



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL



**INFLUENCIA DE LOS SILOS DE DISPOSICIÓN DE
EXCRETAS HUMANAS EN LAS AGUAS DE POZOS
ARTESANALES DE LA URBANIZACIÓN VILLA
LOS TRIUNFADORES, CARACOTO 2025**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. JESUS UGARTE APAZA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL

JULIACA – PERÚ

2025



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

**INFLUENCIA DE LOS SILOS DE DISPOSICIÓN DE
EXCRETAS HUMANAS EN LAS AGUAS DE POZOS
ARTESANALES DE LA URBANIZACIÓN VILLA
LOS TRIUNFADORES, CARACOTO 2025**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. JESUS UGARTE APAZA

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

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE

:


Dr. LEONEL SUASACA PELINCO

PRIMER MIEMBRO

:


Dr. OSCAR VICENTE VIAMONTE CALLA

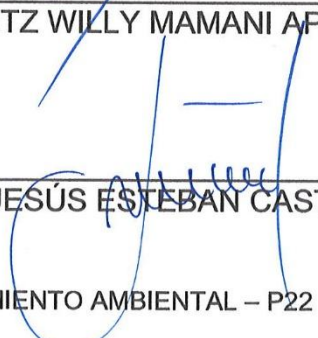
SEGUNDO MIEMBRO

:


Dr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA

ASESOR DE TESIS

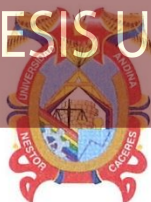
:


M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

:

SANEAMIENTO AMBIENTAL – P22

**"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"****RESOLUCIÓN DECANAL N° 1726-2025-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 17 de diciembre del 2025

VISTO: El expediente N° 2025 - CU - 12226 presentado por el (la) Bachiller: **JESUS UGARTE APAZA** 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. **JESUS UGARTE APAZA**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulada: **INFLUENCIA DE LOS SILOS DE DISPOSICIÓN DE EXCRETAS HUMANAS EN LAS AGUAS DE POZOS ARTESANALES DE LA URBANIZACIÓN VILLA LOS TRIUNFADORES, CARACOTO 2025**, la misma que pertenece a la línea de investigación **SANEAMIENTO AMBIENTAL** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental**.

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

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

RESUELVE:

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

- * **Presidente** : Dr. LEONEL SUASACA PELINCO
- * **1er Miembro** : Dr. OSCAR VICENTE VIAMONTE CALLA
- * **2do Miembro** : Dr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA

ARTICULO SEGUNDO. - RECONOCER como asesor de la investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, **M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA**.

ARTICULO TERCERO. - APROBAR, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de él (la) bachiller: **JESUS UGARTE APAZA**; del informe final de la investigación (tesis) titulada: **INFLUENCIA DE LOS SILOS DE DISPOSICIÓN DE EXCRETAS HUMANAS EN LAS AGUAS DE POZOS ARTESANALES DE LA URBANIZACIÓN VILLA LOS TRIUNFADORES, CARACOTO 2025** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental**, de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : lunes 22 de diciembre del 2025
- * **HORA** : 11:00 horas
- * **LUGAR** : Aula 306 - FICP

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CS. PURASDr. OSCAR V. VIAMONTE CALLA
DECANO (e)
CIP-32730UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURASDr. Cesar G. Camargo Najor
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓNcc.
Archivo



NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

RESOLUCIÓN DECANAL N° 1583-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 25 de noviembre del 2025

VISTO: El expediente N° 2025-CU-12239 por el señor (a): **JESUS UGARTE APAZA** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el PROVEIDO – N° 1021-2025-UI-FICP-UANCV/J, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 077 - 2025 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): **JESUS UGARTE APAZA**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulada: **INFLUENCIA DE LOS SILOS DE DISPOSICIÓN DE EXCRETAS HUMANAS EN LAS AGUAS DE POZOS ARTESANALES DE LA URBANIZACIÓN VILLA LOS TRIUNFADORES, CARACOTO 2025**, 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 **M.Sc. Jesús Esteban Castillo Machaca** 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° 077 - 2025 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **INFLUENCIA DE LOS SILOS DE DISPOSICIÓN DE EXCRETAS HUMANAS EN LAS AGUAS DE POZOS ARTESANALES DE LA URBANIZACIÓN VILLA LOS TRIUNFADORES, CARACOTO 2025**, Correspondiente a la línea de investigación **SANEAMIENTO AMBIENTAL**.

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

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

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, el **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para la **REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN**, presentado por el señor (a): **JESUS UGARTE APAZA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental, con el Tema Titulada: **INFLUENCIA DE LOS SILOS DE DISPOSICIÓN DE EXCRETAS HUMANAS EN LAS AGUAS DE POZOS ARTESANALES DE LA URBANIZACIÓN VILLA LOS TRIUNFADORES, CARACOTO 2025** correspondiente a la línea de investigación **SANEAMIENTO AMBIENTAL**, en virtud a los considerandos expuestos.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RATIFICAR como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a) la), **M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA**.

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. OSCAR V. VIAMONTE CALLA
DECANO (e)
CIP. 32730

cc.
Archivo
interesado (a)



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
DIRECTOR
Dr. César G. Camargo Najar
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 1342-2025-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 20 de octubre del 2025

VISTO: El expediente N° 2025-CU-9580, presentado por el señor (a) **JESUS UGARTE APAZA** solicitando **APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** el PROVEIDO - N° 968-2025-UI-FICP-UANCV/J, y la **FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** formato N° 077- 2025 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): **JESUS UGARTE APAZA** ha presentado su propuesta de investigación Titulada: **INFLUENCIA DE LOS SILOS DE DISPOSICIÓN DE EXCRETAS HUMANAS EN LAS AGUAS DE POZOS ARTESANALES DE LA URBANIZACIÓN VILLA LOS TRIUNFADORES, CARACOTO 2025**, 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 **M.Sc. Jesús Esteban Castillo Machaca** 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° 077- 2025- aprobando la propuesta de investigación titulada: **INFLUENCIA DE LOS SILOS DE DISPOSICIÓN DE EXCRETAS HUMANAS EN LAS AGUAS DE POZOS ARTESANALES DE LA URBANIZACIÓN VILLA LOS TRIUNFADORES, CARACOTO 2025**.

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): **JESUS UGARTE APAZA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental, con el Tema Titulada: **INFLUENCIA DE LOS SILOS DE DISPOSICIÓN DE EXCRETAS HUMANAS EN LAS AGUAS DE POZOS ARTESANALES DE LA URBANIZACIÓN VILLA LOS TRIUNFADORES, CARACOTO 2025** correspondiente a la línea de investigación **SANEAMIENTO 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 **M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA**.

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. PURASDr. OSCAR V. VIAMONTE CALLA
DECANO (e)
CIP. 32730UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURASDr. Fritz Willy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓNcc.
Archivo 2025
Interesado (a)



JESUS UGARTE APAZA

INFLUENCIA DE LOS SILOS DE DISPOSICIÓN DE EXCRETAS HUMANAS EN LAS AGUAS DE POZOS ARTESANALES DE LA UR...

 Trabajos de tesis para ingreso a repositorio

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::13016:591407773

Fecha de entrega

15 may 2026, 23:48 GMT-5

Fecha de descarga

16 may 2026, 0:00 GMT-5

Nombre del archivo

T036_47237694_T.docx

Tamaño del archivo

15.2 MB

117 páginas

18.253 palabras

100.043 caracteres



15% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

- 11%  Fuentes de Internet
- 4%  Publicaciones
- 11%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.



Metadatos complementarios

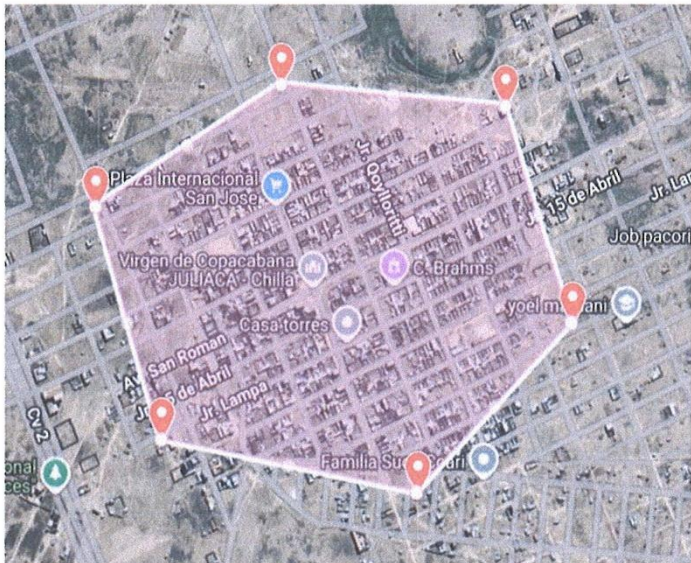
Título de la Tesis	
INFLUENCIA DE LOS SILOS DE DISPOSICIÓN DE EXCRETAS HUMANAS EN LAS AGUAS DE POZOS ARTESANALES DE LA URBANIZACIÓN VILLA LOS TRIUNFADORES, CARACOTO 2025	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	JESUS UGARTE APAZA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	47237694
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0000-4164-9015
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	01323821
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0003-4595-7589
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	LEONEL SUASACA PELINCO
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	40865558
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	OSCAR VICENTE VIAMONTE CALLA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02371550
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	FRITZ WILLY MAMANI APAZA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02306659



Metadatos complementarios

Título de la Tesis	
INFLUENCIA DE LOS SILOS DE DISPOSICIÓN DE EXCRETAS HUMANAS EN LAS AGUAS DE POZOS ARTESANALES DE LA URBANIZACIÓN VILLA LOS TRIUNFADORES, CARACOTO 2025	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	JESUS UGARTE APAZA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	47237694
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0000-4164-9015
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	01323821
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0003-4595-7589
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	LEONEL SUASACA PELINCO
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	40865558
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	OSCAR VICENTE VIAMONTE CALLA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02371550
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	FRITZ WILLY MAMANI APAZA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02306659



Datos de investigación	
Línea de investigación	Saneamiento Ambiental – P22
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento.
Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Puno Provincia: San Román Distrito: Caracoto Coordenadas: Latitud: 15°24'27"S Longitud: 70°07'37"O URL Maps: https://www.google.com/maps/d/edit?mid=1dftETF54NVs7r6TuqISUQmEiBg84daM&usp=sharing 
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Octubre 2025 - Diciembre 2025
URL de disciplinas OCDE https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html Librería	Ingeniería ambiental https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.07.00 Ciencias del medio ambiente https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.05.08



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁZQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
Dr. Fritz Willy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo JESUS UGARTE APAZA, identificado con DNI
Nro. 47237694, 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:

" INFLUENCIA DE LOS SILOS DE DISPOSICIÓN DE EXCRETAS HUMANAS EN LAS
AGUAS DE POZOS ARTESANALES DE LA URBANIZACIÓN VILLA LOS
TRIUNFADORES, CARACOTO 2025

Asesorado por: M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

Es un tema original.

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

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

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

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

Juliaca 29 de DICIEMBRE del 2025


Firma del Asesor


Firma del Estudiante





DEDICATORIA

A la memoria de mi madre, Anastasia Apaza, cuyo amor, esfuerzo y ejemplo siguen guiando cada paso de mi vida, incluso en su ausencia. Este logro es también tuyo madrecita. A mi padre, Hernán Ugarte, por su constancia, su apoyo y por enseñarme el valor del esfuerzo y la responsabilidad. A mis hermanos, Alan y Fabricio, por ser mi fuerza en los momentos difíciles y mi inspiración para seguir adelante. Y a mi amada, Nykoll Ticona, por su compañía incondicional, su paciencia y su fe en mí cuando más lo necesité. Gracias por caminar a mi lado en este proceso. A amigos Percy y Geimers por sus palabras de aliento que me brindaron para que esto sea posible



AGRADECIMIENTO

Primeramente, agradezco a nuestro padre celestial por estar en cada momento cuidando de mi persona y mi familia, también por permitirme culminar este trabajo. Expreso mi más profundo agradecimiento a mis docentes de la escuela profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, quienes con dedicación, paciencia y compromiso han guiado mi formación profesional. Sus enseñanzas han sido esenciales para el desarrollo de mis capacidades y mi crecimiento intelectual. oportunidad de formarme en sus aulas, por el acceso al conocimiento, la investigación y

De la misma manera, agradezco a mi asesor al M.Sc. Jesus Esteban Castillo Machaca, por aportar con sus sabios consejos y sugerencias



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
ÍNDICE GENERAL	v
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	x
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCIÓN	xiv

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.2.1. Problema general	3
1.2.2. Problemas Específicos	3
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.3.1. Objetivo general	3
1.3.2. Objetivos específicos.....	4
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	4
1.5. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	5
1.5.1. Hipótesis general.....	5
1.5.2. Hipótesis específicas	6
1.6. VARIABLES.....	6
1.6.1. Variable independiente.....	6
1.6.2. Variable dependiente.....	6



1.7.	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	7
------	---------------------------------------	---

CAPÍTULO II

MARCO TEORICO

2.1.	ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	8
2.1.1.	Antecedentes Internacionales	8
2.1.2.	Antecedentes nacionales	10
2.1.3.	Antecedentes locales	13
2.2.	MARCO TEÓRICO	16
2.2.1.	Agua	16
2.2.2.	Aguas Subterráneas	17
2.2.2.1.	Origen de aguas subterráneas	19
2.2.2.2.	Circulación de las aguas subterráneas	19
2.2.2.3.	Características del agua subterránea	19
2.2.2.4.	Factores que influyen en el almacenamiento y circulación de las aguas subterráneas	23
2.2.2.5.	Distribución del agua subterránea	25
2.2.2.6.	Aguas Subterráneas en el Perú	26
2.2.3.	Calidad de agua subterránea	27
2.2.3.1.	Contaminación de aguas subterráneas	27
2.2.4.	Silos	29
2.2.4.1.	Influencia de silos	31
2.2.5.	Calidad del agua	31
2.2.5.1.	Reglamento de calidad de agua	32
2.2.5.2.	Calidad del agua	34
2.3.	MARCO CONCEPTUAL	37



CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACION

3.1.	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	39
3.2.	NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN.....	39
3.3.	ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN.....	39
3.4.	TIPO DE INVESTIGACIÓN	39
3.5.	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	40
3.5.1.	Población.....	40
3.5.2.	Muestra	40
3.6.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	42
3.6.1.	Técnicas	42
3.6.2.	Instrumentos.....	42
3.7.	MATERIALES Y EQUIPOS	42
3.8.	UBICACIÓN DE LA ZONA EN ESTUDIO.....	43
3.9.	PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO.....	45

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	RESULTADOS	50
4.1.1.	Determinar la relación entre la concentración de coliformes termotolerantes en el agua subterránea y la profundidad de los pozos ubicados en la urbanización Villa Los Triunfadores, distrito de Caracoto.	50
4.1.2.	Analizar la relación entre la concentración de coliformes termotolerantes en el agua subterránea y el número de silos de disposición de excretas humanas en la urbanización Villa Los Triunfadores, distrito de Caracoto.	58



4.1.3. Evaluar la relación entre la concentración de coliformes termotolerantes en el agua subterránea y la distancia de los silos de disposición de excretas humanas en la urbanización Villa los Triunfadores en el distrito de Caracoto	62
4.2. PRUEBA ESTADÍSTICA	71
4.3. DISCUSIÓN.....	75
CONCLUSIONES.....	77
RECOMENDACIONES	78
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	79
ANEXOS	84



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables	7
Tabla 2 Valoración del ICARHS	36
Tabla 3 Ubicación geográfica de los puntos de muestreo.	41
Tabla 4 Concentración de coliformes termotolerantes en el agua subterránea en la urbanización Villa Los Triunfadores.....	51
Tabla 5 Profundidad de los pozos en la urbanización Villa Los Triunfadores ..	53
Tabla 6 Índice de calidad del agua subterránea de la urbanización Villa Los Triunfadores	55
Tabla 7 Número de silos próximos a los pozos en la urbanización Villa Los Triunfadores	58
Tabla 8 Índice de calidad del agua subterránea de la urbanización Villa Los Triunfadores	59
Tabla 9 Distancia de los silos a los pozos en la urbanización Villa Los Triunfadores	62
Tabla 10 Valores de densidad	67
Tabla 11 Ensamble del prototipo	70
Tabla 12 Correlación de concentración de coliformes termotolerantes y profundidad de los pozos	72
Tabla 13 Correlación de concentración de coliformes termotolerantes y numero de silos	73
Tabla 14 Correlación de concentración de coliformes termotolerantes y distancia de los silos.....	74



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ciclo hidrológico del agua	18
Figura 2 Distribución del agua subterránea	26
Figura 3 Esquema de algunos procesos de contaminación del agua subterránea.	28
Figura 4 Silos.....	30
Figura 5 Etapas del ICARHS	34
Figura 6 Ubicación geográfica del ámbito de estudio	44
Figura 7 Localización de los puntos de muestreo de los pozos en la Urbanización Villa los Triunfadores.....	44
Figura 8 Concentración de coliformes termotolerantes en el agua subterránea en la urbanización Villa Los Triunfadores.....	51
Figura 9 Profundidad de los pozos en la urbanización Villa Los Triunfadores	53
Figura 10 Índice de calidad del agua subterránea de la urbanización Villa Los Triunfadores	55
Figura 11 Concentración de coliformes termotolerantes vs. profundidad de los pozos ubicados de la urbanización Villa Los Triunfadores	57
Figura 12 Número de silos próximos a los pozos en la urbanización Villa Los Triunfadores	58
Figura 13 Índice de calidad del agua subterránea de la urbanización Villa Los Triunfadores	60
Figura 14 Concentración de coliformes termotolerantes vs. número de silos de la urbanización Villa Los Triunfadores.....	61
Figura 15 Distancia de los silos a los pozos en la urbanización Villa Los Triunfadores	62



Figura 16 Concentración de coliformes termotolerantes vs. distancia de los silos de la urbanización Villa Los Triunfadores.....	xi 63
---	----------



RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo determinar la relación entre los silos de disposición de excretas humanas y la calidad del agua subterránea en la urbanización Villa los Triunfadores en el distrito de Caracoto, 2025. Se aplicó un enfoque cuantitativo, con un diseño no experimental, de nivel correlacional, con un tipo aplicativo. En el procedimiento se recolecto muestras de agua subterránea de 11 pozos para el análisis de la concentración de coliformes Termotolerantes para seguidamente conocer su influencia con la profundidad de los pozos, número de silos de disposición de excretas y la distancia entre pozos. En los resultados se encontró que casi en su totalidad los pozos presentaban silos cercanos, además presentando concentraciones de coliformes Termotolerantes superiores a lo permitido por la normativa, de igual forma se encontró un nivel de significancia (Sig.) $< 0,001$, lo que manifiesta una correlación positiva muy fuerte, o en específico se indica que, a mayor número, menor profundidad del pozo y distancia, la calidad microbiológica del agua disminuye. Concluyendo que los silos de disposición de excretas influyen significativamente y de manera negativa en la calidad del agua subterránea, generando riesgos sanitarios en zonas sin saneamiento formal.

Palabras clave: Agua subterránea, calidad del agua, contaminación bacteriológica, silos.



ABSTRACT

The objective of this inquiry was to ascertain the association between person waste disposal silos and groundwater quality in the Villa los Triunfadores urbanization in the district of Caracoto, 2025. A quantitative procedure was applied, with a non-experimental, correlational designing, with an applied type. During the procedure, underground water samples were gathered from 11 wells to analyze the concentration of thermotolerant coliforms and then determine their influence on the depth of the wells, the number of excreta disposal silos, and the distance among wells. The results display that nearly all of the wells had silos nearby and also had concentrations of thermotolerant coliforms higher than those permitted by regulations. Similarly, a significance level (Sig.) < 0.001 was found, indicating a very strong positive correlation. Specifically, it indicates that the greater the number, the shallower the well and the shorter the distance, the lower the microbiological standard of the water. It was concluded that excreta disposal silos have a significant negative impact on groundwater quality, creating health risks in areas without formal sanitation.

Keywords: Groundwater, water quality, sanitation, bacteriological contamination, environmental hygiene.

INTRODUCCIÓN

El acceso a un saneamiento básico que pueda contar con servicios adecuados constituye uno de los retos más relevantes para las comunidades rurales y periurbanas de los países que están en proceso de crecimiento (Moradell & Renau, 2019). La disposición inapropiada de las excretas humanas representa una de las causas más comunes de contaminación ambiental y de la propagación de padecimientos infecciosos de origen hídrico (Quispe & Silvestre, 2019). La (OMS) y el (UNICEF) estiman que millones de personas aún carecen de instalaciones sanitarias seguras, lo que afecta directamente cómo está el agua, el suelo y la salud pública (Ríos y otros, 2017). En este contexto, el uso de silos o letrinas representa una alternativa común en lugares donde el sistema de alcantarillado no está implementado o es insuficiente; sin embargo, su manejo inadecuado puede ocasionar la filtración de contaminantes hacia los acuíferos subterráneos (Villamil, 2024).

La afectación de las aguas subterráneas por contaminantes se ha convertido en un problema silencioso, pero de graves consecuencias (Quispe & Silvestre, 2019), a diferencia de las aguas que corren por la superficie, las napas freáticas y pozos artesanales son fuentes que suelen emplearse para el consumo humano, riego o uso doméstico sin tratamientos previos, por lo que cualquier alteración en su calidad química o microbiológica puede representar un riesgo directo para la salud (Tarbuck y otros, 2005). Entre los contaminantes más frecuentes derivados de los silos de disposición de excretas humanas se encuentran bacterias patógenas como *Escherichia coli*, *Salmonella sp.*, *Shigella sp.*, así como nitratos, nitritos, amonio y materia orgánica. Estos contaminantes ingresan al agua subterránea por infiltración a través del suelo, especialmente



en áreas con niveles freáticos poco profundos o con características geológicas permeables (Moradell & Renau, 2019).

En el ámbito nacional, el Perú aún enfrenta grandes brechas en poder acceder a lo básico de saneamiento, especialmente en las zonas rurales y urbano-marginales. Según datos del INEI, una parte significativa de la población no cuenta con conexión a la red pública de alcantarillado, recurriendo a alternativas como letrinas, pozos ciegos o silos, los cuales, si bien ofrecen una solución temporal, suelen carecer de un diseño técnico apropiado que vele por la protección ambiental y por la integridad de las fuentes de agua subterránea. En la región de Puno, y más concretamente en el distrito de Caracoto, esta realidad es evidente, ya que muchas familias emplean pozos artesanales para abastecerse de agua y silos para la eliminación de excretas, coexistiendo ambos sistemas en espacios reducidos y con una planificación sanitaria limitada.

La urbanización Villa Los Triunfadores, ubicada en el distrito de Caracoto, constituye un caso representativo de esta problemática. En dicha zona, los habitantes han optado por construir silos como solución a la carencia de un sistema de alcantarillado. Sin embargo, la cercanía de estos silos a los pozos artesanales, sumada a las características del suelo y a la falta de impermeabilización adecuada, podría estar generando la migración de contaminantes hacia los acuíferos subterráneos. Esta situación no solo representa un riesgo ambiental, sino también sanitario.

Desde una perspectiva científica, analizar cómo afectan los silos donde se depositan los desechos humanos en las aguas de pozos artesanales es fundamental para comprender los procesos de contaminación y cómo afecta al estado del agua. Para ello, es necesario analizar parámetros fisicoquímicos



como el pH, la conductividad, (DBO), (DQO), los sólidos disueltos totales, así como indicadores microbiológicos como coliformes totales y fecales. Estos parámetros permiten establecer la relación existente entre las prácticas de saneamiento y la calidad del agua que consume la población.

Además, el estudio tiene una importancia social y ambiental significativa, pues contribuye a generar conciencia acerca de lo urgente que es mejorar las costumbres de higiene doméstico y promover políticas públicas orientadas a la gestión integral del agua y residuos humanos. La investigación permitirá también reconocer los elementos de peligro que influyen en la contaminación de los pozos, con el fin de proponer alternativas sostenibles, como la instalación de biodigestores, la mejora del sellado de los silos o la implementación de barreras sanitarias naturales que reduzcan el riesgo de infiltración de contaminantes.

En ese sentido, la presente investigación titulada "influencia de los silos de disposición de excretas humanas en las aguas de pozos artesanales de la urbanización Villa los Triunfadores, Caracoto", busca determinar el grado de impacto que los sistemas de disposición de excretas generan en los mantos acuíferos utilizadas por la población. El estudio considera un enfoque cuantitativo, a través de la recolección y estudio de muestras de agua en distintos puntos de la urbanización, con el objetivo de evaluar los niveles de contaminación y establecer la relación existente entre la cercanía de los silos y la calidad del agua.



CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A nivel mundial, el crecimiento demográfico ha sido una de las esenciales consecuencias para el desabastecimiento de agua para la comunidad que habita en las zonas aledañas a la ciudad, es por ende que la salud de los individuos a falta de los servicios esenciales se encuentra en constante peligro debido al consumo de agua no potabilizada que esta genera enfermedades gastrointestinales, por el contenido de agentes microbiológicos como: gérmenes, bacterias, virus, protozoos (Mariana & Marjoire, 2021), ha advertido que multitud de personas a nivel global todavía dependen de pozos y manantiales sin protección, lo que denota un riesgo constante para la salud pública (Herrera, 2021), en cifras más recientes, se estima que alrededor de 296 millones de habitantes recurren a este tipo de fuentes inseguras (Apaza, 2024), este panorama evidencia la necesidad urgente de implementar tecnologías de saneamiento sostenible y políticas integrales de gestión del agua subterránea (Oscoco, 2019).

En el Perú, el manejo ineficiente de los residuos líquidos y excretas humanas constituye un desafío persistente, primordialmente en las zonas alejadas y urbano-marginales donde la cobertura del sistema de alcantarillado



no supera el 60% (Caceres, 2017), en muchas localidades, se utilizan silos o letrinas rudimentarias como alternativa de saneamiento, sin considerar su impacto acerca del estado de los mantos acuíferos utilizada para el gasto doméstico (Arisaca, 2018), diversos estudios realizados por el (MINAM) y la (ANA) han evidenciado la estancia de coliformes fecales y nitratos en pozos artesanales próximos a áreas con sistemas sanitarios precarios, comprometiendo la salud de las comunidad locales y aumentando la aparición de enfermedades originadas en hídrico (López & Bernal, 2024), el descontrol urbana y de educación sanitaria agrava la contaminación de acuíferos, afectando directamente la seguridad hídrica del país (Apaza, 2024).

En la provincia de San Román, se ha identificado una carencia significativa de servicios básicos, ya que más de 217 urbanizaciones aún no disponen de agua potable ni de un sistema de desagüe adecuado. Esta situación refleja que solo alrededor de 70 mil usuarios serían atendidos de manera efectiva, mientras que el resto de la población sigue enfrentando serias limitaciones. Según los registros presentados por las autoridades locales, se ha evidenciado que en la salida a Cusco existen 81 urbanizaciones sin acceso a servicios, en la salida a Lampa son 14, en la salida a Arequipa 12, en la salida a Puno 10, en la salida a Coata 28, en la salida a Huancané 64 y en el sector de Cacachi 12, lo que deja en claro la magnitud del déficit de infraestructura. (Zenaida Zea/ LR, 2023), y particularmente en el distrito de Caracoto, la carencia de infraestructura sanitaria adecuada ha impulsado el uso extendido de silos de disposición de excretas humanas. En la urbanización Villa Los Triunfadores, gran parte de la población depende de pozos artesanales para el abastecimiento de agua, los cuales se ubican en proximidad a estos silos. Esta situación genera un alto riesgo de

contaminación bacteriológica y química del agua subterránea, afectando el bienestar de la gente, sobre todo de los pequeños y los ancianos.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1. Problema general

¿Existe relación entre los silos de disposición de excretas humanas y la calidad del agua subterránea en la urbanización Villa los Triunfadores en el distrito de Caracoto, 2025?

1.2.2. Problemas Específicos

- ✓ ¿Existe relación entre la concentración de coliformes termotolerantes en el agua subterránea y la profundidad de los pozos ubicados en la urbanización Villa Los Triunfadores, distrito de Caracoto?
- ✓ ¿Existe relación entre la concentración de coliformes termotolerantes en el agua subterránea y el número de silos de disposición de excretas humanas presentes en la urbanización Villa Los Triunfadores, distrito de Caracoto?
- ✓ ¿Existe relación entre la concentración de coliformes termotolerantes en el agua subterránea y la distancia entre los silos de disposición de excretas humanas en la urbanización Villa los Triunfadores en el distrito de Caracoto?

1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. Objetivo general

Determinar la relación entre los silos de disposición de excretas humanas y la calidad del agua subterránea en la urbanización Villa los Triunfadores en el distrito de Caracoto, 2025.

1.3.2. Objetivos específicos

- ✓ Determinar la relación entre la concentración de coliformes termotolerantes en el agua subterránea y la profundidad de los pozos ubicados en la urbanización Villa Los Triunfadores, distrito de Caracoto.
- ✓ Analizar la relación entre la concentración de coliformes termotolerantes en el agua subterránea y el número de silos de disposición de excretas humanas en la urbanización Villa Los Triunfadores, distrito de Caracoto.
- ✓ Evaluar la relación entre la concentración de coliformes termotolerantes en el agua subterránea y la distancia de los silos de disposición de excretas humanas en la urbanización Villa los Triunfadores en el distrito de Caracoto.

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Tal como se ha observado en periodos recientes el crecimiento poblacional de forma geométrica a nivel mundial, con lleva a la necesidad de utilizar mayores recursos, para satisfacer sus exigencias primarias, así podemos mencionar que uno de los constituye uno de los recursos exigencias para la vida, y su disponibilidad se ve influida por el aumento urbano y la gran cantidad de la densidad poblacional en la ciudad de Juliaca según (INEI, 2020) en el censo realizado entre los años 2007 - 2017 la comunidad se aumentó en un 7.3% solo en la provincia de San Román. frente a esta situación hay más población que necesita acceder a los servicios básicos de saneamiento, no obstante, lo que se puede observar es una realidad diferente es por ende desde hace muchos años la población a tratado de abastecerse de agua considerando diferentes opciones como las aguas que se encuentra en el subsuelo, adicionalmente la necesidad de contar con silos para la disposición de excretas.

En el análisis del proyecto de investigación tiene como objetivo central



generar información útil y aplicable para los centros responsables de la gestión del agua, así como para las autoridades locales y regionales que requieren contar con bases técnicas al momento de elegir qué hacer. La idea es ofrecer datos que permitan orientar políticas y definir herramientas que aseguren un adecuado acceso y manejo del recurso hídrico, de manera que se garantice su calidad y disponibilidad para el consumo humano. Esto resulta especialmente relevante en la urbanización Villa Los Triunfadores – Caracoto, donde se busca que la población disfrute de agua potable que tenga los parámetros de salubridad establecidos en las normas nacionales.

En esa línea, el Ministerio de Salud (MINSA, 2011) establece en el artículo 60 que toda el agua de uso potable debe encontrarse que no contenga agentes biológicos dañinos como bacterias del grupo coliforme, coliformes fecales y *Escherichia coli*, así como virus, huevos y larvas de parásitos, quistes y ooquistes de protozoos que causan enfermedades, y organismos de vida libre en cualquiera de sus estadios. Asimismo, se regula que el nivel de bacterias heterotróficas no debe superar las 500 UFC/ml a 35°C. El cumplimiento de estas exigencias no solo asegura la potabilidad del agua, sino que también contribuye a preservar la sanidad pública y a que la gente viva mejor, consolidando la entrada a un bien vital bajo condiciones seguras y sostenibles.

1.5. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1. Hipótesis general

Los silos de disposición de excretas humanas presentan una relación significativa en la calidad del agua subterránea en la urbanización Villa los Triunfadores en el distrito de Caracoto, 2025.



1.5.2. Hipótesis específicas

- ✓ La concentración de coliformes termotolerantes en el agua subterránea presentan una relación significativa en la profundidad de los pozos ubicados en la urbanización Villa Los Triunfadores, distrito de Caracoto
- ✓ La concentración de coliformes termotolerantes en el agua subterránea presentan una relación significativa en el número de silos de disposición de excretas humanas en la urbanización Villa Los Triunfadores, distrito de Caracoto
- ✓ La concentración de coliformes termotolerantes en el agua subterránea presentan una relación significativa en la distancia de los silos de disposición de excretas humanas en la urbanización Villa los Triunfadores en el distrito de Caracoto

1.6. VARIABLES

1.6.1. Variable independiente

- ✓ Silos de disposición de excretas humanas.

1.6.2. Variable dependiente

- ✓ Calidad del agua subterránea



1.7. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 1

Operacionalización de variables

Variables	Dimensiones	Indicador	Valorización
<u>Variable</u>			
<u>independiente</u>			
Silos de Proximidad a		Distancia entre silo y pozo (m)	Numérica (metros)
disposición de pozos		Número de silos por zona	Numérica (cantidad)
excretas humanas	Cantidad de silos		
<u>Variable</u>			
<u>dependiente</u>			
Calidad del agua subterránea	Contaminación microbiológica	Coliformes fecales (NMP/100 ml)	Numérica (NMP/100 ml)



CAPÍTULO II

MARCO TEORICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Astudillo (2023) explica que el análisis de las aguas termales del balneario La Merced, localizado en Quito, provincia de Pichincha, permitió caracterizar sus propiedades fisicoquímicas y microbiológicas, lo cual es relevante por la alta concurrencia de personas que asisten tanto con fines recreativos como terapéuticos. El estudio se realizó con seis muestras en total, provenientes del pozo de abastecimiento y de la piscina termal, con el finalidad de evaluar las variaciones en ambos puntos. Los parámetros fisicoquímicos fueron medidos de manera inmediata en el lugar con un multiparámetro, mientras que el análisis microbiológicos se desarrollaron en laboratorio utilizando la técnica de filtración por membrana, con distintos medios de cultivo destinados a identificar bacterias heterótrofas, *Pseudomonas* y coliformes. Los resultados evidenciaron que las aguas alcanzan una temperatura promedio de 35,3 °C, clasificándolas como termales, y una conductividad eléctrica promedio de 1079 uS/cm, lo que revela un grado alto de mineralización. El estudio también reportó un nivel de oxígeno disuelto de 4,5 mg/l, un pH cercano a la neutralidad con valor promedio de 7 y sólidos totales de 715 mg/l. En cuanto a la carga microbiológica, se evidenció



una presencia significativa de bacterias heterótrofas con 292 UFC/ml, así como *Pseudomonas* con $8,6 \times 10^3$ UFC/ml y coliformes totales y fecales con $7,90 \times 10^2$ UFC/ml. Estos hallazgos advierten que, pese a las propiedades terapéuticas atribuidas, el alto nivel de contaminación podría ser una amenaza a la salud de los usuarios y disminuir la efectividad de los beneficios esperados de estas aguas.

Ali (2017) plantea que la degradación de los recursos hídricos subterráneos por residuos fecales provenientes de letrinas de pozo constituye una amenaza seria para la salud. Este problema afecta a muchísima gente que habita en zonas rurales y alrededores urbanos del planeta, donde las fuentes de abastecimiento dependen casi exclusivamente de acuíferos sin tratamiento. La presencia de bacterias provenientes de heces en estos sistemas refleja la vulnerabilidad de las comunidades que dependen de dichos recursos, generando riesgos sanitarios y la posibilidad de brotes de patologías vinculadas al agua. Estos resultados hacen evidencia a la necesidad de fortalecer las acciones de supervisión y seguimiento continuo para asegurar la inocuidad del agua utilizada diariamente. En el caso particular de las tierras bajas que nacen de la unión de los ríos Ganges, Brahmaputra y Meghna en territorio bangladesí, se documentó la detección de coliformes fecales en un rango del 3.3 al 23.3% de las muestras recolectadas en cuatro estaciones de muestreo. Además, se evidenció que los niveles de estas bacterias en las zonas alejadas de los pozos sobrepasaron los valores de 0 y 10 UFC/100 mL en porcentajes que oscilaron entre 2.4 y 9.6% y entre 0.2 y 2.3% de los jornadas de muestreo, respectivamente. Estos resultados demuestran que incluso en áreas más distantes la contaminación sigue

presente, lo cual confirma la magnitud del riesgo sanitario y la urgencia de políticas de saneamiento más estrictas.

Leon (2021) se realizó un estudio centrado en la prestación de las aguas de pozo con el objetivo de determinar su viabilidad destinada a la ciudadanía como para actividades agrícolas. Para ello, aplicó un diseño metodológico basado en la recolección de cinco muestras durante la temporada de estiaje, lo que aportó claridad sobre la situación en condiciones críticas de disponibilidad hídrica. Posteriormente, los resultados evidenciaron una contaminación significativa en los niveles de bicarbonato, nitrato y nitrito, acompañada de la existencia de coliformes totales y E. coli, lo cual representa un riesgo para la salud si se destinara al consumo directo de la población. El análisis concluyó que, dadas las concentraciones halladas, el agua de dicho pozo no realiza con los parámetros regidos por las normas de calidad vigentes, por lo que no es apta como fuente de abastecimiento poblacional sin un tratamiento adecuado. Adicionalmente, se advirtió que, aunque podría destinarse para el consumo animal, el agua presenta problemas serios de calidad en su aplicación para el riego, lo que comprometería la productividad agrícola y la seguridad de los cultivos. De este modo, la investigación pone en evidencia la obligaciones para aplicar soluciones y sistemas de control para asegurar un uso seguro y sostenible del recurso hídrico.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Burillo (2022) señala que la investigación tuvo el objetivo principal fue verificar la calidad del agua subterránea destinada a fines de potabilidad en la zona mencionada, para lo cual se aplicó un enfoque descriptivo de tipo transversal y diseño sin experimentación. El estudio consideró la identificación de posibles motivos de contaminación, principalmente letrinas ubicadas próximo

a los lugares de abastecimiento, con la finalidad de comprender su impacto en la salubridad del recurso hídrico. Para revisar cómo estaba el agua, se midieron aspectos físicos y químicos como la conductividad, qué tan turbia estaba, los sólidos disueltos totales, el pH, la temperatura y el cloro libre que quedaba; también se revisaron aspectos microbiológicos como los coliformes totales y los de origen fecal. Para esto, se escogieron 3 sectores (el reservorio y dos viviendas), de donde se extrajeron muestras cuyos resultados fueron contrastados con lo estipulado en el D.S. N.º 031-2010-SA. Los hallazgos evidenciaron la falta de cloro residual (0.0 mg/L) y la figura de colis en los tres puntos evaluados, evidenciando el incumpliendo de los LMP. Se concluye que estos resultados se encuentra estrechamente asociada a la presencia de fuentes de polución ubicadas en las cercanías del sistema de abastecimiento.

Soriano (2018) señaló que el centro poblado de Pata Pata, en el distrito de Paríamarca, no contaba con un suministro continuo de agua potable, lo que obligaba a los habitantes a recurrir al agua del subsuelo para la potabilidad como para otras tareas cotidianas. Sin embargo, no se contaba con una adecuada evaluación respecto a los potenciales riesgos de contaminación que podrían comprometer la calidad de dicho recurso. Ante esta problemática, se planteó como propósito evaluar de manera integral las características fisicoquímicas y microbiológicas del agua procedente las 3 zonas seleccionados estratégicamente, con la finalidad de determinar si cumplían o no con los criterios establecidos para ser aptas para la potabilidad en la comunidad. Los análisis comparativos se ejecutaron siguiendo los parámetros de lo que dice la norma de calidad del agua que se aprobó con el D. S. N.º 031-2010-SA y los límites permitidos para la categoría A1 que fija el D.S. N.º 004-2017-MINAM. Los



hallazgos mostraron que el agua analizada no servía para consumo humano porque había una cantidad muy alta de coliformes totales y de origen fecal, lo que hizo evidente la falta de someterla a un fase de tratamiento previo. En lo referente a los parámetros físicoquímicos, la mayoría se encontraba conforme a los límites establecidos, aunque se detectaron algunas excepciones como la turbiedad, el oxígeno disuelto, sulfatos y nitritos, que en determinados puntos y meses superaron los valores permitidos, reflejando así un riesgo adicional para la salubridad comunitaria.

Aguilar (2018) realizó un análisis en la comunidad de Llañucancha, en Abancay, durante el año 2017, con el propósito de evaluar la calidad del agua destinada al consumo humano. El trabajo tuvo como objetivos principales identificar parámetros físicos como la conductividad, temperatura, turbidez y sólidos totales disueltos; químicos, tales como pH, dureza total, cloruros, sulfatos y alcalinidad; y bacteriológicos, entre ellos colis totales y fecales. Para ello, se recolectaron muestras de agua en la captación de Siracachayoc, las cuales se examinaron en el laboratorio de control de calidad, siguiendo lo que establece la Norma Técnica N.º 031 de DIGESA (2012) y las reglas del MINAM (2012). Para esto se aprovechó del programa informático para el análisis de los datos SPS, lo que permitió obtener una caracterización completa del recurso hídrico en cada etapa del sistema de abastecimiento. Los resultados demostraron que, en cuanto a parámetros físicoquímicos, el agua se encontraba dentro de los valores establecidos, reportando valores como un pH de 7.77 ± 4.0 , una temperatura de 17.42 ± 8.2 , una conductividad de 138.11 ± 4.1 y una alcalinidad de 73.67 ± 10.3 . En el aspecto químico, los valores obtenidos incluyeron una dureza total de 74.27 ± 13.2 , calcio de 23.34 ± 7.8 , magnesio de 4.73 ± 9.8 y cloruros de 74 ± 15.5 ,

todos dentro de los rangos que sirven para beber. Eso sí, en lo que respecta a los parámetros bacteriológicos, los niveles de coliformes totales y termotolerantes excedieron ampliamente los LMP, que según la norma deben ser menores a una UFC/ml. Estas cifras evidencian que, a pesar de que los aspectos físicoquímicos son adecuados, la contaminación bacteriana hace que el agua analizada no sea apta para la potabilidad, lo que plantea un serio riesgo sanitario para la población abastecida.

2.1.3. Antecedentes locales

Inofuente (2021) desarrolló un análisis en la urbanización San Isidro de Ccaccachi, en la ciudad de Juliaca, con el propósito de analizar cómo las letrinas impactaban en la calidad microbiológica de las aguas del subsuelo. El diseño metodológico se basó en un enfoque cuantitativo de carácter causal o explicativo, aplicando un muestreo en quince pozos de agua seleccionados estratégicamente en zonas representativas. Las muestras fueron sometidas a análisis en los laboratorios donde se cuantificaron coliformes totales, coliformes fecales y *Escherichia coli* mediante el método de filtración por membrana. Los hallazgos evidenciaron una correlación positiva media ($r = 0.783$), mostrando que el 61.3 % de los cambios en cómo está el agua se relacionaba con la cercanía de las letrinas, lo que indicaba un nivel significativo de contaminación. La investigación también consideró aspectos hidrogeológicos, destacando que los pozos analizados estaban ubicados a distancias entre 8.20 y 14 metros de las letrinas más próximas, lo que incrementaba el riesgo de infiltración de contaminantes. Se observó que el nivel piezométrico fluctuaba entre los 3818.25 y 3832.5 m.s.n.m., con un flujo de drenaje hacia la zona noroeste y un ritmo de penetración de 2.6×10^{-3} cm/s, en un suelo de textura arenosa mixta, limo y



arcilla. Con base en estos hallazgos, se concluyó que el agua subterránea en el espacio de análisis es inviable para consumo humano, recomendándose implementar monitoreos continuos y estrategias para el manejo del agua que permitan garantizar la salud pública y prevenir riesgos de contaminación a largo plazo.

Callo (2019) realizó un estudio enfocado en analizar cómo las letrinas pueden influir en la calidad del agua de pozos artesanales consignados al consumo humano en la comunidad de Mucra. Para ello, se seleccionaron diez pozos de muestreo, considerando tanto la distancia de las letrinas —seis ubicadas a menos de veinte metros y cuatro a más de veinte metros— como las características de construcción de los pozos. El muestreo fue no probabilístico, con criterio discrecional, y los parámetros evaluados incluyeron pH, conductividad eléctrica (CE), coliformes totales (CT) y coliformes fecales (CF). Los análisis de pH y CE se realizaron con métodos normalizados de calidad de agua (APHA, AWWA), mientras que los CT y CF se evaluaron haciendo diluciones en cadena y tubos múltiples. Los hallazgos fueron contrastados con lo dispuesto en la norma nacional de calidad de agua para consumo humano (DS N.º 031-2010-SA), donde los parámetros físicos como pH y CE estuvieron dentro de los rangos permitidos. Sin embargo, se evidenció presencia considerable de coliformes en algunos pozos, con valores de hasta 170 NMP/100 ml en CT y 93 NMP/100 ml en CF, mientras que en otros puntos no se hallaron microorganismos. En ese marco, se determinó que cuatro pozos cumplían con los estándares aceptables y seis no eran aptos por presentar contaminación microbiológica. Así, Callo concluye que las letrinas tienen un impacto importante

sobre los parámetros microbiológicos del agua, influencia que también se ve reforzada por el tipo de material con que están contruidos los pozos.

Tacuri (2019) realizó una investigación buscando evaluar la calidad del agua proveniente de pozos artesianos situados en los alrededores de la ciudad, poniendo especial énfasis en sus características físico-químicas y microbiológicas. Para lo cual, se recogieron muestras de diez pozos, y su análisis fue efectuado en los laboratorios. Posteriormente, los resultados obtenidos fueron contrastados con lo dispuesto en el Reglamento de la Calidad de Agua para Consumo Humano (DS-031-2010-SA). Los hallazgos revelaron que de los ocho parámetros analizados, en casi todos los casos las muestras no cumplían al menos dos de ellos, e incluso algunas llegaron a incumplir cuatro, lo que llevó a la conclusión de que ninguna de las fuentes evaluadas resultaba apta para el consumo humano. Además, la análisis de riesgos ecológicos mostró escenarios preocupantes, como la presencia de excretas en el agua, con un nivel de riesgo muy alto al registrar 240 coliformes fecales por cada 100 mL. También se identificaron elevados niveles de dureza (1127 mg/L), sulfatos (338,41 mg/L) y cloruros (511,83 mg/L), estos valores indican riesgos ambientales de magnitud media. En conjunto, los resultados evidencian la necesidad de medidas urgentes para garantizar acceso a recurso hídrico seguro en la zona estudiada.

Vilca (2022) llevó a cabo un estudio donde se tomaron las muestras de manera práctica, sin un método aleatorio, considerando a cinco familias ubicadas en la vecindad de la laguna de tratamiento, donde se tomaron diferentes puntos de muestra. La investigación utilizó como herramientas fichas de encuestas y ensayos de laboratorio, lo que permitió analizar con mayor detalle la presencia de agentes contaminantes. Los hallazgos demostraron que las muestras N-1, N-

2, N-3, N-4 y N-5 sobrepasaban los LMP de coliformes totales, coliformes termo tolerantes y otros microorganismos patógenos, evidenciando un nivel crítico de contaminación. Asimismo, destacó que las condiciones estructurales de los pozos artesanales eran precarias, al no implementar barreras que restrinjan el acceso de agentes externos, lo que aumenta la posibilidad de contaminación. En cuanto al análisis físico-químico, se observó que las muestras N-1, N-2, N-4 y N-5 se encontraban cumpliendo con los límites que exige el decreto D.S.031-2010 SA, salvo el caso de la muestra N-3, en la que la turbidez superó los valores permitidos. En conjunto, los hallazgos pusieron en evidencia la presencia de restos de materia fecal en todas las muestras, lo que implica un incumplimiento de los estándares de prestigio para el consumo humano, constituyendo un riesgo considerable en favor de la sanidad pública abastecida con estas aguas.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Agua

El agua es algo esencial para la vida en el planeta, porque es necesaria para el sostenimiento de la vida, la preservación del equilibrio ecológico y el avance de distintas cosas que hacemos las personas. Comprender qué es el agua, sus características y lo importante que es en el día a día resulta clave para promover un uso consciente y proteger este recurso tan valioso (UNESCO, 2015).

En tiempos recientes se ha registrado un notable aumento en la cantidad de habitantes, o que hace que cada vez se necesite más agua (FAO, 2011), por esto, los recursos hídricos disponibles están bajo presión y corren peligro de no usarse de manera sostenible (Wada & Bierkens, 2014)

En muchos lugares del mundo, por la falta y la mala calidad del agua, se ha dirigido la mirada hacia las aguas subterráneas. El grado de calidad depende sobre todo depende de cómo se recarga el agua y cómo responden los mantos acuíferos según el terreno; el daño ambiental que causan las acciones del ser humano y las modificaciones en el entorno pueden alterar el desplazamiento natural de ciertos elementos químicos (Shrestha et al., 2015). Por otra parte, la UNESCO señaló que el cambio climático va a afectar la calidad del agua que necesitamos las personas en todo el mundo, porque el agua no está repartida de forma pareja (UNESCO, 2020), no es que falte agua, sino que se está usando o ensuciando de forma insostenible (Shrestha et al., 2015).

2.2.2. Aguas Subterráneas

Es el agua que está debajo de la tierra y que se puede sacar haciendo pozos, túneles o red de drenaje, o que puede emerger de forma natural a través de ojos de agua que alimentan los cursos de agua (Ordoñez, 2011).

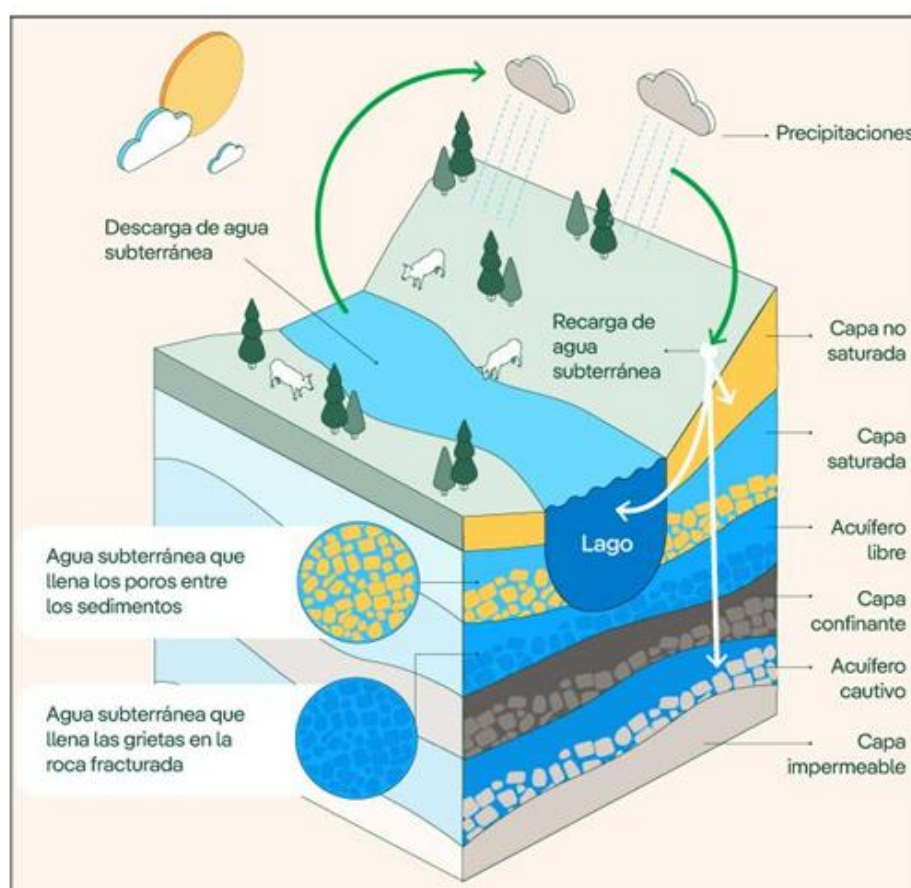
Constituye el mayor reservorio accesible de agua dulce disponible del planeta. Su rol en el ecosistema es fundamental porque alimentan manantiales, lagos, lagunas, humedales y ríos. También ayudan a mantener el equilibrio entre el agua dulce y de mar en los acuíferos cercanos a la costa. Pero hoy en día, son la fuente directa de agua para mucha gente, tanto en ciudades como en el campo (Mamani, 2023).

En circunstancias normales, el agua subterránea no suele contener concentraciones peligrosas de componentes menores, ya que estos elementos suelen proceder de fuentes externas que contienen compuestos que pueden alterar la estrategia del agua. En general, la masa de los acuíferos proporciona agua subterránea apta tanto para uso agrícola como humano. Las aportaciones

térmicas de las circulaciones profundas suelen estar relacionadas con la disminución de la calidad de los acuíferos carbonatados. Las alteraciones relevantes en las propiedades de los acuíferos clásticos se deben a diversos procesos fisicoquímicos. En general, este tipo de agua tiene una mayor salinidad y es más susceptible de contaminación, especialmente por la escorrentía de las ciudades y las explotaciones agrícolas (López & Bernal, 2024).

Figura 1

Ciclo hidrológico del agua



Nota: Obtenido de (Apaza, 2024)

El agua puede correr por la superficie del suelo o filtrarse en él después de las precipitaciones. En el primer caso, la escorrentía es un proceso crucial para la distribución de inventario hídrico de las cuencas fluviales fluye desde los ríos y arroyos hacia masas de agua más grandes, como lagos y océanos. En el

segundo caso, el agua puede filtrarse hacia las capas superficiales del suelo y alcanzar niveles más profundos, lo que contribuye a reponer los acuíferos. La viabilidad de los ecosistemas que dependen del suelo y la reposición de las reservas de agua subterránea dependen de este proceso de infiltración (Buitrón, 2024).

2.2.2.1. Origen de aguas subterráneas

El agua presente en los espacios porosos y cavidades del subsuelo se denomina agua subterránea. Desde tiempos remotos, su investigación ha sido casi misteriosa debido a la irregularidad de sus afloramientos y a la dificultad de anticiparlos, así como a la importancia de su presencia para la supervivencia de numerosas comunidades. El origen de esta agua ha sido uno de los temas que más ha interesado y preocupado a la gente desde la antigüedad (Ordoñez, 2011). Asimismo, el agua subterránea asciende naturalmente a la superficie a través de cursos de agua, manantiales, regiones de recarga o el océano (Quenallata, 2024).

2.2.2.2. Circulación de las aguas subterráneas

El agua se desplaza impulsada por la fuerza de gravedad. Bajo su influencia, el agua tiende a fluir hacia ríos, lagos o manantiales, desplazándose desde regiones con un nivel freático más alto hacia aquellas con un nivel más bajo. Una determinada cantidad del agua recorre trayectorias largas y sinuosas hasta llegar a los puntos de descarga, aunque parte de ella toma la ruta más directa por la pendiente del nivel freático (Tarbuck et al., 2005).

2.2.2.3. Características del agua subterránea

El agua de lluvia presenta propiedades específicas al inicio en su camino hacia el acuífero, pero a medida que se desplaza por la superficie, absorbe

fuentes de agua adicionales y luego se une al proceso de infiltración. Su composición cambia gradualmente cuando entra en el acuífero e interactúa con los minerales que se encuentran en las formaciones rocosas. Este desarrollo químico implica un cúmulo de interacciones químicas, incluyendo las que se incluyen la disolución del carbono, la hidrólisis, las reacciones de oxidación-reducción, los intercambios iónicos y las actividades biológicas, además de la disolución de gases y sales. Como resultado de estas transformaciones, dan lugar a una alta concentración de minerales en las aguas subterráneas (Caceres, 2017).

a) Características físicas

El aspecto físico del agua se evalúa utilizando los sentidos estos pueden percibir directamente. Qué tan turbia está, el color, la temperatura, el olor y el gusto son algunas de sus principales características físicas. El agua que va para que la gente la tome tiene que estar transparente y clara. Cuando la luz atraviesa el agua que contiene pequeñas partículas en suspensión, se dispersa y se absorbe, lo que da lugar a la turbidez, un fenómeno óptico. Tanto la escorrentía superficial que arrastra residuos orgánicos y minerales como la presencia de sedimentos o lodo del suelo pueden ser la causa de este fenómeno. Además, puede estar provocada por partículas de carbonato cálcico, sílice, azufre o arcilla, que suelen precipitarse en el agua dura. (Cabrera, et al., 2015).

b) Características químicas

El agua es un tejido necesario para la vida y tiene cualidades únicas que provienen de su composición molecular. Un átomo de oxígeno y dos átomos de hidrógeno forman esta molécula básica, que está conectada por enlaces polares que toleran la creación de enlaces de hidrógeno entre moléculas adyacentes.

Estos enlaces son esenciales, ya que proporcionan al agua propiedades típicas de moléculas con una masa molecular más alta. Debido a esto, tiene altos puntos de fusión y ebullición, necesarios para que se mantenga líquida a la temperatura del planeta. También ayuda a mantener una temperatura corporal constante debido a lo bien que aguanta el calor sin que su temperatura suba demasiado, lo que la hace excelente para mantener estable la temperatura (Barros et al., 2023).

Como el agua está en todas partes en la Tierra, con frecuencia se pasan por sus características tan particulares. Vale la pena revisar cómo está formada eléctricamente la molécula de agua para determinar qué la hace única (Martínez et al., 2024).

La manera en que los electrones se acomodan en un átomo de hidrógeno por sí solo es $1s^1$, mientras que en un átomo de oxígeno solo es $1s^2 2s^2 2p^2_x 2p^1_y 2p^1_z$. Los átomos que forman la molécula de agua se acomodan en una configuración H–O–H para formar dos enlaces covalentes sigma, cada uno de los cuales tiene una energía de disociación de 110,2 kcal/mol y un carácter iónico estimado del 40 %. La molécula de agua tiene una estabilidad excelente debido a estas propiedades, especialmente en entornos naturales (Villamil, 2024).

c) Características microbiológicas

Se caracteriza por ser libre de gérmenes y segura para el consumo humano, el uso en el hogar y la higiene individual se denomina agua potable. Los cambios en el medio ambiente o la población suelen ser el origen de la presencia o el crecimiento de microorganismos contaminantes en el agua. Para saber si el agua que va a tomar la gente está bien en cuanto a microorganismos



se usan ciertos indicadores y medidas que representan el nivel de contaminación fecal (Condori, 2023).

Según Ríos et al. (2017), los marcadores microbiológicos que nos indican cómo está el agua son seres vivos cuyo comportamiento comparable a los de las enfermedades, especialmente en lo que respecta al origen, la concentración, el tiempo de residencia y la reacción a las condiciones ambientales. Prestar atención a las características microbiológicas durante el proceso de purificación permite identificar la presencia de patógenos comparando cómo reaccionan a las alteraciones de pH, temperatura o a la aplicación de desinfectantes químicos o físicos. Estos indicadores tienen lo bueno es que son más sencillos de cultivar, reconocer y además salen más baratos. Para lograrlo, es necesario identificar y cuantificar los microorganismos utilizando medidas de diversidad adaptadas a rangos que sirvan para valorar cómo está el agua, lo que reducirá los gastos y proporcionará datos pertinentes para supervisar sus propiedades microbiológicas. Sin embargo, los datos de las investigaciones fisicoquímicas no pueden sustituirse por los resultados de las pruebas microbiológicas (Pastran, 2017).

Según los parámetros mencionados, los principales indicadores microbiológicos de la alteración hídrica, en general, son las bacterias. Las bacterias de la flora saprofítica intestinal, como *Bacteroides fragilis*, bacterias mesófilas, coliformes totales y fecales (termotolerantes), *Escherichia coli* y estreptococos fecales, suelen ser indicios microbiológicos de la contaminación hídrica, según los criterios anteriormente mencionados. También se han encontrado numerosas bacterias gramnegativas, principalmente de los géneros *Pseudomonas*, *Flavobacterium*, *Gallionella*, *Aeromonas*, *Vibrio*, *Achromobacter*,

Alcaligenes, Bordetella, Neisseria, Moraxella y Acinetobacter, como contaminantes del agua (Ríos y otros, 2017).

2.2.2.4. Factores que influyen en el almacenamiento y circulación de las aguas subterráneas

a) Porosidad

La capacidad de almacenamiento de agua subterránea en un determinado medio geológico está directamente relacionada con una propiedad física denominada porosidad. Se describe como la proporción del volumen íntegro de un sedimento o roca que está compuesto por huecos o poros que podrían llenarse con aire o agua (Tarbuck *et. al*, 2005).

El conjunto de estas cavidades se conoce como porosidad, ya que las rocas no son totalmente sólidas y presentan fisuras o espacios entre sus granos. Sin embargo, la presencia de un acuífero no está garantizada únicamente por la porosidad; para que el agua fluya a través de estos poros, estos deben estar conectados (Ordoñez, 2011). En términos simples, cuanto mayor es la porosidad de un material, mayor será la cantidad de agua que puede retener en su estructura interna. Sin embargo, no toda el agua contenida en los poros puede moverse o ser extraída fácilmente (Tarbuck *et. al*, 2005).

De igual modo, Tarbuck *et. al*, (2005) señala que se debe considerar también la porosidad efectiva, que representa la fracción de poros conectados entre sí, permitiendo el flujo del agua subterránea. Esta propiedad resulta fundamental para evaluar la capacidad y el rendimiento hidráulico real de un acuífero.

b) Filtración

El proceso de absorción de agua por el suelo está condicionado por diversos factores físicos y ambientales, entre los cuales destacan la textura y estructura del suelo, la presencia de cobertura vegetal y las variaciones propias de cada estación del año. Estos aspectos repercuten de forma inmediata en la cantidad de agua de lluvia que logra filtrarse en el subsuelo y contribuir a que los mantos acuíferos se llenen de nuevo o se almacene de humedad en las capas más superficiales (Londoño et. al, 2016).

El tipo de suelo, la cubierta vegetal y la estación del año generan un efecto importante en qué tan bien se filtra el agua. Por ejemplo, entre el 30 % y el 60 % de la lluvia puede ser absorbida por un suelo arenoso desnudo. Sin embargo, solo es posible una infiltración de alrededor del 10 % si el mismo suelo está cubierto de vegetación, principalmente en otoño e invierno (Ordoñez, 2011).

c) Permeabilidad

La permeabilidad hace referencia a la capacidad de un material geológico para facilitar el desplazamiento de fluidos, como el agua subterránea, mediante su estructura interna. Esta característica es esencial en la hidrogeología, porque determina qué tan fácilmente puede trasladarse el agua dentro del subsuelo, afectando directamente la recarga, flujo y extracción de los acuíferos (Ordoñez, 2011)

Aunque la porosidad (la proporción de espacios vacíos dentro del material) es un factor determinante, la permeabilidad no depende únicamente de cuántos poros hay, sino también de cómo están acoplados entre sí. En otras palabras, un material puede tener alta porosidad, pero si los poros no están

interconectados o si los canales son demasiado estrechos, la permeabilidad será baja (Ordoñez, 2011).

Es una propiedad clave para la dinámica de las aguas subterráneas, puesto que define la velocidad y trayectoria del flujo del agua en el subsuelo. Esta característica es especialmente relevante en estudios de evaluación de acuíferos, diseño de pozos, modelamiento hidrogeológico y en la gestión del riesgo de contaminación, ya que influye en la forma y rapidez con la que los contaminantes pueden desplazarse a través del terreno (Tarbuck et. al, 2005).

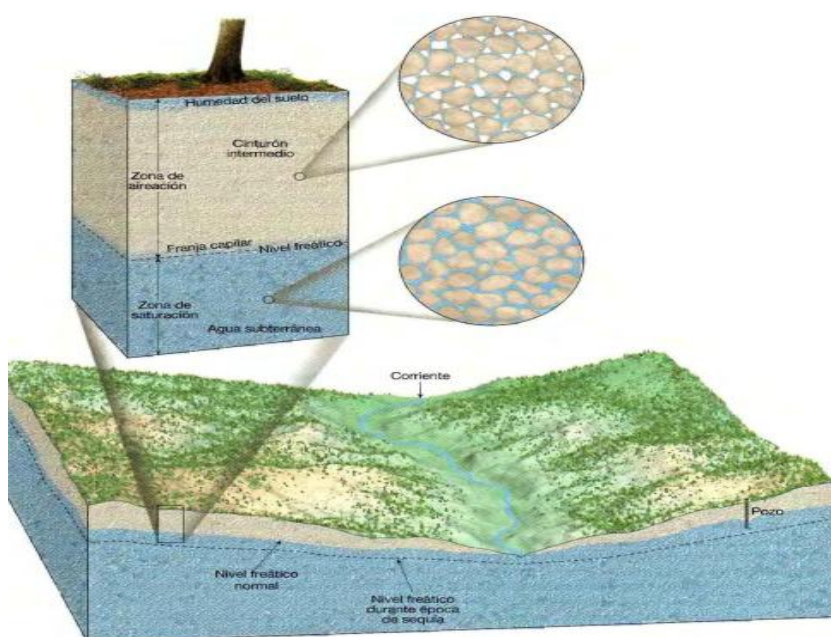
2.2.2.5. Distribución del agua subterránea

Mediante de los poros y fisuras del suelo, el agua superficial se filtra hasta que el agua llene por completo los vacíos. El límite más alto de esta zona se denomina superficie de saturación o nivel freático, y se conoce como zona de saturación o capa freática (Fuentes, 1992)

Durante las lluvias, una cantidad del agua fluye por la superficie, otra una fracción se evapora y la otra se infiltra en el suelo. La capa de humedad del suelo se crea cuando una parte del agua infiltrada se mantiene cerca de la superficie por la atracción molecular hacia las partículas sólidas. El agua que no se retiene sigue filtrándose hasta llegar a la zona de saturación, que es donde todos los poros de la roca y los sedimentos están totalmente saturados (Tarbuck et. al, 2005).

Figura 2

Distribución del agua subterránea.



Nota. Obtenido de (Tarbuck et. al, 2005)

2.2.2.6. Aguas Subterráneas en el Perú

El acceso a recursos hídricos superficiales y subterráneos en Perú está determinado principalmente por la cordillera de los Andes, una de las cordilleras más extensas del mundo, que se extiende de noreste a sureste, casi en paralelo al océano Pacífico (Quenallata, 2024).

Asimismo, Quenallata (2024) señala que los acuíferos de agua subterránea suelen existir en el subsuelo peruano como sistemas formados por rocas y sustratos con propiedades geológicas y capacidad de almacenamiento y transmisión de agua similares. La mayoría de las formaciones rocosas que funcionan como acuíferos en el país se clasifican como dominios hidrogeológicos.

2.2.3. Calidad de agua subterránea

La formación mineralógica de las rocas y el suelo por los que pasa el agua subterránea tiene un impacto directo en su aptitud. El agua disuelve diferentes minerales que llegan a la superficie de las capas geológicas, cambiando su calidad y características (Orosco & Torres, 2024). Es por ello que, Comprender y caracterizar los aspectos físicos, químicos y biológicos del agua es primordial para certificar su calidad. Esto se debe a que el agua subterránea pasa continuamente por rocas y suelos subterráneos, lo que facilita la disolución de diferentes sustancias a medida que circula (Oscoco, 2019).

Por otro lado, Suasaca (2025) señala que el agua debe aplicar con normas de calidad específicas, que varían en función del uso previsto, para que sea apta para diversas aplicaciones en la vida humana. Por lo tanto, el agua utilizada con fines recreativos, el tratamiento o para la preservación de los ecosistemas acuáticos debe alcanzar un cierto nivel de pureza, mientras que los usos industriales pueden tener una norma de calidad inferior, regida por criterios mínimos.

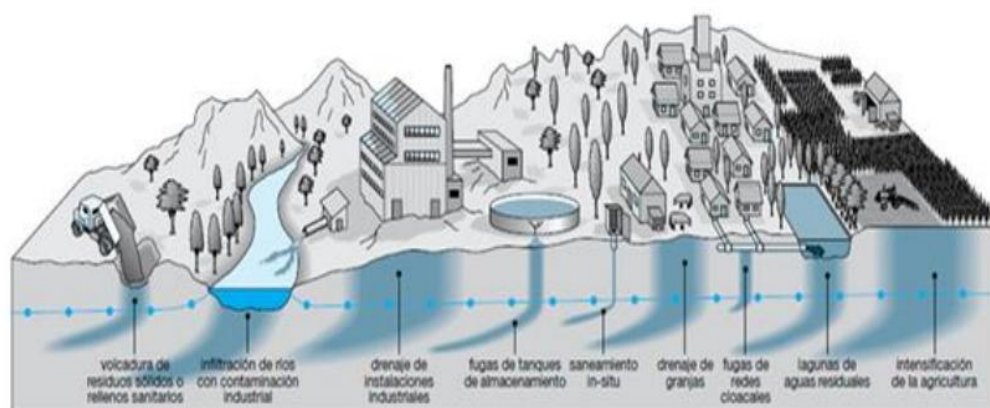
2.2.3.1. Contaminación de aguas subterráneas

La adición de materiales procedentes de diferentes actividades humanas puede tener un impacto en el estado de las aguas subterráneas. Desechos de las aguas residuales, la eliminación inadecuada de residuos sólidos urbanos, los desechos industriales líquidos y sólidos y los productos agroquímicos (fertilizantes y pesticidas) son algunas fuentes de contaminación. Las fosas sépticas, las fugas de hidrocarburos y el agua procedente de las explotaciones mineras son otras fuentes relevantes (Moradell & Renau, 2019).

Para Titla (2005), el agotamiento de los sistemas naturales que sustentan nuestra existencia ha suscitado una gran atención social. Los avances económicos y técnicos de las civilizaciones modernas han generado una cantidad alarmante de residuos que los ecosistemas son incapaces de asimilar, lo que ha provocado una serie de alteraciones que tienen un repercusión perjudicial en la calidad de vida de las personas. La contaminación es el término utilizado para describir estos cambios.

Figura 3

Esquema de algunos procesos de contaminación del agua subterránea.



Nota. Obtenido de (Quenallata, 2024)

De manera similar, la actividad humana en la superficie puede poner en grave peligro el estado del agua que está bajo tierra, ya que los contaminantes que quedan en el suelo por lixiviación o vertidos pueden filtrarse y llegar al nivel freático del acuífero (Oscoco, 2019).

Por otro lado, los metales pesados, sean necesarios o no, pueden ser dañinos que se detectan en concentraciones excesivas, lo que influye negativamente en el aumento y la reproducción de los organismos e incluso puede provocar su muerte (Quispe & Silvestre, 2019). La infertilidad y los procesos de erosión acelerada son consecuencia del aumento de metales



pesados en los suelos, lo que también disminuye diversidad de las poblaciones de flora y fauna e inhibe la actividad enzimática microbiana. La exposición humana a estos metales puede producirse a través de los alimentos, las bebidas, el aire, el contacto con la piel o el suelo (inhalación o ingestión de polvo) (Gómez, 2013).

Numerosas referencias proporcionan información exhaustiva sobre los efectos toxicológicos de los metales pesados en los seres humanos, en particular los del cadmio (Cd), el zinc (Zn), el mercurio (Hg) y el plomo (Pb), así como los elementos metaloides como el arsénico (As), que se consideran entre los más peligrosos (Quispe & Silvestre, 2019).

2.2.4. Silos

Rashuaman (2019) sostiene que este tipo de sistema constituye una alternativa adecuada y saludable para la disposición de los excrementos humanos, ya que su correcta implementación evita que los desechos queden expuestos de manera directa al medio ambiente, lo que contribuye a disminuir significativamente el riesgo de contaminación y se protege la salud de la comunidad. La puesta de este mecanismo radica en su capacidad para mantener condiciones higiénicas en lugares donde las infraestructuras modernas de saneamiento aún no se encuentran disponibles, lo que lo convierte en una práctica valiosa en contextos de mayor vulnerabilidad.

Figura 4*Silos*

Nota. Obtenido de (Quenallata, 2024)

Rashuaman (2019) también subraya que la aplicación de estos sistemas es más común en áreas rurales, principalmente debido a la carencia de redes de alcantarillado que suelen concentrarse en las ciudades. En esos entornos, la implementación cumple una función preventiva en términos de salud pública, al mismo tiempo que contribuye a optimizar el bienestar de los ciudadanos. También, se considera una estrategia sostenible, pues ofrece una solución práctica a un problema que históricamente ha generado complicaciones sanitarias en comunidades aisladas o con recursos limitados, fortaleciendo así la importancia de un manejo responsable de los desechos humanos.

2.2.4.1. Influencia de silos

Inofuente (2021) sostiene que desde tiempos antiguos las comunidades rurales han recurrido a silos tradicionales como un mecanismo sencillo para la disposición de excretas. Sin embargo, advierte que estos depósitos no cuentan con un proceso de falta de un tratamiento adecuado conlleva consecuencias adversas. La ausencia de medidas de control facilita la proliferación de vectores, el incremento de olores desagradables y la transmisión de enfermedades, lo que convierte a esta práctica en un riesgo constante para quienes viven cerca de ellos. De esta forma, lo que inicialmente fue una solución práctica para zonas sin acceso a sistemas de alcantarillado, en la actualidad se asocia a problemáticas sanitarias de gran impacto.

El mismo autor subraya que los olores ofensivos derivados de estos silos están alcanzando niveles preocupantes, al punto de considerarse una amenaza ambiental y social en muchas comunidades. Este tipo de contaminación olfativa no solo influye, sino que también influye en la percepción del entorno y en la convivencia vecinal. A través que las poblaciones crecen y los espacios rurales se mutan, el uso de silos sin un manejo adecuado se convierte en un desafío urgente que requiere de estrategias sostenibles. En este sentido, Inofuente (2021) resalta la importancia de impulsar políticas que promuevan tecnologías sanitarias más seguras.

2.2.5. Calidad del agua

Debido a que afecta directamente a los mecanismos bioquímicos vitales para las plantas y los animales, la aptitud del agua es fundamental para mantener los organismos acuáticos. Entre los indicadores importantes del estado de los ecosistemas acuáticos se encuentran la temperatura, la conductividad, la

turbidez, el pH y el oxígeno disuelto. Estas métricas permiten identificar posibles factores de estrés en los sistemas hídricos y son fáciles de supervisar. Del mismo modo, hay otros indicadores igualmente para describir la calidad del agua y evaluar los posibles efectos sobre las vidas acuáticas y la salud humana, como el tratamiento de los principales nutrientes, los sólidos totales disueltos, los metales pesados, los patógenos y los compuestos orgánicos. Para que los ecosistemas acuáticos permanezcan intactos y la población tenga acceso a agua limpia, estas variables deben supervisarse continuamente (Apaza, 2024).

El estado del agua se define a las normas que debe cometer, el agua para que se considere apta para diversos usos, y abarca todos los elementos que afectan a su uso seguro y útil (Chong, 2018).

2.2.5.1. Reglamento de calidad de agua

a) OMS: Organización Mundial de la Salud.

Dado que la vida humana depende del agua, la (OMS) la considera un recurso esencial. El agua dulce es difícil de conseguir en la Tierra, por lo que es fundamental mantener su calidad y características. Este recurso se puede utilizar para el riego, la agricultura, el consumo humano y fines recreativos; sin embargo, si no se mantiene adecuadamente, el agua puede contaminarse con agentes químicos, biológicos y físicos, lo que puede provocar graves peligros para la salud.

b) ISO: Organización Internacional de Normalización

La norma ISO 24510:2007 establece los criterios necesarios para ver la calidad de la salud pública y controlar las acciones de las organizaciones que suministran agua potable. Además, establece normas para el saneamiento de aguas servidas.

c) ANA: Autoridad Nacional del Agua

La ANA (2023) afirma que su función principal entre todas las organizaciones relacionadas con el agua es crear planes anuales que apoyen el uso de los recursos hídricos en el campo, donde suele haber comunidades originarias y gente que trabaja la tierra, al tiempo que se defienden sus derechos y se respetan las normas establecidas por el Consejo de Recursos Hídricos.

d) LMP: Límites Máximos Permisibles del D.SN° 031-2010-SA

Las restricciones sobre el estado del agua de potabilidad están aprobadas por el D.S. N.º 031-2010-SA (2010). Estas normas incluyen 10 títulos, 81 artículos, 12 disposiciones complementarias, transitorias y finales, y cinco anexos que son esenciales para el decreto. Además de establecer los LMP para los aspectos microbiológicos, parasitológicos, organolépticos, químicos orgánicos e inorgánicos y radiactivos, estas normas también refuerzan (DIGESA) como autoridad sanitaria competente y otorgan a los gobiernos regionales responsabilidades adicionales en lo que respecta a vigilar que el agua esté en buen estado.

e) ECA: Estándares de Calidad Ambiental

Las ECA (2017) establecen que este tipo de norma es equivalente a la medición o relación establecida para la concentración de un parámetro físico-químico, biológico o de cualquier otro tipo que se halla en el suelo, el agua o el aire que componen el cuerpo receptor. Estas directrices se establecen porque una sobreabundancia de estos compuestos puede ser perjudicial para los seres humanos por contacto directo, ingestión o inhalación.

2.2.5.2. Calidad del agua

El impacto perjudicial de la contaminación en la vida acuática y la salud humana puede evaluarse utilizando el ICA (WQI), una herramienta sensible a las sustancias más contaminantes. Además, esta herramienta matemática incorpora una serie de características cuyo análisis convierte los datos en un único valor que representa el estado del estado del agua en un lugar de muestreo (Oscoco, 2019).

Los resultados de una serie de parámetros se comparan actualmente con los valores especificados en las Normas de (ECA), según la categoría correspondiente, para poder ver la calidad del agua. Este procedimiento permite evaluar el grado de trabajo de las normas, en particular mediante la identificación de parámetros importantes y sus concentraciones (Arisaca, 2018).

a) Etapas del ICA

Procedimiento del Índice de Calidad Ambiental, cuenta con 3 etapas que se describen a continuación.

Figura 5

Etapas del ICARHS



Nota. Obtenido de (ANA, 2020)

El (ICA) puede utilizarse para medir cómo está el agua en Perú. Este enfoque ha sido puesto en práctica por la ANA para agilizar la dirección de los recursos hídricos y la evaluación de la calidad del agua. Esta estrategia se basa en una modificación del (ICA-CCME) (Calla & Castrejon, 2020).

Del mismo modo, ANA (2020), asevera que ICARHS es una técnica de cálculo que permite convertir conjuntos de información en un método de la aptitud del agua mediante la integración de datos procedentes de diversas fuentes. Se puede utilizar una fórmula que tiene en cuenta tres factores: rango, frecuencia y amplitud, para calcular el nivel de salubridad del agua hidrográfica, lo que da como resultado un número entre 0 y 100.

- **F1 Alcance:** Se tienen en cuenta todos los criterios que deben evaluarse, incluso si no se ajustan a las normas más recientes establecidas por las ECA.
- **F2 Frecuencia:** Cada dato de los parámetros examinados se compara con aquellos que no se ajustan a los estándares bióticos predeterminados.
- **F3 Amplitud:** Una métrica útil para evaluar la variabilidad de la información es el total ajustado de lo que sobra, que es el total de valores en todos los datos que superan las limitaciones especificadas.
- **Excedente:** En lo que respecta al valor del ECA pertinente, se observa la discrepancia entre el rango determinado por los ECA y el rango observado en los datos para cada parámetro.

El índice de calidad ambiental se calcula utilizando el método canadiense, que combina tres factores: amplitud, frecuencia y rango. El efecto es un número adimensional entre 0 y 100 que permite describir el estado del agua en un lugar específico.

Tabla 2

Valoración del ICARHS

ICARSH	Calificación	Interpretación
90-100	Excelente	No se observa amenaza ni descenso en la calidad del agua protegida. El estado se ajusta a los valores típicos o recomendados.
75-89	Bueno	Las propiedades del agua pueden diferir ligeramente de la calidad estándar. Asimismo, en ciertas circunstancias, podría ser más conveniente optar por un estado menos riesgoso o comprometido.
45-74	Regular	Existen instancias en los que las características inherentes del elemento esencial se ven comprometidas o destruidas. A menudo, la calidad del agua no alcanza niveles ideales, por lo que resulta imprescindible su tratamiento para múltiples usos
30-44	Malo	Con frecuencia, la calidad del agua compromete las condiciones adecuadas y no satisface los criterios de calidad establecidos, haciendo indispensable su tratamiento para múltiples usos

0-29

Pésimo

Frecuentemente, la calidad del agua se encuentra deteriorada o comprometida, no cumpliendo con los objetivos de calidad para este elemento esencial, lo que hace imprescindible su pretratamiento para cualquier uso.

Nota. Metodología Canadiense (CCME_WQI) referenciada por la Autoridad Nacional del Agua (2020)

2.3. MARCO CONCEPTUAL

- a) Agua subterránea -.** Los acuíferos son capas de tierra porosas y que dejan pasar el agua que almacenan agua subterránea bajo la superficie terrestre. Al ser menos susceptible a la contaminación y la evaporación, constituye una importante fuente de agua dulce (Apaza, 2024).
- b) Calidad del agua-.** Se caracteriza de características microbiológicas y fisicoquímicas que pueden cambiar, junto con los números que fueron aceptado o rechazos asociados (Mariana & Marjoire, 2021).
- c) Índice de calidad del agua -.** El índice de condición del agua manifiesta si los parámetros están dentro del rango, intervalo para ser aplicada a un campo determinado. (Calla & Castrejon, 2020)
- d) Metales pesados -.** Son sustancias fundamentales metálicos que tienen una alta densidad (generalmente superior a 5 g/cm³), una masa atómica relativamente elevada y son malos para los organismos vivos incluso si tienen muy bajas (Mallamas & Páliz, 2018).
- e) Concentración-.** Describe al volumen de un material disuelto en otro, ya sea en alimentos, sangre, suelo, agua, aire u otros medios (Suasaca, 2025).



f) Estándar de Calidad Ambiental-. Se trata de la cantidad de sustancias o características físicas, químicas y biológicas que se encuentran en la tierra, el agua o el aire y que se miden utilizando unidades de referencia reconocidas (Suasaca, 2025).



CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Es no experimental, porque el investigador no generara una situación para tratar de analizar sobre su afección hacia quien participa en ella (Hernandez & Fernandez, 2018).

3.2. NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN

El nivel de análisis es de carácter correlacional, ya que se centra en determinar si presenta una asociación con las variables analizadas, porque la investigación correlacional examina cada variable de forma independiente antes de evaluar el vínculo (Hernandez & Fernandez, 2018).

3.3. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

debido a que se emplearon números y se revisaron hechos que se pueden cuantificar, la investigación será de un enfoque cuantitativo (Hernandez & Fernandez, 2018).

3.4. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Es aplicada porque se enfoca en poner en práctica lo que se sabe científico para resolver problemas concretos o mejorar situaciones existentes. Su objetivo principal busca aprovechar los hallazgos del estudio para crear respuestas útiles

y atender necesidades concretas en distintas áreas, como la medicina, la ingeniería, el campo, entre otras. (Iveth & Zúñiga, 2023)

3.5. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.5.1. Población

Una comunidad se describe como una parte de personas o cosas que tienen ciertos rasgos en común (Hernandez & Fernandez, 2018). El presente trabajo de investigación se efectuó en La urbanización Villa los Triunfadores del distrito de Caracoto en la cual cuenta con pozos hechos a mano y silos donde se depositan los desechos de las personas.

3.5.2. Muestra

Para el presente trabajo de investigación se empleó los ejemplares no probabilísticos convenientemente (Hernandez & Fernandez, 2018) puesto que no en todas las casas viven ni utilizan los pozos para consumo. La muestra que se analizó fue seleccionada siguiendo el protocolo de procedimientos de muestreo RD N° 160-2015/DIGESA/SA, en el cual establece puntos de muestreo son puntos fijos, en otras palabras, significa que se eligieron puntos de muestreo representativos para la investigación, estos lugares corresponden a áreas que se consideran de gran cantidad de riesgo de contaminación. Por lo tanto, los ejemplares se llevó a cabo de manera intencionada y no aleatoria, donde las ejemplares de agua fueron recolectadas de manera simple o puntual (DIGESA, 2015).

Tabla 3

Ubicación geográfica de los puntos de muestreo.

Código	Coordenadas	Fecha	Hora	Zona
P1	E:383547 8285818	N: 05/10/2025	8:20	Urbanización Villa Los Triunfadores
P2	E: 383408 8285623	N: 05/10/2025	8:35	Urbanización Villa Los Triunfadores
P3	E: 383481 8285657	N: 05/10/2025	8:49	Urbanización Villa Los Triunfadores
P4	E: 383290 8285677	N: 05/10/2025	9:05	Urbanización Villa Los Triunfadores
P5	E: 383584 8283584	N: 05/10/2025	9:30	Urbanización Villa Los Triunfadores
P6	E: 383516 8286020	N: 05/10/2025	9:50	Urbanización Villa Los Triunfadores
P7	E: 383475 8285962	N: 05/10/2025	9:55	Urbanización Villa Los Triunfadores
P8	E: 383460 8285766	N: 05/10/2025	10:05	Urbanización Villa Los Triunfadores
P9	E: 383138 8285978	N: 05/10/2025	10:22	Urbanización Villa Los Triunfadores
P10	E: 380988 8286348	N: 05/10/2025	10:45	Urbanización Villa Los Triunfadores
P11	E: 383492 8285531	N: 05/10/2025	11:45	Urbanización Villa Los Triunfadores

Los ejemplares fueron evaluados en el laboratorio de la facultad de Ingeniería Sanitaria Ambiental de la ciudad de universitaria que está ubicada en la Ciudad de Juliaca.

3.6. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.6.1. Técnicas

En cuanto a las técnicas adoptada, se seleccionó la técnica de observación como vía principal para la obtención de datos. Esta técnica permite registrar la presencia, distribución y características de los pozos y silos, así como las condiciones ambientales asociadas.

3.6.2. Instrumentos

Como equipo, se analizó una guía de inspección estructurada, elaborada específicamente para este estudio, la cual permitió organizar y registrar de manera sistemática los datos obtenidos en campo. Esta guía incluía parámetros como ubicación geográfica, distancia entre silo y pozo, tipo de silo y características del agua y protocolos de análisis de laboratorio.

3.7. MATERIALES Y EQUIPOS

a) Materiales

- ✓ Materiales de escritorio
- ✓ Cuaderno de apuntes
- ✓ Matraz Erlenmeyer
- ✓ Frascos de vidrio
- ✓ Probetas
- ✓ Vasos precipitados
- ✓ Cooler
- ✓ Guantes quirúrgicos
- ✓ Papel toalla
- ✓ Mascarilla
- ✓ Cadena de custodia



- ✓ Rotulos
- ✓ Plumón indeleble y otros

b) Equipos

- ✓ pH metro
- ✓ Multiparámetro
- ✓ Congeladora
- ✓ GPS
- ✓ Balanza analítica
- ✓ Cámara fotográfica
- ✓ Laptop
- ✓ Equipo de transporte

3.8. UBICACIÓN DE LA ZONA EN ESTUDIO

La zona de análisis se encuentra en la urbanización Villa los Triunfadores, perteneciente al distrito de Caracoto, en la provincia de San Román, departamento de Puno. Este lugar fue seleccionado debido a la carencia de servicios esenciales, especialmente agua potable y alcantarillado, lo que obliga a los pobladores a recurrir a pozos artesanales como suministro de agua. Esta realidad, sumada a la presencia de silos rústicos en cercanía a los pozos, convierte al área en un escenario propicio para analizar la problemática planteada en la investigación.

Figura 6

Ubicación geográfica del ámbito de estudio

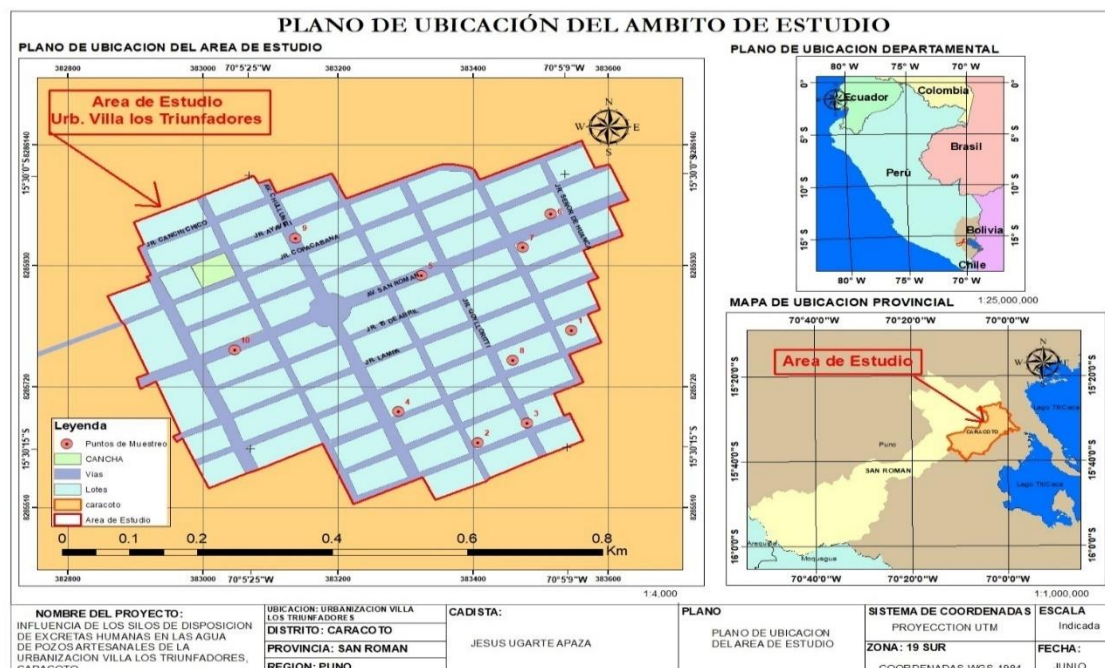
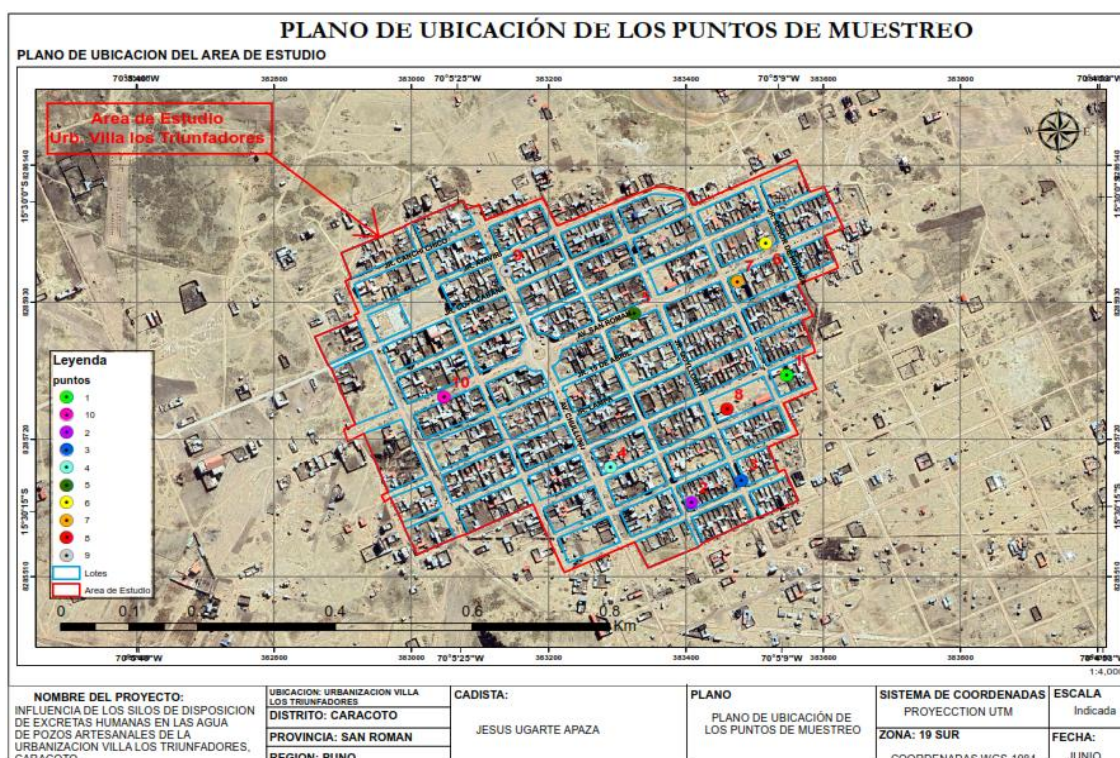


Figura 7

Localización de los puntos de muestreo de los pozos en la Urbanización Villa los Triunfadores.



3.9. PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO

El procedimiento metodológico se organizó en una serie de fases que permitieron abordar con rigurosidad los objetivos planteados, comenzando con el reconocimiento detallado de la zona de estudio. Esta primera etapa consistió en realizar un recorrido por la urbanización Villa los Triunfadores, en el distrito de Caracoto, con el propósito de identificar y georreferenciar los pozos artesanales en uso, así como registrar visualmente y mediante mediciones la presencia, cantidad y tipo de silos de disposición de excretas cercanos a cada pozo. Esta inspección permitió recolectar información preliminar clave para la ubicación estratégica de los puntos de ejemplo, priorizando aquellos que presentaban mayor riesgo potencial de contaminación, en concordancia con los lineamientos técnicos de DIGESA.

En la segunda parte, se procedió a la recolección de las ejemplares de agua subterránea. Este proceso se ejecutó bajo estrictas condiciones de bioseguridad y siguiendo los protocolos instituidos en la Resolución Directoral N.º 160-2015-DIGESA/SA. Para ello, se utilizaron frascos de vidrio estériles y se aplicó la técnica de muestreo simple o puntual en once pozos seleccionados. Cada frasco fue rotulado cuidadosamente con códigos alfanuméricos que indicaban fecha, hora, coordenadas geográficas y zona de muestreo, para minimizar posibles errores en el proceso de análisis. Las muestras fueron inmediatamente conservadas en coolers portátiles con acumuladores de frío y transportadas al laboratorio de la Facultad de Ingeniería Sanitaria y Ambiental en Juliaca, garantizando la cadena de frío y la integridad microbiológica de los contenidos.

Una vez en laboratorio, se dio paso a la tercera etapa, consistente en la aplicación de los análisis microbiológicos establecidos en el D.S. N.º 031-2010-

SA. Se evaluó colis termotolerantes, usando métodos estandarizados para asegurar la validez de los hallazgos. Los registros obtenidos fueron anotados en una base digital diseñada para la gestión estadística, y se organizaron de acuerdo con las dimensiones e indicadores definidos para cada variable de estudio. Esto permitió establecer comparaciones entre la calidad del agua y las características específicas de los silos identificados en el entorno de cada pozo.

Para determinar los rasgos del agua se utilizó y estos fueron elaborados por el Consejo Canadiense de ministros de Medio Ambiente y citadas por la ANA (2020), siendo este el "ICA de los Recursos Hídricos Superficiales – ICARHS", por medio de la RJ. N° 084-2020-ANA, especificando lo siguiente:

F1 – Alcance. – En la conexión con los datos totales de los parámetros que se van a examinar (datos que corresponden a las constataciones), muestra la proporción de la data que no cumplen las normativas ambientales.

$$F1 = \frac{\text{Numero de parámetros que no cumplen la norma de calidad de agua}}{\text{Numero total de parámetros a evaluar}}$$

F2 - Frecuencia. - El total ajustado de los excedentes, es decir, los excedentes de toda la data en asociación con la magnitud de los datos estiman el margen de error que aparece en los datos.

$$F2 = \frac{\text{Numero de parámetros que no cumplen la norma de calidad de agua}}{\text{Numero total de datos evaluados}}$$

F3 - Amplitud. – El total ajustado de superaciones, es decir, los excedentes de todos los datos en relación con la cantidad total de datos- determina la desviación que se produce en los datos.

$$F3 = \frac{\text{suma normalizada de excedentes}}{\text{suma normalizada de excedentes}+1} * 100$$

En donde, la (SNE):

$$nse = \text{Suma Normalizada de Excedente} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Excede}}{\text{Total de datos}}$$

Excedente. - Se entrega para cada medida y es el número que indica la diferencia entre el valor obtenido y el valor promedio que exige la norma de calidad del agua.

Ahora, te mostramos dos casos:

Caso 1. Se usa esta fórmula para calcular el sobrante cuando el valor del elemento analizado está por encima de lo que permite la norma:

$$\text{Excedentes}_i = \left(\frac{\text{Valor del parámetro que no cumple la norma}}{\text{Valor establecido del parámetro en la norma}} \right) - 1$$

Caso 2. Si el elemento estudiado tiene un valor inferior a la norma aceptada, no se cumple el criterio, como en el caso de los elementos oxígeno disuelto (>4) y pH (>6,5). A continuación, ejecutamos la ecuación anterior:

$$\text{Excedentes}_i = \left(\frac{\text{Valor establecido del parámetro en la norma}}{\text{Valor del parámetro que no cumple la norma}} \right) - 1$$

Después de hacer los cálculos con los factores, que incluyen F1, F2 y F3. El siguiente expresión se utilizó para calcular el valor ICARSH y analizar la calidad hídrica (excelente, buena, regular, mala y mala):

$$ICARHS = 100 - \left(\sqrt{\frac{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}{1.732}} \right)$$

También, una vez que se obtiene el valor del ICARHS, un puntaje que va de 0 a 100 sin unidades. La medida de la calidad del agua se sostiene en una escala de colores con 5 niveles.

Figura 1

Valoración del ICARHS

Valor ICARHS	Clasificación ICARHS	Color (RGB)	Interpretación
95 - 100	Excelente	0 112 255	El agua está en buen estado, no hay peligro ni deterioro, su situación se acerca bastante a lo que sería natural o ideal
80 - 94	Bueno	0 197 255	El agua ya no está tan natural como debería, pero aún así se mantiene en condiciones aceptables, aunque con algunos riesgos o afectaciones menores
65 - 79	Regular	85 255 0	De vez en cuando, el agua natural se ve afectada o sufre algún daño. Con frecuencia, su calidad no alcanza los niveles ideales. Para muchos usos, hay que tratarla antes
45 - 64	Malo	255 170 0	El agua no alcanza los niveles de calidad que se esperan, a menudo las condiciones ideales están en riesgo o ya se han deteriorado. Para muchos usos, hay que tratarla antes
0 - 44	Pésimo	255 0 0	El agua no llega a los estándares esperados, casi siempre está en riesgo o ya está deteriorada. Para cualquier uso, hace falta tratarla

Nota. Metodología Canadiense (CCME_WQI)

En una fase posterior, se analizaron las relaciones entre los datos recogidos y los objetivos planteados. Para el primer objetivo específico, se analizó la relación de la concentración respecto a la profundidad de cada pozo y se contrastaron con los niveles de contaminación bacteriana hallados en cada punto de muestreo. Para el segundo objetivo, se contó el número de silos



circundantes por pozo, evaluando si una mayor concentración de estos sistemas rudimentarios aumentaba la probabilidad de contaminación. Finalmente, en cumplimiento del tercer objetivo, se midió la distancia entre cada pozo y el silo más cercano, utilizando equipos GPS y cintas métricas, para ver si había relación entre qué tan cerca estaba y cómo estaba el agua.

Por último, viendo los datos obtenidos se diseñó un filtro de arena para remover los contaminantes de las aguas subterráneas, tomando en consideración lo que indica Quintero (2020), donde manifiesta que se armaron filtros de arena usando tubos de PVC sanitario de 4 pulgadas como estructura del filtro lento (10 cm), con una altura de 60 cm.

Del mismo modo, el material filtrante se aplicó siguiendo el siguiente orden: i) grava, ii) arena gruesa, iii) arena fina, iv) carbón activado y v) algodón; todo ello fue debidamente diseñado para las familias que se abastecen de aguas subterráneas de la zona en estudio, afectadas por la contaminación.



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

4.1.1. Determinar la relación entre la concentración de coliformes termotolerantes en el agua subterránea y la profundidad de los pozos ubicados en la urbanización Villa Los Triunfadores, distrito de Caracoto.

a) Concentración de coliformes termotolerantes

En la Tabla 4 y Figura 8 se presenta la concentración de coliformes termotolerantes en el agua subterránea de la urbanización Villa Los Triunfadores, distrito de Caracoto – Puno.

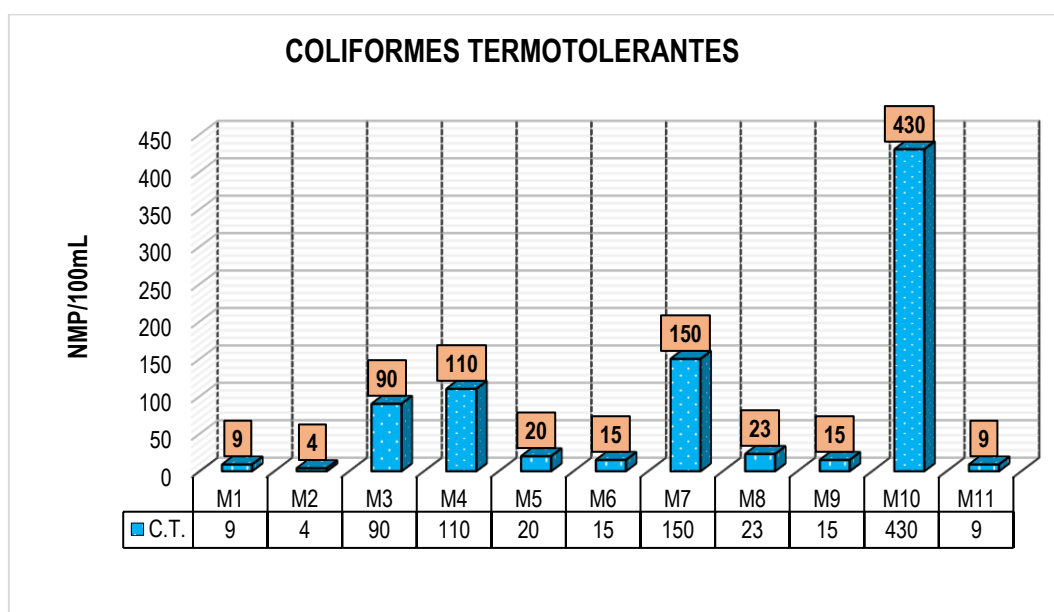
Tabla 4

Concentración de coliformes termotolerantes en el agua subterránea en la urbanización Villa Los Triunfadores

Código	X	Y	Unidad	Coliformes termotolerantes	LMP
P1	383547	8285818	NMP/100mL	9	0
P2	383408	8285623	NMP/100mL	4	0
P3	383481	8285657	NMP/100mL	90	0
P4	383290	8285677	NMP/100mL	110	0
P5	383584	8283584	NMP/100mL	20	0
P6	383516	8286020	NMP/100mL	15	0
P7	383475	8285962	NMP/100mL	150	0
P8	383460	8285766	NMP/100mL	23	0
P9	383138	8285897	NMP/100mL	15	0
P10	383495	8285978	NMP/100mL	430	0
P11	383492	8285531	NMP/100mL	9	0

Figura 8

Concentración de coliformes termotolerantes en el agua subterránea en la urbanización Villa Los Triunfadores.





En la figura 8 se evidencia una alta variabilidad en la calidad microbiológica del agua. Los hallazgos oscilan entre 4 NMP/100 mL (M2) y 430 NMP/100 mL (M10), lo que indica la presencia de distintos grados de contaminación fecal. Los puntos M1, M2, M5, M6, M8, M9 y M11 registran valores relativamente bajos (≤ 23 NMP/100 mL), lo que sugiere una menor influencia de fuentes de contaminación. Sin embargo, los puntos M3 (90 NMP/100 mL), M4 (110 NMP/100 mL) y M7 (150 NMP/100 mL) muestran concentraciones elevadas, mostrando que el agua se había puesto bastante mal. Destaca de manera crítica el punto M10, que alcanza 430 NMP/100 mL, constituyéndose como el foco de mayor contaminación microbiológica. En términos generales, los resultados indican que varios puntos no cumplen con lo que exigen las normas ambientales para consumo humano, lo que significa un riesgo para el bienestar de las personas.

b) Profundidad de los pozos

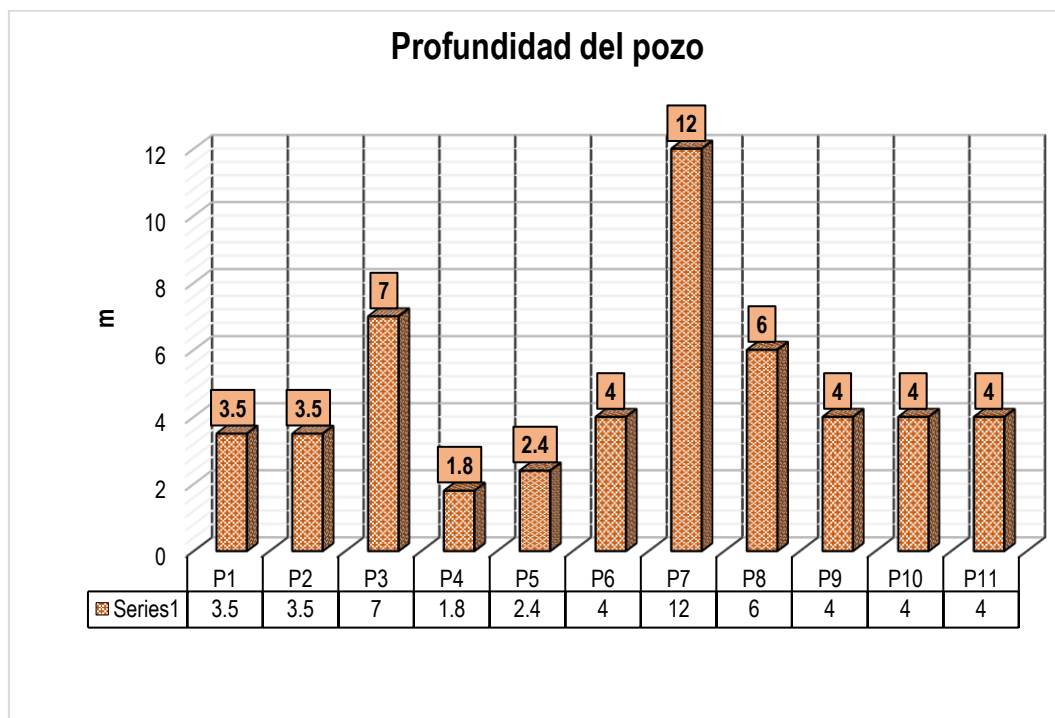
Tabla 5

Profundidad de los pozos en la urbanización Villa Los Triunfadores

Pozo	Profundidad de pozo (m)
P1	3.5
P2	3.5
P3	7
P4	1.8
P5	2.4
P6	4
P7	12
P8	6
P9	4
P10	4
P11	4

Figura 9

Profundidad de los pozos en la urbanización Villa Los Triunfadores





La tabla 5 y figura 9, se puede ver una marcada variabilidad que oscila entre 1,8 m (P4) y 12 m (P7). La mayoría de estos pozos presentan profundidades menores o iguales a 4 m (P1, P2, P5, P6, P9, P10 y P11), lo que evidencia un predominio de captaciones someras. Este tipo de pozos, debido a su limitada profundidad, resulta más vulnerable a la infiltración de contaminantes por la proximidad a silos. En contraste, los pozos P3 (7 m), P8 (6 m) y principalmente P7 (12 m) presentan mayores profundidades.

c) Calidad del agua

Tabla 6

Índice de calidad del agua subterránea de la urbanización Villa Los

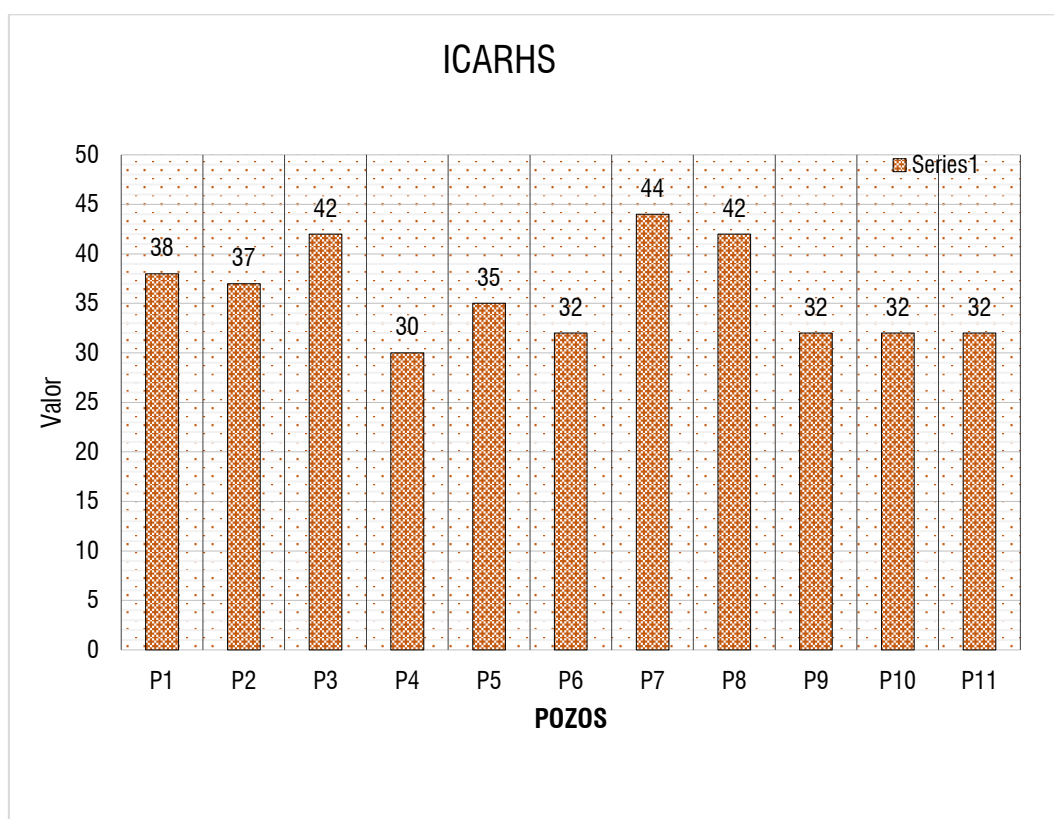
Triunfadores

Profundidad del pozo (m)	Vulnerabilidad sanitaria	Calificación ICARHS
< 30 m	Muy alta	Deficiente
3 – 5 m	Alta	Regular
5 – 8 m	Media	Aceptable
> 8 m	Baja	Buena

Figura 10

Índice de calidad del agua subterránea de la urbanización Villa Los

Triunfadores



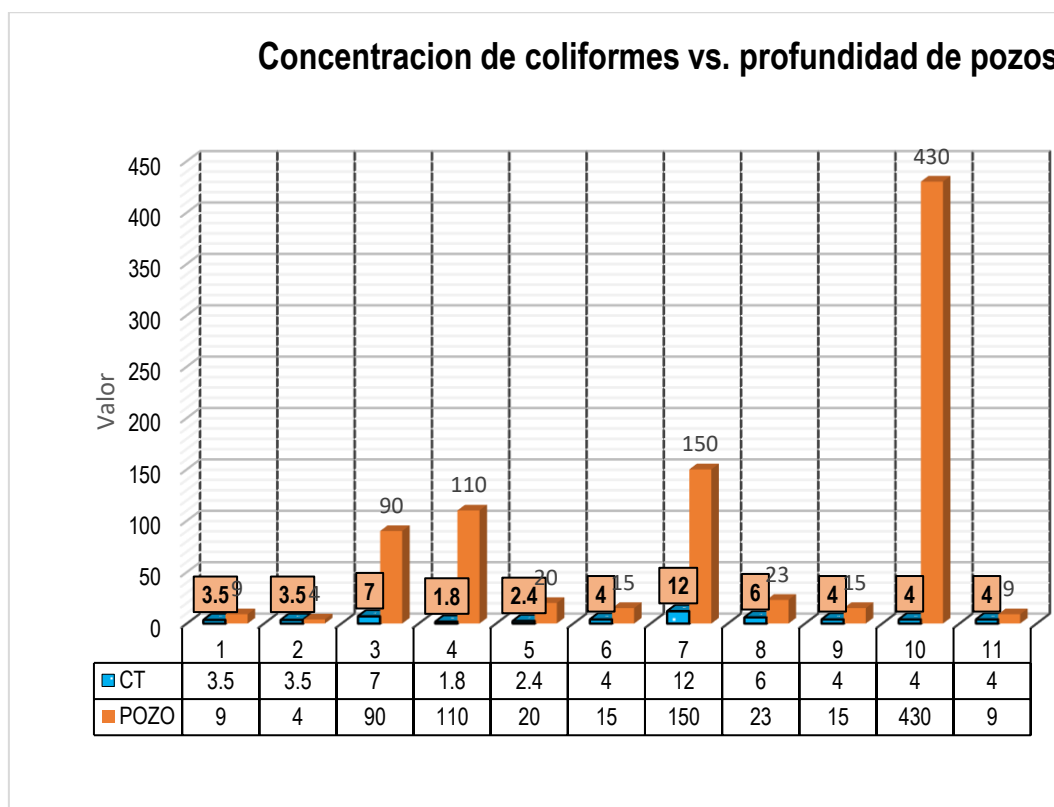


La tabla 6 manifiesta según la calificación del ICARHS, el 64 % de los pozos evaluados se clasifican en condición deficiente y regular, debido a profundidades menores a 5 m, lo que incrementa su vulnerabilidad a la contaminación fecal. Solo el pozo P7 presenta una calificación buena, evidenciando que una mayor profundidad constituye un factor determinante en la protección sanitaria del acuífero, en la figura 10, se muestra que el agua subterránea indica un índice de estado en el rango de 30 a 44, con una calificación correspondiente a "pésimo", lo que señala que el agua no cumple con los objetivos de estado.

d) Concentración de coliformes termotolerantes vs. profundidad de los pozos ubicados

Figura 11

Concentración de coliformes termotolerantes vs. profundidad de los pozos ubicados de la urbanización Villa Los Triunfadores



En la Figura 11, se puede ver la relación de la concentración de coliformes termotolerantes con respecto a la profundidad de los pozos ubicados, indicando que, a menor profundidad, presenta mayores concentraciones de coliformes Termotolerantes; y mientras que los pozos con mayor profundidad presentan menores concentraciones de coliformes Termotolerantes.

4.1.2. Analizar la relación entre la concentración de coliformes termotolerantes en el agua subterránea y el número de silos de disposición de excretas humanas en la urbanización Villa Los Triunfadores, distrito de Caracoto.

a) Numero de silos próximos

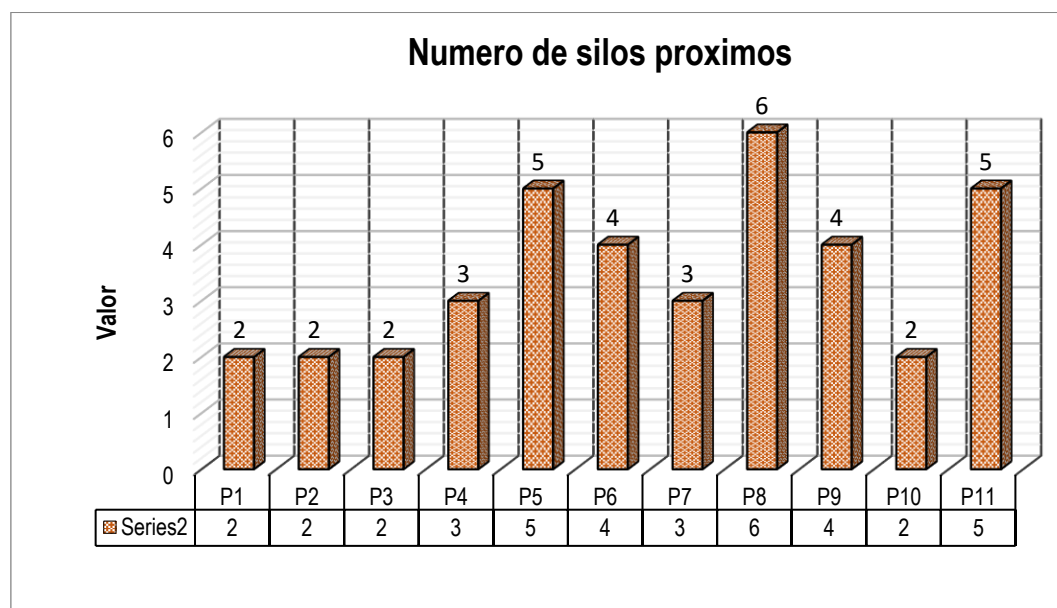
Tabla 7

Número de silos próximos a los pozos en la urbanización Villa Los Triunfadores

Pozo	Numero de silos próximos
P1	2
P2	2
P3	2
P4	3
P5	5
P6	4
P7	3
P8	6
P9	4
P10	2
P11	5

Figura 12

Número de silos próximos a los pozos en la urbanización Villa Los Triunfadores



La tabla 7 y figura 12, manifiesta el número de silos próximos a los pozos en la urbanización Villa Los Triunfadores, indicando que el Pozo 1, 2, 3 y 10 presentan 2 silos que están próximos, mientras que el Pozo 4 y 7 presentan 3 silos que están próximos, así mismo en el Pozo 5 presenta 5 silos que están próximos, también en el pozo 6 y 9 presentan 9 silos que están próximos, y el pozo 8 presentan 3 silos que están próximos.

b) Calidad del agua

Tabla 8

Índice de calidad del agua subterránea de la urbanización Villa Los Triunfadores

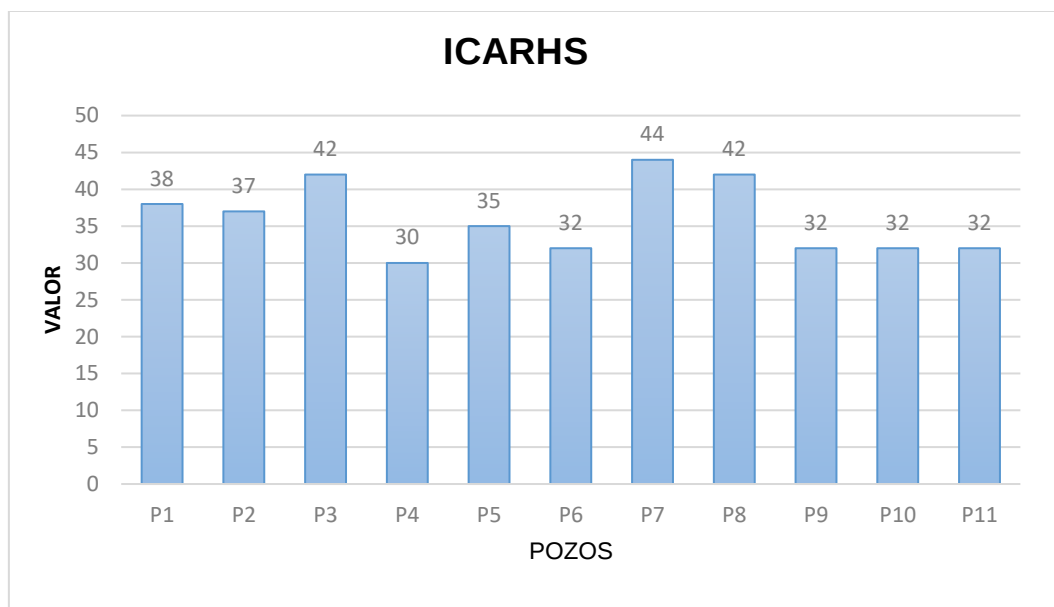
Pozo	Número de silos próximos	Nivel de riesgo sanitario	Validación según ICARHS
P1	2	Alto	Pésimo
P2	2	Alto	Pésimo
P3	2	Alto	Pésimo
P4	3	Muy alto	Pésimo
P5	5	Crítico	Pésimo
P6	9	Crítico	Pésimo
P7	3	Muy alto	Pésimo
P8	3	Muy alto	Pésimo
P9	9	Crítico	Pésimo
P10	2	Alto	Pésimo
P11	0 - 1	moderado	Pésimo

Los pozos de la urbanización Villa Los Triunfadores debido a la proximidad de silos, se le califica como "Pésimo" según la tabla de ICARHS. Los pozos P1, P2, P3 y P10, con dos silos cercanos, muestran un riesgo sanitario alto, mientras que los pozos P4, P7 y P8, con tres silos próximos, alcanzan un riesgo muy alto, evidenciando un incremento de la vulnerabilidad del acuífero. Destacan los pozos P5, P6 y P9, que presentan entre cinco y nueve silos cercanos, clasificándose en un riesgo crítico.

Figura 13

Índice de calidad del agua subterránea de la urbanización Villa Los

Triunfadores

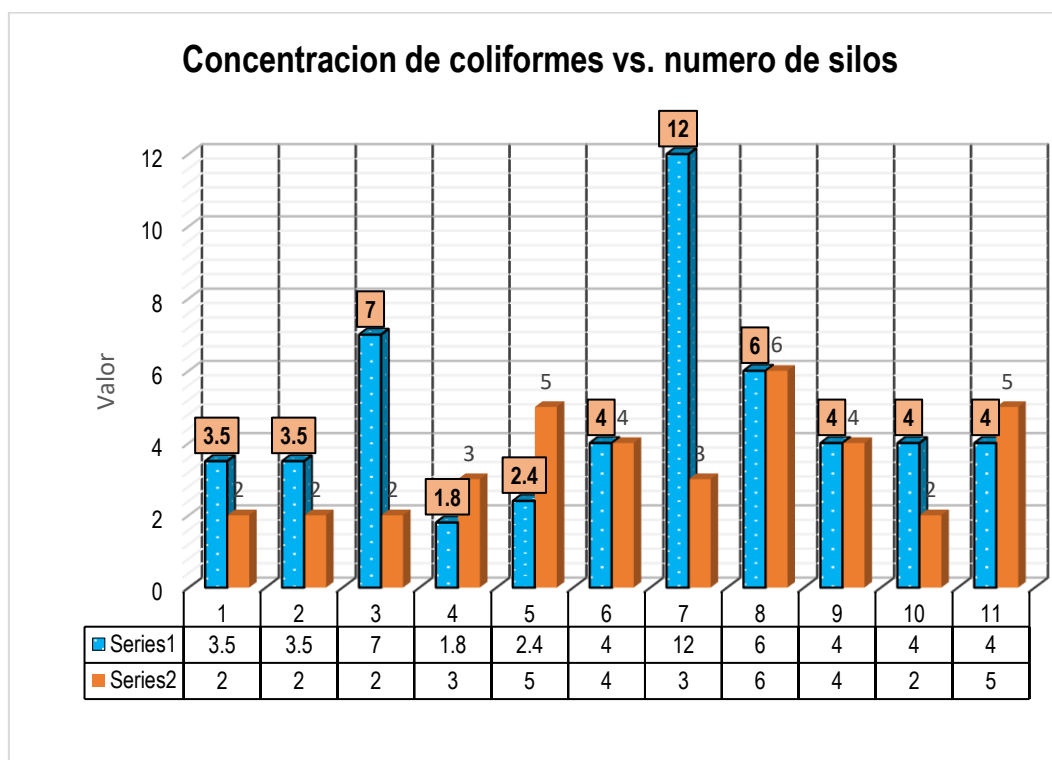


La tabla 8 y la figura 13 manifiesta el índice de estado del agua subterránea de la urbanización Villa Los Triunfadores, donde se observa que los valores del índice se sitúan entre 30 y 44, ubicándose dentro de la categoría “pésimo”. Esta condición evidencia que el agua subterránea no alcanza los objetivos de calidad establecidos, manteniéndose en un estado de vulnerabilidad y riesgo sanitario, así que hace falta tomar acciones de tratamiento y manejo adecuado antes de su uso.

c) Concentración de coliformes termotolerantes vs. número de silos

Figura 14

Concentración de coliformes termotolerantes vs. número de silos de la urbanización Villa Los Triunfadores



La figura 14 evidencian la relación entre la manifestaciones de coliformes termotolerantes y el número de silos en la urbanización Villa Los Triunfadores, mostrando una variabilidad significativa de los valores conforme aumenta el número de silos, lo que indica una tendencia no lineal. En los pozos P1, P2, P5, P6, P9, P11 poseen concentraciones bajas desde un valor 4 NMP/100ML hasta un valor de 20 NMP/100 mL, en cambio los pozos P3, P4, P8 tiene valores medios que oscilan entre los siguientes valores 23 NMP/100 mL – 110 NMP/100 mL. Finalmente, los pozos P7 y P10 son en los que se observa la mayor concentración 150 NMP/100 mL a 430 NMP/100 mL

4.1.3. Evaluar la relación entre la concentración de coliformes termotolerantes en el agua subterránea y la distancia de los silos de disposición de excretas humanas en la urbanización Villa los Triunfadores en el distrito de Caracoto

a) Distancia de los silos

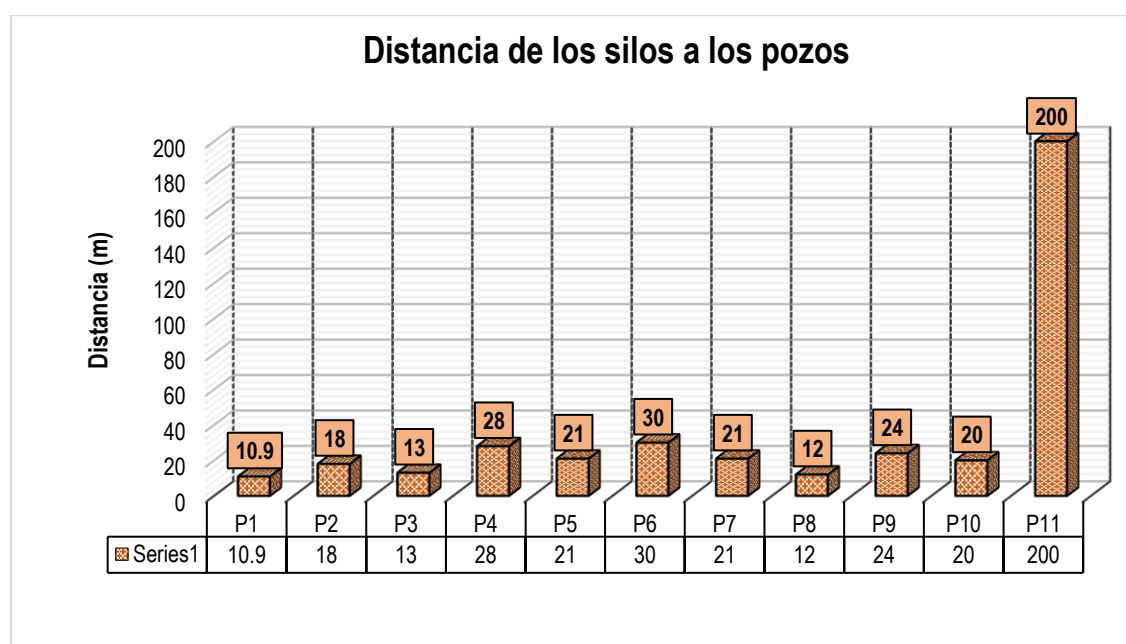
Tabla 9

Distancia de los silos a los pozos en la urbanización Villa Los Triunfadores

pozo	Distancia de los silos a los pozos (m)	Concentración de coliformes (NMP/100 mL)
P1	10.9	9
P2	18	4
P3	13	90
P4	28	110
P5	21	20
P6	30	15
P7	21	150
P8	12	23
P9	24	15
P10	20	430
P11	200	9

Figura 15

Distancia de los silos a los pozos en la urbanización Villa Los Triunfadores

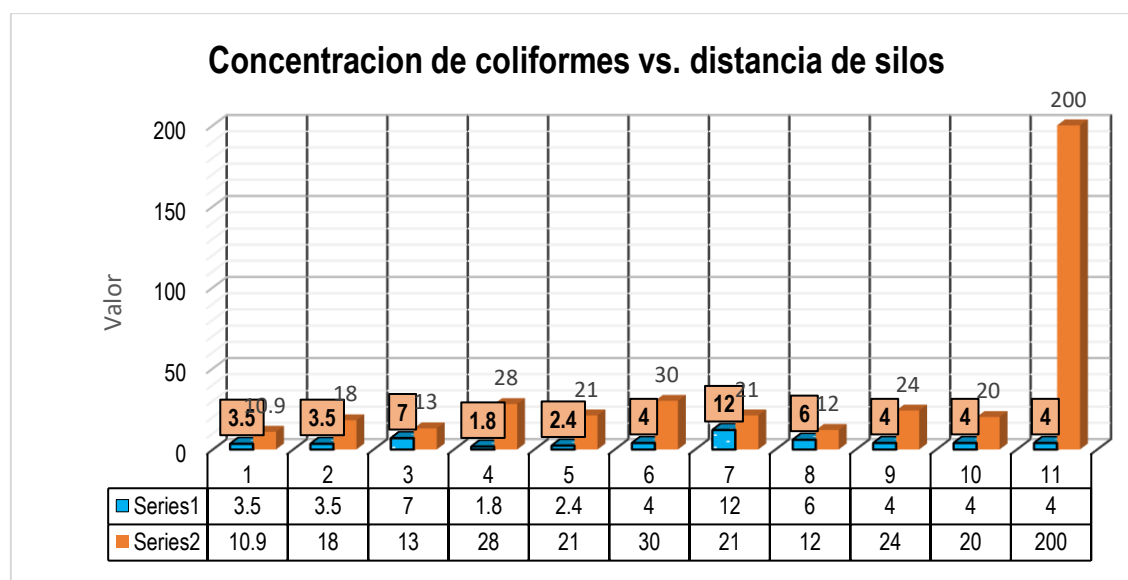


La tabla 9 y figura 15, manifiestan la distancia de los silos a los pozos en la urbanización Villa Los Triunfadores, indicando que en promedio la distancia fluctúa desde 12 metros a 30 metros en promedio a excepción del pozo 11, que es el punto control.

b) Concentración de coliformes termotolerantes vs. distancia de los silos

Figura 16

Concentración de coliformes termotolerantes vs. distancia de los silos de la urbanización Villa Los Triunfadores



La figura 16 manifiesta la relación entre la concentración de coliformes termotolerantes contenidos en los pozos artesanales de la urbanización Villa los triunfadores y la distancia de los silos, evidenciando un comportamiento altamente variable. Los resultados indican que a distancias cortas, como en los pozos P1 (10,9 m) y P3 (13 m), se registran concentraciones contrastantes de coliformes, desde valores bajos (9 NMP/100 mL) hasta valores elevados (90 NMP/100 mL), lo que hace pensar que hay otros aspectos que influyen. De manera similar, a distancias intermedias entre 18 y 30 m (P2, P4, P5, P6, P7, P9 y P10), se ve que los datos están bastante esparcidos, destacando

concentraciones muy elevadas en los pozos P7 (150 NMP/100 mL) y P10 (430 NMP/100 mL), a pesar de no ser los más cercanos a los silos. El pozo P11, ubicado a una distancia significativamente mayor (200 m), presenta una concentración baja de coliformes (9 NMP/100 mL), lo que indica que a mayores distancias la influencia directa de los silos disminuye considerablemente. Sin embargo, la presencia de valores extremadamente altos en distancias intermedias evidencia que la contaminación por microbios no tiene que ver exclusivamente de la proximidad, sino también de factores hidrogeológicos.

c) Dimensiones para diseñar un filtro lento

Caudal

Con los números que arrojó el proceso de filtración se saca el valor del flujo.

Ecuación:

$$Q = \frac{V_0}{T}$$

$$Q = \frac{20 \text{ litros}}{1800 \text{ segundos}}$$

$$Q = 0.01 \text{ lit/seg.}$$

Donde:

- Q = Caudal volumétrico
- V_0 = Volumen
- t = Tiempo

Área transversal

Para el cálculo del área transversal se empleó el diámetro de la columna del sistema de filtración, cuyo valor es de 4 pulgadas y 10.16 en centímetros; a partir de este dato se determinó el área transversal aplicando la siguiente ecuación:

$$A_t = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$A_t = \frac{3.1416 (10.16 \text{ cm})^2}{4}$$

$$A_t = 81.07 \text{ cm}^2$$

Donde:

- A_t = Área transversal
- D = Diámetro

Velocidad de filtración

Para calcular la velocidad de la infiltración se empleó los números que salieron con las fórmulas de antes, considerando que el caudal volumétrico presento un valor de 0.017 litros por segundos equivalente a 0.0612 metros cúbicos por hora; según condiciones evaluadas.

Ecuación:

$$V_f = \frac{Q}{A_t}$$

$$V_f = \frac{0.0612 \text{ m}^3/\text{hora}}{81.07 \text{ cm}^2}$$

$$V_f = 7.65 \text{ m/hora}$$

Donde:

- V_f = Velocidad de filtración
- Q = Caudal
- A_t = Área transversal

Tiempo de retención

Para calcular el tiempo de retención se empleó la altura del filtro de 60 centímetros equivalente a 0.6 metros, según condiciones evaluadas.

Ecuación:

$$t = \frac{L}{V_f}$$

$$t = \frac{0.6 m}{7.65 m/hora}$$

$$t = 0.08 \text{ hora} = 4.8 \text{ minutos} = 288 \text{ segundos}$$

Donde:

- L = Longitud del filtro.
- V_f = Velocidad de filtración

Cálculos para los lechos filtrantes

Volumen del filtro

Se efectuaron los procedimientos matemáticos requeridos para estimar la cantidad de material requerida en cada uno de los lechos filtrantes; para ello, se estimó el volumen de un cilindro representativo con una altura de 60 cm, un diámetro de 10.16 cm y 5.08 cm de radio, lo que permitió disponer de una base de referencia para convertir dicho volumen en masa, aplicando la densidad específica de cada material.

Ecuación:

$$V = \pi r^2 h$$

$$V = \pi (5.08 cm)^2 60 cm$$

$$V = 4864.40 cm^3$$

Donde:

- V = Volumen del cilindro
- r^2 = radio
- h = Altura del filtro

Masa a partir de la densidad y el volumen

La tabla 13 se presentan los valores de densidad para distintos materiales comúnmente utilizados en la elaboración de filtros de agua caseros, estos valores permiten calcular la masa de cada componente al conocer el volumen que ocuparán en el recipiente de filtración, aplicando la siguiente ecuación:

Tabla 10

Valores de densidad

Material	Densidad (g/cm ³)	Tamaño de partículas (mm)
Grava	1.3347	2.00
Arena gruesa	1.2510	1.00
Arena fina	1.3347	0.50
Carbón activado	1.0427	

Nota. Obtenido del estudio de Escobar (2021) y corresponden a condiciones de laboratorio estándar.

Ecuación:

$$m = \rho \cdot V$$

Donde:

- ***m*** = masa del material
- ***ρ*** = densidad del material
- ***V*** = volumen ocupado por cada lecho

Análisis de cada caso:

- **Grava**

$$\rho = 1.3347 \text{ g/cm}^3$$

$$m = 1.3347 \text{ g/cm}^3 \times 4864.40 \text{ cm}^3 = 6492.51 \text{ g}$$

- **Arena gruesa**

$$\rho = 1.2510 \text{ g/cm}^3$$

$$m = 1.2510 \text{ g/cm}^3 \times 4864.40 \text{ cm}^3 = 6085.36 \text{ g}$$

- **Arena fina**

$$\rho = 1.3347 \text{ g/cm}^3$$

$$m = 1.3347 \text{ g/cm}^3 \times 4864.40 \text{ cm}^3 = 6492.51 \text{ g}$$

- **Carbón activado**

$$\rho = 1.0427 \text{ g/cm}^3$$

$$m = 1.0427 \text{ g/cm}^3 \times 4864.40 \text{ cm}^3 = 5072.10 \text{ g}$$

Suministro del lecho filtrante

Las dimensiones del tubo de PVC sanitario, de 4 pulgadas de diámetro y 60 cm de altura, utilizado como filtro lento, indican que el 20 % correspondiente a cada lecho equivale a 12 cm de altura.

Ecuación:

$$X = \frac{60 \text{ cm} \times 20\%}{100\%} = 12 \text{ cm}$$

Ensamble del prototipo

En la tabla 14 se describe que la unidad de filtración se construyó con un tubo de PVC de ventilación de 4" de diámetro y 60 cm de longitud; en su interior, el lecho filtrante está conformado de abajo hacia arriba por 12 cm de grava, 12 cm de arena gruesa, 12 cm de arena fina, 12 cm de carbón activado y 2 cm de



algodón como capa de protección, todo apoyado sobre un falso fondo con sistema de drenaje. El drenaje se resuelve con un tapón de PVC perforado mediante broca de 1/8", que, junto con el tubo, se conecta a una derivación de PVC de 1/2" instalada en una perforación central del cuerpo de 4", acoplada mediante collarín 4" x 1/2" y controlada por una válvula de flujo. En la base, un tapón de PVC de 4" cierra la unidad, brinda soporte estructural y evita fuga.

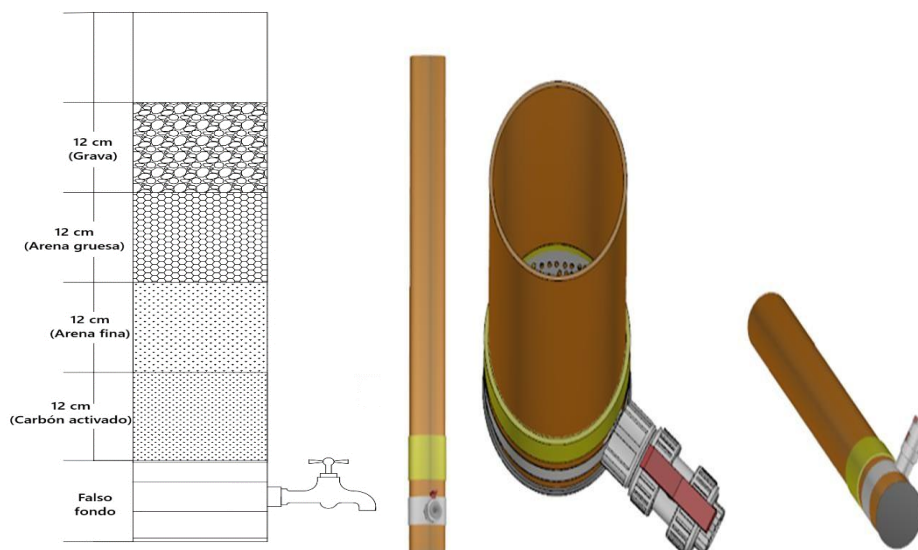


Tabla 11

Ensamble del prototipo

Materiales	Costo
Tubo de PVC de 4 pulgadas	S/. 24.00
Collarín deriv acue 4 pulgadas x 1/2	S/. 34.00
Tapón plástico 4 pulgadas	S/. 5.00
Llave plástica ½ pulgada	S/. 5.00
Pegamento	S/. 3.00
Broca espada 1 Pulgada	S/. 10.00
Grava	S/. 0.00
Arena gruesa	S/. 0.00
Arena fina	S/. 0.00
Carbón activado	S/. 0.00
Algodón	S/. 2.50
Total	S/. 70.50



4.2. PRUEBA ESTADÍSTICA

H_a: Cantidad de coliformes termotolerantes en el agua subterránea presentan una relación significativa en la profundidad de los pozos ubicados en la urbanización Villa Los Triunfadores, distrito de Caracoto

H_n: Cantidad de coliformes termotolerantes en el agua subterránea no presentan una relación significativa en la profundidad de los pozos ubicados en la urbanización Villa Los Triunfadores, distrito de Caracoto.

La tabla 11 manifiesta lo resultante de la correlación de Pearson entre la cantidad de coliformes termotolerantes y profundidad de los pozos ubicados en la urbanización Villa Los Triunfadores, donde se consiguió un $Rho = 0,789$ con un nivel de significancia (Sig.) menor a 0,001, lo que muestra una relación muy fuerte y con sentido estadístico entre las dos variables, así que se admite la hipótesis alterna: cantidad de coliformes termotolerantes en el agua subterránea presentan una relación significativa en la profundidad de los pozos ubicados en la urbanización Villa Los Triunfadores, distrito de Caracoto.

Tabla 12

Correlación de concentración de coliformes termotolerantes y profundidad de los pozos

			Concentración de coliformes termotolerantes	Profundidad de los pozos
Pearson	Concentración de coliformes termotolerantes	Coeficiente de correlación	1,000	,789**
		Sig. (bilateral)	.	,000
		N	11	11
	Profundidad de los pozos	Coeficiente de correlación	,789**	1,000
		Sig. (bilateral)	,000	.
		N	11	11

H_a: Cantidad de coliformes termotolerantes en el agua subterránea **presentan una relación** significativa en el número de silos de disposición de excretas humanas en la urbanización Villa Los Triunfadores, distrito de Caracoto.

H₀: Cantidad de coliformes termotolerantes en el agua subterránea **no presentan una relación** significativa en el número de silos de disposición de excretas humanas en la urbanización Villa Los Triunfadores, distrito de Caracoto.

La tabla 12 exhibe los resultados de la correlación entre la concentración de coliformes termotolerantes y profundidad de los pozos ubicados en la urbanización Villa Los Triunfadores, donde se obtuvo un coeficiente Rho = 0,778 con un grado de notable (Sig.) < 0,001, lo que indica una correlación positiva muy fuerte y estadísticamente notable entre las variables estudiadas admitiendo la hipótesis alterna: Cantidad de coliformes termotolerantes en el agua subterránea presentan una relación significativa en el número de silos de

disposición de excretas humanas en la urbanización Villa Los Triunfadores, distrito de Caracoto.

Tabla 13

Correlación de concentración de coliformes termotolerantes y numero de silos

			Concentración de coliformes termotolerantes	Número de silos
Pearson	Concentración de coliformes termotolerantes	Coeficiente de correlación	1,000	,778**
		Sig. (bilateral)	.	,000
		N	11	11
	Profundidad de los pozos	Coeficiente de correlación	,778**	1,000
		Sig. (bilateral)	,000	.
		N	11	11

Nota** La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

H_a: Cantidad de coliformes termotolerantes en el agua subterránea **presentan una relación** separación o ubicación de los silos destinados a la disposición de excretas humanas en la urbanización Villa los Triunfadores en el distrito de Caracoto

H_n: Cantidad de coliformes termotolerantes en el agua subterránea **no presentan una relación** significativa en la distancia de los silos de disposición de excretas humanas en la urbanización Villa los Triunfadores en el distrito de Caracoto.

La tabla 13 exhibe lo resultante de la correlación entre la concentración de coliformes termotolerantes y qué tan lejos estaban los silos donde se depositan los desechos humanos en la urbanización Villa Los Triunfadores, donde se

consiguió un $Rho = 0,753$ con un nivel de significancia (Sig.) menor a 0,001, lo que muestra una relación bastante clara y con sentido estadístico entre la segunda dimension y la variable se admite la hipótesis alterna: El nivel de coliformes termotolerantes presentes en el agua subterránea **presentan una relación** significativa en la separación o ubicación de los silos destinados a la disposición de excretas humanas en la urbanización Villa los Triunfadores en el distrito de Caracoto.

Tabla 14

Correlación de concentración de coliformes termotolerantes y distancia de los silos

		Concentración de coliformes termotolerantes			Distancia de los silos	
		Concentración de coliformes termotolerantes	Coeficiente de correlación	Sig. (bilateral)	N	
Pearson	Concentración de coliformes termotolerantes	1,000				
	Distancia de los silos	,753**				
Pearson	Concentración de coliformes termotolerantes	,753**				
	Distancia de los silos	1,000				
Pearson	Concentración de coliformes termotolerantes	,000				
	Distancia de los silos	.				
Pearson	Concentración de coliformes termotolerantes	11				
	Distancia de los silos	11				

Nota.** La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

4.3. DISCUSIÓN

Los estudios de Ali (2017) y Burillo (2022) coinciden en que la contaminación bacteriológica de aguas subterráneas en zonas rurales y periurbanas se asocia significativamente con la proximidad y número de silos de disposición de excretas humanas. Ali (2017) documenta la presencia de coliformes fecales en un rango relevante en pozos cercanos a letrinas contaminantes, confirmando la magnitud del riesgo sanitario. En Villa los Triunfadores, esta relación se prueba con la detección notable de coliformes termotolerantes en pozos artesanales próximos a silos de excretas, lo que sugiere una contaminación directa derivada de prácticas sanitarias precarias, acorde con los hallazgos reportados por Burillo (2022) y corroborados en la investigación local.

Complementariamente, Vilca (2022) y Callo (2019) destacan la influencia del tipo y estado estructural de los silos sobre la calidad del agua. Silos con construcción inadecuada o materiales parciales permiten la infiltración acelerada de contaminantes hacia acuíferos superficiales, agravando la contaminación. Este fenómeno es crítico en Villa los Triunfadores, donde se observa que silos parcialmente rústicos y contruidos sin las medidas técnicas de impermeabilización adecuada se correlacionan con elevados niveles de bacterias coliformes en el agua subterránea, elemento que incrementa el riesgo sanitario y coincide con los riesgos señalados en otros contextos rurales peruanos como los descritos por Inofuente (2021).

Tacuri (2019) y Leon (2021) discuten que la falta de sistemas formales de alcantarillado impulsa la dependencia de silos y pozos artesanales para el manejo de excretas y suministro de agua, configurando una vulnerabilidad



sanitaria crítica. La urbanización Villa los Triunfadores refleja esta realidad, predominando la coexistencia cercana entre silos de disposición y los pozos de agua subterránea que la gente usa para beber sin tratamiento previo, situación que enmarca la detección de contaminación por bacterias coliformes y nitratos, evidenciando una problemática multidimensional derivada del déficit en planificación urbana y políticas públicas integradas.

Según Astudillo (2023), la contaminación microbiológica y química del agua subterránea, especialmente con coliformes fecales, representa una amenaza directa a la salud pública en comunidades sin acceso a saneamiento adecuado. La evidencia recopilada en Villa los Triunfadores sobre la asociación significativa entre la cercanía, número y tipo de silos y la calidad microbiológica del agua subterránea resalta la urgencia de implementar sistemas de saneamiento sostenible y estrategias de gestión ambiental que mitiguen riesgos, coincidiendo con la propuesta de Astudillo para fortalecer el monitoreo y control de estos focos contaminantes.

La relación entre los silos de disposición de excretas humanas y la calidad del agua subterránea en la urbanización Villa los Triunfadores, se sustenta en evidencia científica que atribuye a la cantidad, condición y proximidad de dichos silos un impacto negativo significativo en la calidad microbiológica del agua.

CONCLUSIONES

PRIMERA: Se concluye que a menor profundidad de los pozos se presentan mayores concentraciones de coliformes termotolerantes, mientras que los pozos de mayor profundidad presentan menores concentraciones, corroborado con una significancia (Sig.) por debajo de 0,001, lo que indica una correlación negativa muy fuerte y estadísticamente relevante entre la profundidad de los pozos y la concentración de coliformes termotolerantes.

SEGUNDA: Se concluye que a mayor número de silos de disposición de excretas humanas se presentan mayores concentraciones de coliformes termotolerantes en el agua subterránea, mientras que a menor cantidad de silos se observan menores concentraciones, corroborado con un nivel de significancia (Sig.) menor a 0,001, lo que señala una relación muy sólida y con sentido estadístico entre las variables que se analizaron.

TERCERA: Se concluye que a menores distancias entre los silos de disposición de excretas humanas y los pozos se presentan mayores concentraciones de coliformes termotolerantes, mientras que a mayores distancias se registran menores concentraciones, corroborado con un nivel de significancia (Sig.) $< 0,001$, lo que refleja una conexión negativa considerable y estadísticamente significativa entre la distancia de los silos y la concentración de coliformes termotolerantes.



RECOMENDACIONES

- PRIMERA:** Se exhorta a la municipalidad distrital de Caracoto, a las autoridades del sector salud y saneamiento establecer y fiscalizar criterios técnicos mínimos para la construcción de silos de excretas humanas.
- SEGUNDA:** A la población de la Urbanización Villa los Triunfadores en coordinación con autoridades del sector salud, se recomienda implementar programas sobre la correcta cloración del agua que va para el consumo humano.
- TERCERA:** Se recomienda a los investigadores, tesistas ampliar el alcance del estudio incorporando análisis fisicoquímicos, evaluaciones hidrogeológicas del suelo y monitoreos en diferentes épocas del año, con el propósito de entender mejor los aspectos que afectan en la contaminación del agua subterránea.



REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Agua, G., De Estudio, G., & Ambiental, T. (2009). Digesa Gesta Agua.
<https://shre.ink/LhB9>
- Aguilar, O. (2018). *Evaluación de cómo está el agua que toman en la comunidad de Llañucancha del distrito de Abancay, provincia de Abancay* 2017.
- Ali, Z. (2017). The public health significance of latrines discharging to groundwater used for drinking. *Water Research*.
<https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.07.049>
- ANA. (2019). *El agua en cifras*. <https://www.ana.gob.pe/contenido/el-agua-en-cifras>
- Apaza, E. (2024). *Evaluación de cómo está el agua que toman en los pozos excavados de la urbanización Magisterial del sector Taparachi, en Juliaca, 2024*. Puno: Universidad Privada San Carlos.
- Arias, Y., Calderón, A., & Orellana, J. (2022). Aporte de carga orgánica y coliformes fecales en las descargas de agua residual al lecho del río Shullcas en temporada de estiaje en el tramo Condominio Bellavista - desembocadura, Huancayo 2021. <https://shre.ink/Lhpsz>
- Astudillo, P. (2023). *Calidad físico, químico y microbiológico del agua caliente del balneario o La Merced Pichincha, Ecuador del año 2022*.
- Buitrón, S. (2024). *Evaluación del sistema de captación, conducción y almacenamiento, además de cómo está el agua que viene de un manantial de fondo en el barrio Praderas del Ilaló, que pertenece a la parroquia La Merced, Cantón Quito*. Cotopaxi: Escuela Politecnica Nacional.



- Burillo, E. (2022). *Determinación de cómo está el agua subterránea que toman las personas y reconocimiento de las fuentes fijas que la contaminan en el asentamiento humano Señor de los Milagros, distrito de Yarinacocha - Ucayali.*
- Caceres, V. (2017). Las leyes que regulan cómo está el agua en la provincia de Buenos Aires, Argentina: tensiones y variedad de criterios. *Tecnología y ciencia del agua*, 275-324.
- Callo, M. (2019). *Evaluación de la influencia de las letrinas sobre parámetros microbiológicos de pozos artesanales de aguas para consumo humano de la Comunidad de Mucra I, del distrito de San Miguel–Provincia de San Román, Región Puno.* UPeU, 030(2014), 1–176.
- Condori, P. (2023). *Evaluación de parámetros físico químico y microbiológico del agua de pozo para consumo humano en el barrio Azoguini de la ciudad de Puno-2023.* Puno: Universidad Privada San Carlos.
- DIGESA. (2015). *Protocolo de procedimientos para la toma de muestras, preservación conservación y transporte almacenamiento y recepción de agua para consumo humano, RD N° 160-2015/DIGESA/SA.* Lima, Perú.
<https://shre.ink/Lhpk>
- FAO. (2011). *El estado de los recursos de tierras y aguas del mundo para la alimentación y la agricultura.* <https://shre.ink/Lhpl>
- Fuentes, J. (1992). *Aguas Subterráneas.* Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- Gòmez, J. (2013). *Capsicum annuum L. como fitorremediador de suelos contaminados por metales pesados.* Mèxico: Universidad Nacional Autonoma de Mèxico.



- Hernandez, R., & Fernandez, C. (2018). *Metodologia de la Investigacion*. Mexico: McGrawHill Education.
- Herrera, E. (2021). *Determinación de metales pesados en el agua que está bajo tierra y se usa para trabajar la tierra, en la parte baja de la provincia, El Oro*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos .
- Inofuente, W. (2021). *Influencia de las letrinas en la calidad microbiológica del agua subterránea en la Urbanización San Isidro Ccaccachi Juliaca-2019*.
- Ivet, P., & Zuñiga, V. (2023). *Metodologia de la investigacion cientifica : guia practica*. 9723-9762
- Leon, L. (2021). Evaluación de la calidad del agua del pozo de la comunidad “soledad” del municipio ii frente, santiago de cuba. 4–8.
- López, F., & Bernal, J. (2024). *Evaluación de cómo está el agua subterránea en el punto de extracción de la escuela María Inmaculada, en la vereda Puerta Blanca del municipio de Flandes – Tolima*. Cundimarca: Universidad Piloto de Colombia.
- Mamani, Y. (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: Universidad Nacional del Altiplano.
- Mariana, S., & Marjoire, R. (2021). *Evaluación de la calidad del agua para el consumo humano en el AAHH Villa Cruz, en el distrito de San Juan Bautista, provincia de Maynas*. Maynas: Universidad Científica del Peru.
- Millán, F. (2020). *Caracterización físicas, químicas y microbiológicas del agua subterránea en una zona rural de baja altitud en los Andes venezolanos*



- Physicochemical and microbiological characterization of groundwater wells of a.* 48(1), 1–11. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3861081>
- MINSA. (2011). Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano. file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/reglamento_calidad_agua.pdf
- Moradell, I., & Renau, A. (03 de 5 de 2019). *Contaminación de aguas subterráneas. Algunos ejemplos. Em Enseñanza de las Ciencias de la Tierra.* <https://shre.ink/Lhfu>
- Nely, G. S., & Madalyn, L. G. C. (2018). *Análisis microbiológico del agua en pozos artesanales en la ribera del “Rio Chillón”, distrito de Puente Piedra, en el año 2018.* [Maria Auxiliadora]. <https://shre.ink/Lhfj>
- Ordoñez, J. (2011). *Cartilla técnica: Aguas subterráneas- acuíferos.* Lima-Perù: Sociedad Geográfica de Lima.
- Pastran, M. (2017). *Evaluación de la calidad del agua mediante la utilización de macroinvertebrados bentónicos, como bioindicadores: estudio de caso en el río Suárez (Chiquinquirá – Boyacá).* Bogota: Universidad libre.
- Quenallata, D. (2024). *Niveles de concentración de metales pesados en aguas subterráneas de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez Juliaca 2024.* Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez.
- Quispe, A., & Silvestre, N. (2019). *Nivel de concentraciòn de metales pesados en relaciòn a los estàndares de calidad ambiental (ECAs-Suelo), en el suelo del àrea de influencia directa del botadero de Pampachacra, distrito, provincia y departamento de Huancavelica.* Huancavelica: Universidad Nacional de Huancavelica.



- Rashuaman, D. (2019). *Análisis y diseño de letrina ecológica para mejorar las condiciones de salubridad en concepción*.
<https://hdl.handle.net/20.500.12848/932>
- Ríos, S., Cadavid, A., & Gutiérrez, L. (2017). Patógenos e indicadores microbiológicos de calidad del agua para consumo humano. *Fac. Nac. Salud Pública*, 236-247.
- Tacuri, R. (2019). Determinación de la calidad de agua de pozos artesianos y sus aspectos ambientales asociados, Juliaca, Puno, 2018.
- Titla, N. (2005). *La contaminación del agua y sus repercusiones Sociales*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- UNESCO. (2015). Agua. *N engl j med*, 1349 –1358.
- UNESCO. (2020). *Informe del 2020 - agua y cambio climático*. In es.unesco.org.
<https://es.unesco.org/themes/watersecurity/wwap/wwdr/2020#download>
[%0ahttps://es.unesco.org/themes/water-security/wwap/wwdr/2020](https://es.unesco.org/themes/water-security/wwap/wwdr/2020)
- Vilca, U. (2022). Características microbiológicas de los pozos de agua subterráneas en el consumo humano de la urbanización Villa las Palmeras Chillar – Juliaca, 2021.
- Wada, Y., & Bierkens, M. (2014). Sustainability of global water use: past reconstruction and future projections. *Environmental research letters*, 9(10), 1 - 15. <https://doi.org/https://doi.org/10.1088/1748-9326/9/10/104003>
- Zenaida Zea/ LR. (2023). El 50% de la población de Juliaca no tiene agua potable y alcantarillado. La Republica Sur.



ANEXOS

Anexo 1. LMP de agua para consumo humano**ANEXO I****LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS**

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Bacterias Coliformes Totales.	UFC/100 mL a 35°C	0 (*)
2. E. Coli	UFC/100 mL a 44,5°C	0 (*)
3. Bacterias Coliformes Termotolerantes o Fecales.	UFC/100 mL a 44,5°C	0 (*)
4. Bacterias Heterotróficas	UFC/mL a 35°C	500
5. Huevos y larvas de Helminths, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos.	Nº org/L	0
6. Virus	UFC / mL	0
7. Organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nemátodos en todos sus estadios evolutivos	Nº org/L	0

UFC = Unidad formadora de colonias

(*) En caso de analizar por la técnica del NMP por tubos múltiples = < 1,8 / 100 ml

Anexo 2. Cadena de custodia



ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL
LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL
CADENA DE CUSTODIA - MATRIZ AGUA



Datos del cliente

SOLICITANTE: Jesús Ugarte Alpuzo
 NOMBRE DEL PROYECTO:

DEPARTAMENTO: Puno
 PROVINCIA: San Román
 DISTRITO:

PRESERVA NTE
 GUARDAR CADENA EN PDF

Punto de muestreo / Estación	Código de laboratorio	Muestreo	Clasificación		Ubicación	N° Frascos		PARÁMETROS DE ENSAYO										PARÁMETRO IN SITU				OBSERVACIONES			
			Grupo	Sub-grupo		Coordenada s (UTM)	V	P											T° Mta (°C)	pH (unida des pH)	CE (u/cm)	OD (mg/L)	Cloro Libre (mg/L)		
P1	H-1	F:31-12-24 H: 8:20 am	AN	AN(H1)	N:8285818 E:0385547	X	X	X	Coliformes																
P2	H-2	F:31-12-24 H: 8:35 am	AN	AN	N:8285823 E:0385408	X	X	X																	
P3	H-3	F:31-12-24 H: 8:49 am	AN	AN	N:8285657 E:0383487	X	X	X																	
P4	H-4	F:31-12-24 H: 9:05 am	AN	AN	N:8285677 E:0383290	X	X	X																	
P5	H-5	F:31-12-24 H: 9:50 am	AN	AN	N:8285584 E:0385584	X	X	X																	
P6	H-6	F:31-12-24 H: 9:50 am	AN	AN	N:8286070 E:0383576	X	X	X																	
P7	H-7	F:31-12-24 H: 9:55 am	AN	AN	N:8285962 E:0383495	X	X	X																	
P8	H-8	F:31-12-24 H: 10:55 am	AN	AN	N:8285466 E:0383460	X	X	X																	

Clasificación de la Matriz Agua Ref: NTP 214.042

SUB-GRUPO:

AGUAS SUPERFICIALES AMBIENTALES
 AGUAS DOMESTICO-INDUSTRIAL, AMBIENTAL
 AGUAS AGUAS A UNO DEBIDA FUENTE, MATA ENFRIADA
 AGUAS AGUAS A UNO DEBIDA FUENTE, MATA ENFRIADA
 AGUAS AGUAS A UNO DEBIDA FUENTE, MATA ENFRIADA

LEGENDA:

F: Fecha
 N: N°
 V: Vario
 T: Temperatura de
 M: Muestra
 CE: Conductividad Eléctrica
 R: Recepción de muestra

Muestreado por:

Nombre:

Anexo 3. Panel fotográfico



Imagen N° 1: la imagen – 1 muestra la distancia de los silos hacia los domicilios.



Imagen N° 2: la siguiente representa la cantidad de silos próximos a la fuente de agua.



Imagen N° 3: se realizó la toma de muestras de agua para el análisis.



Imagen N° 4: se puede apreciar que os pozos cuentan con anillos de concreto en su mayoría.



Imagen N° 5: se evidencia la proximidad de los silos con respecto a los domicilios.



Imagen N° 6: se aprecia que algunos silos cuentan con casetas.



Imagen N° 7: se puede observar que algunos pobladores poseen sus pozos dentro de un área de cocina.



Imagen N° 8: en la zona de estudio los pozos se diferencian a distintos niveles de profundidad.

ANEXO 4. INFLUENCIA DE LOS SILOS DE DISPOSICION DE EXCRETAS HUMANAS EN LAS AGUAS DE POZOS ARTESANALES DE LA URBANIZACION VILLA LOS TRIUNFADORES, CARACOTO 2025

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN
¿Existe relación entre los silos de disposición de excretas humanas y la calidad del agua subterránea en la urbanización Villa los Triunfadores en el distrito de Caracoto, 2025? PROBLEMAS ESPECÍFICOS 1) ¿Existe relación entre la concentración de coliformes termotolerantes en el agua subterránea y la profundidad de los pozos ubicados en la urbanización Villa Los Triunfadores, distrito de Caracoto? 2) ¿Existe relación entre la concentración de coliformes termotolerantes en el agua subterránea y el número de silos de disposición de excretas humanas presentes en la urbanización Villa Los Triunfadores, distrito de Caracoto? 3) ¿Existe relación entre la concentración de coliformes termotolerantes en el agua subterránea y la distancia entre los silos de disposición de excretas humanas en la urbanización Villa los Triunfadores en el distrito de Caracoto?	Determinar la relación entre los silos de disposición de excretas humanas y la calidad del agua subterránea en la urbanización Villa los Triunfadores en el distrito de Caracoto, 2025. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 1) Determinar la relación entre la concentración de coliformes termotolerantes en el agua subterránea y la profundidad de los pozos ubicados en la urbanización Villa Los Triunfadores, distrito de Caracoto. 2) Analizar la relación entre la concentración de coliformes termotolerantes en el agua subterránea y el número de silos de disposición de excretas humanas en la urbanización Villa Los Triunfadores, distrito de Caracoto. 3) Evaluar la relación entre la concentración de coliformes termotolerantes en el agua subterránea y la distancia de los silos de disposición de excretas humanas en la urbanización Villa los Triunfadores en el distrito de Caracoto.	Los silos de disposición de excretas humanas presentan una relación significativa en la calidad del agua subterránea en la urbanización Villa los Triunfadores en el distrito de Caracoto, 2025. HIPÓTESIS ESPECÍFICA 1) La concentración de coliformes termotolerantes en el agua subterránea presentan una relación significativa en la profundidad de los pozos ubicados en la urbanización Villa Los Triunfadores, distrito de Caracoto 2) La concentración de coliformes termotolerantes en el agua subterránea presentan una relación significativa en el número de silos de disposición de excretas humanas en la urbanización Villa Los Triunfadores, distrito de Caracoto 3) La concentración de coliformes termotolerantes en el agua subterránea presentan una relación significativa en la distancia de los silos de disposición de excretas humanas en la urbanización Villa los Triunfadores en el distrito de Caracoto	Variable independiente VI: Silos de disposición de excretas humanas Variable dependiente VD: Calidad del agua subterránea	Tipo de investigación. Es aplicada porque se enfoca en poner en práctica lo que se sabe científico para resolver problemas concretos o mejorar situaciones existentes. Enfoque de la investigación debido a que se emplearon números y se revisaron hechos que se pueden cuantificar, la investigación será de un enfoque cuantitativo



INFLUENCIA DE LOS SILOS DE DISPOSICION DE EXCRETAS HUMANAS EN LAS AGUAS DE POZOS ARTESANALES DE LA URBANIZACION VILLA LOS TRIUNFADORES, CARACOTO 2025

OPINIÓN DE EXPERTO

I. DATOS DEL EXPERTO

NOMBRE DEL VALIDADOR:	MIGUEL A. MORALES ARIZACA
ESPECIALIDAD DEL VALIDADOR:	ING. SANITARIO Y AMBIENTAL
AUTOR DEL INSTRUMENTO:	JESUS UGARTE APAZA

II. PUNTOS DE VALIDACION

DIMENSIONES	INDICADORES	DEFICIENTE	REGULAR	BUENA	MUY BUENA	EXCELENTE
		0 – 20%	21 – 40%	41 – 60%	61 – 80%	81–100%
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje apropiado					99%
2. OBJETIVIDAD	Esta expresado en base a la realidad local					99%
3. ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la ciencia					98%
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica					98%
5. SUFICIENCIA	Comprende los aspectos en calidad y calidad					98%
6. INTENCIONALIDAD	Adecuado para la mejora de las unidades de estudio					98%
7. CONSISTENCIA	Basado en aspectos teóricos - científicos					98%
8. COHERENCIA	Entre los índices indicadores y las dimensiones					98%
9. METODOLOGIA	La estrategia responde al propósito del diagnostico					98%

III. OPINION DE APLICATIBILIDAD:

- El instrumento cumple puntualmente con los requisitos para su aplicación..... ☒
- El instrumento no cumple puntual mente con los requisitos para su aplicación..... ☐

IV. PROMEDIO DE VALORACION:

93.05%



Miguel A. Morales Arizaca
ING. SANITARIO Y AMBIENTAL
CIP. 312564



INFLUENCIA DE LOS SILOS DE DISPOSICION DE EXCRETAS HUMANAS EN LAS AGUAS DE POZOS ARTESANALES DE LA URBANIZACION VILLA LOS TRIUNFADORES, CARACOTO 2025

OPINIÓN DE EXPERTO

I. DATOS DEL EXPERTO

NOMBRE DEL VALIDADOR:	LUDVER EFRAIN QUILLE SALGUERO
ESPECIALIDAD DEL VALIDADOR:	ING. SANITARIO Y AMBIENTAL
AUTOR DEL INSTRUMENTO:	JESUS UGARTE APAZA

II. PUNTOS DE VALIDACION

DIMENSIONES	INDICADORES	DEFICIENTE	REGULAR	BUENA	MUY BUENA	EXCELENTE
		0 – 20%	21 – 40%	41 – 60%	61 – 80%	81 – 100%
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje apropiado					99%
2. OBJETIVIDAD	Esta expresado en base a la realidad local					99%
3. ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la ciencia					98%
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica					98%
5. SUFICIENCIA	Comprende los aspectos en calidad y calidad					98%
6. INTENCIONALIDAD	Adecuado para la mejora de las unidades de estudio					98%
7. CONSISTENCIA	Basado en aspectos teóricos - científicos					98%
8. COHERENCIA	Entre los índices indicadores y las dimensiones					98%
9. METODOLOGIA	La estrategia responde al propósito del diagnostico					98%

III. OPINION DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple puntualmente con los requisitos para su aplicación.....
- El instrumento no cumple puntual mente con los requisitos para su aplicación.....

IV. PROMEDIO DE VALORACION:

98.20%

LUDVER EFRAIN QUILLE SALGUERO
Ingeniero Sanitario y Ambiental
CIP N° 268706



INFLUENCIA DE LOS SILOS DE DISPOSICION DE EXCRETAS HUMANAS EN LAS AGUAS DE POZOS

ARTESANALES DE LA URBANIZACION VILLA LOS TRIUNFADORES, CARACOTO 2025

OPINIÓN DE EXPERTO

I. DATOS DEL EXPERTO

NOMBRE DEL VALIDADOR:	SILVIA V. QUISPE LAURA
ESPECIALIDAD DEL VALIDADOR:	ING. SANITARIO Y AMBIENTAL
AUTOR DEL INSTRUMENTO:	JESUS UGARTE APAZA

II. PUNTOS DE VALIDACION

DIMENSIONES	INDICADORES	DEFICIENTE	REGULAR	BUENA	MUY BUENA	EXCELENTE
		0 – 20%	21 – 40%	41 – 60%	61 – 80%	81–100%
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje apropiado					99%
2. OBJETIVIDAD	Esta expresado en base a la realidad local					99%
3. ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la ciencia					98%
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica					98%
5. SUFICIENCIA	Comprende los aspectos en calidad y calidad					98%
6. INTENCIONALIDAD	Adecuado para la mejora de las unidades de estudio					98%
7. CONSISTENCIA	Basado en aspectos teóricos - científicos					98%
8. COHERENCIA	Entre los índices indicadores y las dimensiones					98%
9. METODOLOGIA	La estrategia responde al propósito del diagnostico					98%

III. OPINION DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple puntualmente con los requisitos para su aplicación..... ☒
- El instrumento no cumple puntual mente con los requisitos para su aplicación..... ☐

IV. PROMEDIO DE VALORACION:

89.25%



SILVIA V. QUISPE LAURA
INGENIERO SANITARIO Y
AMBIENTAL
CIP: 364398



ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

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

Formato digital ☒

Fecha de entrega: 29 - 12 - 2025

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: JESUS UGARTE APAZA

Dirección: JR. NACIONES UNIDAS 128 - JULIACA

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 47237694

Teléfono: 952 230 141 email: marianalu1004@gmail.com

Nombres y Apellidos:

Dirección:

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°:

Teléfono: email:

Facultad y/o Escuela de Posgrado: FACULTAD DE INGENIERÍAS 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: M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

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

Título: INFLUENCIA DE LOS SILOS DE DISPOSICIÓN DE EXCRETAS HUMANAS EN LAS AGUAS
DE POZOS ARTESANALES DE LA URBANIZACIÓN VILLA LOS TRIUNFADORES, CARACOTO
2025

Palabras claves, (3 a 5 términos): AGUA SUBTERRÁNEA, CALIDAD DEL AGUA, CONTAMINACIÓN BACTERIOLÓGICA, SILOS.

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

1

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

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



2. Referencia de tesis:

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

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

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

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

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

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

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

Autorizo su publicación (marque con una X)

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

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

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

¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?

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

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

- ☐ Sí autorizo
- ☒ No autorizo



Jurisdicción de su Licencia

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

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

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

☐ Internacional

☒ Nacional

Línea de investigación: SANEAMIENTO AMBIENTAL – P22

Firma de Autor



huella digital

29 - 12 - 2025

Fecha