/L to 0.02451 mg/L, calcium gained a value from 45.7 mg/L to 53.4 mg/L, Mg gained a value from 13.6 mg/L to 14.5 mg/L, Mn got a value from 0.0406 mg/L to 0.0523 mg/L, potassium obtained a value from 12.7 mg/L to 14.2 mg/L. Likewise, three appropriate processings were proposed for the reality of Juliaca, together with their advantages and disadvantages, which are: Adsorption with activated carbon and natural zeolites, chemical precipitation and electrocoagulation. These methods provide a comprehensive approach to the mandate of solid metal pollution, although their effectiveness will depend on the specifics of the H₂O to be treated and the contaminants present.

Keywords: Heavy metals, groundwater, proposal and treatment.



INTRODUCCIÓN

El H₂O es un mecanismo indispensable para la supervivencia y de crucial importancia para los diversos organismos, incluidos los humanos, ya que interviene en la agronomía, la reproducción de energía, el mantenimiento de la salud, la fabricación de bienes industriales y la preservación de los ecosistemas terrestres. Sin embargo, en los últimos tiempos, se ha convertido en un recurso finito, altamente frágil y cada vez más insuficiente, mientras que en la sociedad persiste una falta de conciencia sobre su gestión adecuada (Castillo, Medina, & Zúñiga, 2022).

Este estudio revela los paralelismos de metales sólidos presentes en líquidos acuíferos de la Urb. Taparachi III sector, situada en Juliaca. En diversas regiones como Puno, el agua acuífera representa la primordial fuente de suministro hídrico y frecuentemente se emplea para consumo humano. Sin embargo, estos pozos carecen de análisis previos, lo que impide asegurar su calidad para dicho uso.

Debido a esto, se implementó un monitoreo de los pozos durante la temporada seca, con el propósito de valorar la condición del agua acuífera respecto a metales sólidos y prevenir posibles impactos futuros, tanto en los suelos como intoxicaciones en animales, lo que podría alterar la cadena alimenticia.

Este estudio se estructura en los subsiguientes apartados: El CAPÍTULO I contiene el diagnóstico de la problemática, formulación de preguntas e objetivos de estudio. Asimismo, incluye la relevancia del estudio, postulados hipotéticos y la definición operacional de variables. El CAPÍTULO II presenta los referentes investigativos de autores afines, fundamentos teóricos y el esquema conceptual,



donde se precisan los términos clave vinculados al estudio, el CAPÍTULO III describe el enfoque metodológico empleado: tipología y diseño de investigación, herramientas y técnicas aplicadas. Además, especifica la ubicación geográfica, universo de estudio y selección muestral, detallando paso a paso el proceso seguido. En el CAPÍTULO IV se muestran los hallazgos y su análisis, donde se interpretan los datos obtenidos y se contrastan con investigaciones previas de demás especialistas.



CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Análisis de la situación problemática

1.1.1. A nivel internacional

El agua resulta esencial para la existencia de cualquier ser vivo. Los humanos requieren consumir múltiples litros de agua dulce cada día. A escala universal, el 97% del agua disponible corresponde a agua salada de los océanos, la cual no es adecuada para beber ni para actividades agropecuarias. Cerca del 75% del agua dulce se encuentra concentrada en glaciares y capas polares. Por ello, lagos, ríos y acuíferos subterráneos, pese a representar menos del 0,01% del total, se han transformado en las primordiales fuentes de suministro para el consumo humano (UNESCO, 2020).

A nivel global, el 21% del H₂O dulce se halla en acuíferos y puede extraerse mediante pozos. Sin embargo, en numerosas ocasiones, esta agua no desempeña con los patrones de condición obligatorios para su ingesta directa. Sin embargo, hay metales sólidos como el arsénico, cadmio, Pb, Hg y cromo pueden encontrarse en concentraciones elevadas en aguas acuíferas debido a procesos tanto naturales como antropogénicos. Estos metales son tóxicos incluso en pequeñas cantidades, lo cual puede poseer consecuencias hostiles

en la salud humana, el ecosistema y las actividades económicas (Vence, Rivera, Osorio, & Castillo).

1.1.2. A nivel nacional

La contaminación ambiental causada por metales sólidos, especialmente la contaminación hídrica, constituye uno de los mayores desafíos socioambientales y de salubridad en el Perú. Sus causas son múltiples: características geológicas naturales, descargas de aguas servidas, desechos industriales, productos agroquímicos, residuos mineros y pasivos ecológicos abandonados. Sumado a esto, la magnitud y extensión de sus efectos hostiles provocan perjuicios en la salubridad pública, la actividad productiva y los ecosistemas. El Plan Nacional de Higiene 2022-2026 identifica como prioridad la existencia de metales sólidos en el líquido potable, cuya solución demanda el diseño e implementación de sistemas tecnológicos eficaces para su eliminación (MVCS, 2021).

Según datos públicas del Ministerio de Salubridad, para el año 2020 aproximadamente 10 millones de peruanos (equivalente al 30% de la población) se encontraban en situación vulnerable ante la exposición a metales sólidos y sustancias peligrosas, mientras que más de seis millones (20%) enfrentaban peligro específico por contacto con arsénico y similares. Elementos como Pb, As, Cd y Hg, generan severas intoxicaciones en las personas, incluso cuando están presentes en mínimas cantidades. Estos metales pueden acumularse en los órganos, afectando principalmente al sistema nervioso, renal y cardiovascular. En niños, el plomo daña el desarrollo cognitivo y causa problemas de aprendizaje, mientras que el mercurio y el cadmio provocan trastornos neurológicos y renales. El arsénico está vinculado a varias características de

cáncer y problemas de piel. La exhibición dilatada a estos metales puede resultar en padecimientos crónicos, cáncer y trastornos reproductivos, poniendo en riesgo la salud a largo plazo (MINSA, 2020).

1.1.3. A nivel local

Un estudio realizado por INDECI (2022) en Puno evaluó la condición del agua acuífera, detectando que los pozos de consumo humano presentan niveles de metales sólidos y microorganismos que exceden los estándares permitidos. Esta polución está generando diversas patologías en los habitantes de las zonas aledañas al afluente Coata.

Los residentes del sector Taparachi III en Juliaca, San Román, utilizan actualmente aguas acuíferas sin procesamiento para ingesta humana, desconociendo su posible contenido de metales sólidos. Esto hace imperativo valorar la condición del H₂O para generar información aplicable y prevenir riesgos sanitarios, como intoxicaciones por ingesta de compendios tóxicos.

1.2. Planteamiento del problema

1.2.1 Problema general

¿Cuál es la concentración de metales pesados en las aguas subterráneas de la urbanización Taparachi III sector Juliaca 2024?

1.2.2 Problemas específicos

A. ¿Cuál es la concentración de arsénico y cadmio en las aguas subterráneas de la urbanización Taparachi III sector Juliaca 2024?

- B. ¿Cuál es la concentración de calcio, magnesio, manganeso y potasio en las aguas subterráneas de la urbanización Taparachi III sector Juliaca 2024?
- C. ¿Cuáles serán los tratamientos viables para la remoción de metales pesados en base a la realidad de la ciudad de Juliaca?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo general

Determinar la concentración de metales pesados en las aguas subterráneas de la urbanización Taparachi III sector Juliaca 2024.

1.3.2 Objetivos específicos

- A. Determinar la concentración de arsénico y cadmio en las aguas subterráneas de la urbanización Taparachi III sector Juliaca 2024.
- B. Determinar la concentración de calcio, magnesio, manganeso y potasio en las aguas subterráneas de la urbanización Taparachi III sector Juliaca 2024.
- C. Proponer tratamientos viables para la remoción de metales pesados en base a la realidad de la ciudad de Juliaca.

1.4. Justificación del estudio

1.4.1 Justificación técnica

Este estudio surge por la premura por analizar las aguas acuíferas que consume la comunidad, donde factores antropogénicos y geológicos podrían estar elevando las concentraciones de metales tóxicos (Pb, As, Cd). La

identificación de estos contaminantes resulta crucial para proteger tanto la salubridad poblacional como los ecosistemas. Paralelamente, la iniciativa de tratamiento plantea alternativas técnicas factibles para descontaminar el agua, asegurando su aptitud para consumo humano y mejorando el bienestar comunitario.

1.4.2 Justificación ambiental

Reside en el requerimiento imperante de salvaguardar los acuíferos de la zona, actualmente vulnerables a la polución por metales sólidos. Estos elementos tóxicos no solamente comprometen la salud pública, sino que también desequilibran los ecosistemas circundantes, perjudicando a las especies que dependen de estas reservas hídricas. Asimismo, el deterioro progresivo de estas aguas podría generar consecuencias irreversibles en los suelos y la diversidad biológica. El estudio plantea una solución de procesamiento que mitiga los daños ecológicos y preserva estos recursos vitales para la posteridad.

1.4.3 Justificación social

El estudio se sustenta en la necesidad de asegurar agua dulce y de la condición para la población local. La polución por metales sólidos en los acuíferos constituye una amenaza grave para la salubridad colectiva, afectando principalmente a grupos sensibles como menores y adultos mayores. La iniciativa impactará positivamente en el bienestar comunitario al implementar sistemas de purificación que reducirán la incidencia de patologías asociadas a la ingesta crónica de sustancias nocivas. Paralelamente, fomentará una cultura de

conservación hídrica, impulsando prácticas responsables que garantizan entornos salubres para las futuras generaciones.

1.5. Hipótesis

1.5.1 Hipótesis general

La concentración de metales pesados en las aguas subterráneas de la urbanización Taparachi III sector Juliaca 2024 es eminente.

1.5.2 Hipótesis específicas

- A. La concentración de arsénico y cadmio en las aguas subterráneas de la urbanización Taparachi III sector Juliaca, supera la normativa de los LMP.
- B. La concentración de calcio, magnesio, manganeso y potasio en las aguas subterráneas de la urbanización Taparachi III sector Juliaca es moderada.
- C. La propuesta de tratamientos viables para la remoción de metales pesados en base a la realidad de la ciudad de Juliaca, son eficientes.

1.6. Variables

1.6.1 Variable independiente:

- Este factor no constituye una variable manipulada en el estudio, aunque presenta variabilidad temporal. Corresponde a los líquidos subterráneos (pozos) utilizadas en la urbanización Taparachi III sector, ubicada en Juliaca.

1.6.2 Variable dependiente:

- Concentración de metales pesados.



1.6.3 Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de variables de la presente investigación.

Variable	Dimensión de análisis	Indicadores	Unidad
Concentración de metales pesados	Metales pesados	Arsénico	mg/L
		Cadmio	mg/L
		Calcio	mg/L
		Magnesio	mg/L
		Manganeso	mg/L
		Potasio	mg/L



CAPÍTULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes del estudio

2.1.1 *A nivel internacional*

El estudio realizado por Pedraza y Aceves (2011), titulado "Detección de metales solidos en agua", se centró en examinar la transmitancia óptica del H₂O en el espectro de 200 a 400 nm, con el fin de evaluar su utilidad para identificar polución por metales sólidos. En su enfoque metodológico, la detección de estos metales se basó en la variación de transmitancia, definida como la discrepancia entre muestras de agua puras y aquellas contaminadas con metales sólidos. En el espectro ultravioleta (200-400 nm), la transmitancia presenta patrones claramente diferenciables, permitiendo la identificación cualitativa y cuantificación precisa de metales sólidos. Los datos experimentales para Cd, Pb, Zn, Cu y Mn demuestran una excelente capacidad discriminativa, con rangos de detección efectivos entre 100 y 10,000 ppm. Este estudio representa el primer reporte documentado sobre la aplicación de técnicas de transmitancia en UV para evaluar soluciones acuosas polucionadas con estos metales.

Sin embargo, Robles et al. (2016) en el estudio denominado "Valoración de la Polución del H₂O Acuífera por Metales Solidos en un Acuífero Somero",

los autores se propusieron cuantificar los grados de metales (Fe, Hg, Zn y Pb) presentes en aguas acuíferas de superficies del área agrícola de Zóquite Guadalupe, Zacatecas. El protocolo experimental incluyó la recolección de 58 muestras de acuíferos someros procedentes de pozos agrícolas. Para el análisis de metales se empleó espectrometría de AAS, complementado con espectrometría de absorciones atómicas con generación de vapor frío (CVAAS) específicamente para mercurio, además de medir parámetros de pH. Los datos obtenidos revelaron concentraciones de hierro entre 0.0008-0.0046 mg/L y de zinc entre 0.0053-1.5519 mg/L, mientras que los niveles de Hg y Pb quedaron por debajo del límite de detección instrumental. Según los estándares determinados en el Estándar Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, así como en las directrices de la OMS (2011) y la USEPA (2012), los niveles de los metales evaluados no superan los máximos permitidos para la ingesta humana. Cabe destacar que, a pesar de que la zona analizada corresponde a un acuífero superficial con alta vulnerabilidad a la polución por agroquímicos, fertilizantes y riego con aguas remanentes, no se detectaron concentraciones relevantes de metales nocivos.

Aguilar (2005) en el análisis "Ausencia de As en líquidos acuíferos de la Comarca Lagunera", su fin fue crear tecnología económica y autónoma para purificar H₂O, capaz de suprimir el As existente de forma nativa en las sotanas acuíferas de la Comarca Lagunera, los cuales abastecen de agua dulce a la urbe. En su metodología, el principal parámetro de diseño fue la reunión mayor de As detectada en los análisis: 0.264 mg/L. • Dosificación mingitorio: 24 mg/L, con un caudal de diseño de 100 L/s, empleando un sistema modular que esgrime cloruro férrico al 20%, en un viaje de 8 h y una carga superficial del sedimentador de 20

m³/m². Los resultados mostraron una agrupación promedio de As de 0.016 mg/L (frente a un valor inicial de 0.182 mg/L), logrando una eliminación del 91%, lo cual cumple con la normativa vigente.

2.1.2 A nivel nacional

En el análisis desarrollado por Castillo et al. (2022) denominada "H₂O idónea para la ingesta humana, un derecho universal, propiedades fisicoquímicas, microorganismos patógenos y elementos metálicos tóxicos", El estudio buscó evaluar las características fisicoquímicas, microbiológicas y evidencia de metales sólidos en el H₂O de llave (Puno, Perú), proponiendo posibles soluciones de tratamiento. La metodología incluyó muestreo estandarizado en puntos clave (captación, bombeo y reservorio), con análisis ejecutados en el recinto de DIRESA-Puno. Las derivaciones se compararon con los estándares del D.S. 004-2017 del MINAM. Los resultados mostraron los siguientes rangos: pH (8.05–7.94 unidades), dureza (174.62–160.67 mg/L de CaCO₃), cloruros (143.61–111.72 mg/L), sulfatos (69.54–56.36 mg/L), nitritos (0.96–0.53 mg/L), sólidos totales disueltos (428.27–367.23 mg/L) y turbidez (5.17–3.87 UNT), todos dentro de los límites normativos. Sin embargo, en el punto de captación, la carga bacteriológica (46–23 NMP/100 mL) superó lo permitido. En cuanto a metales, solo el plomo (0.0842 mg/L) excedió el límite determinado. Propuestas de procesamiento: sistema de filtrado con carbón activado/quitosano, ebullición con sedimentación posterior, zeolitas modificadas, electrocoagulación, método de dos recipientes y fotocátalisis solar. En conclusión, el agua potable de llave cumple los estándares fisicoquímicos normativos, pero presenta agrupaciones de plomo mayores a lo establecido.

Términos clave: agua potable, parámetros fisicoquímicos, calidad microbiológica, metales sólidos, desinfección por cloro.

En el artículo mostrado por Cusiche et al. (2021) designado "Análisis de metales tóxicos en el H₂O destinada a el consumo de la persona en Junín", Este estudio buscó cuantificar los grados de metales sólidos en el H₂O dulce de Junín por medio de espectrofotometría de absorción atómica. La metodología empleó un enfoque no experimental con diseño descriptivo, recolectando muestras hídricas en tres zonas representativas de la ciudad. Los niveles detectados de metales variaron entre los sectores analizados, con Pb y As en rangos de 0.001-0.002 mg/L y Cd entre 0.001-0.003 mg/L, lo que sugiere diferentes orígenes de polución. No obstante, las reuniones de Pb, Cd y As en el H₂O potable de Junín resultan por abajo de los ECA fijados en el D.S. 004-2017-MINAM para H₂O destinada a consumo humano.

La investigación desarrollada por Delgado y Zabala (2021) denominada "Estudio de metales sólidos (Cd, As, Pb y Hg) en H₂O potable en Arequipa", tuvo como finalidad cuantificar los grados de Cd, As, Pb y Hg en recursos hídricos para ingesta humana. La metodología empleó un diseño inductivo con enfoque descriptivo, combinando técnicas cualitativas y cuantitativas en un estudio transversal. El análisis empleó un diseño no experimental, analizando muestras de diversas fuentes de líquido dulce. La captación de datos se cumplió por medio del análisis documental, esgrimiendo fichas de registro como instrumento primordial. Los resultados expusieron reuniones de: As (0.0288 mg/L), Cd (0.0002 mg/L), Hg (0.0002 mg/L) y Pb (0.005 mg/L). En Camaná se registraron valores específicos de As (0.0170 mg/L), Cd (0.0083 mg/L) y Pb (0.055 mg/L).

Los análisis realizados en las provincias de Caravelí (Hg: 0.0699 mg/L), Castilla (As: 0.0003, Cd: 0.00003, Hg: 0.00005, Pb: 0.0001 mg/L), Condesuyos (As: 0.00128, Cd: 0.00001, Hg: 0.0005, Pb: 0.00035 mg/L) e Islay (As: 0.10534, Cd: 0.00081, Hg: 0.00006, Pb: 0.00714 mg/L) revelaron que la mayoría de concentraciones exceden los límites determinados en la normativa D.S. N°031-2010-SA-MINSA y los estándares de la OMS.

El estudio de Salcedo et al. (2013) denominado "Análisis de metales sólidos en liquido dulce del distrito de Huacho", tuvo como fin cuantificar las agrupaciones de Pb, Cd y Hg en el agua de consumo, evaluando su potencial impacto en la salud de la urbe. El protocolo experimental consistió en la recolección de muestras de la red de distribución cercana a ocho pozos tubulares, las cuales fueron dominadas a estudios mediante espectrofotometría de absorciones atómicas. Las muestras, previamente digeridas con reactivos específicos, fueron atomizadas en estado gaseoso, permitiendo que el haz luminoso interactuara con los átomos metálicos. La radiación absorbida fue cuantificada por un detector y amplificada electrónicamente, obteniéndose concentraciones de 0.0002 mg/L para Cd, 0.002 mg/L para Hg y 0.0006 mg/L para mercurio, valores significativamente menores a los límites establecidos por la OMS.

Este estudio realizado por Chávez y López (2019) denominado "Análisis de condición microbiológica y fisicoquímica de H₂O acuíferas para abastecimiento humano en Vicco, Pasco", tuvo como propósito evaluar las características físicas, químicas y bacteriológicas de este recurso hídrico destinado al consumo poblacional. Los exámenes químicos se realizaron a cabo

en el recinto conocido Servicios Analíticos Generales S.A.C. (avalado por INACAL), mientras que las medidas microbiológicas y físicas fueron evaluadas en el recinto de control ambiental de DIRESA-Pasco. Los hallazgos conseguidos mostraron los siguientes rangos de concentración: calcio (0.029-2.685 mg/L), Mg (0.052-3.162 mg/L), manganeso (<0.009 mg/L) y potasio (0.043-0.864 mg/L).

2.1.3 A nivel regional

Valenzuela (2021) El análisis denominado "Estudios de condición del H₂O acuífera en el Parque Industrial de Taparachi, Juliaca, Puno" tuvo como fin valorar las particularidades fisicoquímicas y microbiológicas del recurso hídrico. Los parámetros analizados incluyeron propiedades organolépticas (color, turbidez), indicadores fisicoquímicos (conductividad, pH, cloruros, TDS, dureza total, sulfatos), metales sólidos y traza (As, Al, Cd, Ba, Fe, Cu, Mo, Mn, Ni, Na, Sb, Pb, Zn, Se) e indicadores microbiológicos (coliformes totales). El análisis comparativo con el D.S. N°031-2010-SA reveló que las medidas fisicoquímicas del H₂O acuífera del pozo se encontraban dentro de los LP, exceptuando la dureza total (573 mg/L), col. totales (2 NMP/100mL) y arsénico (0.040 mg/L). Estos resultados indican incumplimiento de los estándares normativos, determinando que el H₂O del Parque Industrial Taparachi no es idónea para ingesta humana. Se recomienda implementar sistemas de filtración para reducir los indicadores que sobrepasan los estándares establecidos.

Por otro lado, en su investigación de Espinoza y Carvajal (2023) titulada "Valor de As en aguas acuíferas Sub Cuenca Titicaca (época seca)", El estudio tuvo como finalidad analizar la reunión de As en H₂O acuíferas de la subcuenca Titicaca. La metodología consistió en el análisis de 27 muestras de pozos,

recolectadas entre junio y julio de 2014, distribuidas en tres zonas geográficas: Norte (5 muestras), Central (13 muestras) y Sur (9 muestras) en las regiones de Pucarani, Laja, Huarina y Batallas. Para el parámetro de As se empleó espectrofotometría de absorciones atómicas con horno de grafito. Los análisis revelaron que ninguna de las 27 muestras superó el LM de 50 $\mu\text{g/L}$ de arsénico señalado por la normativa vigente. No obstante, se detectaron concentraciones cercanas a este umbral (45 $\mu\text{g/L}$) en 9 localidades de la región, lo que representa un riesgo potencial por efecto acumulativo ante el consumo prolongado, requiriéndose medidas de control para prevenir efectos hostiles en la salubridad poblacional.

En la tesis de Mamani (2019) denominada "Polución de H₂O acuíferas por As el caso de Juliaca – Perú", poseyó como finalidad cuantificar las reuniones de As en pozos privados de la Provincia de Juliaca. Durante agosto de 2018 se recolectaron de forma aleatoria 12 muestreos características (profundidad: 3-18 m), analizadas mediante espectrometría de manifestación óptica con plasma conectado lógicamente (ICP-OES). Las derivaciones mostraron una reunión máxima de 0.165 mg L⁻¹ y un promedio de 0.089 mg L⁻¹ de As total. Los valores registrados excedieron significativamente los estándares del LB de 0.05 mg L⁻¹ y la OMS (2011) de 0.01 mg L⁻¹. Además de la polución por arsénico, se detectó presencia de plomo (Pb: 0.041 mg L⁻¹) y demás metales diseño en el acuífero de San Román. Los análisis incluyeron: parámetros físicos (pH, conductividad eléctrica, turbidez), químicos (carbonatos, bicarbonatos, cloruros, sulfatos), dureza total (como CaCO₃), calcio y magnesio, determinados mediante técnicas analíticas estandarizadas.

En el marco de acciones paliativas, se realizaron experimentos a escala de recinto con carbón activado de *Lemna gibba*, alcanzando porcentajes de retiro del 27% para Ca, 24% para As y 68% para Mn, bajo parámetros controlados (pH 7.9, duración del contacto 120 min). Las derivaciones concluyen que las H₂O acuíferas de la zona muestran características químicas inapropiadas para ingesta humana, recomendándose el cumplimiento urgente de un programa de control continuo por parte de las autoridades locales, dada la gravedad de la situación.

El estudio desarrollado por Ávila (2024) denominada "Estudio de condición de aguas acuíferas para ingesta humana en Paucarcolla, 2022", poseyó como fin evaluar las particularidades fisicoquímicas y microbiológicas de este recurso hídrico. El diseño metodológico cuantitativo incluyó muestreo por duplicado en tres pozos, siguiendo protocolos del MINAM, con estudios ejecutados en el Recinto de Vigilancia de Condición de la UNA-Puno. Las medidas fueron contrapuestas con los LMP distinguidos en el D.S. N° 031-2010-SA. Los análisis mostraron valores de pH (7.56, 7.01 y 7.47 unidades), temple constante (15°C), dureza (107.78-230.86 mg/L), alcalinidad (151.225-207.61 mg/L), cloruros (88.07-200.64 mg/L), sulfatos (37.05-50.82 mg/L) y SDT (187.8-226 mg/L) en los tres pozos analizados. Los diversos parámetros fisicoquímicos se hallaron adentro de los límites normativos, con ausencia total de CTF, confirmando que el H₂O acuífera desempeña con los estándares de condición para ingesta humana. Los análisis fisicoquímicos y microbiológicos del acuífero subterráneo evidenciaron concentraciones menores a los límites señalados en el estándar actual. Las derivaciones conseguidas manifiestan que el recurso hídrico evaluado desempeña con las normas de potabilidad

requeridos, determinando que el agua subterránea del distrito de Paucarcolla presenta condiciones óptimas para el consumo humano sin representar riesgos sanitarios.

Sin embargo, en el estudio mostrada por Mamani (2023) denominada "Análisis de metales sólidos en aguas acuíferas destinadas a diligencias fructíferas en las corporaciones de Queata, Cupiro Pampa, CP Carata y Uquisilla, Coata, 2021", se planteó como propósito evaluar la existencia y reunión de metales sólidos en H₂O acuíferas de Coata, tomando muestreos de 4 pozos localizados en las colectividades de Queata, Cupiro Pampa, Comunidad Carata y Uquisilla. Los ensayos físico-químicos, de elementos metálicos poluciones y microbiológicos fueron efectuados en el recinto Bhios, Arequipa; para los metales sólidos se aplicó el procedimiento ICP-MS, para aniones el DC 031, para Fenoles, DBO₅, CE, DQO, OD se empleó el método APHA-AWWA-WEF y para nitrato, sulfatos, nitrito, cloruros y fluoruros el DS-031. Respecto a las derivaciones obtenidos en los 4 pozos durante la época de caudal mínimo, se registró los valores siguientes: el pH varió de 7.7 a 8 unidades; la conductividad eléctrica se ubicó entre 7890 μ S/cm y 707 μ S/cm; el temple osciló entre 20.7°C y 21°C; la DBO₅ osciló de 3.2 mg/l en 2 mg/l; la DQO se situó entre (111 y 11) mg/l; los fenoles estuvieron entre <0.002 y 0.002; el OD se midió entre 4.88 mg/l y 5.6 mg/l; los cloruros de 30.16 mg/l a 1827.07 mg/l; fluoruros de <0.010 mg/l a 0.15 mg/l; nitritos de <0.020 mg/l a 4.472 mg/l; nitratos de 1.2 mg/l a 34.8 mg/l y sulfatos de 1000.55 mg/l a 16.33 mg/l. Los metales desarrollados incluyeron As, Bario, Al, Boro, Berilio, Cd, Cobalto, Cr, Cobre, Hierro, Hg, Mg, Mn y Níquel. Se concluye que los valores del H₂O acuíferas de la localidad de Queata exceden los ECA.

2.2. Bases teóricas

2.2.1 Agua

El H₂O constituye un recurso natural básico para la persistencia de los muchos seres vivos y la preservación de los sistemas ecológicos. Se trata de un bien limitado, frágil y de disponibilidad restringida, cuyo carácter estratégico resulta esencial para la mejora social y económica de las colectividades. La ausencia de acceso a agua en cuantía suficiente y condición adecuada comprometería tanto la existencia de vida como el desarrollo sostenible, generando además conflictos sociales (Ocola & Laqui 2017, pág. 187).

Este cuerpo de agua representa un mecanismo básico para el sustento de la biodiversidad y la vida humana. Aunque se ha registrado un avance en el acceso a H₂O dulce a escala mundial en los últimos años, según estimaciones de la FAO anticipan que el 20% de las naciones en desarrollo enfrentarán estrés hídrico antes del 2030, siendo prioritario en estos casos la optimización del consumo agrícola mediante la implementación de tecnologías de riego eficiente (Mite et al., 2016, págs. 109-117).

2.2.2 Agua subterránea

Los acuíferos representan un componente esencial del ciclo hidrológico continental, conformando el reservorio de agua dulce subsuperficial del planeta. Estas formaciones geológicas, localizadas por debajo del nivel freático en zonas de saturación completa de los espacios porosos y fracturas del sustrato, poseen la capacidad de almacenar y conducir el recurso hídrico a través del subsuelo (Llamas, Hernandez, & Martinez, 2000).

Las aguas de superficies experimentan un proceso de infiltración a través de la matriz porosa y las discontinuidades del suelo, alcanzando finalmente la zona de saturación o nivel freático (Ordoñez, 2011). Este recurso hídrico subsuperficial circula gradualmente por medio del acuífero, entre las zonas saciada y no saciada, renovándose naturalmente mediante mecanismos de percolación asociados a precipitaciones y escorrentía superficial. Este ciclo hidrogeológico resulta fundamental para la gestión sostenible, aprovechamiento racional y subsistencia de recursos del agua acuíferos (Lopez, Fornes, Ramos, & Villarroya, 2009).

El recurso hídrico subsuperficial emerge naturalmente a través de descargas difusas (rezumes), manantiales, lechos fluviales o descargas directas a cuerpos marinos. Paralelamente, su explotación artificial se realiza mediante obras de captación como pozos -excavaciones verticales que atraviesan la zona no saturada hasta interceptar el nivel freático- y otras estructuras hidrogeológicas. Estas técnicas permiten la extracción controlada del acuífero para diversos fines, incluyendo abastecimiento doméstico y aplicaciones industriales (Pritchard, 2010).

En la novísima década se ha podido ver un acrecentamiento sustancial en la atención científica y técnica hacia los sistemas acuíferos a nivel global (Ordoñez Suarez , 2011). Este creciente interés deriva del aumento progresivo en la explotación de estos recursos para cubrir demandas antropogénicas. Actualmente, las investigaciones hidrogeológicas priorizan el estudio de la situación del agua acuífera, la cual muestra diversos grados de polución -desde

concentraciones elevadas hasta trazas- originadas tanto por procesos naturales como, predominantemente, por actividades antrópicas (Sanchez , 1991).

2.2.3 Calidad del agua subterránea

En el contexto de la condición del H₂O acuífera, los países en desarrollo enfrentan como principal problemática la alta incidencia de enfermedades de origen hídrico, particularmente aquellas producidas por patógenos como los coli fecales. Este contexto epidemiológico deriva principalmente de la polución microbiológica de los acuíferos, donde los agentes patógenos ingresan al sistema hídrico por infiltración de excretas humanas y animales, consecuencia directa de deficientes medidas de protección sanitaria en las áreas de recarga (Oscoco Medina, 2019).

La evaluación integral de la calidad hídrica requiere la caracterización fisicoquímica y microbiológica del recurso, dado que las aguas acuíferas presentan una dinámica de flujo constante a través de formaciones geológicas subsuperficiales. Este proceso hidrogeológico favorece la disolución de componentes minerales durante su tránsito, lo que explica la mayor reunión de solutos en comparación con los cuerpos de agua de área (MINAM, 2012).

2.2.4 Contaminación del agua subterránea

Las aguas acuíferas presentan predominantemente características de dulzura y son susceptibles de tratamiento para consumo humano. Sin embargo, la composición salina de los acuíferos puede constituir un factor limitante. El flujo subsuperficial del recurso hídrico contribuye a procesos naturales de depuración microbiana (Castillo S. , 2021).

Los acuíferos subterráneos comprenden la totalidad de recursos del agua ubicados en el área de saturación del subsuelo. Se considera polución a cualquier alteración de sus parámetros fisicoquímicos o microbiológicos que: (a) comprometa su aptitud para los usos designados, o (b) genere impactos adversos en los ecosistemas acuáticos, organismos vivos y actividades socioeconómicas (agropecuarias, industriales, comerciales, recreativas) con potencial afectación a la salud pública (Bosch, 1999).

Esta problemática implica la infiltración de elementos contaminantes capaces de generar perjuicios a la salud pública, los ecosistemas naturales y los procesos ecológicos. Dichas sustancias pueden presentarse como iones o compuestos químicos en concentraciones que exceden los umbrales permisibles, volviendo el recurso hídrico inadecuado para sus diversos usos, particularmente para el abastecimiento de agua potable (Foster, Hirata, Gomez, & Paris, 2002). Las actividades antropogénicas superficiales ostentan un riesgo significativo para la calidad de los acuíferos, ya que generan efluentes y lixiviados que migran verticalmente a través del perfil del suelo hasta alcanzar la zona de saturación. Esta problemática se origina principalmente por prácticas inadecuadas en los sectores urbano, industrial, agrícola y minero, donde frecuentemente existe una gestión inapropiada de los residuos contaminantes (Castaño, 2010).

La problemática de polución en sistemas acuíferos afecta predominantemente a las formaciones freáticas no confinadas, particularmente en contextos hidrogeológicos donde el espesor de la zona vadosa es reducido y la profundidad del nivel freático es mínima. No obstante, los acuíferos

semiconfinados también presentan vulnerabilidad significativa cuando los estratos acuitados presentan escaso espesor y elevada permeabilidad secundaria. La intervención antropogénica en el área trastorna los procesos naturales de recarga de acuíferos, generando nuevas dinámicas que modifican su distribución, periodicidad, intensidad y composición química. Este fenómeno es más pronunciado en zonas áridas, aunque también se manifiesta en regiones con mayor humedad. El análisis de estos mecanismos y la identificación de sus variaciones son fundamentales para determinar el riesgo de polución de aguas acuíferas (Chavez & Lopez, 2019).

2.2.5 Metales pesados

Los metales considerados como poluciones ambientales prioritarios contienen: Hg, Cd, As, Be, Zn, Cr, Cu, Ni, Se, Sb, Pb, Sn, Ti y Tl (Moreno, 2003).

La polución ambiental por metales sólidos presenta un incremento progresivo, destacando su carácter no biodegradable. Estos elementos tienen tendencia a bioacumularse en los tejidos de seres humanos y fauna, representando un riesgo toxicológico incluso a bajas concentraciones, determinado por su grado de solubilidad en medios acuosos y biológicos (Moreno, 2003).

La detección de metales sólidos en orígenes de abastecimiento hídrico reviste especial relevancia en los estudios de condición química del H₂O, dada la naturaleza tóxica de estos elementos. Su presencia puede producir efectos contrarios tanto en la salubridad de los consumidores como en la eficiencia de los procesos de potabilización (OPS, 1995).

Entre los elementos metálicos contaminantes se reconocen dos categorías:

1. **Los Micronutrientes:** Estos compendios son fundamentales para el metabolismo de ciertas corporaciones, ya que se requieren en reuniones mínimas (trazas). Sin embargo, al superar determinados umbrales, exhiben propiedades tóxicas. En este grupo se contienen: Co, As, Cu, Mn, Cr, Fe, Mo, Se, Zn, V (Galán, 2008).
2. **Metales pesados no esenciales:** Estos compendios metálicos, al alcanzar ciertas reuniones en las corporaciones, generan variaciones fisiológicas significativas. Se caracterizan por su elevada toxicidad y capacidad de bioacumulación en los tejidos biológicos. Entre los principales representantes de este grupo se encuentran: Hg, Cd, Be, Pb, Sb, Ni, Ti y Sn (Galán, 2008).

Por otra parte, Zafra y López (2009), señala que los metales tóxicos poseen 3 rutas primordiales de ingreso a los ecosistemas acuáticos:

1. **La vía atmosférica:** La deposición de partículas procedentes de fuentes nativas o antropogénicas (como la combustión de hidrocarburos y la metalurgia) contamina los cuerpos de agua mediante sedimentación.
2. **La vía terrestre:** Se genera por infiltración de derramados, escorrentía de superficie en zonas contaminadas (minería, aplicación de lodos agrícolas, lixiviados de basureros y deposición atmosférica), además de procesos naturales.

3. La vía directa: La descarga de H₂O restos industriales y domésticas sin proceso en afluentes y canales constituye una fuente puntual de contaminación hídrica.

2.2.6 Efectos de los metales pesados en la salud del ser humano

Como el listado de las sustancias polucionantes prioritarias de la Agencia de Protección Ambiental de los EEUU (EPA, 2015), los metales nocivos incluyen: Cr, cobalto, As, níquel, cobre, Cd, mercurio, zinc, titanio, selenio y Pb.

Los metales sólidos (como cobre, As, Pb, Hg y Cd) son sustancias nocivas que pueden bioacumularse en los tejidos orgánicos e introducirse en la red trófica de los seres vivos. Cuando estos metales son modificados de su forma original, su toxicidad varía según el elemento. Los efectos pueden oscilar desde intoxicaciones graves hasta el fallecimiento. Sin embargo, en concentraciones bajas (1 ppm o 1.000 ppb), el Cu es un micronutriente necesario. Se solicita en mínimas dosis para múltiples procesos enzimáticos del cuerpo. Las consecuencias crónicas de la exposición excesiva al cobre no han sido completamente establecidas. Entre las consecuencias inmediatas se encuentran náuseas y malestar gastrointestinal. La DIGESA, mediante la Resolución Directoral N° 1152-2005/DIGESA/SA, ha categorizado las principales entidades de H₂O del Perú como clase III (aptos para riego e ingesta animal) (Vega González, 2012).

La capacidad cancerígena de metales sólidos y metaloides fue extensamente investigada. La IARC categoriza estas sustancias según su potencial oncogénico: en la categoría 1 (Carcinógeno confirmado para humanos) figuran los compuestos de Cr hexavalente, arsénico (es inorgánico como

también orgánico), cadmio, hierro (por exhibición laboral prolongada) y Ni; en tanto que en el conjunto 2A (Posible carcinógeno humano) se incluyen el Pb inorgánico y sus derivados (IARC, 2002).

Los metales sólidos, que comprenden tanto compendios básicas como no básicas, poseen especial excelencia en ecotoxicología. Estos presentan elevada persistencia ambiental y capacidad tóxica para los organismos. En ecosistemas acuáticos, su monitorización se realiza principalmente mediante análisis de concentración en agua. La diligencia antropogénica ha inducido la bioacumulación de estos metales en el ambiente, mientras que la sobreexplotación de recursos naturales ejerce presión creciente sobre los sistemas acuáticos. En consecuencia, el incremento de metales sólidos en los sistemas marítimos ha provocado variaciones significativas. Las altas concentraciones de estas poluciones han generado procesos de bioacumulación, creando un serio impacto ecológico que coloca en riesgo tanto a los cuerpos marítimos como a la salubridad pública (Bertran, 2017).

2.2.7 Metales y su toxicidad

Como Chávez (2011), la acumulación de estos metales en los organismos puede alterar sus funciones vitales y generar bioacumulación en especies animales y vegetales, con efectos altamente perjudiciales. Los principales son: Hg, Cd, Ni, Sb, Pb y Bi.

Asimismo los metales solidos se encuentran naturalmente distribuidos en la litosfera, pero se convierten en contaminantes cuando actividades extractivas e industriales descargan sus residuos en sistemas hídricos, modificando sus concentraciones naturales. Según su nivel de presencia, estos elementos -

notables por su elevada toxicidad- pueden provocar múltiples impactos en la salud y ecosistemas. A continuación, se especificarán varios metales y sus consecuencias adversas, tomando como referencia los límites señalados en las normas de condición de aguas superficiales (Chavez, 2011).

Posteriormente, se indican los metales sólidos más relevantes para este estudio:

a. Arsénico (As)

Este elemento metálico desprende un característico olor a ajo y se crea como restante en la elaboración de plomo y cobre. Posee la capacidad de formar compuestos tanto orgánicos como inorgánicos en organismos vivos y ecosistemas (Altamirano & Delgado, 2020).

Este metal se emplea en la manufactura de vidrio, colorantes textiles, productos papeleros, adhesivos para metales, protectores de madera y municiones. Además, participa en procesos de curtido y, en bajas concentraciones, en la producción de agroquímicos y medicamentos. Su toxicidad deriva de la procreación de especies reactivas de oxígeno (Mamani Navarro, 2019).

Toxicidad:

Este metal se acumula en el sistema nervioso, dermis, tejido pulmonar, órganos linfoides (bazo) y parénquima hepático tras su ingestión. Los niveles de queratina constituyen un indicador biológico de exposición arsenical. La arsina ejerce su toxicidad eritrocitaria mediante inhibición del glutatión, generando efectos barrera que se manifiestan en

recién nacidos con restricción del crecimiento intrauterino, anomalías congénitas y compromiso fetal (Quenta, 2015).

b. Cadmio

El cadmio es un elemento metálico plateado, derivado como residuo en la extracción de zinc, Pb y Cu. Se emplea industrialmente para evitar la oxidación en hierro y acero (mediante galvanización con cadmio) y en aleaciones de alta resistencia. Además, compuestos como el sulfuro y seleniuro de cadmio se usan como pigmentos en esmaltes, cerámicas y materiales plásticos (Mamani Arpasi, 2023).

Los fertilizantes a base de fósforo y los plaguicidas agrícolas contienen cadmio como uno de sus ingredientes principales, al igual que las pilas de dispositivos como calculadoras. Este metal, al ser ingerido a través de los alimentos, causa desmineralización de los huesos y fallo renal, además de ser un grave contaminante del medio ambiente (Bosch, 1999).

Toxicidad:

El cadmio puede ingresar al cuerpo por tres rutas: inhalación, ingestión y contacto cutáneo. La exposición más peligrosa ocurre al respirarlo, seguida de su consumo en agua o alimentos. Los individuos con insuficiencias de calcio o zinc son más sensibles a sus efectos tóxicos. Una vez absorbido, viaja por la sangre unido a la hemoglobina, se deposita en el hígado y luego se traslada a los riñones, donde supera la barrera de la metalotioneína y compone un complejo que se acumula

gradualmente en la placenta en el transcurso de la gestación (Quenta, 2015).

c. Plomo (Pb)

Por lo tanto, un metal gris azulado, flexible y moldeable. Su empleo en numerosos procesos industriales genera grave contaminación ambiental, exponiendo masivamente a la población a severos riesgos sanitarios. Las mayores fuentes contaminantes provienen de actividades mineras, procesos metalúrgicos, combustibles con plomo y pinturas que lo contienen. Se halla presente en múltiples productos: desde soldaduras, cristalerías, vajillas de vidrio, proyectiles, esmaltes cerámicos, bisutería y artículos infantiles, hasta en afeites. Incluso el agua dulce puede contaminarse a la circular por conducciones de este material (Molina, 2018).

Toxicidad:

El plomo integra al organismo por vía digestiva, pectoral y dérmica. Sin embargo, solo se asimila una fracción del total consumido: aproximadamente 10-15% en mayores y hasta 50% en niños. Su impregnación varía según la alimentación, requiriendo minerales y proteínas; por ello, quienes presentan deficiencias de calcio, hierro o zinc son más sensibles a su toxicidad. El CI bloquea la absorción intestinal del plomo, mientras que su neurotoxicidad afecta principalmente a las neuronas motoras de médula espinal (Quenta, 2015).

El Pb circula en el flujo durante aproximadamente un mes antes de distribuirse por los tejidos corporales. Se acumula principalmente en los huesos, donde puede persistir hasta dos décadas. Sin embargo, durante la lactancia se moviliza, lo que puede generar niveles elevados de este metal en los bebés (Curo Vilca, 2015).

2.3. Marco Conceptual

2.3.1 Agua

El H₂O constituye un recurso trascendente e imprescindible para la existencia de los organismos y el progreso de las comunidades, por lo que es fundamental garantizar su acceso suficiente, seguro y asequible para toda la población. Su disponibilidad resulta crucial tanto para el uso cotidiano en los hogares como para el mantenimiento de las diligencias productivas, incluyendo los sectores agrícola e industrial (SEMARNAT, 2013).

2.3.2 Pozos subterráneos

Son perforaciones o excavaciones que se realizan en la superficie para acceder a las aguas acuíferas, las cuales se almacenan en acuíferos (formaciones geológicas capaces de retener y transmitir agua). Estos pozos permiten extraer el H₂O para diferentes usanzas, como suministro de agua dulce, riego agrícola, procesos industriales o incluso estudios ambientales (Galdiano et al., 2007).

2.3.3 Propuesta de tratamiento

Es un plan estructurado que describe las estrategias, métodos y tecnologías que se implementarán para solucionar un problema específico o

mejorar una condición, generalmente en el ámbito de salud, medio ambiente o ingeniería. En términos generales, una propuesta de tratamiento tiene como finalidad abordar y resolver una situación problemática mediante el uso de procesos, técnicas o intervenciones que logren los resultados esperados (SEMARNAT, 2013).

2.3.4 Límite Máximo Permisible (LMP)

Este término se relaciona al estándar definido que cuantifica la concentración de componentes, sustancias o características físicas presentes en cuerpos de H₂O o descargas residuales. Si estos niveles sobrepasan los límites admisibles, pueden causar perjuicios a la salubridad de las personas, alterar las condiciones de vida y dañar el medio ambiente (MINAM, 2010).

2.3.5 Normatividad

Hace referencia al grupo de normas, reglas, leyes, reglamentos y disposiciones que regulan y ordenan el comportamiento de individuos, instituciones y actividades dentro de una sociedad o un sistema. Estas normas están diseñadas para garantizar el desempeño de derechos, deberes y adeudos, estableciendo lineamientos claros sobre lo que está permitido y lo que no lo está (MEF, 2024).



CAPÍTULO III

METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

3.1. Tipo de investigación

El tipo de análisis corresponde al descriptivo en un enfoque cuantitativo por analizar la reunión de metales sólidos en las aguas acuíferas de la Urb. Taparachi III sector, de Juliaca.

3.2. Diseño de investigación

El análisis sigue un enfoque no experimental, recolectando información sin trastornar deliberadamente las variables. En este tipo de estudio, los anómalos se examinan en su entorno natural, permitiendo un análisis posterior sin intervención directa (Hernández & Fernández, 2010).

3.3. Nivel de investigación

Este análisis incumbe a un nivel descriptivo, pues consiste en identificar y evaluar variables específicas para medir y caracterizar las dimensiones de un fenómeno o situación particular.

3.4. Técnicas e instrumentos de la investigación

Las herramientas y los métodos de compilación de datos guardan coherencia con los propósitos del estudio y con el enfoque metodológico establecido. Posteriormente, se especifican los instrumentos y las técnicas disponibles para su implementación:

3.4.1. Técnicas de la investigación:

Se esgrimieron técnicas cualitativas y cuantitativas así como:

- Revisión bibliográfica.
- Observación indirecta.
- Observación directa.

3.4.2. Instrumentos de la investigación:

Para el actual análisis se esgrimió los siguientes instrumentos:

Fichas:

- Formato de personalización del sitio de muestreo.
- Formato de registro de trabajo de campo.
- Etiqueta de identificación para la muestra de H₂O.

Formatos:

- Cadena custodia.
- Fichas de recinto.
- Libretas de campo.

3.5. Materiales y equipos

Los insumos y dispositivos empleados en este análisis yacieron los siguientes:

a. Materiales:

- Frascos tipo Erlenmeyer de 300 mL.
- Papel toalla.
- Cilindros graduados de 50.0 mL.
- Pipetas aforadas clase A de 0.5, 1, 2, 3, 5, 10 y 20 mL.
- Vasos precipitados.
- Espátulas.
- Frascos de vidrio con tapa.
- Rotulador.
- Cooler de Tecnopor.
- Mandil.
- Guantes.

b. Equipos e instrumentos:

- Espectrofotómetro.
- GPS.
- Cámara fotográfica.
- Equipo de cómputo.

c. Equipos e instrumentos:

- Agua destilada.
- Reactivos químicos: kits para determinar Metales Solidos: As y Cd.
- Muestreo de H₂O.

3.6. Lugar de estudio

La zona de análisis se localiza en Puno, San Román, Juliaca, específicamente en el sector III de la Urb. Taparachi (Figura 1). Los residentes

de esta zona obtienen agua directamente de pozos subterráneos, lo que genera preocupación sobre la condición del recurso hídrico que consumen y su idoneidad para la ingesta humana Cabe destacar que los metales sólidos tienen capacidad de bioacumulación y pueden incorporarse fácilmente a nuestra cadena trófica.

Tabla 2

Coordenadas de los puntos de muestreo para la investigación.

Código	Ubicación	Fecha de muestreo	Hora
P1	E: 379327.993 N: 8287187.977	05/07/2024	7:00
P2	E: 378960.347 N: 8283338.99	05/07/2024	7:10
P3	E: 379375.22 N: 8283774.97	05/07/2024	7:25
P4	E: 379376.62 N: 8283775.418	05/07/2024	7:40
P5	E: 379389.304 N: 8283770.545	05/07/2024	8:00
P6	E: 379361.749 N: 8283833.623	05/07/2024	8:30
P7	E: 379345.036 N: 8283845.401	05/07/2024	9:10
P8	E: 379201.899 N: 8283805.192	05/07/2024	9:40
P9	E: 379345.036 N: 8283845.401	05/07/2024	10:00
P10	E: 379201.89 N: 8283806.907	05/07/2024	10:30

De la misma forma, se observa esta ubicación en la siguiente figura:

Figura 1

Localización de los puntos de muestreo de las aguas acuíferas de la urbanización Taparachi III sector Juliaca.



3.7. Población y muestra

a. Población

De acuerdo Hernández & Fernández (2018) el campo de análisis comprende el grupo de elementos o de individuos sobre las cuales se indaga conseguir información en un estudio. En el presente análisis, se ha definido como población a los residentes de la Urb. Taparachi III sector, ubicada en San Román, Juliaca, Puno.

b. Muestra

Hernández & Ávila (2020) el muestreo se puntualiza como un subconjunto representativo de la urbe de interés, seleccionado para recopilar datos específicos. En este estudio, la muestra comprende 10 litros de agua acuíferas

recolectados de pozos en la Urb. Taparachi III sector de Juliaca, cuyas ubicaciones precisas se puntualizan en la Figura 1 y la Tabla 2.

3.8. Procedimiento Metodológico

3.8.1. *Objetivo 1: Determinar la concentración de arsénico y cadmio en las aguas subterráneas de la urbanización Taparachi III sector Juliaca 2024.*

Para conseguir el propósito planteado, se llevó a cabo lo siguiente:

a. Toma de muestras:

La captación de muestreos de agua acuíferas en los 10 puntos de control de la Urb. Taparachi III sector (Juliaca) se efectuó de acuerdo con directrices del Protocolo Nacional para el Control de Recursos del Agua. Las coordenadas geográficas exactas de cada punto de muestreo se especifican en la Tabla 2.

El método para la muestra del H₂O acuífero se ejecutó de la siguiente manera:

- Se acopiaron los muestreos de agua acuífera de los 10 pozos de la Urb. Taparachi III sector Juliaca, en el mes de julio del 2024.
- Para la compilación del agua se esgrimió botellones de vidrio de boca ancha, asépticos, arrebatando como volumen de muestreo 1 L.
- Posteriormente, se identificaron los receptáculos con marcador permanente y se resguardó cada rotulo con cinta transparente.
- Los muestreos de H₂O, debidamente recolectadas, guardadas y rotuladas, se almacenaron en un frigorífico portátil para avalar su preservación en contextos apropiadas.

- En el transcurso del transporte, se implementaron precauciones de seguridad para dificultar perjuicios en los frascos de vidrio, siguiendo los lineamientos del ANA (2016). Adicionalmente, en el interior del cooler se incluyó el documento de cadena de evidencia con la siguiente información:

- Determinación de puntos de muestra.
- Código del muestreo.
- Hora y fecha de recopilación.
- Sitio de muestra. (Urb, Zona, A.A.H.H/ Distrito /Provincia / Departamento).
- Puntos de muestra y/o ejes UTM
- Matriz de muestreo de H₂O.
- Volumen enviado.
- Especificar las variables sujetas a evaluación
- Identificación (denominación y rúbrica) del garante de la muestra
- Anotaciones sobre eventualidades no contempladas.

En el rotulado y etiquetado para los recipientes las muestreos de H₂O sujetan lo siguiente:

- Cantidad de muestras.
- Identificación del punto o estación de muestra.
- Codificación del muestreo de H₂O.

- Temporal definición de la zona de muestreo.
 - Día, hora y lugar de recolección de la muestra.
 - Detallar si se adicionó cierto reactivo para preservación.
 - Tipo de estudio cotizado.
 - Denominación del garante de la recolección.
- Finalmente, los muestreos fueron trasladadas recinto de condiciones ambientales – EPISA, en la UANCV Juliaca, para su respectivo estudio.

b. Análisis de la concentración de metales pesados de las aguas subterráneas de la urbanización Taparachi III sector Juliaca.

Para la identificación de los metales sólidos, se efectuó lo siguiente:

Método: Espectrofotometría de absorción atómica (AAS),

Calibración de los instrumentos:

- El dispositivo fue configurado siguiendo las especificaciones del manual técnico.
- La precisión del equipo se comprobó por medio de soluciones patrón de cada mecanismo, dispuestas en las dosis establecidas en el protocolo de uso.
- Se calibró el sistema usando el blanco de referencia y patrones de concentración creciente, registrando mínimo tres mediciones de absorbancia para cada nivel.

- Se creó una recta de calibración por medio de la lectura de los patrones, representando gráficamente la absorbancia/intensidad de señal frente a la reunión.

Determinación:

- Se procesaron el blanco de sustancias y los muestreos de estudio, registrándose sus respectivas lecturas de absorbancia. Se incluyó un cándido de reactivos por cada lote de muestreos analizadas.
- Unidades de resultados: mg/L.

c. Trabajo en gabinete

Tras recibir los análisis de laboratorio, se fundó la pesquisa en hoja de cálculo para visualizar por medio de tablas y gráficos las reuniones obtenidas. Posteriormente, estos valores se contrastaron con los parámetros legales de LMP para agua.

3.8.2. Objetivo 2: Determinar la concentración de calcio, magnesio, manganeso y potasio en las aguas subterráneas de la urbanización Taparachi III sector Juliaca 2024.

Para cumplir con este fin, se aplicó el siguiente proceso metodológico

a. Toma de muestras:

Para la toma de muestras, para desempeñar con el presente fin se siguió la misma diligencia del ítem 3.8.1.

b. Análisis de la reunión de calcio, magnesio, manganeso y potasio en las aguas subterráneas de la urbanización Taparachi III sector Juliaca 2024.

Para la evaluación de los metales sólidos, se ejecutaron las siguientes acciones:

Método: Espectrofotometría de absorción atómica (AAS),

Calibración de los instrumentos:

- El mecanismo fue calibrado siguiendo los protocolos del manual del fabricante.
- La respuesta instrumental se validó usando soluciones certificadas preparadas según las concentraciones establecidas en el procedimiento operativo.
- Se realizó el ajuste a cero esgrimiendo el cándido de calibración y una serie de normas en gradiente de concentración, registrando triplicados de absorbancias para cada punto.
- Se generó la curva de calibraciones por medio de regresión lineal de los valores de absorbancia/intensidad espectral versus concentración.

Determinación:

- Se procesaron en paralelo el blanco analítico y las muestras de estudio, registrándose sus respectivas absorbancias. Cada batch de muestras incluyó un control negativo de reactivos.

- Unidades de medida: mg/L.

c. Trabajo en gabinete

Tras la obtención de los hallazgos analíticos, los datos se procesaron en hojas de cálculo mediante la generación de tablas y representaciones gráficas para determinar los niveles de concentración detectados. Posteriormente, estos valores fueron contrastados con las medidas señaladas en la norma vigente de LMP para condición de agua.

3.8.3. *Objetivo 3: Proponer tratamientos viables para la remoción de metales pesados en base a la realidad de la ciudad de Juliaca.*

Para rescatar con este fin se realizó el siguiente procedimiento metodológico:

1. Diagnóstico inicial y evaluación de la situación actual

1.1. Revisión bibliográfica y normativa

- Se ejecutó una búsqueda sistemática de literatura especializada en tecnologías de tratamiento de aguas acuíferas y eliminación de metales sólidos.
- Se examinó el marco normativo vigente (nacional e internacional), incluyendo el Estatuto de Condición de Agua peruano, estándares de la OMS y regulaciones locales aplicables.
- Se analizaron investigaciones antecedentes sobre condición de acuíferos en el área de Juliaca y zonas aledañas.

1.2. Estudio de campo

- Se realizó el muestreo representativo del agua acuíferas en 10 puntos de muestra de la Urbanización Taparachi III sector Juliaca.
- Se establecieron las reuniones de metales sólidos mediante análisis en laboratorio (espectrofotometría de absorción atómica).

1.3. Identificación de las fuentes de contaminación

- Se ejecutó estudios sobre los posibles orígenes de contaminación de metales sólidos en Juliaca, tales como actividades mineras, vertederos de residuos sólidos, industrias, talleres metalúrgicos, etc.
- Se analizó el historial de usanza de la superficie y diligencias industriales en la región para identificar las principales fuentes de metales sólidos.

2. Análisis y selección de tecnologías de tratamiento

2.1. Revisión de tecnologías de remoción de metales pesados

Se revisó tecnologías disponibles para la eliminación de metales sólidos, tales como:

- Precipitación química.
- Adsorción (carbón activado, zeolitas, bioadsorbentes).
- Intercambio iónico.
- Filtración por membranas (ósmosis inversa).
- Electrocoagulación.
- Biorremediación (fitorremediación y uso de microorganismos).

2.2. Criterios de selección de tecnologías

Se estableció criterios técnicos y socioeconómicos para la selección de tecnologías de tratamiento viables en la realidad de Juliaca:

- Eficacia en la eliminación de metales sólidos presentes.
- Costo de implementación y operación, considerando los recursos económicos disponibles en la ciudad.
- Simplicidad operativa: Tecnologías fáciles de operar y mantener, adaptables a condiciones locales.
- Sostenibilidad ambiental: Tecnologías que generen pocos residuos secundarios y que sean amigables con el medio ambiente.
- Disponibilidad de materiales y componentes (reactivos, adsorbentes, etc.) en la región.
- Aceptabilidad social: Evaluar la percepción de la comunidad sobre las tecnologías propuestas.

2.3 Análisis económico

- Se realizó un análisis de costos de implementación y operación de las tecnologías seleccionadas, teniendo en cuenta los recursos disponibles y la construcción efectiva en Juliaca.
- Se comparó la rentabilidad a largo plazo de las tecnologías, considerando el mantenimiento, costos de energía, disponibilidad de insumos, y generación de residuos secundarios.



3. Desarrollo de la propuesta de tratamiento

3.1. Propuesta técnica

Se diseñó un ofrecimiento técnico para la exclusión de los metales sólidos, adaptada a la realidad de Juliaca, que incluya los siguientes elementos:

- Se realizó la descripción detallada de la tecnología seleccionada (o combinación de tecnologías).
- Se mencionó las especificaciones técnicas del sistema de tratamiento (capacidad, equipos, requerimientos operativos).



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Resultados

4.1.1 Resultados de la concentración de arsénico y cadmio en las aguas subterráneas de la urbanización Taparachi III sector Juliaca 2024.

Los siguientes resultados presentan las reuniones de As y cadmio (Cd) detectadas en el H₂O acuífera de la Urb. Taparachi III sector (Juliaca). Dichos valores serán contrapuestos con las medidas determinados en la Orden Suprema N° 010-2010-MINAM, específicamente en su Anexo III sobre LMP para medidas químicas orgánicas y inorgánicos en agua para ingesta humana.

Tabla 3

Concentración de arsénico y cadmio en las aguas subterráneas de la urbanización Taparachi III sector Juliaca.

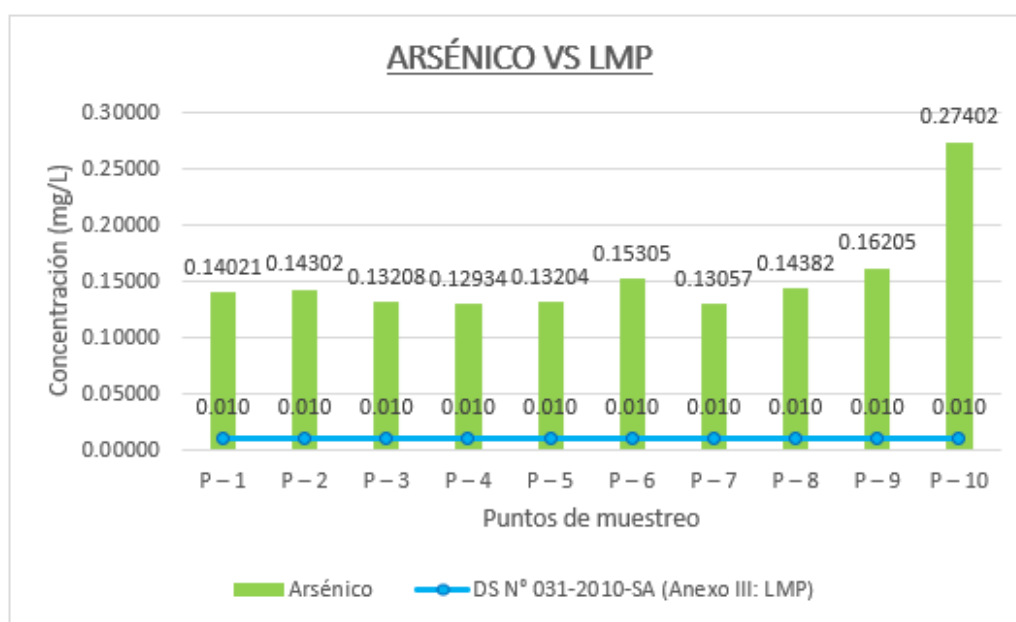
Parámetro	Unidad	Puntos de muestreo									
		P - 1	P - 2	P - 3	P - 4	P - 5	P - 6	P - 7	P - 8	P - 9	P - 10
Arsénico	mg/L	0.14021	0.14302	0.13208	0.12934	0.13204	0.15305	0.13057	0.14382	0.16205	0.27402
Cadmio	mg/L	0.01443	0.01305	0.014263	0.01302	0.02451	0.01321	0.01427	0.01376	0.01734	0.01458

Se presenta la tabla 3 las reuniones de As y Cd detectadas en el agua acuíferas de la Urb. Taparachi III (Juliaca). Para el arsénico, el punto P-4 registró

el valor mínimo (0.12934 mg/L), en tanto que el P-10 mostró la reunión máxima (0.27402 mg/L). Respecto al cadmio, las reuniones fluctuaron entre 0.01302 mg/L (P-4) y 0.02451 mg/L (P-5).

Figura 2

Concentración del arsénico en las aguas subterráneas de la urbanización Taparachi III sector VS los LMP del D.S. N° 010 - 2010 – MINAM.

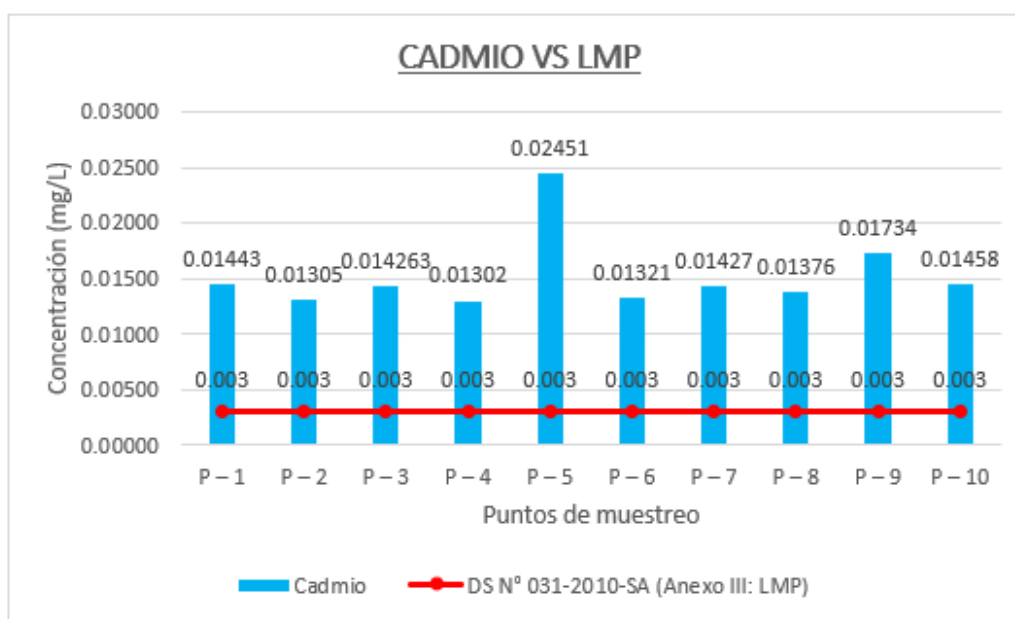


Se compara en la ilustración 2 las reuniones de As detectadas en los pozos de la Urb. Taparachi III (Juliaca) con el LMP determinado en el DS N° 010-2010-MINAM. Los resultados demuestran que los 10 puntos de muestra exceden sistemáticamente el valor permitido de 0.010 mg/L para As según el Anexo III del reglamento, el cual regula las medidas químicas inorgánicas en H₂O para ingesta humana. Los análisis revelaron que las reuniones de As fluctuaron entre 0.12934 mg/L (P-4) y 0.27402 mg/L (P-10), prevaleciendo en todos los pozos el límite permisible. Estas elevadas concentraciones podrían atribuirse a: Fuentes antropogénicas (actividades agrícolas y manejo inadecuado de residuos).

Factores geogénicos (mineralización natural de arsénico en los suelos de Juliaca) que favorecen su movilización hacia los acuíferos, exacerbando el riesgo sanitario.

Figura 3

Concentración del cadmio en las aguas subterráneas de la urbanización Taparachi III sector VS los LMP del D.S. N° 010 - 2010 – MINAM.



La Figura 3 contrasta las concentraciones de cadmio (Cd) detectadas en los pozos de Taparachi III con el LMP (0.003 mg/L) señalado en el DS N° 010-2010-MINAM (Anexo III). Los datos revelan que los 10 puntos analizados exceden sistemáticamente este estándar regulatorio para agua potable, evidenciando un riesgo sanitario significativo asociado a la polución por metales sólidos en el acuífero. De igual forma, se puede señalar que la reunión más baja de Cd se registró en el P-4 con un valor de 0.01302 mg/L, mientras que la más alta se detectó en el P-5 con 0.02451 mg/L. Del mismo modo, estos niveles de cadmio hallados en los 10 pozos subterráneos podrían atribuirse al impacto de actividades industriales, mineras y agrícolas en la zona, donde el empleo de

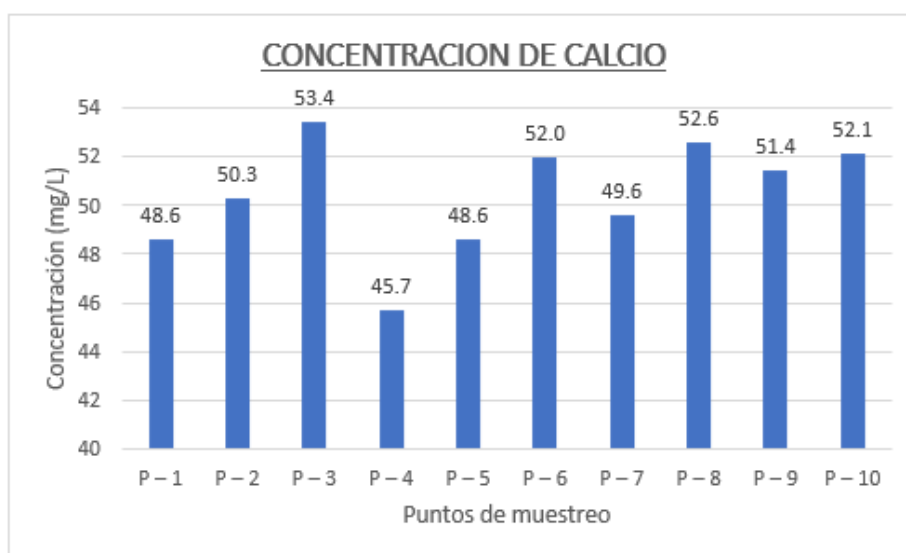
fertilizantes, plaguicidas y la gestión incorrecta de residuos industriales pueden liberar cadmio al entorno. Este metal pesado puede filtrarse en el terreno y contaminar las aguas acuíferas mediante procesos de lixiviación, en especial en regiones con suelos o sedimentos con alta presencia de metales, generando concentraciones que sobrepasan los niveles seguros para ingesta humana y comprometiendo las condiciones de los recursos del H₂O de la zona.

4.1.2 Resultados de la concentración de calcio, magnesio, manganeso y potasio en las aguas subterráneas de la urbanización Taparachi III sector Juliaca 2024.

A continuación, se presenta las reuniones halladas de calcio, magnesio, manganeso y potasio en aguas acuíferas de la Urb. Taparachi III sector Juliaca.

Figura 4

Concentración del calcio en las aguas subterráneas de la urbanización Taparachi III sector Juliaca.



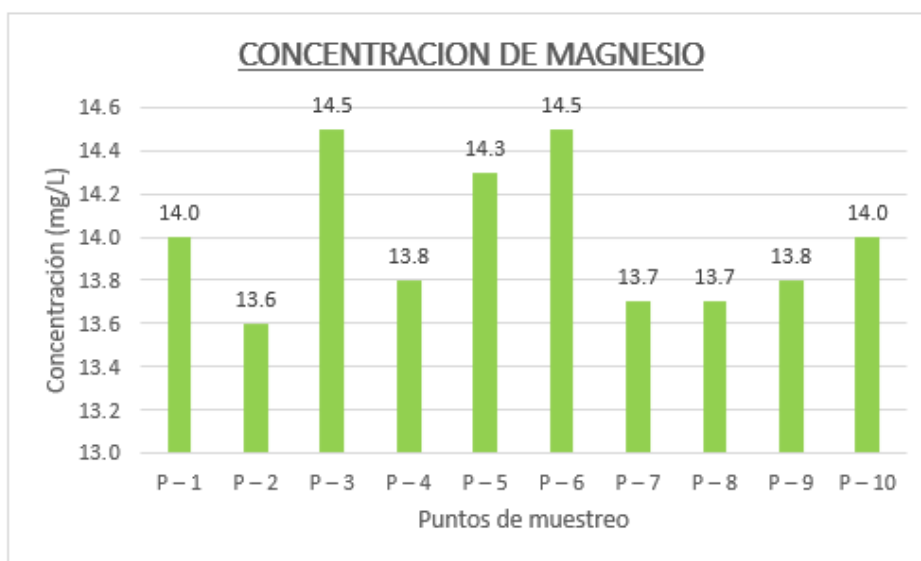
Se presenta en la ilustración 5 contrasta la concentración del calcio en las aguas acuíferas de la urbanización Taparachi III, se evidencia una reunión

mínima de 45.7 mg/L en el P-4 y una concentración máxima de 53.4 mg/L en el P-3. Estos valores encontrados de calcio indica que el agua presenta una cantidad moderada de este mineral, que es común en aguas acuíferas a causa de la disolución de minerales como el carbonato de Ca (caliza) o yeso en el suelo y las rocas circundantes. Este nivel de calcio es típico en aguas duras, que pueden influir en las condiciones del H_2O para usanza doméstico, industrial y agrario, pero no simboliza un peligro significativo para la salubridad. No obstante, su acumulación puede causar problemas en sistemas de plomería y electrodomésticos debido a la formación de incrustaciones.

Figura 5

Concentración del magnesio en las aguas subterráneas de la urbanización Taparachi III sector Juliaca.

Figura 5. Concentración del magnesio en las aguas subterráneas de la urbanización Taparachi III sector Juliaca.

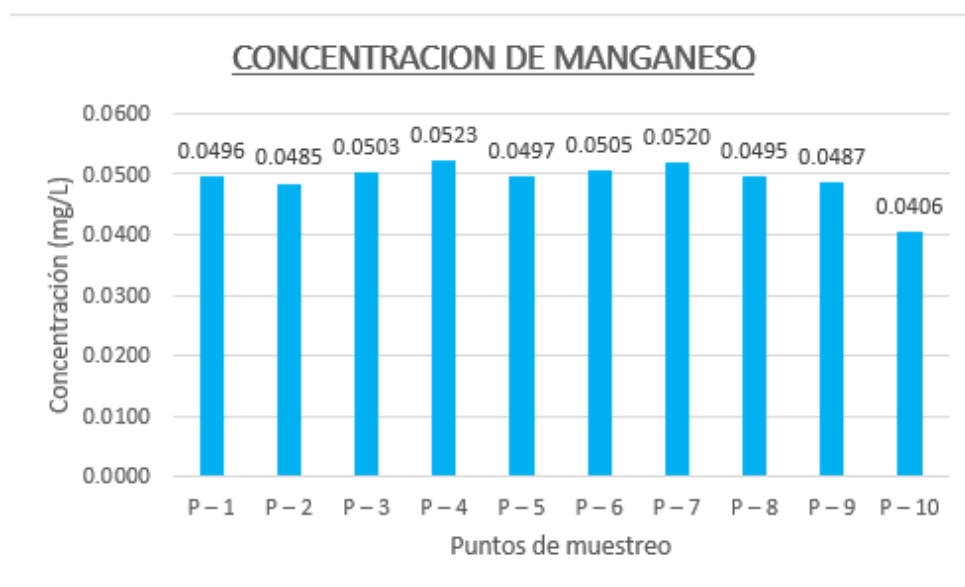


Se presenta en la ilustración 5 la concentración del magnesio en las aguas acuíferas de la urbanización Taparachi III, se certifica una reunión mínima de 13.6 mg/L en el P-2 y una concentración máxima de 14.5 mg/L en el P-3 y P-6. Estos valores encontrados de magnesio muestran que el agua sujeta una cuantía moderada de este mineral, que es común en aguas acuíferas a causa de la

disolución de peñascos como la dolomita y otros minerales ricos en magnesio. Esta concentración contribuye a la dureza del agua, pero se encuentra dentro de rangos aceptables para el consumo humano según normativas internacionales. Aunque el magnesio es esencial para la salud en bajas concentraciones, niveles eminentes pueden influir en la corrosión de tuberías y reducir la efectividad de detergentes en el uso doméstico.

Figura 6

Concentración del manganeso en las aguas subterráneas de la urbanización Taparachi III sector Juliaca.

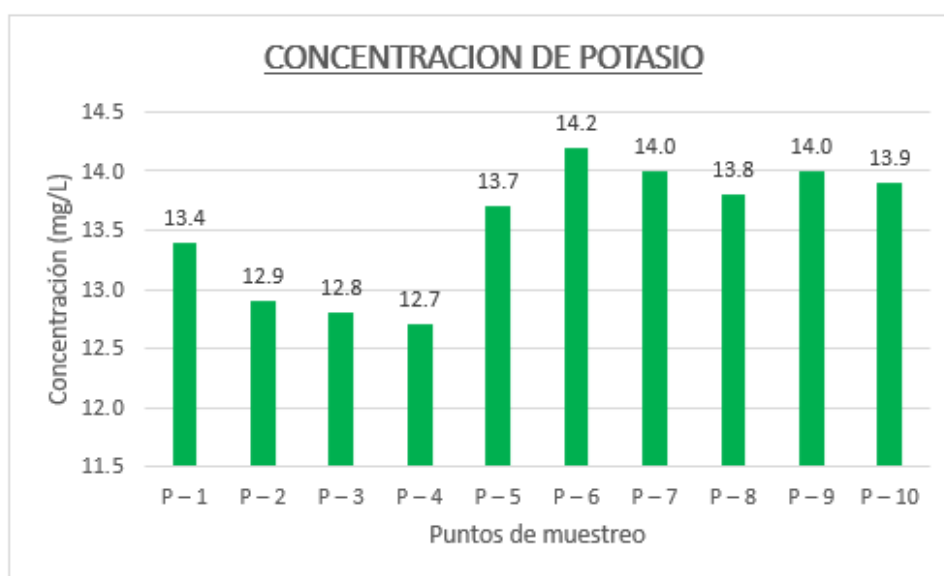


Se presenta en la ilustración 6, se observa la concentración del manganeso en las aguas acuíferas de la urbanización Taparachi III, se muestra una reunión mínima de 0.0406 mg/L en el P-10 y una concentración máxima de 0.0523 mg/L en el P-4. De acuerdo a los valores encontrados se puede indicar que el agua contiene un nivel bajo de manganeso, generalmente asociado a la solución de minerales en el subsuelo. Aunque este valor está por abajo de los LMP como normativas como el D.S. N° 010-2010-MINAM, la existencia de

manganeso en el H₂O puede afectar su sabor y causar manchas en tuberías y ropa si se acumula en mayores concentraciones. No obstante, a este nivel, no simboliza un peligro significativo para la salubridad humana, pues está adentro de límites recomendados para agua dulce.

Figura 7

Concentración del potasio en las aguas subterráneas de la urbanización Taparachi III sector Juliaca.



Se presenta en la ilustración 7, se observa la concentración del potasio en las aguas acuíferas de la urbanización Taparachi III, se muestra una reunión mínima de 12.7 mg/L en el P-4 y una concentración máxima de 14.2 mg/L en el P-6. De acuerdo a los valores encontrados se puede indicar que el agua tiene una cantidad moderada de este ion, que puede proceder de fuentes naturales como la solución de minerales en el subsuelo o de actividades antropogénicas como el uso de fertilizantes agrícolas. Aunque no es un contaminante peligroso a niveles bajos, el potasio es un nutriente esencial, pero en el H₂O no suele simbolizar un riesgo para la salubridad humana a estas concentraciones. Sin

embargo, puede ser un indicador indirecto de la interacción entre las diligencias humanas y la calidad del H₂O en la zona.

4.1.3 Resultados de la propuesta de tratamientos viables para la remoción de metales pesados en base a la realidad de la ciudad de Juliaca

Para desempeñar con el actual objetivo se propuso 03 procesamientos viables para la exclusión de metales sólidos en Juliaca, es esencial considerar tanto las particularidades del agua subterránea local como las limitaciones económicas, sociales y tecnológicas de la región. A continuación, se describen tres procesamientos apropiados para la realidad de Juliaca, junto con sus ventajas y desventajas.

1. Adsorción con Carbón Activado y Zeolitas Naturales

a. Descripción:

Las zeolitas naturales y el carbón activado, que son minerales porosos con gran capacidad de adsorción, pueden utilizarse para remover metales sólidos como arsénico, Cd, plomo, y otros. Las zeolitas son especialmente accesibles en el Perú y su capacidad para intercambiar cationes las hace efectivas para adsorber metales.

b. Ventajas:

- **Bajo costo:** Las zeolitas son abundantes en Perú, lo que reduce los costos de operación.
- **Eficiencia alta:** Para metales sólidos específicos como el plomo y Cd.

- **Operación sencilla:** Adecuada para comunidades con recursos limitados.

c. Desventajas:

- **Capacidad limitada:** El material adsorbente se satura y debe reemplazarse periódicamente.
- **Gestión de residuos:** El carbón activado y las zeolitas deben ser tratados o regenerados una vez saturados, generando residuos secundarios.

2. Precipitación Química

a. Descripción:

Esta técnica consiste en agregar sustancias químicas, como cal o sulfuro de sodio, las cuales interactúan con los metales sólidos en el agua para generar compuestos no solubles (sulfuros o hidróxidos), que posteriormente se retiran mediante filtración.

b. Ventajas:

- Eficiencia elevada en la remoción de varios metales sólidos como el Cd, plomo y arsénico.
- Tecnología probada generosamente esgrimida en plantas de procesamiento de aguas.

c. Desventajas:

- **Generación de lodos:** La precipitación química produce grandes volúmenes de fangos que solicitan manejo apropiado y disposición final.

- **Costo de reactivos:** Los reactivos químicos y su dosificación pueden ser costosos, especialmente si se requieren grandes volúmenes de agua.

3. Electrocoagulación

a. Descripción:

La electrocoagulación esgrime corriente eléctrica para crear coagulantes in situ por medio de la disolución de electrodos de Fe o Al, que desestabilizan y precipitan los metales sólidos. Es una tecnología efectiva para remover metales como arsénico, plomo y cadmio.

b. Ventajas:

- Alta eficiencia en la supresión de múltiples metales sólidos.
- Reducción de usanza de reactivos químicos, lo que minimiza el manejo de residuos peligrosos.
- Flexibilidad: Puede adaptarse a diferentes volúmenes y tipos de agua contaminada.

c. Desventajas:

- **Costos de energía:** El proceso requiere una fuente de electricidad constante, lo que puede ser un reto en áreas con infraestructuras limitadas.
- **Mantenimiento de los electrodos:** Los electrodos deben reemplazarse con frecuencia debido a la corrosión.

Prueba de hipótesis

Planteamiento de la Hipótesis estadística

H_0 : La concentración de arsénico y cadmio en las aguas subterráneas de la urbanización Taparachi III sector Juliaca, no supera la normativa de los LMP.

H_a : La concentración de arsénico y cadmio en las aguas subterráneas de la urbanización Taparachi III sector Juliaca, supera la normativa de los LMP.

Tabla 4

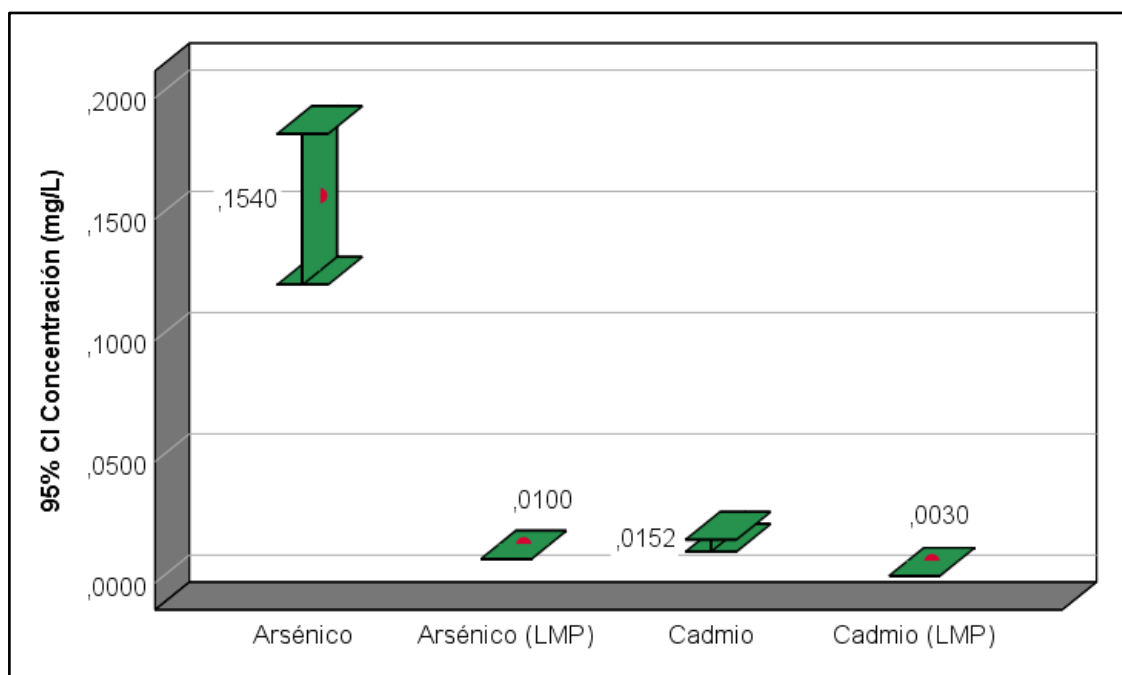
Prueba T para Muestras Apareadas para la concentración de arsénico y cadmio

		Estadístico	gl	p
Arsénico	Arsénico (LMP)	10.5	9.00	< .001
Cadmio	Cadmio (LMP)	11.1	9.00	< .001

La tabla 4. manifiesta el análisis para ello comparó las concentraciones reales de arsénico y cadmio encontradas en el agua con los límites máximos que establece la ley peruana para que el agua resulte como segura para el consumo humano. Los valores del estadístico t (10.5 para arsénico y 11.1 para cadmio) son considerablemente altos, y los p-valores extremadamente bajos (menores a 0.001) demuestran que existe una variación significativa desde el punto de vista estadístico entre lo que se encontró en el agua y lo que debería estar presente según la normativa. En términos prácticos, esto significa que se rechaza la hipótesis de que el agua cumple con los estándares de calidad, confirmando que las manifestaciones de estos metales pesados superan peligrosamente los límites permitidos.

Figura 8

Diagrama de error concentración de arsénico y cadmio



La Figura 8, presenta un diagrama de barras tridimensional. El arsénico muestra una manifestación promedio de 0.1540 mg/L, mayor al LMP de 0.0100 mg/L, en tanto que el cadmio presenta una manifestación de 0.0152 mg/L, sobrepasando el límite permitido de 0.0030 mg/L.

4.2. Discusiones

En relación con los grados de As y Cd en aguas acuíferas de la urbanización Taparachi III (Juliaca), nuestro estudio detectó que el arsénico presentó su menor concentración en el P-4 (0.12934 mg/L) y la mayor en el P-10 (0.27402 mg/L). Por otro lado, el cadmio registró su valor mínimo en el P-4 (0.01302 mg/L) y el máximo en el P-5 (0.02451 mg/L). Sin embargo, en el estudio de Cusiche et al. (2021) As reuniones de As fluctuaron entre 0.001 y 0.002 mg/L, en tanto que las de cadmio variaron de 0.001 a 0.003 mg/L. En contraste, la investigación de Delgado y Zabala (2021) reportó niveles de 0.0288 mg/L para

As y 0.0002 mg/L para cadmio. La detección de estos metales sólidos en aguas acuíferas destinadas al consumo humano supone un elevado peligro para la salubridad pública y los ecosistemas. Estos dos metales poseen una elevada toxicidad y están asociados a múltiples afecciones de salud, como patologías cardiovasculares, insuficiencia renal y diversos cánceres. El cadmio tiene la cabida de bioacumularse en el organismo humano, generando consecuencias negativas crónicas, en tanto que el arsénico —incluso en trazas— puede alterar el funcionamiento inmunitario y perjudicar el neurodesarrollo infantil. La polución de acuíferos generalmente deriva de operaciones industriales, agropecuarias y extractivas, sumado a regulaciones deficientes en la gestión de residuos. El consumo de estas aguas contaminadas -frecuente en numerosas zonas, particularmente en comunidades rurales con escaso acceso a fuentes seguras- evidencia la necesidad crítica de establecer sistemas de control y purificación. Enfrentar la existencia de Cd y As en las aguas acuíferas resulta fundamental para proteger el bienestar comunitario y preservar los recursos acuíferos a largo plazo.

Respecto a la reunión de Ca, magnesio, manganeso y potasio en las H₂O acuíferas de la Urb. Taparachi III, en la presente investigación se obtuvo lo siguiente: Las reuniones de calcio transformaron entre 45.7 mg/L y 53.4 mg/L, indicando una adecuada disponibilidad de este mineral esencial. El magnesio mostró concentraciones entre 13.6 mg/L y 14.5 mg/L, lo que también sugiere que es suficiente para cubrir las necesidades nutricionales. Sin embargo, los niveles de manganeso, que vacilaron entre 0.0406 mg/L y 0.0523 mg/L, aunque dentro de límites seguros, deben ser monitoreados de cerca a causa de sus potenciales efectos hostiles en la salubridad a reuniones elevadas. Finalmente, el potasio,

cuyas reuniones vacilan entre 14.2 mg/L y 12.7 mg/L, se encuentra en niveles óptimos para favorecer el balance electrolítico corporal. En general, estos hallazgos subrayan la relevancia de realizar un seguimiento constante de la condición del H₂O en el área, garantizando así la preservación de la salubridad de la urbe y la protección de las fuentes del H₂O para ingesta humana. Sin embargo, en el estudio desarrollada por Chávez y López (2019) se encontró los siguientes derivaciones: Para el calcio se evidencio una reunión minúscula de 0.029 mg/L y una reunión mayor de 2.685 mg/L, para el magnesio se manifiesta una reunión menor de 0.052 mg/L y una reunión mayor de 3.162 mg/L, para el manganeso se evidencia reuniones menores que 0.009 mg/L y para el potasio se manifiestan una reunión menor de 0.043 mg/L en y una reunión mayor de 0.864 mg/L. La presencia de estos elementos es considerada como minerales esenciales para el organismo; el calcio y el magnesio son fundamentales para la función muscular, el desarrollo óseo y la regulación de diversas actividades biológicas, mientras que el potasio juega un pliego clave en el equilibrio electrolítico y la función cardiovascular. Sin embargo, la concentración excesiva de estos minerales puede resultar problemática. Por ejemplo, niveles altos de manganeso pueden asociarse con efectos neurológicos, y su acumulación en el organismo puede generar toxicidad, especialmente en poblaciones vulnerables como niños. Además, el exceso de Ca y Mg puede contribuir a la dureza del H₂O, lo que puede afectar su sabor y complicar su uso en procesos domésticos e industriales. Por lo tanto, aunque estos minerales son beneficiosos en cantidades adecuadas, es esencial ejecutar un monitoreo constante de sus niveles en las aguas acuíferas para garantizar que cumplan con las normas de

condición y así proteger la salubridad de la población que depende de estas fuentes de agua.

Respecto a la propuesta de procesamientos viables para la separación de metales sólidos en base a la realidad de Juliaca, en nuestro estudio se propuso tres procesamientos apropiados para la realidad de Juliaca, junto con sus ventajas y desventajas, las cuales son: Adsorción con carbón activado y zeolitas naturales, precipitación química y electrocoagulación. La aplicación de estos 03 procesamientos mencionados se presenta como soluciones seguras para la separación de metales sólidos en H₂O polucionadas. La adsorción es un método eficiente que aprovecha la gran superficie específica de los materiales, permitiendo la captura de contaminantes en su superficie; el carbón activo es particularmente efectivo para la exclusión de compuestos orgánicos y ciertos metales, mientras que las zeolitas naturales ofrecen ventajas adicionales debido a su capacidad de intercambio iónico y selectividad. Por otro lado, la precipitación química, mediante la adición de reactivos que forman compuestos insolubles, permite la separación física de los metales sólidos, aunque puede generar lodos que requieren un manejo adecuado. Finalmente, la electrocoagulación, que utiliza corriente eléctrica para desestabilizar partículas y metales en solución, es una tecnología prometedora por su capacidad de operar en una amplia gama de condiciones y su menor generación de lodos, aunque puede implicar costos operativos más altos. En conjunto, estos métodos brindan un enfoque integral para el encargo de la polución por metales sólidos, aunque su eficacia dependerá de las particularidades específicas del H₂O a tratar y de los contaminantes presentes.

CONCLUSIONES

Conforme a los hallazgos registrados para cada meta particular del análisis, se derivan las siguientes terminaciones:

1. El análisis de las reuniones de As y Cd en las aguas acuíferas de la Urb. Taparachi III (Juliaca) reveló rangos de 0.12934-0.27402 mg/L para arsénico y 0.01302-0.02451 mg/L para cadmio. Estos resultados evidencian que ambos metales exceden los LPE en el "Estatuto de la Condición del H₂O para Ingesta Humana" (Orden Suprema N° 010-2010-MINAM).
2. En cuanto a la reunión de calcio, magnesio, manganeso y potasio en H₂O acuíferas de la Urb. Taparachi III sector Juliaca, se concluye que la presencia de calcio indica una adecuada disponibilidad, el magnesio encontrado fue suficiente para cubrir necesidades nutricionales, el manganeso se encuentra dentro de los límites seguro y por último el potasio se presenta en cantidades adecuadas para contribuir al equilibrio electrolítico del organismo.
3. Respecto a la propuesta de procesamientos viables para la separación de metales sólidos en base a la realidad de Juliaca, se ultima que los procesamientos adecuados planteados como la situación de Juliaca fueron: Adsorción con carbón activado y zeolitas naturales, precipitación química y electrocoagulación.

RECOMENDACIONES

Acorde al análisis y a las derivaciones del presente estudio recomienda lo siguiente:

1. Se insinúa a los próximos investigadores considerar este estudio como base y, en consecuencia, desarrollar proyectos adicionales que evalúen simultáneamente parámetros físicos, químicos, microbiológicos y metales sólidos durante temporadas secas y lluviosas. Este enfoque integral permitirá obtener datos más confiables para una valoración precisa de la condición del H₂O acuífera y su aptitud para la ingesta.
2. Se insta a los organismos gestores del abastecimiento hídrico a implementar un protocolo de vigilancia sistemática para evaluar periódicamente los parámetros de condición del agua potable, con el fin de establecer acciones correctivas que optimicen las características del recurso acuífero.
3. Se sugiere efectuar análisis anuales de metales sólidos en laboratorios certificados, con el fin de generar datos confiables acerca de las condiciones del H₂O acuífera en la Urb. Taparachi III, sector Juliaca.
4. Se sugiere a los estudiadores posteriores considerar los descubrimientos de este análisis como base para implementar los protocolos de procesamiento propuestos para la remoción de metales sólidos, permitiendo así el progreso de nuevas líneas de estudio en el campo y verificar si estos procesamientos son eficientes con la finalidad planteada.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar Limón, K. J. (2005). *Eliminación de arsénico en aguas subterráneas de la Comarca Lagunera, Monterrey*. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/ <https://shre.ink/xjGZ>
- Avila Charca, C. P. (2024). *Análisis de la calidad del agua subterránea destinada al consumo humano en el distrito de Paucarcolla, 2022. Puno - Perú*.
- Bertran, Y. (2017). *Manual para la gestión adecuada y opciones de disposición del mercurio en entornos laborales del sector minero. Colombia: Alianza por la Minería Responsable*.
- Bosch, J. R. (1999). *La calidad de las aguas*. Revista de obras públicas.
- Castaño, S. (2010). *Rellenos sanitarios y su efecto en las aguas subterráneas*. Instituto Geológico y Minero de España, Rio Rosas. Obtenido de <https://shre.ink/xjGC>
- Castillo, E., Medina, R., & Zúñiga, H. (2022). *Agua potable: un derecho humano esencial. Analizando su calidad: propiedades fisicoquímicas, presencia de bacterias y metales pesados*. Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú, Puno - Perú.
- Castillo, S. (2021). *Análisis de metales solidos en aguas subterráneas destinadas a actividades productivas en la parte baja de la provincia de El Oro, Perú*.
- Curo Vilca, M. (2015). *Calidad bacteriológica y fisicoquímica del agua de pozos con fines de consumo humano en el distrito de Huata – Puno*. UNA, Puno-Perú.



- Cusiche Pérez, L. F., Espinoza Tumialán, C. L., & Espinoza Tumialán, G. E. (2021). *Análisis de metales pesados en agua destinada al consumo humano en la ciudad de Junín, Junín - Perú* .
- Delgado Rodriguez, T. M., & Zavala Sucuitana, P. C. (2021). *Estudio de la presencia de contaminantes metálicos peligrosos (arsénico, cadmio, mercurio y plomo) en el agua potable del departamento arequipeño. Lima - Perú*. Obtenido de <https://shre.ink/xjGK>
- EPA. (2015). *Programa de conservación de agua Watersense*. Obtenido de <https://shre.ink/xjGu>
- Espinoza , G., & Carvajal, G. (2023). *Determinación de arsénico en aguas acuíferas Sub Cuenca Titicaca (época seca)*. Perú.
- Foster, Hirata, Gomez, & Paris. (2002). *Prote del agua subterránea*.
- Galán, E. (2008). *The function of clay-based minerals in extracting and stabilizing toxic metals from polluted soil environments. In "Proceedings of the 1st. Latin American Clay Conference"*.
- Hernández, R., & Fernández, C. (2018). *Metodología de la investigación*. Mexico: McGRAW-HILL.
- Hernández, S., & Avila, D. (2020). *Data collection techniques and instruments*. Boletín Científico de Las Ciencias Económico Administrativas Del ICEA.
- INDECI. (2022). *REPORTE DE PELIGRO INMINENTE N° 004 - 31/1/2022 / COEN - INDECI / 21:00 HORAS (Reporte N° 22)*. Perú.



- Lopez, J., Fornes, J., Ramos, G., & Villarroya, F. (2009). *Las agua subterранеas. Un recurso natural del subsuelo. In Instituto Geológico y Minero de España. España. Obtenido de <https://shre.ink/xjG7>*
- Mamani Arpasi, Y. M. (2023). *Determinación de metales pesados en aguas subterráneas destinadas a actividades productivas en las localidades de Queata, Cp Carata y Cupiro Pampa, Uquisilla, distrito de Coata, 2021. Puno ' Perú.*
- Mamani Navarro , W. (2019). *Polución de las Aguas acuíferas por Arsénico (As) el caso del distrito de Juliaca – Perú. Puno.*
- MEF. (2024). *Normatividad en el Perú. Lima.*
- MINSA. (2020). *Informe Especial N° 060-2020-JAMC-DENOT-DGIESP/MINSA. Viceministerio de Salud Pública, Lima.*
- Mite, R. B., Ochoa, L. S., Osorio, B. G., & Suatunce. (2016). *Calidad del agua destinada al consumo humano en un cantón de Ecuador/Quality of water intended for human consumption in a canton of Ecuador. Ecuador.*
- Molina, L. Y. (2018). *Planteamiento para el aprovechamiento del agua subterránea del distrito de Uraca-Corire destinada al consumo humano, a través de la identificación de sus características fisicoquímicas y microbiológicas. Uraca-Corire.*
- MVCS. (2021). *Plan Nacional de Saneamiento 2022-2026. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, Lima - Perú.*
- Ocola S, J. , & Laqui V, W. (2017). *ANA. Ministerio de Agricultura y Riego. Fuentes contaminantes en la cuenca del lago Titicaca. Un aporte al*

conocimiento de las causas que amenazan la calidad del agua del maravilloso lago Titicaca. Puno.

Ordoñez Suarez , J. (2011). *Procesos y tecnologías emergentes de remediación de aguas acuíferas contaminadas con disolventes clorados*. Retrieved from.

Ordoñez, J. (2011). *Aguas acuíferas - Acuíferos*. Retrieved from.

Oscoco Medina, G. T. (2019). *Determinación de la calidad de agua subterránea para consumo humano*. Lima.

Pritchard, D. (2010). *La gestión de las aguas subterráneas: Directrices para la administración de los recursos hídricos subterráneos con el propósito de conservar las características ecológicas de los humedales*.

Robles, C., Chavez , D., Gonzales, J., & Junez, H. (2016). *Análisis de la Contaminación de Aguas acuíferas por Metales Tóxicos en un Acuífero Superficial. Zacatecas*.

Vence, L., Rivera, M., Osorio, Y., & Castillo, A. (s.f.). *Análisis microbiológico y fisicoquímico de aguas acuíferas en los municipios de La Paz y San Diego, Cesar, Colombia. Publicado en la Revista de Investigación Agraria y Ambiental, Colombia*.

Zafra Gómez, & López Hernández. (2009). *The American Review of Public Administration, 2009*.



ANEXOS



Anexo 1. Matriz de consistencia

Título: DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS EN AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA URBANIZACIÓN TAPARACHI III
SECTOR JULIACA 2024

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIONE S	INDICADORE S	MEDICIÓN
GENERAL: ¿Cuál es la concentración de metales pesados en las aguas subterráneas de la urbanización Taparachi III sector Juliaca 2024?	GENERAL: Determinar la concentración de metales pesados en las aguas subterráneas de la urbanización Taparachi III sector Juliaca 2024.	GENERAL: La concentración de metales pesados en las aguas subterráneas de la urbanización Taparachi III sector Juliaca 2024 es eminente.	VI Este factor no constituye una variable manipulada en el estudio, aunque presenta variabilidad temporal. Corresponde a los líquidos subterráneos (pozos) utilizadas en la urbanización Taparachi III sector, ubicada en Juliaca.			
ESPECIFICO: ¿Cuál es la concentración de arsénico y cadmio en las aguas subterráneas de la urbanización Taparachi III sector Juliaca 2024?	ESPECIFICO: Determinar la concentración de arsénico y cadmio en las aguas subterráneas de la urbanización Taparachi III sector Juliaca 2024.	ESPECIFICO: La concentración de arsénico y cadmio en las aguas subterráneas de la urbanización Taparachi III sector Juliaca, supera la normativa de los LMP.	VD Concentración de metales Pesados	✓ Metales Pesados	✓ Arsénico ✓ Cadmio ✓ Calcio ✓ Magnesio ✓ Manganes o ✓ Potasio	✓ mg/L ✓ mg/L ✓ mg/L ✓ mg/L ✓ mg/L
¿Cuál es la concentración de calcio, magnesio, manganeso y potasio en las aguas subterráneas de la urbanización Taparachi III sector Juliaca 2024?	Determinar la concentración de calcio, magnesio, manganeso y potasio en las aguas subterráneas de la urbanización Taparachi III sector Juliaca 2024	La concentración de calcio, magnesio, manganeso y potasio en las aguas subterráneas de la urbanización Taparachi III sector Juliaca es moderada.				
¿Cuáles serán los tratamientos viables para la remoción de metales pesados en base a la realidad de la ciudad de Juliaca?	Proponer tratamientos viables para la remoción de metales pesados en base a la realidad de la ciudad de Juliaca.	La propuesta de tratamientos viables para la remoción de metales pesados en base a la realidad de la ciudad de Juliaca, son eficientes.				



ANEXO 2.

Resultados del análisis en laboratorio



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL
LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

RESULTADO DE ANALISIS - AGUAS

INFORME N° LC 079 – 24

I. DATOS DEL SERVICIO

- 1.1. Solicitante : Nilguar Jacob Ramos Mamani
1.2. Proyecto : DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS EN AGUAS
SUBTERRÁNEAS DE LA URBANIZACIÓN TAPARACHI III SECTOR JULIACA 2024

II. DATOS DEL ENSAYO

- 2.1. Producto : Aguas
2.2. Numero de muestras : 05
2.3. Muestreado por : Nilguar Jacob Ramos Mamani
2.4. Fecha de ensayo : 08/08/2024
2.5. Departamento : Puno
2.6. Provincia : San Román
2.7. Distrito : Juliaca
2.8. Código, ubicación, fecha y hora de muestreo

Código	Ubicación	Fecha de muestreo	Hora
P1	E: 379327.993	05/07/2024	7:00
	N: 8287187.977		
P2	E: 378960.347	05/07/2024	7:10
	N: 8283338.99		
P3	E: 379375.22	05/07/2024	7:25
	N: 8283774.97		
P4	E: 379376.62	05/07/2024	7:40
	N: 8283775.418		
P5	E: 379389.304	05/07/2024	8:00
	N: 8283770.545		
P6	E: 379361.749	05/07/2024	8:30
	N: 8283833.623		
P7	E: 379345.036	05/07/2024	9:10
	N: 8283845.401		
P8	E: 379201.899	05/07/2024	9:40
	N: 8283805.192		
P9	E: 379345.036	05/07/2024	10:00
	N: 8283845.401		
P10	E: 379201.89	05/07/2024	10:30
	N: 8283806.907		



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL
LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

III. RESULTADOS

Parámetro	Unidad	P – 1	P – 2	P – 3	P – 4	P – 5
Arsénico	mg/L	0.14021	0.14302	0.13208	0.12934	0.13204
Cadmio	mg/L	0.01443	0.01305	0.014263	0.01302	0.02451
Calcio	mg/L	48.6	50.3	53.4	45.7	48.6
Magnesio	mg/L	14.0	13.6	14.5	13.8	14.3
Manganeso	mg/L	0.04960	0.04851	0.05034	0.05230	0.04965
Potasio	mg/L	13.4	12.9	12.8	12.7	13.7

Parámetro	Unidad	P – 6	P – 7	P – 8	P – 9	P – 10
Arsénico	mg/L	0.15305	0.13057	0.14382	0.16205	0.27402
Cadmio	mg/L	0.01321	0.01427	0.01376	0.01734	0.01458
Calcio	mg/L	52.0	49.6	52.6	51.4	52.1
Magnesio	mg/L	14.5	13.7	13.7	13.8	14.0
Manganeso	mg/L	0.05052	0.05204	0.04951	0.04872	0.04061
Potasio	mg/L	14.2	14.0	13.8	14.0	13.9

IV. MÉTODO DE ENSAYO

Los parámetros fueron analizados de acuerdo a las recomendaciones de los Métodos normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWW.WEF.21th ed. 2005

Juliaca, 12 de agosto del 2024



ANEXO 3.

DECRETO SUPREMO N° 010 - 2010 – MINAM

Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano.

ANEXO III

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS QUÍMICOS INORGÁNICOS Y ORGÁNICOS

Parámetros Inorgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Antimonio	mg Sb L ⁻¹	0,020
2. Arsénico (nota 1)	mg As L ⁻¹	0,010
3. Bario	mg Ba L ⁻¹	0,700
4. Boro	mg B L ⁻¹	1,500
5. Cadmio	mg Cd L ⁻¹	0,003
6. Cianuro	mg CN ⁻ L ⁻¹	0,070
7. Cloro (nota 2)	mg L ⁻¹	5
8. Clorito	mg L ⁻¹	0,7
9. Clorato	mg L ⁻¹	0,7
10. Cromo total	mg Cr L ⁻¹	0,050
11. Flúor	mg F ⁻ L ⁻¹	1,000
12. Mercurio	mg Hg L ⁻¹	0,001
13. Niquel	mg Ni L ⁻¹	0,020
14. Nitratos	mg NO ₃ L ⁻¹	50,00
15. Nitritos	mg NO ₂ L ⁻¹	3,00 Exposición corta 0,20 Exposición larga
16. Plomo	mg Pb L ⁻¹	0,010
17. Selenio	mg Se L ⁻¹	0,010
18. Molibdeno	mg Mo L ⁻¹	0,07
19. Uranio	mg U L ⁻¹	0,015



ANEXO 1 FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

AUTORIZACIÓN PARA LA INCORPORACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UANCV

Formato digital ☒

Fecha de entrega: 05/01/26

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: NILGUAR JACOH RAMOS MAMANI
Dirección: AV. ENRIQUE TERRES BELON 587 - LAMPA
DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 72422200
Teléfono: 979434420 email: jacoh.ramos2@gmail.com

Nombres y Apellidos: _____
Dirección: _____
DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: _____
Teléfono: _____ email: _____

Facultad y/o Escuela de Posgrado: INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
Escuela Profesional o Mención: INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL
Título o Grado Académico a optar: INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL
Asesor: Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación ☐ Tesis ☒ Trabajo de Suficiencia Profesional ☐ Trabajo Académico ☐

Título: DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS EN AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA
URBANIZACIÓN TAPARACHI III SECTOR JULIACA 2024

Palabras claves, (3 a 5 términos): metales pesados, agua subterránea, propuesta y tratamiento

¿Esta obra se desarrolló en la UANCV ^{1,2}?

2

¹ Indicar si su producción intelectual ha empleado recursos tales como, instalaciones, laboratorios, insumos, equipos, bases de datos, asesoría técnica por parte del personal de la UANCV, financiamiento, entre otros relacionados.

² Si su producción intelectual se desarrolló en la UANCV totalmente o parcialmente, deberá autorizar el depósito en el Repositorio de manera obligatoria.



2. Referencia de tesis:

☐ Bachiller ☒ Título ☐ 2da Especialidad ☐ Maestría ☐ Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi tesis en el Repositorio Digital de la UANCV.

Con la autorización de depósito de mi producción Intelectual, otorgo a la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" una licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi producción intelectual (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Digital de tesis UANCV, colección de producción intelectual, entre otros, en el Perú y en el extranjero por el tiempo y veces que considere necesarias, y libres de remuneraciones.

En virtud de dicha licencia, la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" podrá reproducir mi producción intelectual en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que la producción intelectual es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicha producción intelectual no infringe derechos de autor de terceras personas.

La Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" consignará el nombre del y/o los autor(es) de la producción intelectual, y no le hará ninguna modificación más que la permitida en la licencia.

Autorizo su publicación (marque con una X)

- ☒ Sí, autorizo que se deposite inmediatamente.
- ☐ Sí, autorizo que se deposite a partir de la fecha (d/m/a): _____
- ☐ No autorizo.

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

Si usted concede una licencia CREATIVE COMMONS sobre su producción intelectual, mantiene la titularidad de los derechos de autor de esta y, a la vez, permite que otras personas puedan reproducirla, comunicarla al público y distribuir ejemplares de esta, bajo las condiciones siguientes:

¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?

Sí: significa que usted permite la reproducción, distribución y comunicación pública de la producción intelectual incluso con fines comerciales.

No: significa que usted permite la reproducción, y comunicación pública de la producción intelectual, pero sin fines comerciales.

- ☐ Sí autorizo
- ☒ No autorizo



Jurisdicción de su Licencia

Todas las licencias CREATIVE COMMONS son de ámbito mundial, sin embargo, usted puede elegir entre la opción “internacional” o una adaptada a su jurisdicción, como para el caso peruano.

La opción “internacional” emplea el lenguaje y la terminología de los tratados internacionales; en cambio, la adaptada a su jurisdicción, recoge las particularidades de la legislación peruana.

En consecuencia, **la opción “internacional” goza de una mayor eficacia a nivel mundial, gracias a que tiene jurisdicción neutral.** Mientras que la opción adaptada a la jurisdicción del Perú goza de una mayor eficacia ante los tribunales peruanos.

☐ Internacional

☒ Nacional

Línea de investigación: CONTAMINACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL - P22

Firma de Autor



huella digital

05 DE ENERO DEL 2026

Fecha