

# NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELASQUEZ JULIACA 2024

*por* DEIBY LUDMIR QUENALLATA QUEA

---

**Fecha de entrega:** 16-dic-2024 03:24p.m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 2554006910

**Nombre del archivo:** T036\_47133361\_T.pdf (5.58M)

**Total de palabras:** 16268

**Total de caracteres:** 90778

**UNIVERSIDAD ANDINA**  
**NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS PURAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA <sup>1</sup>SANITARIA Y**  
**AMBIENTAL**



**<sup>1</sup>NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN**  
**AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA UNIVERSIDAD ANDINA**  
**NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ JULIACA 2024**

**TESIS PRESENTADA POR:**

**Bach. DEIBY LUDMIR QUENALLATA QUEA**

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

**JULIACA – PERÚ**  
**2024**

**UNIVERSIDAD ANDINA**

**NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL**

**NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN  
AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA UNIVERSIDAD ANDINA  
NÉSTOR CÁCERES VELASQUEZ JULIACA 2024**

**TESIS PRESENTADA POR:**

**Bach. DEIBY LUDMIR QUENALLATA QUEA**

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

**APROBADA POR EL JURADO REVISOR:**


**PRESIDENTE**

  
Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

**PRIMER MIEMBRO**

  
Mgtr. FRITZ-WILLY MAMANI APAZA

**SEGUNDO MIEMBRO**

  
M.Sc. JESUS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

**ASESOR DE TESIS**

  
Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN** : CONTAMINACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL - P22



# UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

## RESOLUCIÓN DECANAL N° 1280-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 11 de octubre del 2024

**VISTO:** El expediente N° 2024- 012536 presentado por el (la) Bachiller: **DEIBY LUDMIR QUENALLATA QUEA** 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. **DEIBY LUDMIR QUENALLATA QUEA**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulado: **NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ JULIACA 2024**, la misma que pertenece a la línea de investigación **CONTAMINACION 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** : Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES
- \* **1er Miembro** : Mgtr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA
- \* **2do Miembro** : M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

**ARTICULO SEGUNDO. - RECONOCER** como asesor de la propuesta de 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 el (la) bachiller: **DEIBY LUDMIR QUENALLATA QUEA**; del informe final de la investigación (tesis) titulado: **NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ JULIACA 2024**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental.** de acuerdo al siguiente detalle:

- \* **FECHA** : Viernes 18 de octubre del 2024
- \* **HORA** : 12:00 p.m.
- \* **LUGAR** : Aula 306 - Pabellón de Hidraulica

**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.



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

Dr. MILTHON QUISPE HUANCA  
DECANO  
CIP. 47790

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



Dr. Efraín Pajillo Sosa  
DIRECTOR  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.  
Archivo  
interesado (a)



# UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

## RESOLUCIÓN DECANAL N° 1038-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 17 de setiembre del 2024

**VISTO:** El expediente N° 2024-CU - 12259 por el señor (a): **DEIBY LUDMIR QUENALLATA QUEA** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el **PROVEIDO - N° 974- 2024-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACION (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 059- 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): **DEIBY LUDMIR QUENALLATA QUEA**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulado: **NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELASQUEZ 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° 059- 2024 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELASQUEZ JULIACA 2024**, Correspondiente a la línea de investigación **CONTAMINACION 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 merito 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): **DEIBY LUDMIR QUENALLATA QUEA**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental**, con el Tema Titulado: **NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELASQUEZ JULIACA 2024** correspondiente a la línea de investigación **CONTAMINACION 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 Cs. PURAS

Dr. MILTHON QUISPE HUANCA  
DECANO  
CIP. 47790



Dr. Efraín Parillo Sosa  
DIRECTOR  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.  
Archivo  
interesado (a)



# UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

## RESOLUCIÓN DECANAL N° 624-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 11 de julio del 2024

**VISTO:** El expediente N° 2024-CU- 8022, presentado el señor (a) **DEIBY LUDMIR QUENALLATA QUEA** solicitando **APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** el **PROVEIDO - N° 640 -2024-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** formato N° 069-2024 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): **DEIBY LUDMIR QUENALLATA QUEA** ha presentado su propuesta de investigación Titulado: **NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELASQUEZ 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° 069-2024- aprobando la propuesta de investigación titulado: **NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELASQUEZ 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 merito 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): **DEIBY LUDMIR QUENALLATA QUEA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental, con el Tema Titulado: **NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELASQUEZ JULIACA 2024** correspondiente a la línea de investigación **CONTAMINACION 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 Cs. PURAS

Dr. **MILTHON QUISPE HUANCA**  
DECANO  
CIP. 47790

cc.  
Archivo 2024  
Interesado (a)




Dr. **Efraín Payillo Rosa**  
DIRECTOR  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

## Metadatos Complementarios



<b>Título de la Tesis</b>	
<b>NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELASQUEZ JULIACA 2024</b>	
<b>Datos de autor</b>	
Nombres y apellidos	DEIBY LUDMIR QUENALLATA QUEA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	47133361
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0009-0007-5382-1434">https://orcid.org/0009-0007-5382-1434</a>
<b>Datos de asesor</b>	
Nombres y apellidos	SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	02383061
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0009-0008-8660-8733">https://orcid.org/0009-0008-8660-8733</a>
<b>Datos del jurado</b>	
<b>Presidente del jurado</b>	
Nombres y apellidos	FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02442876
<b>Miembro del jurado 1</b>	
Nombres y apellidos	FRITZ WILLY MAMANI APAZA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02306659
<b>Miembro del jurado 2</b>	
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	<p>País: Perú  Departamento: Puno  Provincia: San Roman  Distrito: Juliaca  Coordenadas:  Latitud: 15°29'27"S  Longitud: 70°07'37"O  URL Maps:  <a href="https://www.google.com/maps/d/edit?mid=1J-kiArYYZvcE2yXN69bcS0ynDTgSdyA&amp;usp=sharing">https://www.google.com/maps/d/edit?mid=1J-kiArYYZvcE2yXN69bcS0ynDTgSdyA&amp;usp=sharing</a></p> 
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Julio 2024 – Octubre 2024
URL de disciplinas OCDE <a href="https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html">https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html</a> Librería	<b>Ingeniería ambiental</b> <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.07.00">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.07.00</a>  <b>Ciencias del medio ambiente</b> <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.05.08">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.05.08</a>


  
Dr. Efraim Pajillo Sosa  
DIRECTOR  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



**DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD**

Yo DEIBY LUDMIR QUENALLATA QUEA, identificado con DNI

Nro. 47133361, 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:

" NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELASQUEZ 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/copla 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 suyas 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 NOVIEMBRE del 2024



Firma del Asesor



Firma del Estudiante



Huella

**DEDICATORIA**

Gracias a mis papitos, Fidel Ticona Gemio y Juana Quea López, por su inquebrantable apoyo moral y financiero y por ayudarme a desarrollar emociones, actitudes y hábitos positivos que me han permitido perseverar en circunstancias difíciles.

Además, lo dedico a mi hijo Hendrik Lorentz Ayas, que ha servido de inspiración constante para proseguir mis estudios y ser un buen ejemplo para él.

### **AGRADECIMIENTO**

Expreso mi agradecimiento a Diosito por proporcionarme la dirección y la fortaleza para seguir adelante.

Doy las gracias a mis papitos y a mi familia, que son las personas más trascendentales de mi vivir y siempre han sido el motor de lo que soy hoy. Sin su guía, amor y afecto, no podría haber alcanzado hasta este punto de mi vivri. También estoy agradecido a mi mujer, Mileydi, por ayudarme tanto en lo bueno como en lo malo. Gracias; tienes todo mi afecto.

En especial, a la UANCV, mi alma mater.

## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
ÍNDICE GENERAL.....	v
<b>1</b> ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
INTRODUCCIÓN.....	xiv

## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Análisis de la situación problemática.....	1
1.2. Planteamiento del problema.....	2
1.2.1. Problema general.....	2
1.2.2. Problemas específicos.....	3
1.3. Objetivos de la investigación.....	3
1.3.1. Objetivo general.....	3
1.3.2. Objetivos específicos.....	3
1.4. Justificación de la investigación.....	3
1.4.1. Justificación Práctica.....	3
1.4.2. Justificación social.....	4
1.4.3. Justificación ambiental.....	5
1.4.4. Justificación Económica.....	6
1.5. Hipótesis de la investigación.....	7
1.6. Variables.....	7

1.7. Variable de caracterización.....	7
1.7.1. Variable de interés.....	7
1.8. Operacionalización de variables .....	7

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación.....	8
2.1.1. Antecedentes internacionales .....	8
2.1.2. Antecedentes nacionales .....	10
2.1.3. Antecedentes regionales .....	12
2.2. Bases teóricas .....	14
2.2.1. Metales pesados .....	14
2.2.2. Efectos de los metales pesados en la salud del ser humano .....	15
2.2.3. Índice de Contaminación por metales pesados .....	16
2.2.4. Metales sin función biológica.....	18
2.2.5. Aguas subterráneas .....	19
2.2.6. Las aguas subterráneas en el Perú .....	20
2.2.7. Características de las aguas subterráneas en el Perú .....	21
2.2.8. Contaminación de las aguas subterráneas .....	22
2.2.9. Captación de aguas subterráneas .....	24
2.2.10..... Pozos	
.....	26
2.2.11. Tipos de pozos según su construcción	
.....	26
2.3. Marco conceptual.....	29
2.3.1. Agua para consumo humano .....	29

2.3.2. Espectrofotometría .....	29
2.3.3. Muestra simple .....	30
2.3.4. Límite Máximo Permissible (LMP).....	30

### **<sup>1</sup> CAPÍTULO III**

#### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

3.1. Diseño de investigación .....	31
3.2. Tipo de investigación .....	31
3.3. Nivel de investigación .....	32
3.4. Enfoque de investigación.....	32
3.5. Procedimiento metodológico.....	32
3.5.1. Objetivo <sup>1</sup> 1: Determinar la concentración de metales pesados en aguas subterráneas en siete facultades de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez .....	32
3.5.2. Objetivo 2: Proponer tecnologías disponibles para realizar el tratamiento de dichas aguas subterráneas de la UANCV .....	41
<sup>1</sup> 3.6. Materiales y equipos .....	41
3.7. Técnicas e instrumentos .....	42
3.7.1. Técnicas .....	42
3.7.2. Instrumentos.....	42
3.8. Población y muestra .....	43
3.8.1. Población.....	43
3.8.2. Muestra .....	43

### **CAPÍTULO IV**

#### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN<sup>44</sup>**

4.1. Resultados .....	44
-----------------------	----

1	4.1.1. Concentración de metales pesados en aguas subterráneas de las siete facultades de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez.	44
	.....	44
	4.1.2. Proponer tecnologías disponibles para realizar el tratamiento de dichas aguas subterráneas de la UANCV	1
	.....	54
	4.2. Discusiones.....	57
	CONCLUSIONES.....	60
	RECOMENDACIONES .....	61
	BIBLIOGRAFÍA .....	62
	ANEXOS .....	70

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables de la presente investigación. ....	7
Tabla 2 Coordenadas de los puntos de muestreo de las aguas subterráneas de las siete facultades de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez. ....	33
Tabla 3 Concentración de metales en aguas subterráneas de las siete facultades de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez. ....	45

### 3 ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Procesos comunes de contaminación del agua subterránea.....	23
Figura 2 Diseño del pozo excavado con camisa de concreto.....	27
Figura 3 Diseño del pozo hincado. ....	28
Figura 4 <sup>1</sup> Ubicación de los puntos de muestreo de las aguas subterráneas de las 07 facultades de la UANCV.....	34
Figura 5 <sup>6</sup> Toma de muestras de agua subterránea en la facultad de ingenierías y ciencias puras. ....	35
Figura 6 Toma de muestras en frascos de 500 ml. ....	36
Figura 7 Muestras Rotuladas según protocolo. ....	36
Figura 8 Muestras que se recogerán en el embace de Tecnopor. ....	37
Figura 9 Preparación de estándares. ....	39
Figura 10 Lecturado en la preparación de estándares. ....	39
Figura 11 Toma de lectura para el cadmio.....	40
Figura 12 Concentración del arsénico en aguas subterráneas de las siete facultades de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez VS los LMP del D.S. N° 010 - 2010 – MINAM. ....	46
Figura 13 Concentración del cadmio en aguas subterráneas de las siete facultades de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez VS los LMP del D.S. N° 010 - 2010 – MINAM. ....	48
Figura 14 Concentración del calcio en aguas subterráneas de las siete facultades de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez. ....	49
Figura 15 Concentración del magnesio en aguas subterráneas de las siete facultades de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez.....	50

Figura 16 Concentración del manganeso en aguas subterráneas de las siete facultades <sup>2</sup> de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez.....	51
Figura 17 Concentración del potasio en aguas subterráneas de las siete facultades de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez.....	53

## RESUMEN

Tiene el propósito de “Determinar el nivel de <sup>1</sup> concentración de metales pesados en aguas subterráneas de la UANCV”; en donde, la toma de muestra represento 500 ml de agua subterránea y se realizó en 07 pozos en cada una de las de las 07 facultades de la UANCV y estas fueron analizadas en el Laboratorio Obteniendo los siguientes resultados: El arsénico obtuvo una concentración mínima en el P-4 con un valor de 0.16719 mg/L y una máxima en el P-3 con un valor <sup>12</sup> de 0.17623 mg/L, en cambio el cadmio obtuvo una concentración mínima en el P-4 con un valor de 0.01380 mg/L y una máxima en el P-1 con un valor de 0.01540 mg/L. Estos valores encontrados para ambos metales superan <sup>5</sup> el Decreto Supremo N° 010 - 2010 – MINAM”. Para tratar el contenido elevada de As y cadmio en las aguas subterráneas de la UANCV, se planteó 09 tecnologías las cuales son: Adsorción con alúmina activada, Filtración con carbón activado modificado, Intercambio iónico, Precipitación química, Ósmosis inversa, Nanofiltración, Electrocoagulación, Fitorremediación y Biorremediación. En donde, la selección de la tecnología más adecuada dependerá de factores como la concentración de arsénico y cadmio.

**Palabras claves:** Metales pesados, arsénico, cadmio, agua subterránea y tecnologías.

## ABSTRACT

<sup>28</sup> Its purpose is to “Determine the level of concentration of heavy metals in groundwater of the UANCV”; where, the sampling represented 500 ml of groundwater and was performed in 07 wells in each of the 07 faculties of the UANCV and these were analyzed in the Laboratory obtaining the following results: Arsenic obtained a minimum concentration in the P-4 <sup>4</sup> with a value of 0.16719 <sup>2</sup> mg/L and a maximum in P-3 with a value of 0.17623 mg/L, while cadmium obtained a minimum concentration in P-4 <sup>4</sup> with a value of 0.01380 <sup>2</sup> mg/L and a maximum concentration in P-1 with a value of 0.01540 mg/L. These values found for both metals exceed Supreme Decree N° 010 - 2010 - MINAM”. To treat the high As and cadmium content in the groundwater of the UANCV, nine technologies were proposed: Adsorption with activated alumina, Filtration with modified activated carbon, Ionic exchange, Chemical precipitation, Reverse osmosis, Nanofiltration, Electrocoagulation, Phytoremediation and Bioremediation. The selection of the most appropriate technology will depend on factors such as the concentration of arsenic and cadmium.

**Keywords:** Heavy metals, arsenic, cadmium, groundwater and technologies.

## INTRODUCCIÓN

En la era moderna, el agua es un recurso esencial para el vivir cuya extracción es mínima y costosa. Por ello, ha ganado popularidad a escala local, nacional y mundial, y se le exige un uso responsable y una gestión adecuada. Pero sin ella, el planeta no habría evolucionado como lo hace hoy, dando origen a la vida que vemos hoy. Pasaron cientos de años para que la Tierra se desarrollara como lo hace ahora.

Debido al daño potencial para la salubridad humana, la cantidad de metaloides en las aguas subterráneas es una ansiedad importante. Los componentes químicos conocidos como <sup>14</sup> metales pesados pueden encontrarse en el agua debido a procesos naturales, pero también pueden ser liberados por <sup>10</sup> actividades antrópicas como la minería, la industria y la agricultura. Estos metales, que pueden acumularse en el organismo y se sabe que son nocivos incluso en concentraciones muy bajas, incluyen el plomo, el Hg, el cadmio y el As. Estos metales pueden tener consecuencias negativas a largo plazo para los ecosistemas del agua y la salubridad humana.

Tiene la finalidad de conocer el nivel de <sup>1</sup> concentración de metales pesados en las aguas subterráneas de la UANCV debido a que actualmente se desconoce la calidad de las aguas freáticas del lugar, a pesar de que son utilizadas para equipamiento científico y consumo humano.

Los siguientes capítulos comprenden el marco del estudio de investigación presentado: El contexto del problema se choca en el Capítulo I. Aquí se realiza un examen exhaustivo de la cuestión, teniendo presente su situación local, <sup>11</sup> nacional y mundial. A partir de esta evaluación se plantean las cuestiones clave y se definen los propósitos que dirigirán la investigación. En el CAPÍTULO II:

MARCO TEÓRICO, se abordarán las referencias del estudio, que proporcionan una perspectiva previa al presente estudio, así como una base teórica general que sustenta las ideas principales. También se elaborará y mejorará la terminología pertinente para la presente investigación. Además, incluirá el marco conceptual, que ofrece definiciones exactas para la terminología importante del estudio. La metodología de la investigación se trata en su totalidad en el CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN, que también abarca el diseño y el tipo de estudio, los métodos y las herramientas. Las respuestas a las preguntas se brindan en el CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN, que se divide en las partes que siguen.

## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1. Análisis de la situación problemática.

El c (Cd), (Cr), el cobre (Cu), (Mn), (Pb) y (Zn) son actualmente los metaloides más frecuentes en las fuentes de agua; entre ellos, el Cr, el Cu, el Mn y el Zn son elementos vitales para los microbios y las plantas. Aunque ni el Cd ni el Pb han demostrado tener acción fisiológica, son tóxicos en grandes dosis y pueden perjudicar a las plantas, los animales o incluso la salud humana, siendo los ancianos y los niños pequeños los más susceptibles. A escala internacional, el perjuicio de los metaolides en las aguas subterráneas es complejo y exige una acción mundial coordinada para salvaguardar los ambientes acuáticos y la salubridad humana de las generaciones venideras.

En el peru, el agua es actualmente uno de los recursos naturales más elementales para la existencia del vivir en el medio ambiente, conteniendo plantas, animales y seres humanos; su uso y accesibilidad es también un deber que asegura la alimentación y la salud en todo el planeta, pero particularmente en Perú.

La accesibilidad al agua, tanto en calidad como en cantidad, es un problema de justicia social, además de técnico o administrativo.

Sin embargo, debido a las numerosas actividades antropicas, como la minería, la contaminación industrial, la deforestación y el uso de productos químicos, el problema de los metaloides en el agua es una grave preocupación.

Alrededor del 30% de la población de Juliaca se abastece de agua de pozo debido a que la empresa encargada del alcantarillado público no ofrece este servicio. También se sabe que esta agua es consumida directamente sin ningún tipo de análisis o tratamiento previo que indique si es apta para ser considerada potable. Típicamente, estos pozos son tubulares, o perforaciones, que utilizan una bomba para extraer agua de diferentes profundidades.

La UANCV, en el distrito de Juliaca, no es una excepción a esta situación. Si bien hasta la fecha no se han efectuado estudios determinados para analizar la calidad de estas aguas que eran utilizadas para el consumo humano, algunas oficinas las utilizan en la actualidad para preparar bebidas calientes como té, mates, café, entre otros. También se utilizan para diversas actividades que se realizan en los laboratorios universitarios. Por lo tanto, se considera relevante realizar una evaluación de estas aguas para contribuir al conocimiento práctico y prevenir problemas de salud como el envenenamiento por consumo de ciertos elementos nocivos.

## **1.2. Planteamiento del problema.**

### **1.2.1. Problema general**

¿Cuál es el nivel de concentración de metales pesados en aguas subterráneas de la universidad andina Néstor Cáceres Velásquez Juliaca 2024?

### 1.2.2. Problemas específicos

- a) ¿Cuál es la concentración de metales pesados en aguas subterráneas de siete facultades de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez?
- b) ¿Cuáles serán las tecnologías disponibles para realizar el tratamiento de dichas aguas subterráneas de la UANCV?

### 1.3. Objetivos de la investigación

#### 1.3.1. Objetivo general

Determinar el nivel de concentración de metales pesados en aguas subterráneas de la universidad andina Néstor Cáceres Velásquez Juliaca 2024.

#### 1.3.2. Objetivos específicos

- a) Determinar la concentración de metales pesados en aguas subterráneas de siete facultades de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez.
- b) Proponer tecnologías disponibles para realizar el tratamiento de dichas aguas subterráneas de la UANCV.

### 1.4. Justificación de la investigación

#### 1.4.1. Justificación Practica

para la investigación tiene una importancia significativa a razón de que sus aguas son una fuente vital de abastecimiento de agua para la comunidad universitaria y circundante. Si se exhiben contenidos elevadas de metaloides, como plomo, hg, cadmio u otros, podría implicar riesgos graves para la salubridad de las personas que ingieren esta agua o la utilizan para otras actividades cotidianas.

Además, Juliaca es una zona que podría estar expuesta a diferentes fuentes contaminantes debido a actividades industriales, agrícolas y mineras cercanas. Identificar y cuantificar los niveles de metaloides permitirá a la universidad y a las autoridades locales tomar medidas protectoras y correctivas para mitigar los peligros ambientales y de salud pública.

Finalmente, este estudio proporcionará datos cruciales para futuras investigaciones y proyectos de remediación ambiental, contribuyendo a mejorar la calidad hídrica subterránea y garantizando la seguridad de la sociedad universitaria y de las personas que habitan en las áreas cercanas.

#### **1.4.2. Justificación social**

La calidad hídrica es un derecho elemental y un recurso crucial para vivir de la población. En una región como Juliaca, donde el acceso a agua potable segura puede ser limitado, garantizar la pureza de las aguas freáticas es crucial para proteger la salubridad de la comunidad universitaria y la población circundante.

Los metales pesados presentes en curso hídrico pueden tener efectos devastadores en la salubridad pública, fundamentalmente en grupos vulnerables como los infantes, las mujeres embarazadas y las personas de la tercera edad. La exposición prolongada a estos contaminantes puede provocar enfermedades crónicas, trastornos neurológicos, y otros problemas de salud graves que afectan no solo al individuo, sino también a las familias y a la comunidad en general.

Además, el estudio contribuye a crear conciencia sobre la trascendencia de la gestión medioambiental y el cuidado de los recursos renovables. La identificación de riesgos asociados a la contaminación del agua promueve un

sentido de responsabilidad colectiva, incentivando a la población a exigir y participar en la implementación de políticas y medidas de protección ambiental.

Por lo tanto, esta investigación fomenta la equidad social al defender el acceso igualitario a recursos vitales como el agua limpia, y apoya el desarrollo sostenible de la región, asegurando que el crecimiento monetario y el bienestar social no se logren a gastos de la salubridad y el ecosistema.

#### **1.4.3. Justificación ambiental**

Las aguas subterráneas son un recurso natural crítico que sostiene tanto a los ecosistemas como a las actividades humanas. La presencia de metaloides en estos cuerpos de agua puede perturbar la ponderación ecológica y poner en riesgo la biodiversidad de la ciudad universitaria.

La contaminación por metaloides es persistente y tiende a acumularse en el ecosistema, afectando no solo a la calidad del agua, sino también al suelo, la vegetación y la fauna que depende de estos recursos. Además, los metaloides pueden infiltrarse en la cadena alimenticia a través de plantas y animales que absorben agua contaminada, causando daños ecológicos a largo plazo.

En el cambio del cambio climático y la sostenibilidad, el estudio de la contaminación en las aguas freáticas cobra especial importancia, ya que el acceso a recursos hídricos no contaminados se vuelve cada vez más limitado. Este trabajo permitirá identificar fuentes potenciales de contaminación y servirá como base para desarrollar estrategias de mitigación y recuperación de los ecosistemas locales.

Por último, los resultados de esta investigación proporcionarán datos esenciales para la implementar políticas de preservación y manejo responsable

del agua, originando un desarrollo sustentable que nivele los requerimientos humanos con la defensa del ecosistema en la UANCV.

#### **1.4.4. Justificación Económica**

Para <sup>9</sup> el trabajo de investigación radica en la calidad del agua subterránea está directamente vinculada al desarrollo económico sustentable de la región. El agua pura es un recurso esencial para variadas actividades monetarias, presentando la agricultura, la ganadería, y la industria, que dependen de un suministro seguro de agua para sus operaciones.

El contenido de metaloides en las aguas freáticas puede tener graves repercusiones económicas. La contaminación del agua puede aumentar los costos de tratamiento y purificación, lo que se vuelve en mayores costos para las empresas, instituciones y familias que necesitan acceso a agua segura. Además, la exposición a agua contaminada puede generar problemas de salud que conllevan a costos médicos elevados y pérdida de productividad laboral.

La investigación, por tanto, no solo ayudará a identificar los niveles de contaminación y sus fuentes, sino que también proporcionará la base para desarrollar políticas de manejo del agua que optimicen el uso de recursos económicos y aseguren la sostenibilidad de las actividades económicas en Juliaca. Además, contribuirá a la seguridad económica al garantizar que la comunidad universitaria y la población local tengan acceso a agua limpia y segura, protegiendo su salud y su capacidad de contribuir al desarrollo económico de la región.

## 1.5. Hipótesis de la investigación

Para el estudio no se formulan las hipótesis, esto se debe a que la investigación es de nivel descriptivo, así mismo por tener variable de caracterización y variables de interés, porque la investigación no busca causas ni efectos.

## 1.6. Variables

### 1.7. Variable de caracterización

- Metales pesados en aguas subterráneas (pozos) de la UANCV.

#### 1.7.1. Variable de interés

- Concentración de metales pesados.

## 1.8. Operacionalización de variables

**Tabla 1**

*Operacionalización de variables de la presente investigación.*

Variable	Dimensión de análisis	Indicadores	Unidad
<b>Variables de caracterización</b> Metales pesados en aguas subterráneas.	Metales pesados.	Arsénico	mg/L
		Cadmio	mg/L
		Calcio	mg/L
<b>Variables de interés.</b> Concentración de metales pesados.	Concentración de metales pesados	Magnesio	mg/L
		Manganeso	mg/L
		Potasio	mg/L

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes de la investigación

##### 2.1.1. Antecedentes internacionales

En su investigación Blanco et al. (2022) Determining the concentrations of lead, cd, z}nc, and arsenic in water from the sphere of Salamanca was the aim of this investigation. Water from supply networks, fountains, helixes, wells, rivers, riverbanks, and lagoons in the province of Salamanca has been examined as part of a strictly observational and descriptive research methodology. Atomic absorption spectroscopy has been used to determine the lead, Cd, zinc, and As contents of 190 samples. In the water samples, the four elements' levels of pollution were compared throughout the province's four county units. The findings indicated that, with acceptable levels of zinc and arsenic, 56% of the samples examined had cadmium concentrations over the highest allowable limits, and 28% of all the samples examined had lead concentrations beyond the allowable limits under the law. The level of water pollution by the components under study did not significantly vary throughout the province's four county units. Water from supply networks and samples from

Por otro lado, Robles et al. (2016) Se tomaron 58 agua subterránea de pozos agrícolas como parte de su técnica de estudio, y además del potencial de

hidrógeno (pH), se evaluaron los metales pesados mediante AAS y el mercurio mediante CVAAS. Los resultados revelaron cantidades de Zn (0,0048 y 1,5862 mg/l-1 mínimo y máximo, individualmente) y Fe (0,0007 mg/l-1 mínimo y 0,0053 mg/l-1 máximo), sin embargo el equipo fue incapaz de identificar Hg o Pb. Las cantidades de los metaloides examinados no rebasan los límites exigibles para uso y consumo poblacional, de acuerdo con lo establecido por la OMS 2011, USEPA 2012 y la Norma Mexicana. Cabe mencionar que la región de investigación no presenta cantidades sustanciales de metales contaminantes, a pesar de ser un acuífero somero que se contamina fácilmente con fertilizantes, plaguicidas y otras sustancias, así como riego suplementario con aguas residuales.

Aguilar (2005) El objetivo de este proyecto fue crear un sistema de purificación de agua independiente y de bajo costo que permitiera eliminar a nivel municipal el As presente de manera en aguas subterráneas utilizadas para el suministro hídrico en la Comarca Lagunera. El procedimiento de este proyecto tuvo en cuenta con el contenido máxima de As detectada en el muestreo, que fue de 0,157 mg/L. La dosificación necesaria es de 25 mg/L, seguida de un caudal de diseño de 200 Lps, en el que se considera un caudal modular con una solución al 30% a lo largo de una jornada de 8 horas, con una carga superficial del tanque de sedimentación de 20 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>. Dado que la concentración de partida era de 0,182 mg/L, la eliminación fue del 91%, lo que basta para cumplir el criterio pertinente. La concentración media de As durante todo el tiempo de filtrado fue de 0,021 mg/L.

Ormachea, Muñoz et al. (2016) descubrieron que existen graves problemas de calidad, incluida una salinidad excesiva y elevadas cantidades de arsénico

(As), en las aguas superficiales de los ríos poco profundos en la zona sur de la cuenca Poopó,. Descubrieron que durante la estación seca, las muestras hídricas tomadas de pozos poco profundos cóncavos a mano (de 1 a 9 m de altura, con una media de 3 m) tenían valores de pH ligeramente alcalinos que oscilaban entre 5,5 y 7,7 90% por encima del rango estándar de la OMS de 20  $\mu\text{g As}$  Las concentraciones de As son de magnitud significativa (3-3497  $\mu\text{g L}^{-1}$ ).

Gan et al. (2014), Además, los pozos con una profundidad de entre 10 y 45 metros a lo largo de los ríos tenían aguas subterráneas con un nivel de arsénico significativo. Contaminación hídrica por hidrogeoquímica y arsénico en la llanura de Jiangnan, en China central. Se llega a la conclusión de que los ríos Dongjing y Tongshun representaban la mayor parte de la distribución de aguas subterráneas ricas en arsénico, mientras que la distribución del arsénico disuelto total era desigual. Se encontraron cantidades elevadas de arsénico en la vertical, principalmente entre 10 y 45 metros por debajo de la superficie. además que el nivel de As en mayor proporción de muestras oscilaba entre 30 y 400  $\mu\text{g L}^{-1}$ , no obstante llegó a alcanzar los 2330  $\mu\text{g L}^{-1}$ , casi el 87% de las muestras de As de aguas subterráneas presentaban valores elevados a la directriz de la OMS.

### 2.1.2. Antecedentes nacionales

En la tesis presentado por Delgado y Zabala (2021) Evaluar los valores de plomo, cadmio, hg y arsénico en el agua del departamento de Arequipa fue el objetivo de esta investigación. Para efectuar el estudio se utilizó la técnica inductiva; la metodología del estudio es transversal, descriptiva, cualitativa y cuantitativa. Los estudios de metaloides en diversas fuentes de agua del departamento de Arequipa forman parte de su diseño no experimental. Se

utilizaron tarjetas de registro de datos como herramienta en el método de análisis documental de compilación de data. Los niveles de arsénico fueron de 0,0277 mg/L, los de cadmio de 0,0003 mg/L, los de mercurio de 0,0003 mg/L y los de plomo de 0,006 mg/L. En Camaná se detectaron 0,0160 mg/L de arsénico, 0,0057 mg/L de cadmio y 0,096 mg/L de plomo. Los niveles de mercurio en la provincia de Caravelí fueron de 0,0586 mg/L. Descubrimos 0,0004 mg/L de arsénico, 0,00004 mg/L de cadmio, 0,00006 mg/L de mercurio y 0,0002 mg/L de plomo en la provincia de Castilla. En la provincia de Condesuyos se detectaron 0,00128 mg/L de As, 0,00002 mg/L de Cd, 0,0006 mg/L de hg y 0,00041 mg/L de pb.

En el artículo presentado por Salcedo et al. (2013) la finalidad era averiguar cuánto plomo, cadmio y mercurio -tres metales pesados perjudiciales para la salud- había en el agua potable. Para ello utilizaron los siguientes recursos y técnicas. La técnica de espectrofotometría de absorción atómica se utilizó en muestras tomadas de las redes de distribución próximas a los ocho pozos tubulares. Estas muestras, junto con otros reactivos, se llevaron al laboratorio para su digestión y después al equipo de absorción atómica, donde el haz de la fuente pasó por el sistema automatizado que contenía la muestra de gas. De ahí pasaba al revelador de radiancia, que se procesaba y amplificaba para producir una lectura de salida. En las muestras se hallaron 0,0001 mg/L de cadmio, 0,001 mg/L de plomo y 0,0005 mg/L de hg, valores muy inferiores a los máximos exigidos por la OMS.

En el artículo presentado por Cusiche et al. (2021) la finalidad fue utilizar la espectrofotometría para averiguar la cantidad de metaloides presentes en el agua potable de Junín. Para desarrollar se empleo investigación descriptiva y

ensayos no experimentales; se recogieron muestras hidricas de 3 segmentos de la comunidad de Junín. Debido a que los 3 metales provienen de diferentes fuentes, sus concentraciones variaron en los sectores poblacionales: Pb y AS oscilaron entre 0,004 y 0,003 mg/l, mientras que Cd varió entre 0,002 y 0,004 mg/l. Sin embargo, los niveles de pb, cadmio y as en el agua potable no superan los ECAs para agua potabilizada destinada a la producción de agua potable

### 2.1.3. Antecedentes regionales

En la tesis presentada por Mamani (2023) A fue evaluar el nivel de metales en las aguas freáticas de la región de Coata. Los análisis fisicoquímicos, de metales y bacterológicos fueron efectuados por laboratorio se empleo la tecnica DS-031 para nitritos, nitratos, sulfatos, cloruros y fluoruros; el método ICP-MS para metales pesados; y el método APHA-AWWA-WEF para aniones, DBO5, DQO, CE y OD. Las siguientes conclusiones se derivaron del rendimiento de los cuatro pozos durante el periodo de estiaje: La temperatura osciló entre 20,8°C y 21°C; la conductividad osciló e 707  $\mu$ S/cm y 7890  $\mu$ S/cm; la DBO5 fluctuó en 2 mg/l y 3,2 mg/l; la DQO (DBO5) osciló entre 2 mg/l y 3,2 mg/l; los fenoles oscilaron entre <0,003 y 0. 003; el OD osciló entre 4,72 mg/l y 5,7 mg/l; el fluoruro entre <0,020 mg/l y 0,23 mg/l; los nitratos entre 1,3 mg/l y 33,7 mg/l; los nitratos entre 0,030 mg/l y 5,756 mg/l; los sulfatos entre 1000,55 mg/l y 16,33 mg/l. Aluminio, boro, bario, arsénico, cadmio, berilio, cromo, cobalto, hierro, cobre, magnesio, mercurio, manganeso y níquel fueron algunos de los metales pesados examinados. Los valores de las aguas freáticas en el centro urbano de Queata son superiores a los ECA.

En su artículo presentado por los autores Calcina et al. (2022) Cuantificar la cantidad de arsénico en muestras de suelo y agua subterránea, así como determinar sus efectos en los suelos agrícolas fueron los objetivos de esta investigación. Las muestras se recogieron y procesaron para su análisis utilizando la técnica EPA siendo el procedimiento de estudio. Los resultados revelaron que los niveles de arsénico en los suelos oscilaban entre 10 y 42,7 mg/Kg y en las aguas subterráneas entre 3 y 446 ug/L. con respecto a las aguas freáticas, cuatro puntos superaban los requisitos de calidad medioambiental de Perú, país de las muestras. Se determinó que la futura irrigación de suelos con aguas freáticas contaminadas con As puede dar lugar a procesos de bioacumulación y biomagnificación si no se realiza un seguimiento adecuado.

Según Mamani (2019) fue conocer la cantidad de (As) presente en las aguas de San Román Juliaca. En agosto de 2018, se seleccionaron aleatoriamente doce muestras representativas de profundidades comprendidas entre 3 y 18 metros. A continuación, las muestras se sometieron a análisis para determinar la concentración total de arsénico. Los resultados mostraron que la mayor concentración de As fue de 0,173 mg L<sup>-1</sup>, con promedio de 0,089 mg L<sup>-1</sup>. Sin embargo, estas cantidades superaban el umbral sugerido por la (OMS 2011) de 0,02 mg L<sup>-1</sup> y el límite de Bangladesh de 0,05 mg L<sup>-1</sup>. Pero además de estar gravemente envenenadas con arsénico (As), las aguas subterráneas están muy contaminadas con Pb (0,025 mg L<sup>-1</sup>) y otros oligoelementos. Se utilizaron métodos analíticos para evaluar los parámetros físicos (pH, CE, turbidez), químicos (3 CO<sub>3</sub>, HCO<sub>3</sub>, Cl y 3 4 SO), la dureza total como (CaCO<sub>3</sub>), 3 Ca y 3 Mg. También se realizó una prueba de laboratorio de metales totales como método de mitigación. Se utilizó carbón activado para eliminar As (25%), Ca

(277%) y Mn (67%), de la lenteja de agua (*Lemna gibba*), a un pH de 7,9 y durante 120 minutos.

35

## 2.2. Bases teóricas

### 2.2.1. Metales pesados

Según Aramburo Vélez (2011),<sup>29</sup> son elementos metálicos con una densidad de menor 5 g/cm<sup>3</sup> cuando están en forma elemental; se encuentran en menos del 0,1% y casi invariablemente en menos del 0,01% de la corteza terrestre.

Debido a sus cualidades venenosas, los metales pueden tener una incidencia negativa en los usuarios del agua y en los sistemas de tratamiento, por lo que su presencia en el agua potable es crucial para los estudios químicos (OPS, 1995).

Existen dos categorías de metales pesados:

As, Cr, Co, Mn, Cu, Se, Fe, Mo, V y Zn son ejemplos de nutrientes, que son fundamentales para el crecimiento de ciertas especies pero se necesitan en niveles traza o ínfimos y se vuelven venenosos por encima de un umbral específico (Galán, 2008).

Metales no fundamentales: Son metales que, presentes en los seres vivos en determinadas cantidades, producen disfunciones en sus sistemas. Tienen el potencial de acumularse en la biota y son muy venenosos. Según Galán (2008), son primariamente Be, Hg, Cd, Ni, Sb, Ti, Pb, Sn y

Sin embargo, según Zafra y López (2009), existen tres vías principales por las que los metales pesados pueden entrar en los sistemas acuáticos:

- La camino atmosférica: Se causa cuando se depositan <sup>1</sup> partículas liberadas a la atmósfera por técnicas antropogénicas o naturales, principalmente la quema de combustibles fósiles y la fundición de metaloides.
- Las filtraciones procedentes de vertidos, la escorrentía de suelos contaminados (miinas, lodos utilizados como fertilizantes, lixiviación de desechos sólidos, precipitaciones atmosféricas) y otros factores naturales son las causas de la vía terrestre.
- <sup>1</sup> La vía directa: Es el resultado de los efluentes de ciudades e industrias que se vierten directamente en los cursos de agua.

### <sup>1</sup> 2.2.2. Efectos de los metales pesados en la salud del ser humano

Los metales, como el cu, el as, el pb, el hg y el cadmio, pueden acumularse en el organismo y entrar en la cadena alimentaria de un organismo. El nivel de toxicidad provocado por la ingestión de metales varía en función del metal y de cuánto se haya alterado su estado original. Las repercusiones pueden ser mortales o bastante graves. Una parte por millón (1.000 partes por billón) de cobre se considera un elemento importante. Son necesarias cantidades bajas para diversos procesos enzimáticos corporales. No se sabe con certeza si la intoxicación por cobre tiene repercusiones a largo plazo. Las molestias abdominales y los vómitos son consecuencias a corto plazo. Los cuerpos de agua primarios en el Perú han sido clasificados por la DIRESA (Vega González, 2012).

8

### 2.2.3. Índice de Contaminación por metales pesados

Según Reza y Singh (2010), muchos metales, como el Cd, el Cr, el Pb y el Co, no PRESENTAN funciones fisiológicas acreditadas, mientras que otros, como el Cu, el Fe, el Mn, el Ni y el Zn, son necesarios como nutrientes para elementos vitales de animales y plantas. Aunque los metales no son biodegradables y pueden entrar en el organismo, dañando los órganos internos y el sistema nervioso, los ríos son cruciales para la absorción o el movimiento de las aguas servidas industriales y municipales, así como la escorrentía de la minería y la agricultura.

En ecotoxicología, los metales pesados -tanto necesarios como no esenciales- son especialmente importantes. Pueden ser deletéreos para los seres vivos y son muy persistentes. Dado que la actividad humana ha provocado la acumulación de metales en el medio ambiente y que la explotación en los cursos ha ejercido una enorme presión sobre los ambientes acuáticos, las concentraciones de metales en los ecosistemas acuáticos suelen medirse midiendo su concentración en el agua. Como consecuencia, los ecosistemas acuáticos han experimentado cambios significativos a consecuencia de una elevada carga de metales pesados. Las elevadas concentraciones de contaminantes de estos servicios han provocado la bioacumulación de metales peligrosos y un enorme problema medioambiental que pone en peligro la

Según el planteamiento de los autores, Onkar, S., & Sulochana, J. 2 (2015) señalan que a cada parámetro seleccionado se le asignó una calificación (Wi) para crear el Índice de Contaminación por Metales Pesados (IPM). Inversamente igual al valor estándar permitido, el sistema de calificación es un número aleatorio entre 0 y 1 que se elige en base a la trascendencia de cada

consideración de calidad individual. Los límites de contenido, o el valor tipo admisible (Si) y el valor máximo deseado (li) de cada parámetro, se obtuvieron de las normativas de la OMS para calcular el IPH a partir de los datos disponibles sobre la calidad del agua. Para calcular el IPH se utiliza la siguiente ecuación

$$HPI = \frac{\sum_{i=1}^n WiQi}{\sum_{i=1}^n Wi}$$

donde Qi es subíndice del parámetro i-ésimo. El número de parámetros considerados es n, y Wi es el coeficiente ponderativo unitario del parámetro i-ésimo. Qi, el subíndice, se calcula del siguiente modo:

$$Qi = \sum_{i=1}^n \frac{(Mi(-)li)}{(si-li)} \times 100$$

donde Mi, li y Sison representan los valores ideal y promedio del parámetro i-ésimo, , y el valor controlado de los metales pesados. Ignorando el signo algebraico, el signo (-) denota las disparidades numéricas entre los dos números.

Sin embargo, Sierra (2011) alude que la calidad hidrica depende de su uso previsto, que viene determinado por las diversas características que definen su calidad. Tradicionalmente, el agua se ha utilizado para diversos fines, como el riego, el abastecimiento municipal de agua, las actividades industriales, el hábitat de los peces, la navegación, la producción de energía y el ocio, entre otros. Estas aplicaciones pueden clasificarse en base a la actividad. Además, muestra que el uso del agua, así como las normativas y criterios, cambian con el tiempo, lo que significa que las partes interesadas (empresas, ministerios, etc.) revisan el tema y publican nuevas normas cuando lo consideran oportuno.

#### 2.2.4. Metales sin función biológica

Los metales se exhiben en toda la corteza, pero cuando las explotaciones mineras e industriales vierten sus efluentes en las masas de agua, pueden modificar el contenido de estos metales, lo que puede presentar diversos muebles negativos en el ecosistema y la salubridad humana debido a su elevada toxicidad. Basándonos en las normativas de calidad ambiental vigentes para las aguas superficiales, pasaremos a analizar algunos metales y sus incidencias perjudiciales (Chávez, 2011).

**a) Mercurio (Hg):** De origen natural como azufre, es un componente líquido plateado a temperatura ambiente suele utilizarse en la fabricación de baterías, lámparas, luces fluorescentes, lociones y cosméticos, entre otros productos. Según Li, Chan, Leung, Cheung y Lam (2010), los síntomas de la intoxicación por mercurio incluyen temblores sensibilidad en los dedos y los extremos, así como en la audición, la visión y espasmos y, en última instancia, la muerte.

**b) Plomo (Pb):** Este elemento azul puede encontrarse en una amplia gama de óxidos, sales y compuestos organometálicos. Los óxidos y aleaciones que contienen (Sn), (Cu), (As), bismuto (Bi) y cadmio (Cd) son sustancias importantes en la industria. La ingesta de Pb por vía oral supone un grave problema para la salud pública, ya que puede provocar cardiopatías, hipertensión y retrasos.

**c) Cadmio (Cd):** El Cd Es un metal blanco azulado de consistencia blanda, dúctil, maleable y que a menudo se encuentra en su forma pura, rodeado de minerales de zinc. Sus principales aplicaciones son la baja fusión y la soldadura, los compuestos para televisores, la fabricación de conjuntos y la

producción de pinturas al óleo. Como metal muy venenoso, el cadmio puede dañar gravemente los pulmones y los riñones (Rivera Carrasco, 2021).

**d) Arsénico (As):** es un elemento tóxico de origen natural que aparece en cantidades traza. Su masa atómica es de 74,23 g/mol, y su número atómico es 33. es contaminantes ambientales a escala mundial, y su aspecto en el suelo y el agua en diferentes partes <sup>7</sup> del mundo suele suponer una <sup>7</sup> ultimato para la salubridad humana porque el agua es el principal punto de ingreso de la cadena alimentaria y porque se pueden consumir alimentos, vegetales y animales contaminados. como daña los órganos internos y tiene efectos peligrosos en la piel (Kahlow, Majeed, & Tahir, 2022).

#### 2.2.5. Aguas subterráneas

Es la porción de agua bajo la superficie del suelo que puede ser captada mediante galerías de drenaje, sube a la superficie por filtración en cursos de agua o manantiales (Sociedad Geográfica de Lima, 2011).

A través de zonas de infiltración, manantiales, arroyos o el propio océano, el agua subterránea sube de forma natural a la superficie. Del mismo modo, se pueden utilizar pozos -un agujero, hoyo o túnel vertical en el que se perfora <sup>6</sup> el suelo a profundidad suficiente para determinar el nivel freático- y otras extracciones para extraer artificialmente el agua subterránea (Fuentes, 2002).

#### Calidad del agua subterránea

Todo ello se hace para cumplir el objetivo de extraer agua de la capa freática y utilizarla para diversos fines, incluidos los industriales y residenciales (Pritchard, 2010).

Dado que en la naturaleza no existe el agua pura, su definición teórica como mezcla de hidrógeno y oxígeno no puede aplicarse al estado en que se encuentra a menudo. Debido a sus mayores superficies de contacto, velocidades de flujo más lentas, mayor presión y temperatura, y facilidad para disolver el CO<sub>2</sub> del suelo, las aguas subterráneas tienen más posibilidades de disolver materiales.

La calidad hídrica está determinada por su constitución, y conocer los efectos potenciales de cada uno de sus elementos constitutivos o de todos ellos en conjunto permite establecer sus usos potenciales, clasificando así sus usos previstos para la bebida, la agricultura, la industria, etc., de acuerdo con los límites que se han estudiado. Existen aplicaciones particulares dentro de cada una de estas agrupaciones, lo que sugiere otras clasificaciones y nuevas áreas de aplicación (Chávez Mauricio & López Alvarado, 2019).

López et al. (2009) definen el agua subterránea como el recurso que está presente bajo la superficie terrestre. En particular, se encuentra debajo del nivel freático y llena totalmente los poros y grietas del suelo. Esta agua aflora de forma natural a la superficie a través de cauces fluviales, zonas de infiltración, manantiales o el propio océano. Además, puede dirigirse intencionadamente hacia galerías, pozos y otros tipos de captaciones. Debido a la recarga, la naturaleza la renueva continuamente.

3

### **2.2.6. Las aguas subterráneas en el Perú**

Peña (2012) A menudo pensamos en glaciares que se derriten, lagos que se hacen más pequeños o ríos que se secan cuando hablamos de problemas con el suministro de agua. Pero muchos de nosotros no somos conscientes de

que bajo de nosotros pies existe un enorme viable de aguas subterráneas sin explotar. INGEMMET está trabajando para hacer frente a este problema de ignorancia mediante la realización de investigaciones hidrogeológicas que mejoren la gestión del agua de la nación.

Con la asistencia del Servicio Geológico de los Estados Unidos y un pequeño equipo de especialistas, la hidrogeología fue estudiada por primera vez en el Perú en 1957. Las características primarias de los acuíferos costeros fueron identificadas principalmente en Lima, Chiclayo y Chancay por las primeras investigaciones hidrogeológicas realizadas en las regiones central y norte de la costa peruana. Con ayuda francesa, en 1961 se fundó la Comisión Nacional de Aguas Subterráneas, dependiente del antiguo Ministerio de Fomento y Obras Públicas. Entre 1962 y 1966 iniciaron operaciones de prospección hidrogeológica porosos no afianzados de varios valles costeros peruanos. En este estudio se identificaron dos grandes reservorios: <sup>3</sup> el acuífero de Yarada, situado en la cuenca Caplina (Región Tacna), y el acuífero pampeano de Villacurí, vinculado al valle de Ica (Región Ica) (Chavez Mauricio & Lopez Alvarado, 2019).

### <sup>3</sup> 2.2.7. Características de las aguas subterráneas en el Perú

Las tres zonas naturales de Perú - tienen rasgos algo diferentes y presentan distintas interacciones con las aguas subterráneas y otros recursos hídricos. La cordillera andina, una de las mayores cadenas montañosas del mundo, discurre de noroeste a sureste, casi paralela a l Pacífico, y es el principal condicionante de los recursos hídricos superficiales y subterráneos del territorio peruano. Cuando la placa de Nazca comenzó a subducirse bajo la placa

Sudamericana durante el período Cretácico, las presiones tectónicas que provocaron esta colisión causaron terremotos, lanzamientos volcánicas y otros desastres naturales que hicieron que los Andes se elevaran durante unos 28 millones de años (ANA, 2014).

En el subsuelo peruano, los reservorios de agua subterránea suelen encontrarse constituyendo sistemas constituidos por rocas y soleras con contextos geológicas y capacidades de transmisión y almacenamiento de agua subterránea comparables. A nivel del territorio peruano, la mayoría de rocas que sirven como reservorios de agua subterránea se denominan dominios hidrogeológicos (ANA, 2014).

### **2.2.8. Contaminación de las aguas subterráneas**

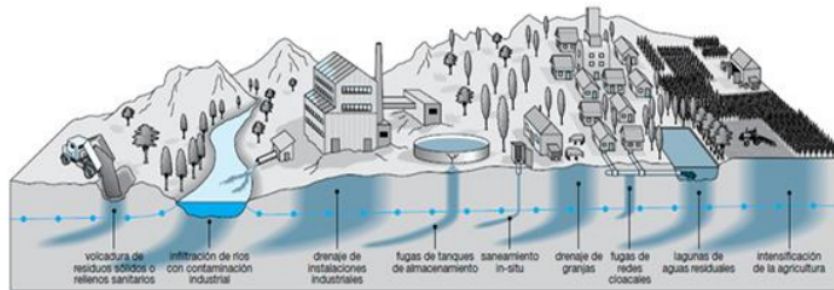
Foster y asociados (2002) El exceso de precipitaciones que se filtra a la superficie es la principal fuente de aguas subterráneas. Por lo tanto, las actividades humanas superficiales pueden suponer un peligro para el agua. La contaminación de los acuíferos se produce cuando la carga contaminante del subsuelo procedente de lixiviados o vertidos de explotaciones mineras, industriales, urbanas o agrícolas no se gestiona suficientemente y, en algunos casos, supera el potencial natural de atenuación del subsuelo.

En el pasado, se pensaba que los perfiles naturales del subsuelo eran potencialmente útiles para la eliminación segura de las aguas residuales domésticas y los residuos humanos porque atenúan activamente una serie de toxinas. Aunque la degradación bioquímica y las reacciones químicas hacen que los contaminantes se autoeliminen durante el transporte subsuperficial en la area vadosa (no saturada), los fenómenos de adsorción que retardan los

contaminantes son igual de importantes porque prolongan el tiempo utilizable para los procesos que dan lugar a su reducción (Foster, Hirata, Gomes, Delia, & Paris, 2002).

### Figura 1

*Procesos comunes de contaminación del agua subterránea.*



Nota. Procesos comunes de contaminación del agua subterránea, citado por Foster et al. (2002).

Aunque los acuíferos no confinados son la primordial fuente de problemas de contaminación de las aguas subterráneas, sobre todo cuando su zona no saturada es pequeña poco profundo, los acuíferos semiconfinados también pueden plantear un grave riesgo de contaminación si las capas acuíferas confinantes son comparativamente delgadas y permeables. La distribución, frecuencia, ritmo y calidad de la recarga de las aguas subterráneas se ven alterados por la actividad humana en la superficie terrestre, que también introduce procesos novedosos de recarga de acuíferos. Aunque también ocurre en zonas más húmedas, esto es especialmente cierto en entornos secos. Evaluar el peligro de contaminación hídrica requiere comprender estos procesos y tener la capacidad de identificar dichos cambios (Chávez Mauricio & López Alvarado, 2019).

Según Foster et al. (2002), el proceso de desplazamiento del agua y los contaminantes a partir de la superficie del suelo hasta los acuíferos logra ser a menudo muy lento. Los efectos de un incidente de contaminación (por contaminantes tenaces) en un suministro hidrico pueden no ser perceptibles durante años o décadas, sobre todo cuando se trata de pozos profundos. Este elemento tiene el potencial de ser una gran ayuda y un gran problema al mismo tiempo, ya que:

- Da tiempo bastante para que los contaminantes degradablees se descompongan;
- Fomenta la complacencia ante la posibilidad de penetrar de contaminantes persistentes.

### **2.2.9. Captación de aguas subterráneas**

Según Esteller, Morell y Galárraga (2005), el hombre se ha visto condicionado a realizar tareas para aprovechar el agua, sobre todo en zonas donde el agua superficial es limitada. Las galerías, o kanats, se construyeron en Armenia y Persia 700 años antes de Cristo para recoger agua del subsuelo, y siguen utilizándose en la actualidad.

El hombre ha sido capaz de satisfacer las demandas hidricas de la población -tanto para el consumo humano como para los sectores industrial, agrícola y ganadero, que no han dejado de crecer con el paso del tiempo- captando agua a profundidades cada vez mayores a medida que la tecnología han ido avanzando desde entonces (Chávez Mauricio & López Alvarado, 2019).

De acuerdo con Esteller, Morell y Galárraga (2005), definir una cuenca de captación es un prerrequisito para avanzar en el tema. Se denomina captación

de aguas subterráneas a cualquier proyecto destinado a extraer una determinada cantidad <sup>3</sup> de agua de una formación específica para indemnizar una demanda fija. Los siguientes elementos determinarán fundamentalmente el tipo de captación que se elija:

- Las características hidrogeológicas del sector.
- Deben registrarse las propiedades hidrodinámicas del acuífero.
- El agua debe fluir.
- La dispersión temporal de la demanda.
- El coste de mantenimiento de instancias de captación.
- Los siguientes detalles deben incluirse en una investigación de este tipo ya que, de acuerdo con Chávez y López (2019), <sup>3</sup> los criterios para establecer una captación se establecen en el ámbito de un estudio:
- La demanda, tanto presente como futura (volúmenes necesarios para la explotación).
- La permanencia a mediano y largo plazo de las cantidades de agua hace necesario prever el comportamiento futuro del acuífero.
- Calidad hídrica antes de su extracción.
- Permanencia de la calidad hídrica, incluida la investigación de los posibles cambios provocados por la presencia de factores externos.
- Selección del tipo de extracción.
- Se evalúan las distintas opciones de extracción (costes, permisos, conducciones).
- La promesa de que el curso de acción seleccionado tendrá éxito.
- La capacidad de definir límites para la protección.
- Elementos sociales.

### 2.2.10. Pozos

- es un agujero vertical, una excavación o un túnel que penetra en el suelo hasta una profundidad que permite acceder a un recurso, como el petróleo o las aguas subterráneas. Según Tarbuck y Lutgens (2005), el objetivo es llegar a un estrato o formación rocosa que esté saturado del recurso deseado.
- Del mismo modo, existen directrices generales sobre dónde y cómo proteger cualquier pozo, algunas de las cuales son las siguientes:
- No deben situarse en terrenos susceptibles de inundación; en su lugar, debe construirse un relleno a modo de plataforma alrededor del pozo en caso de terreno llano. El pozo tiene que estar situado lejos de cualquier fuente contaminante, incluidos vertederos sanitarios, tuberías de aguas residuales, letrinas y fosas sépticas. Se aconseja situar el pozo a una distancia de 26 mts de toda fuente contaminante. Es necesario evitar que todas las criaturas entren en la zona alrededor del pozo, especialmente las ratas.
- Ordoñez (2011) afirma que el pozo o galería de infiltración es lo que conforma la captación de una fuente subterránea, y es necesario considerar los siguientes factores:
- La línea de carga en el acuífero determina el nivel estático, que es la <sup>17</sup>distancia desde la superficie de la tierra hasta el nivel de agua en el pozo afectado por el bombeo. La línea de carga puede variar ligeramente en base a factores como las precipitaciones, la sequía, las mareas, etc.

### 2.2.11. Tipos de pozos según su construcción

Según su estructura, Tarbuck, E. J., & Lutgens, F. K. (2005) identifican muchos tipos de pozos:

**a. Pozos excavados:**

La profundidad de estos pozos poco profundos oscila entre 3,5 y 10 metros. Debido a lo anterior, son propensos a la contaminación y deben elegirse mientras puedan excavarse pozos más profundos.

Para sortear la contaminación del ecosistema, el pozo debe revestirse en su mitad superior, normalmente los primeros 3,5 m. Se excava manualmente y tiene una sección circular con un diámetro que puede variar entre 0,8 y 1,5 m. El material de revestimiento puede ser hormigón, metal, tubos de cemento, etc.

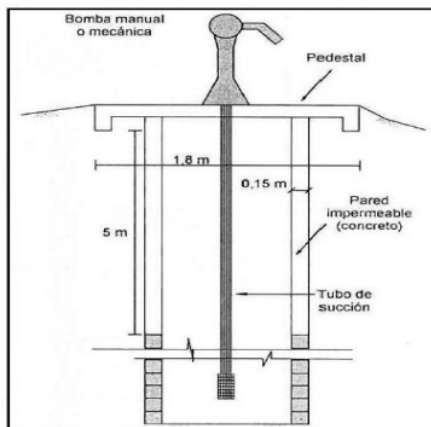
**a.1) Pozo excavado con camisa de concreto**

Puede abastecer a un grupo de casas pequeñas y alcanza una profundidad aproximada de 25 metros en suelos relativamente blandos. La tubería Inca tiene dos diámetros o menos, en función de las necesidades de caudal. En la parte inferior se coloca una punta más grande que la tubería, donde se perforan orificios con diámetros de 1/8 y 1/6 para permitir la entrada de las partículas de arena del acuífero.

**Figura**

**2**

*Diseño del pozo excavado con camisa de concreto.*



*Nota.* Pozo excavado con camisa de concreto, citado por Galdiano et al. (2007).

**b. Pozos barrenados o taladrados:**

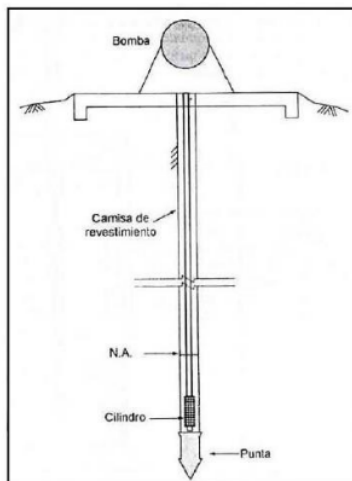
También son pozos poco profundos, pero debido a la forma en que se construyeron, tienen un diámetro menor. Para perforar estos pozos pueden utilizarse taladros, mecánicos o manuales, que deben recubrirse con revestimientos similares a los que se utilizaron para excavar los pozos.

**c. Pozos hincados:**

Un pozo hincado se crea enterrando un tubo, normalmente compuesto de hierro forjado, y golpeando después la parte superior con un martillo o mazo. Según el Ministerio de Agricultura (2016), un pozo de tipo medio es aquel que puede alcanzar una profundidad de 20 metros a unos 100 metros.

**Figura 3**

*Diseño del pozo hincado.*



*Nota.* Diseño del pozo hincado, extraído del Ministerio de Agricultura (2016).

**d. Pozos perforados**

Se trata de pozos que se excavan mediante un mecanismo de rotación o percusión. Utilizando presión hidráulica, un achicador o un instrumento de

perforación hueco, se retira el material cortado de la zona de excavación (RS Ingenierías, 2023).

#### **d.1) Perforación por percusión**

Para ello, se deja caer desde el pozo una barrena pesada que rompe el material de la formación al llegar al fondo. La barrena se eleva mediante un motor y se introduce agua en el pozo mediante una bomba o una cuchara cilíndrica para extraer los restos rotos..

#### **d.2) Perforación por percusión**

Mediante esta técnica, el material triturado se extrae a través de un elemento giratorio utilizando agua a presión, que se recicla después de la sedimentación.

#### **d.3) Perforación por percusión**

Las dos técnicas anteriores se combinan en este aparato de perforación.

1

### **2.3. Marco conceptual.**

#### **2.3.1. Agua para consumo humano**

Cuando se utiliza para fines domésticos cotidianos, como la higiene personal, se denomina agua potable para consumo humano (Guijarro, 2010)

#### **2.3.2. Espectrofotometría**

Su fundamento es la conexión entre materia y energía. El componente físico medido tras esa conexión determina el tipo de espectrometría; normalmente, el componente medido es la cantidad de energía recibida o generada (Guijarro, 2010).

### 2.3.3. Muestra simple

Las muestras simples son aquellas que se recogen en un lugar y momento determinados. Según Lipa Paye (2018), este tipo de muestra refleja las circunstancias puntuales de una muestra de población en el momento de la recogida.

### 2.3.4. Límite Máximo Permisible (LMP)

Cuando <sup>2</sup> la cantidad, proporción o magnitud de los elementos químicos, parámetros o características físicas que identifican a un curso hídrico o a las descargas superan los límites permisibles, puede tener una incidencia negativa en la salud humana, el ecosistema y el bienestar de la población (MINAM, 2010).

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1. Diseño de investigación

El estudio se encuadra en el diseño transeccional descriptivo y <sup>1</sup>no experimental. La investigación que se lleva a cabo sin manipulación intencionada de las variables se conoce como investigación no experimental. (Hernández & Fernández, 2010).

#### 3.2. Tipo de investigación

Las siguientes categorías se aplican a este estudio de investigación en función de sus objetivos y grado de investigación:

Utilizada: Por basarse en sus descubrimientos y aportaciones teóricas, también se conoce como activa o dinámica y está estrechamente relacionada con la fundamental o pura. Pretende aunar teoría y realidad; <sup>1</sup>se utiliza cuando se quiere descubrir un nuevo producto que mejore las circunstancias de vida. aplicando la investigación a cuestiones concretas, en condiciones específicas y con características concretas. En lugar de desarrollar teorías, este tipo de estudio se centra en su aplicación inmediata (Tamayo, 2003).

### 3.3. Nivel de investigación

Nivel de descripción: Porque emplea la observación como enfoque descriptivo para tratar de identificar las características clave a medir y evaluar rasgos, dimensiones o componentes, y porque busca describir el fenómeno a estudiar tal como es y como se muestra en el momento de la investigación. Pueden ofrecer la posibilidad de realizar previsiones, aunque sean crudas. Se sitúa en la base de la comprensión científica. Esta modalidad abarca una amplia gama de investigaciones, como los estudios de desarrollo, de casos y correlacionales. En la investigación descriptiva rara vez se analizan las relaciones entre variables. Su objetivo es observar, caracterizar y confirmar determinados elementos de una circunstancia (Rodríguez, 2008).

### 3.4. Enfoque de investigación

Es cuantitativo, porque esta basada en la recopilación y análisis de datos numéricos para explicar el cumplimiento o no con la normatividad.

### 3.5. Procedimiento metodológico

#### 3.5.1. Objetivo 1: Determinar la concentración de metales pesados en aguas subterráneas en siete facultades de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez

##### a. Ubicación del lugar de muestreo

La ubicación del lugar de muestreo de las aguas subterráneas de las siete facultades de la UANCV, se encuentra situada en la provincia de San Román, a continuación, se observa las coordenadas del lugar de muestreo, que fueron

elegidos en base a la ubicación de los pozos en las diferentes zonas de la universidad.

**Tabla 2**

<sup>1</sup> *Coordenadas de los puntos de muestreo de las aguas subterráneas de las siete facultades de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez.*

Código	Ubicación/Lugar	Coordenadas		Fecha
		Este	Norte	
P-1	Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.	380117.93	8282287.07	15/07/2024
P-2	Facultad de Ciencias de la Educación.	380239.00	8282346.00	15/07/2024
P-3	Facultad de Ciencias Administrativa.	380207.00	8282375.00	15/07/2024
P-4	Facultad de Ciencias Contables.	380158.00	8282325.00	15/07/2024
P-5	Facultad de Ciencias Jurídicas y Políticas.	380204.00	8282366.00	15/07/2024
P-6	Facultad de Ciencias de la Salud.	380198.00	8282346.00	15/07/2024
P-7	Facultad de Ingeniería de Sistema	380075.00	8282417.00	15/07/2024

*Nota:* coordenadas en base a la ubicación de las facultades en la UANCV.

### 3 Figura 4

1  
*Ubicación de los puntos de muestreo de las aguas subterráneas de las 07 facultades de la UANCV.*



Nota. Google Earth.

#### b. Toma de muestras:

2  
Para el muestreo de las aguas las subterráneas de las siete facultades de la UANCV, Los cuales se encuentran situadas en las coordenadas determinadas en la tabla 2.

El procedimiento de monitoreo de agua es el que se menciona a continuación:

- Se recogieron las muestras hidricas de cada uno de los pozos de siete facultades de la UANCV, en julio del 2024. Con ayuda de una soguilla y un balde de tomo las muestras de aguas en las diferentes facultades previa georreferenciación anotado en una pizarra acrílica.

**Figura 5**

**6**  
*Toma de muestras de agua subterránea en la facultad de ingenierías y ciencias puras.*



*Nota.* Sector entre el pabellón de hidráulica y el de estructuras FICP

- Se empleó frascos de plástico desinfectados y a la vez estos frascos fueron enjuagados tres veces, esto en base a lo que indica el protocolo nacional de monitoreo de aguas dadas por el ANA, a la vez se tomaron como volumen de muestra medio litros, esto fue a indicaciones por el laboratorio de absorción atómica de la EPISA. La persona encargada del laboratorio de calidad ambiental fue quien nos guio durante todo el proceso de toma muestral y la realización de los análisis respectivos y así dándole credibilidad a nuestros resultados para nuestra investigación. Los resultados fueron reportados con firma y en original a mi persona.

**Figura 6**

*Toma de muestras en frascos de 500 ml.*



*Nota.* Toma de muestras según protocolo de monitoreo del ANA.

- Seguidamente se rotulo los envases.

**Figura 7**

*Muestras Rotuladas según protocolo.*



*Nota:* Frascos debidamente rotulados y hermetizados

- Las muestras de las aguas recogidas, resguardadas y rotuladas, se colocaron en un embace de Tecnopor, de este modo se aseguró el transporte en condiciones óptimas al laboratorio de Absorción Atómica.

**Figura 8**

*Muestras que se recogerán en el embace de Tecnopor.*



*Nota.* En el embace de Tecnopor se introducirán las muestras para ser llevadas al laboratorio.

De acuerdo con las sugerencias se tuvo cuidado de que la muestra no se rompiera durante el tránsito. Simultáneamente, se llenó el contenedor Technopor con la cadena de custodia que incluía lo siguiente:

El proceso de identificación de los lugares de la muestra.

Un código de ejemplo.

La hora y la fecha de la recogida.

<sup>1</sup> Zona, Urb, A.A.H.H.H. / Distrito / Provincia / Departamento es el lugar de muestreo.

Coordenadas UTM y/o puntos de muestreo.

Una matriz de muestras de agua.

Volumen enviado.

Indicar qué parámetros se evaluarán o examinarán.

El nombre y la firma del coordinador de las muestras.

- Observaciones (si hay algún problema imprevisto).

La siguiente información se incluye en el etiquetado de los recipientes en los que se encuentran las muestras <sup>1</sup> de agua:

El número de la muestra.

El código de la estación o del punto de muestreo.

- El tipo de muestra de agua.

Una breve descripción de la ubicación <sup>27</sup> de la muestra.

La fecha y hora de recogida de la muestra.

En caso de <sup>1</sup> que se haya aplicado un reactivo para su conservación, facilítense los detalles.

Modelo de análisis solicitado.

El nombre de la persona responsable de la recogida de la muestra.

De acuerdo con la correspondiente cadena de custodia, las muestras compiladas se almacenaron a temperatura refrigerada en el Laboratorio de Absorción Atómica de la EPISA.

### <sup>1</sup> c. Análisis de la concentración de metales pesados de las aguas subterráneas de la UANCV.

Para la estimación de metales se realizaron lo siguiente:

**Método:** SM 3500 – Cd método de absorción atómica basado en (APHA, 2005) estándar method. Y SM 3500 – As método de absorción atómica basado en (APHA, 2005) estándar method.

#### a) Condiciones instrumentales para el análisis de Cadmio y Arsénico

- Cuando no hay fondo, se emplea la corrección de fondo.
- Longitud de onda 210 nm; volumen de muestra 20  $\mu$ L

- Tipo de quemador: 100 mm Para confirmar <sup>23</sup> la sensibilidad del instrumento se utilizaron soluciones patrón de cada elemento, elaboradas a las concentraciones indicadas en el manual de funcionamiento.

### Figura 9

*Preparación de estándares.*



Nota. Equipo <sup>15</sup> de absorción atómica y la preparación de estándares para cadmio y arsénico y de la misma manera para los demás metales que se consideró en esta investigación.

### Figura 10

*Lectorado en la preparación de estándares.*



*Nota.* Lecturado para la preparación de estándares

Una vez realizada la curva de calibración se procede con las lecturas correspondientes considerando lo siguiente:

- Enjuáguese el nebulizador aspirando agua destilada
- Léase en directo la muestra y determinar la concentración de cadmio y arsénico.

#### **Figura 11**

*Toma de lectura para el cadmio.*



*Nota.* Automáticamente la toma de lectura se reflejará en el equipo de absorción atómica

El mismo procedimiento se sigue para los demás metales que se analizaron en esta investigación.

#### **d. Trabajo en gabinete**

Para determinar los niveles de concentración mediante tablas y gráficos, los resultados del laboratorio se importaron al programa informático Microsoft

Excel. A continuación, los datos se compararon con los valores especificados por las leyes de Límites Máximos Permisibles para el agua.

### 3.5.2. Objetivo 2: Proponer <sup>19</sup> tecnologías disponibles para realizar el <sup>30</sup> tratamiento de dichas aguas subterráneas de la UANCV

De acuerdo a los resultados del ítem 3.3.1. y a la revisión bibliográfica <sup>30</sup> de la presencia de metales pesados en agua y su tratamiento se planteará tecnologías disponibles para realizar el tratamiento de las aguas subterráneas de la UANCV.

## 3.6. Materiales y equipos

### <sup>2</sup> a. Materiales

- Botellas de vidrio.
- Una pipeta.
- Vasos de precipitados.
- Probetas.
- El matraz Erlenmeyer.
- Un rotulador.
- Cinta adhesiva.
- Nevera Technopor.
- Delantal.
- Guantes.
- Aparato espectrofotómetro.
- Equilibrio analítico.
- GPS.

- Cámara fotográfica.
- Material informático.
- EPIs.

### <sup>1</sup> 3.7. Técnicas e instrumentos

#### 3.7.1. Técnicas

En este proyecto de investigación <sup>22</sup> para la recolección de datos se utilizó las siguientes técnicas:

- **Observación directa:** Mediante el análisis de los valores y/o concentraciones <sup>2</sup> de los parámetros de los pozos de agua subterránea de las siete facultades de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, se recopiló directamente esta información.
- **Observación Indirecta:** Para obtener los datos se utilizaron observaciones de investigaciones o estudios anteriores que eran relevantes para nuestra investigación.

#### 3.7.2. Instrumentos

<sup>1</sup> Cualquier herramienta, recurso o formato (digital o en papel) utilizado para recopilar, documentar o almacenar datos se denomina instrumento de recopilación de datos. En los siguientes estudios se hizo uso de instrumentos:

Teniendo en cuenta la descripción dada por Hernández y Fernández (2018),

##### Fichas:

- Tablero <sup>1</sup> de identificación del lugar de muestro.
- Ficha para la etiqueta de la muestra de agua.

**Formatos:**

- Cadena custodia
- Fichas de laboratorio
- Libretas de campo

**3.8. Población y muestra****3.8.1. Población**

La población y/o universo es el conjunto de personas u objetos sobre los que se desea saber algo en una investigación.»

Para este estudio se toma en consideración el agua subterránea de toda la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez de Juliaca, ubicada en el departamento de Puno y provincia de San Román.

**3.8.2. Muestra**

Según Hernández y Fernández (2018), «La muestra es una parte de la población que se toma en cuenta para una representación.»

La muestra utilizada en este estudio es de medio litro de cada uno de los siete pozos de las facultades de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez de Juliaca.

## <sup>1</sup> CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Resultados

##### 4.1.1. Concentración de metales pesados en aguas subterráneas de las siete facultades de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez.

A continuación, se muestra los resultados de <sup>1</sup> la concentración de metales pesados en aguas subterráneas de las siete facultades de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, emitido por el Laboratorio de Calidad Ambiental de <sup>1</sup> la E.P.I.S.A. de la F.I.C.P. de la U.A.N.C.V – Juliaca. En donde, estos resultados para los metales pesados <sup>3</sup> se compararon con la normativa del “Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano” del Decreto Supremo N° 010 - 2010 – MINAM.

<sup>9</sup> En la siguiente tabla se observa los resultados emitidos por el laboratorio de calidad ambiental de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, escuela profesional de ingeniería <sup>1</sup> sanitaria y ambiental de la UANCV

**Tabla 3**

*Concentración de metales en aguas subterráneas de las siete facultades de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez.*

Parámetro	Unidad	Puntos de muestreo						
		P-1	P-2	P-3	P-4	P-5	P-6	P-7
<b>M. pesados</b>								
Arsénico	mg/L	0.1701	0.1740	0.1762	0.1671	0.1741	0.1730	0.1751
		9	3	3	9	0	2	0
Cadmio	mg/L	0.0154	0.0149	0.0142	0.0138	0.0142	0.0138	0.0146
		0	1	9	0	8	8	5
<b>M. Ligeros</b>								
Calcio	mg/L	48.0	51.3	52.4	47.4	47.5	51.4	49.0
Magnesio	mg/L	14.5	13.4	14.8	13.9	14.0	14.1	14.2
Manganeso	mg/L	0.0486	0.0485	0.0493	0.0515	0.0486	0.0525	0.0511
		1	5	4	0	1	7	3
Potasio	mg/L	13.1	12.3	12.4	12.2	13.8	14.0	14.2

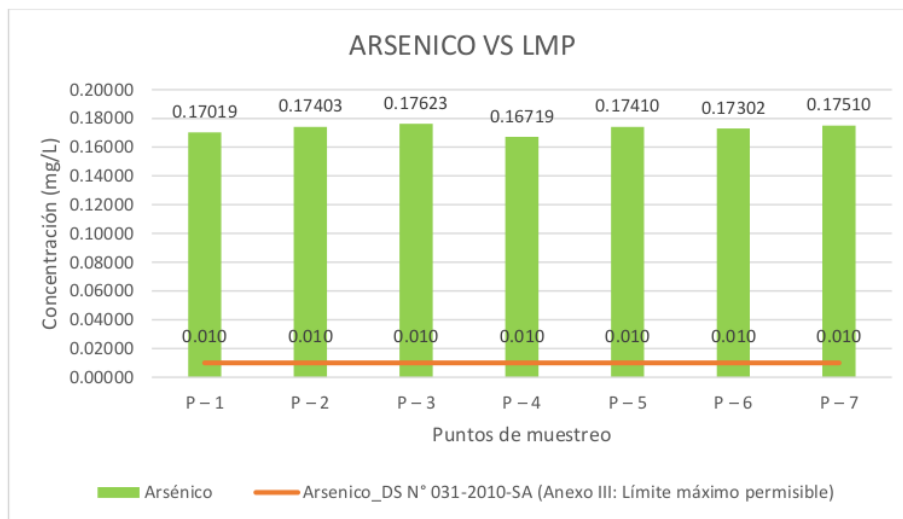
*Nota.* Concentración de metales en las 07 facultades de la UANCV.

En la tabla 3, se observa <sup>1</sup> concentración de metales en las aguas subterráneas de las siete facultades de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, en donde se puede apreciar que para el arsénico <sup>2</sup> se observa una concentración mínima en el P-4 con una concentración de 0.16719 mg/L y un valor máximo en el P-3 con una concentración 0.17623 mg/L, para el cadmio <sup>2</sup> se observa una concentración mínima en el P-4 con una concentración de 0.01380 mg/L y un valor máximo en el P-1 con una concentración 0.01540 mg/L, en el calcio <sup>2</sup> se observa una concentración mínima en el P-4 con una concentración de

47.4 mg/L y un valor máximo en el P-3 con una concentración 52.4 mg/L, para el magnesio se observa una concentración mínima en el P-2 con una concentración de 13.4 mg/L y un valor máximo en el P-3 con una concentración 14.8 mg/L, para el manganeso se observa una concentración mínima en el P-2 con una concentración de 0.04855 mg/L y un valor máximo en el P-6 con una concentración 0.05257 mg/L y por último el potasio se observa una concentración mínima en el P-4 con una concentración de 12.2 mg/L y un valor máximo en el P-7 con una concentración 14.2 mg/L.

### Figura 12

Concentración del arsénico en aguas subterráneas de las siete facultades de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez VS los LMP del D.S. N° 010 - 2010 – MINAM.



Nota: Concentración de arsénico comparado con la normatividad vigente

En la figura 12, se observa la concentración del arsénico en aguas subterráneas de las siete facultades de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez VS los LMP del D.S. N° 010 - 2010 – MINAM. En donde, se puede

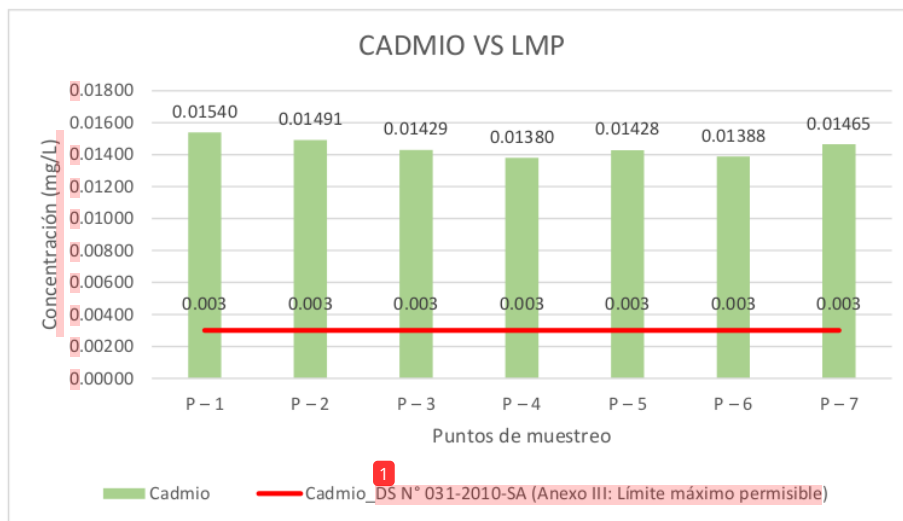
observar que en los 07 puntos de muestreo la concentración de arsénico en los pozos de la universidad supera el <sup>5</sup> "Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano" del Decreto Supremo N° 010 - 2010 – MINAM; Anexo III: Límites Máximos Permisibles de los Parámetros Químicos Inorgánicos y Orgánicos, el cual para arsénico nos da un valor de 0.010 mg/L. Asimismo, se puede indicar que la concentración mínima del arsénico se encontró en el P-4 con un valor de 0.16719 mg/L y la concentración máxima se encontró en el P-3 con un valor de 0.17623 mg/L. Estos valores encontrados para el arsénico pueden ser debido a varios factores como la geología de la zona ya que puede tener formaciones geológicas naturales ricas en arsénico, las rocas que contienen minerales de arsénico pueden liberar este elemento al agua subterránea a través de procesos de meteorización o disolución. Puede encontrarse presencia de arsénico debido al uso de pesticidas y fertilizantes y por los cambios en el nivel freático ya que la sobreexplotación de aguas subterráneas puede alterar el flujo de agua, exponiendo capas del suelo y formaciones geológicas que contienen arsénico, liberando así el metal al agua y por ultimo sería por la inadecuada <sup>2</sup> disposición de las aguas residuales de la universidad ya que si no son tratadas adecuadamente antes de su disposición, el arsénico puede filtrarse al suelo y eventualmente alcanzar las aguas subterráneas.

En la figura 13 se podrá apreciar <sup>19</sup> la concentración de cadmio en aguas subterráneas de las 07 facultades y cuyos puntos están en base a la ubicación de las facultades dentro de la universidad andina Néstor Cáceres Velásquez de la ciudad de Juliaca, indicando a la vez que el metal pesado cadmio es uno de los metales más nocivos para los seres humanos y también para los animales,

provocando malestar general hasta llegar a provocar cáncer por bioacumulación por un periodo de años, es por eso que los problemas de cáncer crecen cada vez más.

### Figura 13

Concentración del cadmio en aguas subterráneas de las siete facultades de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez <sup>1</sup> VS los LMP del D.S. N° 010 - 2010 – MINAM.

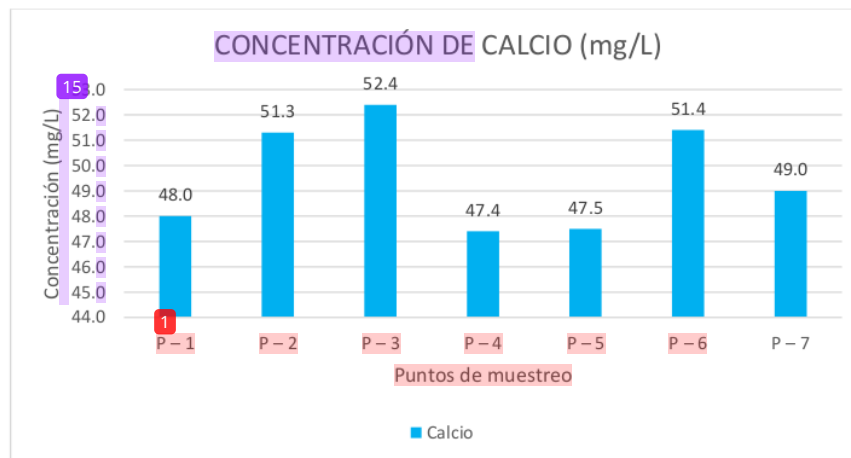


En la figura <sup>1</sup> 13, se observa la concentración del cadmio en aguas subterráneas <sup>2</sup> de las siete facultades de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez VS los LMP del D.S. N° 010 - 2010 – MINAM. En donde, se puede observar que en los 07 puntos de muestreo la concentración del cadmio en los pozos de la universidad supera el <sup>5</sup> “Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano” del Decreto Supremo N° 010 - 2010 – MINAM; Anexo III: Límites Máximos Permisibles de los Parámetros Químicos Inorgánicos y Orgánicos, el cual para cadmio nos da un valor de 0.003 mg/L. Asimismo, se puede indicar que la concentración mínima del cadmio se encontró en el P-4 con

un valor de 0.01380 mg/L y la concentración máxima se encontró en el P-1 con un valor de 0.01540 mg/L. De igual forma estos valores encontrados para el cadmio en las aguas subterráneas de la universidad puede deberse a varias causas como las formaciones geológicas ya que puede estar presente en las formaciones geológicas de la región y si las rocas o minerales que contienen cadmio están en contacto con el agua subterránea, este metal puede ser liberado lentamente en el agua a través de procesos de meteorización o disolución; puede deberse también por la lixiviación de suelos contaminados con cadmio, ya sea por actividades humanas previas o por fuentes naturales, la lixiviación puede transportar cadmio hacia las aguas subterráneas, especialmente durante lluvias intensas o cambios en el uso del suelo y por ultimo podría deberse a la inadecuada <sup>2</sup> disposición de las aguas residuales de la universidad ya que si no son tratadas adecuadamente antes de su disposición el cadmio puede filtrarse al suelo y llegar a los acuíferos.

#### Figura 14

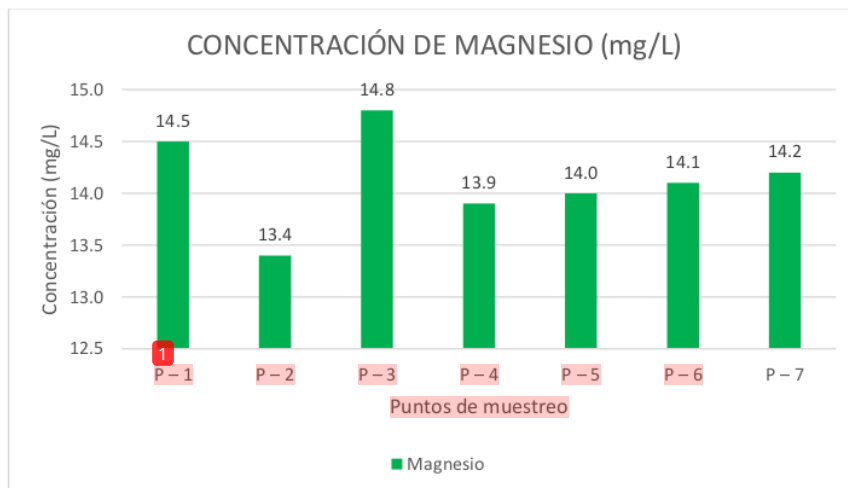
*Concentración del calcio en aguas subterráneas de las siete facultades de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez.*



En la figura 14, muestra las concentraciones de calcio en siete puntos de muestreo dentro de las facultades de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, donde los valores varían entre 47.4 mg/L (P-4) y 52.4 mg/L (P-3). El calcio en aguas subterráneas proviene principalmente de la disolución de minerales como la calcita ( $\text{CaCO}_3$ ) y la dolomita ( $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ), presentes en formaciones rocosas carbonatadas. Las áreas con mayor concentración, como los puntos P-3, P-6 y P-2 (52.4 mg/L, 51.4 mg/L y 51.3 mg/L), pueden estar más expuestas a estas rocas carbonatadas, lo que incrementa la cantidad de calcio disuelto. Por otro lado, en el punto P-4 (47.4 mg/L), con la concentración más baja, podría haber menos interacción con rocas calcáreas, o la zona podría tener una menor permeabilidad, limitando la circulación del agua y la disolución de minerales. Estas diferencias pueden estar también relacionadas con factores como la variabilidad en la composición del suelo y la influencia de actividades humanas que alteren el equilibrio natural de los minerales en la zona.

### Figura 15

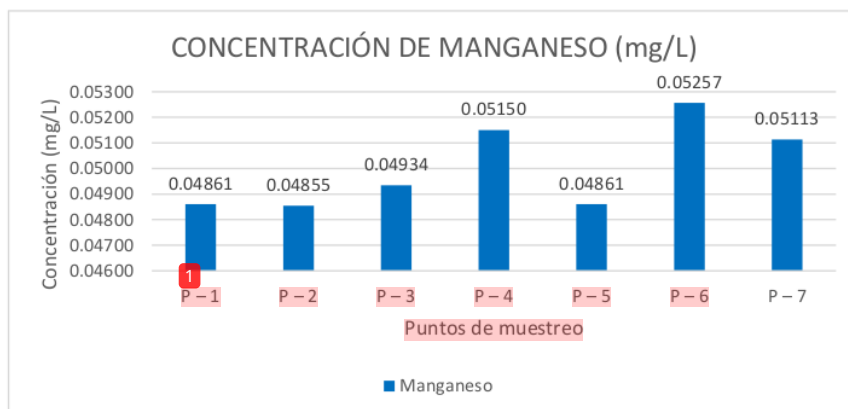
*Concentración del magnesio en aguas subterráneas de las siete facultades de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez.*



En la figura 15, refleja las concentraciones de magnesio (en mg/L) en los mismos puntos de muestreo que la figura anterior. Los valores varían de 13.4 mg/L a 14.8 mg/L. Los puntos P-3 y P-1 tienen las concentraciones más altas de magnesio (14.8 mg/L y 14.5 mg/L, respectivamente), mientras que el punto P-2 tiene la concentración más baja (13.4 mg/L). El magnesio es un elemento abundante en muchas rocas ígneas y sedimentarias, y su presencia en aguas subterráneas se debe, principalmente, a la disolución de minerales como la olivina, el piroxeno y el anfíbol, además de la dolomita. Las áreas con mayores concentraciones de magnesio, como P-3 (14.8 mg/L), podrían estar ubicadas cerca de formaciones geológicas con mayor contenido de estos minerales, mientras que zonas como P-2 (13.4 mg/L) podrían estar influenciadas por materiales geológicos con menor disponibilidad de magnesio. Además, la recarga del acuífero, la variación en el flujo del agua subterránea y la capacidad de intercambio iónico del suelo son factores que también pueden afectar la distribución de este mineral en el agua subterránea.

### Figura 16

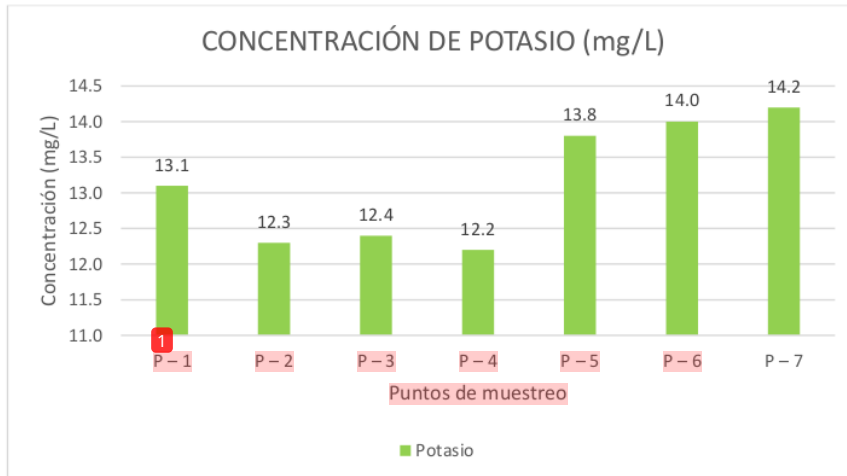
*Concentración del manganeso en aguas subterráneas de las siete facultades de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez.*



En la figura 16, se observa las concentraciones de manganeso (en mg/L), con valores que oscilan entre 0.04855 mg/L y 0.05257 mg/L. El punto de muestreo P-6 presenta la concentración más alta de manganeso (0.05257 mg/L), mientras que el P-2 tiene la más baja (0.04855 mg/L). Aunque estas concentraciones son bajas, el manganeso puede tener origen en procesos de disolución de minerales como la pirolusita ( $MnO_2$ ) y la rodocrosita ( $MnCO_3$ ), que se encuentran en las rocas circundantes. Las diferencias entre los puntos de muestreo podrían explicarse por las condiciones redox del acuífero: el manganeso es más soluble en condiciones anóxicas (bajas concentraciones de oxígeno), lo que indica que las áreas con concentraciones más altas, como P-6, pueden estar en zonas donde el oxígeno disuelto es limitado, facilitando la liberación de manganeso al agua. Por el contrario, los puntos con concentraciones más bajas podrían estar más oxigenados, lo que limita la solubilidad del manganeso. Adicionalmente, los procesos de adsorción en sedimentos, la composición mineral del suelo y la influencia de actividades antropogénicas (como la agricultura o la industria) también podrían influir en los niveles detectados.

**Figura 17**

*Concentración del potasio en aguas subterráneas de las siete facultades de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez.*



En la figura 17, se observa las concentraciones de potasio (en mg/L), que oscilan entre 12.2 mg/L y 14.2 mg/L. Las concentraciones de potasio más elevadas se observan en los puntos P-6 y P-7 (14.2 mg/L y 14.0 mg/L, respectivamente), mientras que el punto P-4 tiene la concentración más baja (12.2 mg/L). El potasio es un componente común en rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias, y su presencia en aguas subterráneas proviene de la meteorización de feldespatos (como la ortoclasa) y micas (biotita y moscovita). En zonas con concentraciones más altas, como P-7, es probable que haya una mayor exposición a estas rocas o una mayor meteorización de minerales que contengan potasio. Por otro lado, en áreas como P-4, con concentraciones más bajas, podría haber menos disponibilidad de estas rocas o un proceso de disolución más lento. Cabe destacar que el potasio es menos móvil que otros iones debido a su capacidad para adsorberse a las partículas de arcilla en el suelo, lo que puede limitar su concentración en el agua subterránea, y podría

explicar por qué las variaciones no son tan grandes entre los diferentes puntos de muestreo.

#### 4.1.2. Proponer tecnologías disponibles para realizar el tratamiento de dichas aguas subterráneas de la UANCV

Una vez obtenida los resultados emitidos de la concentración de metales pesados <sup>1</sup> por el Laboratorio de Calidad Ambiental de la E.P.I.S.A. de la F.I.C.P. de la U.A.N.C.V – Juliaca, se puede observar en el ítem 4.1.1. que los metales pesados <sup>1</sup> como el arsénico y cadmio en las aguas subterráneas superan el <sup>5</sup> “Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano” del Decreto Supremo N° 010 - 2010 – MINAM; Anexo III: Límites Máximos Permisibles de los Parámetros Químicos Inorgánicos y Orgánicos, <sup>1</sup> el cual para arsénico nos da un valor de 0.010 mg/L y para cadmio nos da un valor de 0.003mg/L.

Para tratar la presencia elevada de arsénico y cadmio en las aguas subterráneas <sup>2</sup> de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez (UANCV), se pueden implementar diversas tecnologías de tratamiento específicas para estos metales pesados. A continuación, se proponen algunas de las tecnologías más eficaces:

##### 1. Adsorción con Alúmina Activada

- **Descripción:** La alúmina activada es muy efectiva para remover arsénico y cadmio del agua. Funciona adsorbiendo estos metales en su superficie porosa, atrapándolos y eliminándolos del agua.
- **Ventajas:** Alta eficacia para arsénico, relativamente simple de implementar y operar.

- **Desventajas:** Puede requerir regeneración o reemplazo periódico del material adsorbente.

## 2. Filtración con Carbón Activado Modificado

- **Descripción:** El carbón activado puede ser modificado químicamente para mejorar su capacidad de adsorción de metales pesados como el arsénico y el cadmio.
- **Ventajas:** Relativamente económico y ampliamente disponible.
- **Desventajas:** Menos efectivo que otras tecnologías para concentraciones muy altas; requiere reemplazo frecuente.

## 3. Intercambio Iónico

- **Descripción:** Las resinas de intercambio iónico intercambian iones de arsénico y cadmio en el agua por iones inofensivos adheridos a la resina. Este método es muy eficaz para remover metales pesados.
- **Ventajas:** Alta eficiencia y selectividad para metales específicos.
- **Desventajas:** Requiere regeneración de la resina y manejo adecuado de los residuos.

## 4. Precipitación Química

- **Descripción:** Involucra la adición de reactivos químicos que causan la precipitación de arsénico y cadmio como compuestos insolubles, los cuales son luego removidos mediante sedimentación o filtración.
- **Ventajas:** Económica y adecuada para altos volúmenes de agua.
- **Desventajas:** Genera residuos sólidos que deben ser manejados adecuadamente.

### 5. Ósmosis Inversa

- **Descripción:** Este proceso de filtración utiliza una membrana semipermeable que elimina la mayoría de los contaminantes, incluidos arsénico y cadmio. Es eficaz incluso en concentraciones muy bajas.
- **Ventajas:** Altamente eficiente y capaz de tratar una amplia gama de contaminantes.
- **Desventajas:** Costoso de instalar y operar; requiere pretratamiento del agua.

### 6. Nanofiltración

- **Descripción:** Similar a la ósmosis inversa, pero con poros más grandes en la membrana, la nanofiltración puede remover eficientemente metales pesados, incluyendo arsénico y cadmio.
- **Ventajas:** Menor costo energético que la ósmosis inversa y efectiva para una amplia gama de contaminantes.
- **Desventajas:** Menos eficaz para contaminantes de tamaño muy pequeño.

### 7. Electrocoagulación

- **Descripción:** Este método utiliza corriente eléctrica para coagular y precipitar los metales pesados en el agua. Los electrodos liberan iones que reaccionan con los contaminantes, facilitando su remoción.
- **Ventajas:** Eficaz para aguas con altas concentraciones de metales pesados.
- **Desventajas:** Requiere una fuente de energía constante y el manejo de los lodos generados.

### 8. Fitorremediación

- **Descripción:** Utiliza plantas específicas que pueden absorber y acumular <sup>4</sup> metales pesados como el arsénico y el cadmio en sus tejidos. Estas plantas

se cultivan en el área afectada y luego se cosechan para su disposición segura.

- **Ventajas:** Económica y ecológica.
- **Desventajas:** Proceso lento y generalmente más adecuado para la remediación de suelos o aguas superficiales que para aguas subterráneas.

## 9. Biorremediación

- **Descripción:** Involucra el uso de microorganismos que pueden transformar o inmovilizar arsénico y cadmio, reduciendo su movilidad y toxicidad.
- **Ventajas:** Enfoque sostenible y ambientalmente amigable.
- **Desventajas:** Requiere condiciones específicas de operación y es un proceso lento.

En donde, la selección de la tecnología más adecuada dependerá de factores como la concentración de arsénico y cadmio, el volumen de agua a tratar, el presupuesto disponible, y las condiciones específicas del sitio. En muchos casos, una combinación de varias tecnologías puede ofrecer la mejor solución para asegurar <sup>2</sup> la remoción efectiva de estos contaminantes de las aguas subterráneas en la UANCV.

## 4.2. <sup>1</sup> Discusiones

Con respecto a la concentración de metales pesados en aguas subterráneas de las siete facultades de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, en nuestro trabajo de investigación para arsénico se obtuvo una concentración mínima en el P-4 con un valor <sup>20</sup> de 0.16719 mg/L y una concentración máxima en el P-3 con un valor de 0.17623 mg/L. Por otro lado, para el cadmio se obtuvo una concentración mínima en el P-4 con un valor <sup>20</sup> de

0.01380 mg/L y una concentración máxima en el P-1 con un valor de 0.01540 mg/L. Estos valores encontrados para ambos metales superan el <sup>5</sup> "Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano" del Decreto Supremo N° 010 - 2010 – MINAM; Anexo III: Límites Máximos Permisibles de los Parámetros Químicos Inorgánicos y Orgánicos. En cambio, en la tesis presentado por Delgado y Zabala (2021) titulada <sup>4</sup> "Estudio de la concentración de metales pesados (arsénico, cadmio, mercurio y plomo) en agua para consumo humano en el departamento de Arequipa" encontró el <sup>1</sup> arsénico con una concentración de 0.0288 mg/L y el cadmio se encontró con un valor de 0.0002 mg/L. Por otro lado, Cusiche et al. (2021) en su tesis denominado <sup>10</sup> "Determinación de metales pesados en agua para consumo humano de la ciudad de Junín" encontró presencia de metales pesados como: arsénico con un valor de 0.001 <sup>26</sup> a 0.002 mg/L y para el cadmio se encontró con un valor de 0.001 a 0.003 mg/L. En las investigaciones mencionadas la concentración del arsénico y cadmio varía, esto debido a varios factores como la geología de la zona ya que puede tener formaciones geológicas naturales ricas en arsénico y cadmio. Puede encontrarse presencia de arsénico y cadmio debido al uso de pesticidas y fertilizantes y por los cambios en el nivel freático ya que la sobreexplotación de aguas subterráneas puede alterar el flujo de agua, exponiendo capas del suelo y formaciones geológicas que contienen arsénico y cadmio, liberando así estos metales al agua y por ultimo podría deberse por la inadecuada <sup>2</sup> disposición de las aguas residuales de la universidad ya que si no son tratadas adecuadamente antes de su disposición, el arsénico y cadmio pueden filtrarse al suelo y eventualmente alcanzar las aguas subterráneas contaminándolas con estos metales.

Con respecto a la propuesta de tecnologías disponibles para realizar el tratamiento de dichas aguas subterráneas de la UANCV, en nuestra investigación se aprecia que los metales pesados con arsénico y cadmio superan el “Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano” del Decreto Supremo N° 010 - 2010 – MINAM; Anexo III: Límites Máximos Permisibles de los Parámetros Químicos Inorgánicos y Orgánicos, el cual para arsénico nos da un valor de 0.010 mg/L y para cadmio nos da un valor de 0.003mg/L. Para tratar la presencia elevada de arsénico y cadmio en las aguas subterráneas de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez (UANCV), se planteó 09 tecnologías las cuales son: Adsorción con alúmina activada, Filtración con carbón activado modificado, Intercambio iónico, Precipitación química, Ósmosis inversa, Nanofiltración, Electrocoagulación, Fitorremediación y Biorremediación. En donde, la selección de la tecnología más adecuada dependerá de factores como la concentración de arsénico y cadmio, el volumen de agua a tratar, el presupuesto disponible, y las condiciones específicas del sitio. En muchos casos, una combinación de varias tecnologías puede ofrecer la mejor solución para asegurar la remoción efectiva de estos contaminantes de las aguas subterráneas en la UANCV.

## <sup>1</sup> CONCLUSIONES

**PRIMERA:** Basado en los resultados obtenidos de la concentración de metales pesados en aguas subterráneas de las siete facultades de la UANCV, se encontró el arsénico con una concentración mínima de 0.16719 mg/L y una concentración máxima de 0.17623 mg/L y el cadmio se encontró con una concentración mínima de 0.01380 mg/L y una concentración máxima de 0.01540 mg/L; concluyéndose que ambos metales pesados superan el <sup>14</sup> “Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano” del Decreto Supremo N° 010 - 2010 – MINAM.

**SEGUNDA:** Respecto a la propuesta de tecnologías disponibles para realizar el tratamiento de dichas aguas subterráneas de la UANCV, se concluye con el planteamiento de 09 tecnologías: Adsorción con alúmina activada, Filtración con carbón activado modificado, Intercambio iónico, Precipitación química, Ósmosis inversa, Nanofiltración, Electrocoagulación, Fitorremediación y Biorremediación las cuales son eficientes para la reducción de metales pesados.

## <sup>2</sup> RECOMENDACIONES

**PRIMERA:** A los futuros investigadores se les recomienda establecer un sistema de monitoreo continuo de las aguas subterráneas que permita la evaluación regular de los niveles de arsénico y cadmio. Este sistema debería incluir la instalación de puntos de monitoreo en ubicaciones estratégicas alrededor del campus para detectar cualquier cambio en la concentración de metales pesados.

**SEGUNDA:** A los futuros investigadores se les recomienda realizar estudios de monitoreo de metales pesados completo y <sup>34</sup> de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos, determinando así la calidad de las aguas subterráneas de la universidad andina Néstor Cáceres Velásquez de Juliaca.

**TERCERA:** <sup>1</sup> A los futuros investigadores se les recomienda implementar tecnologías propuestas en la presente investigación para reducir <sup>1</sup> los niveles de arsénico y cadmio en las aguas subterráneas y evaluar la eficiencia de estas tecnologías en el contexto local para seleccionar la más efectiva.

**CUARTA:** A futuros investigadores se les recomienda realizar un análisis mucho más amplio en referencia a todos los metales pesados y parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar Limón, K. J. (2005). *Remoción de arsénico en aguas subterráneas de la Comarca Lagunera*. Monterrey. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://repositorio.tec.mx/bitstream/handle/11285/572421/DocsTec\_2591.pdf;sequence=1
- ANA. (2014). *Diagnóstico de la calidad de los recursos hídricos en el Perú 20002012*. Lima: Autoridad Nacional del Agua. Lima.
- ANA. (2016). *AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA* .
- Aramburo Vélez, D. A. (2011). *Investigación preliminar de conceptos básicos y fundamentos a utilizar en el laboratorio de crudos y aguas*. Obtenido de <http://es.slideshare.net/daramburov/trabajo-investigativo-n5>
- Arce Sancho, S. N. (2017). *Suelos contaminados con plomo en la ciudad de La Oroya - Junín y su impacto en la calidad del agua del río Mantaro*. Lima. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://core.ac.uk/download/pdf/323351317.pdf
- Arias Ayala, J. P. (2018). *Caracterización fisicoquímica y bacteriológica, del agua de consumo humano del centro poblado de pampa hermosa, distrito de Chontabamba, provincia de Oxapampa – 2018*. UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN, Cerro de Pasco - Peru.
- Bertran, Y. (2017). *Guía para el manejo responsable y alternativas de eliminación del mercurio en ambientes de trabajo del sector minero*. Colombia: Alianza por la Minería Responsable.

- Blanco Hernández, A. L., Alonso Gutiérrez, D., & Jiménez de Blas, O. (2022). *Estudio de los niveles de plomo, cadmio, cinc y arsénico, en aguas de la provincia de Salamanca*. Madrid.
- Calcina Benique, M. E., Calcina Rondán, L. E., & Huaraya Chambi, F. R. (2022). *Arsénico en aguas subterráneas de la cuenca del río Callacame y su impacto en suelos agrícolas en Desaguadero, Puno - Perú*. Desaguadero - Perú.
- Capacoila Coila, J. (2017). *Evaluación de la concentración de metales pesados en las aguas superficiales del río Coata*. Universidad Nacional del Altiplano, Puno.
- Chavez Mauricio, E., & Lopez Alvarado, R. L. (2019). *Evaluación de la calidad físico, químico y microbiológico del recurso hídrico subterráneo como fuente de abastecimiento para consumo humano en el distrito de Vicco, provincia y departamento de Pasco*. Cerro de Pasco – Perú. Obtenido de [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/file:///C:/Users/user/Downloads/T026\\_43036097\\_T.pdf](chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/file:///C:/Users/user/Downloads/T026_43036097_T.pdf)
- Chavez, A. (2011). *Acumulación de metales pesados en sedimentos del ecosistema manglar en laguna de términos Campeche – México*. México.
- Cusiche Pérez, L. F., Espinoza Tumialán, C. L., & Espinoza Tumialán, G. E. (2021). *Determinación de metales pesados en agua para consumo humano de la ciudad de Junín*. Junin - Perú .
- Delgado Rodriguez, T. M., & Zavala Sucuitana, P. C. (2021). *Estudio de la concentración de metales pesados (arsénico, cadmio, mercurio y plomo)*

*en agua para consumo humano en el departamento de Arequipa.*  
 Arequipa. Obtenido de chrome-  
 extension://efaidnbmnnnibpcajpcgglefindmkaj/https://repositorio.uma.e  
 du.pe/bitstream/handle/20.500.12970/417/ESTUDIO%20DE%20LA%20  
 CONCENTRACION%20DE%20METALES%20PESADOS%20  
 %20ARSENICO%20CADMIO%20MERCURIO%20Y  
 %20PLOMO%20EN%20AGUA%20

Delgado Rodriguez, T. M., & Zavala Sucuitana, P. C. (2021). *Estudio de la  
 concentración de metales pesados (arsénico, cadmio, mercurio y plomo)  
 en agua para consumo humano en el departamento de Arequipa.* Lima -  
 Perú. Obtenido de  
 https://repositorio.uma.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12970/417/EST  
 UDIO%20DE%20LA%20CONCENTRACION%20DE%20META  
 LES%20PESADOS%20ARSENICO%20CADMIO%20  
 %20MERCURIO%20Y%20PLOMO%20EN%20AGUA%20PARA%  
 20CONSUMO%20HUMANO%20EN%20EL%20DEPARTAMENTO%20  
 D

DIGESA. (2011). *El agua.* Peru.

EPA. (2015). *Programa de conservación de agua Watersense.* Obtenido de  
[https://www3.epa.gov/watersense/our\\_water/como.html](https://www3.epa.gov/watersense/our_water/como.html)

Esparza , M. (2005). *Estudio para el mejoramiento de la calidad del agua de  
 pozos en zonas rurales de Puno.* Lima.

Esteller, M., Morell, I., & Galárraga, R. (2005). *Recursos Hídricos.* Uruguay.  
 Obtenido de <http://tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/rh01/rh01.pdf>

- Foster, S., Hirata, R., Gomes, D., Delia, M., & Paris, M. (2002). *Protección de la Calidad del Agua Subterránea (Primera ed.)*. Washington, Estados Unidos. Obtenido de [http://siteresources.worldbank.org/INTWRD/Resources/3364861175813625542/Sp\\_Groundwaterquality\\_web.pdf](http://siteresources.worldbank.org/INTWRD/Resources/3364861175813625542/Sp_Groundwaterquality_web.pdf)
- Galán, E. (2008). *The role of clay minerals in removing and immobilising heavy metals from contaminated soils*. In "Proceedings of the 1st. Latin American Clay Conference".
- Galdiano V., Souza M., Borella I. , & Quaglia C. . (2007). *Manual de Perforación de Pozos Tubulares para Investigación y Captación de Agua Subterránea en el «Sistema Acuífero Guaraní» Primera edición, Montevideo.*
- Gan, Y. W. (2014). *Hydrogeochemistry and arsenic contamination of groundwater in the Jiangnan Plain , central China*. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2013.12.013>
- Guijarro. (2010). *Análisis instrumental: Espectrometría de Absorción Atómica (EAA)*. Universitat Politècnica de València, Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente.
- Hernández, R., & Fernández, C. (2010). *Metodología de la investigación*. Obtenido de [https://www.esup.edu.pe/descargas/dep\\_investigacion/Metodologia%20de%20la%20investigaci%C3%B3n%205ta%20Edici%C3%B3n.pdf](https://www.esup.edu.pe/descargas/dep_investigacion/Metodologia%20de%20la%20investigaci%C3%B3n%205ta%20Edici%C3%B3n.pdf)
- Hernández, R., & Fernández, C. (2018). *Metodología de la investigación*. Mexico: McGRAW-HILL.

- IARC. (2002). *Efectos Biológicos de campos magnéticos de muy baja frecuencia y radiofrecuencia en presencia de metales pesados: Cadmio y Mercurio*. AGENCIA INTERNACIONAL PARA LA INVESTIGACIÓN DEL CANCER. Obtenido de <http://m.autismoava.org/archivos/ucm-t25621.pdf>
- Kahlow, M. A., Majeed, A., & Tahir, M. A. (2022). *Water Quality Status in Pakistan*. Pakistan Council of Research in Water Resources (PCRWR), Ministry of Science & Technology, Government of Pakistan. Pakistan.
- Li, A., Chan, M., Leung, T., Cheung, R., & Lam, T. (2010). *Mercury intoxication presenting with tics*. Health Children.
- Lipa Paye, Y. L. (2018). *Influencia de la caracterización del agua en la determinación de los procesos de tratamiento para consumo humano en el centro poblado de San Isidro, año 2017*. Tesis pregrado, Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez, Juliaca - Peru. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/249337472.pdf>
- Llamas, R., Hernandez, N., & Martinez, L. (2000). *El uso sostenible de las aguas subterráneas*. Papeles Del Proyecto Aguas Subterráneas.
- López, J., Fornés, J., Ramos, G., & Villarroya, F. (2009). *Las aguas subterráneas: un recurso natural del subsuelo (Cuarta ed.)*. Madrid. Madrid, España.
- Mamani Arpasi, Y. M. (2023). *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*. Puno ' Perú.
- Mamani Navarro , W. (2019). *Contaminación de las aguas subterráneas por Arsenico (As) en el caso del distrito de Juliaca - Peru*. Puno. Obtenido de

chrome-

extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/http://repositorio.unaj.edu.pe:8080/bitstream/handle/UNAJ/59/31-36.pdf?sequence=1&isAllowed=y

MINAM. (2010). *MINISTERIO NACIONAL DE MEDIO AMBIENTE*.

Ministerio de Agricultura. (2016). *Les puits d'eau en milieu rural*. Obtenido de <https://www.omafra.gov.on.ca/french/engineer/facts/15-048.htm>

Onkar, S., & Sulochana, J. (2015). *Evaluation of water quality pollution indices for heavy metal contamination monitoring in the water of Harike Wetland (Ramsar Site), India*. International Journal of Scientific and Research Publications, India.

OPS. (1995). *Análisis de metales en agua potable y residual por espectrofotometría de absorción atómica*. Obtenido de <http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/fulltext/analisis.pdf>

Ordoñez, J. (2011). *Cartilla Técnica: Aguas Subterráneas - Acuíferos*. Lima - Peru.

Ormachea Muñoz, M. G. (2016). *Geochemistry of naturally occurring arsenic in groundwater and surface-water in the southern part of the Poopó Lake basin, Bolivian Altiplano*. Bolivia.

Peña Laureano, F. (2012). *Las aguas subterráneas en el Perú*. Perú.

Pritchard, D. (2010). *El manejo de las aguas subterráneas: Lineamientos para el manejo de las aguas subterráneas a fin de mantener las características ecológicas de los humedales*.

- Reza, R., & Singh, G. (2010). *Heavy metal contamination and its indexing approach for river water*. International Journal of Environmental Science and Technology.
- Rivera Carrasco, I. G. (2021). *Evaluación de la concentración de los metales pesados (arsénico, plomo y zinc) en las aguas superficiales de la Laguna Patón, (Oyón, Perú)*. Lima – Perú.
- Robles, C., Chavez, D., Gonzales, J., & Junez, H. (2016). *Evaluación de la Contaminación del Agua Subterránea por Metales Pesados en un Acuífero Somero*. Zacatecas.
- Rodriguez, F. (2008). *Tipos y niveles de investigación científica*. Lima - Perú.
- RS Ingenierias. (2023). *El Pozo Perforado: La solución sostenible para el abastecimiento de agua*. Peru.
- Salcedo Meza, M. T., Apolinar Quínte, V., Inocenta Zavaleta, D., & Imán Mendoza, J. (2013). *Concentración de metales pesados en el agua de consumo del distrito de Huacho*. Lima - Perú.
- Sierra, R. (2011). *Calidad del agua, evaluación y diagnóstico*. Medellín: Ediciones de la U.
- Sociedad Geográfica de Lima. (2011). *Aguas Subterráneas- Acuíferos*. Lima.
- Sutton, D., & Harmon, P. (1999). *Fundamentos de Ecología*. Noriega: Limusa Noriega Editores. G.
- Tamayo, M. (2003). *El proceso de la investigación científica*. Limusa Noriega Editores. doi:<https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>
- Tarbuck, E., & Lutgens, F. (2005). *Ciencias De La Tierra, Una Introducción A La Geología Física*. Pearson Educación. Madrid - España: Prentice Hall.

Tarbuck, E. , & Lutgens, F. . (2005). *Ciencias De La Tierra, Una Introducción A La Geología*. Prentice Hall.

Vega González, J. A. (2012). *Nivel de contaminación por metales pesados (Pb, Cu, Hg, As y Fe) en el río el toro, distrito de Huamachuco de la provincia de Sánchez Carrión durante año 2009 – 2010*. Tesis de maestría, Universidad Nacional de Trujillo), Sánchez Carrión.

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

# **ANEXOS**

## ANEXO 1. Matriz de consistencia

## NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ JULIACA 2024

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN
<p>¿Cuál es el nivel de concentración de metales pesados en aguas subterráneas de la universidad andina Néstor Cáceres Velásquez Juliaca 2024?</p>	<p>Determinar el nivel de concentración de metales pesados en aguas subterráneas de la universidad andina Néstor Cáceres Velásquez Juliaca 2024.</p>	<p>Para la presente investigación no se formulan las hipótesis, esto se debe a que la investigación es de nivel descriptivo, así mismo por tener variable de caracterización y variables de interés, porque la investigación no busca causas ni efectos</p>	<p><b>VARIABLES de caracterización</b></p> <p>☐ Metales pesados en aguas subterráneas (pozos) de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez</p>	<p><b>Tipo de investigación.</b></p> <p>Aplicada: Se le denomina también activa o dinámica, y se encuentra estrechamente ligada a la básica o pura, ya que depende de sus descubrimientos y aportes teóricos.</p>
<p><b>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</b></p> <p>a) ¿Cuál es la concentración de metales pesados en aguas subterráneas de siete facultades de la Universidad de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez?</p> <p>b) ¿Cuáles serán las tecnologías disponibles para realizar el tratamiento de dichas aguas subterráneas de la UANCV?</p>	<p><b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b></p> <p>a) Determinar la concentración de metales pesados en aguas subterráneas de siete facultades de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez.</p> <p>b) Proponer tecnologías disponibles para realizar el tratamiento de dichas aguas subterráneas de la UANCV</p>		<p><b>VARIABLES de interés</b></p> <p>Concentración de metales pesados</p>	<p><b>Nivel de investigación</b></p> <p>Nivel descriptivo: Porque tiene como objetivo la descripción de los fenómenos a investigar, tal como es y cómo se manifiesta en el momento de realizarse el estudio y utiliza la observación como método descriptivo.</p> <p><b>Diseño de la investigación</b></p> <p>La investigación se encuentra incluida dentro del diseño no experimental transeccional – Descriptivo</p>

**ANEXO 2.**

## Resultados del análisis en laboratorio



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

**RESULTADO DE ANALISIS - AGUAS**

INFORME N° LC 080 - 24

**I. DATOS DEL SERVICIO**

- 1.1. Solicitante : Deiby Ludmir Quenallata Quea  
 1.2. Proyecto : NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELASQUEZ

**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 : 17/07/2024  
 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
P -1	E: 380117.93 N: 8282287.07	15/07/2024	7:00
P -2	E: 380239 N:8282346	15/07/2024	7:10
P -3	E: 380207 N:8282375	15/07/2024	7:25
P -4	E: 380158 N:8282325	15/07/2024	7:40
P -5	E: 380204 N:8282366	15/07/2024	8:00
P -6	E: 380198 N:8282346	15/07/2024	8:30
P -7	E: 380075 N: 8282417	15/07/2024	9:10



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	P-6	P-7
Arsénico	mg/L	0.17019	0.17403	0.17623	0.16719	0.17410	0.17302	0.17510
Cadmio	mg/L	0.01540	0.01491	0.01429	0.01380	0.01428	0.01388	0.01465
Calcio	mg/L	48.0	51.3	52.4	47.4	47.5	51.4	49.0
Magnesio	mg/L	14.5	13.4	14.8	13.9	14.0	14.1	14.2
Manganeso	mg/L	0.04861	0.04855	0.04934	0.05150	0.04861	0.05257	0.05113
Potasio	mg/L	13.1	12.3	12.4	12.2	13.8	14.0	14.2

### 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, 22 de julio 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**

<b>Parámetros Inorgánicos</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Límite máximo permisible</b>
1. Antimonio	mg Sb L <sup>-1</sup>	0,020
2. Arsénico ( <b>nota 1</b> )	mg As L <sup>-1</sup>	0,010
3. Bario	mg Ba L <sup>-1</sup>	0,700
4. Boro	mg B L <sup>-1</sup>	1,500
5. Cadmio	mg Cd L <sup>-1</sup>	0,003
6. Cianuro	mg CN <sup>-</sup> L <sup>-1</sup>	0,070
7. Cloro ( <b>nota 2</b> )	mg L <sup>-1</sup>	5
8. Clorito	mg L <sup>-1</sup>	0,7
9. Clorato	mg L <sup>-1</sup>	0,7
10. Cromo total	mg Cr L <sup>-1</sup>	0,050
11. Flúor	mg F <sup>-</sup> L <sup>-1</sup>	1,000
12. Mercurio	mg Hg L <sup>-1</sup>	0,001
13. Niquel	mg Ni L <sup>-1</sup>	0,020
14. Nitratos	mg NO <sub>3</sub> L <sup>-1</sup>	50,00
15. Nitritos	mg NO <sub>2</sub> L <sup>-1</sup>	3,00 Exposición corta 0,20 Exposición larga
16. Plomo	mg Pb L <sup>-1</sup>	0,010
17. Selenio	mg Se L <sup>-1</sup>	0,010
18. Molibdeno	mg Mo L <sup>-1</sup>	0,07
19. Uranio	mg U L <sup>-1</sup>	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 - 11 - 2024

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: DEIBY LUDMIR QUENALLATA QUEA  
Dirección: JR. APACHETA N° 135  
DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 47133361  
Teléfono: 916588236 email: quenallatadeiby@gmail.com

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

Facultad y/o Escuela de Posgrado: FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS PURAS

Escuela Profesional o Mención: ESCUELA PROFESIONAL DE 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: NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA  
UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELASQUEZ JULIACA 2024

Palabras claves, (3 a 5 términos): MERCURIO, PLOMO, ARSÉNICO

¿Esta obra se desarrolló en la UANCV <sup>1,2</sup>?  
1

<sup>1</sup> 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.

<sup>2</sup> 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 - 11 - 2024

Fecha

# NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELASQUEZ JULIACA 2024

## INFORME DE ORIGINALIDAD

20%

INDICE DE SIMILITUD

17%

FUENTES DE INTERNET

6%

PUBLICACIONES

13%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	11%
2	repositorio.uancv.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	repositorio.undac.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
5	G & M CONSULTORIA AMBIENTAL S.A.C.. "PAMA de la Planta de Procesamiento de Aves-IGA0015917", R.D.G. N° 392-2016-MINAGRIDVIAR-DGAAA, 2022 Publicación	1%
6	repositorio.upsc.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	repositorio.cientifica.edu.pe Fuente de Internet	<1%

---

8	<a href="https://orcid.org">orcid.org</a> Fuente de Internet	<1 %
9	<a href="https://tesis.unap.edu.pe">tesis.unap.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
10	<a href="http://www.grafiati.com">www.grafiati.com</a> Fuente de Internet	<1 %
11	Submitted to October University for Modern Sciences and Arts (MSA) Trabajo del estudiante	<1 %
12	<a href="https://repositorio.uma.edu.pe">repositorio.uma.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
13	<a href="https://repositorio.unap.edu.pe">repositorio.unap.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
14	<a href="https://repositorio.unheval.edu.pe">repositorio.unheval.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
15	<a href="https://repositorio.unh.edu.pe">repositorio.unh.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
16	Submitted to uncedu Trabajo del estudiante	<1 %
17	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	<1 %
18	<a href="http://www.monografias.com">www.monografias.com</a> Fuente de Internet	<1 %

---

19	<a href="http://idoc.pub">idoc.pub</a> Fuente de Internet	<1 %
20	<a href="http://repository.usta.edu.co">repository.usta.edu.co</a> Fuente de Internet	<1 %
21	<a href="http://repositorio.upsb.edu.pe">repositorio.upsb.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
22	<a href="http://repositorio.uladech.edu.pe">repositorio.uladech.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
23	<a href="http://repositorio.unc.edu.pe">repositorio.unc.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
24	<a href="http://1library.co">1library.co</a> Fuente de Internet	<1 %
25	<a href="http://americanae.aacid.es">americanae.aacid.es</a> Fuente de Internet	<1 %
26	<a href="http://apirepositorio.unh.edu.pe">apirepositorio.unh.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
27	<a href="http://core.ac.uk">core.ac.uk</a> Fuente de Internet	<1 %
28	<a href="http://dspace.utpl.edu.ec">dspace.utpl.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
29	<a href="http://repositorio.uap.edu.pe">repositorio.uap.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
30	<a href="http://www.science.gov">www.science.gov</a> Fuente de Internet	<1 %

31 [caracoli.cdmb.gov.co](http://caracoli.cdmb.gov.co) <1 %  
Fuente de Internet

---

32 [inis.iaea.org](http://inis.iaea.org) <1 %  
Fuente de Internet

---

33 [repositorio.uta.edu.ec](http://repositorio.uta.edu.ec) <1 %  
Fuente de Internet

---

34 [repositorio.utc.edu.ec](http://repositorio.utc.edu.ec) <1 %  
Fuente de Internet

---

35 [www.repositorio.unach.edu.pe](http://www.repositorio.unach.edu.pe) <1 %  
Fuente de Internet

---

Excluir citas

Apagado

Exclude assignment  
template

Activo

Excluir bibliografía

Activo

Excluir coincidencias

< 10 words