



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



**EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
SUBTERRÁNEAS EN EL CENTRO POBLADO DE
SAN ISIDRO DEL COLLAO 2024**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. DEYSI LISBETH MAMANI MAMANI

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 AMBIENTA

**EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
SUBTERRÁNEAS EN EL CENTRO POBLADO DE
SAN ISIDRO DEL COLLAO 2024**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. DEYSI LISBETH MAMANI MAMANI


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

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

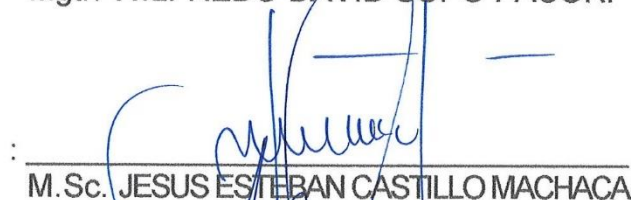
PRESIDENTE


: _____
Dr. ARNALDO YANA TORRES

PRIMER MIEMBRO


: _____
Mgtr. WILFREDO DAVID SUPO PACORI

SEGUNDO MIEMBRO


: _____
M. Sc. JESUS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

ASESOR DE TESIS


: _____
Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

: CONTAMINACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL – P22



“NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ”

RESOLUCIÓN DECANAL N° 1082-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 16 de septiembre del 2025

VISTO: El expediente N° 2025 - CU-6411 presentado por el (la) Bachiller: **DEYSI LISBETH MAMANI MAMANI** estudiante de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN**.

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bach. **DEYSI LISBETH MAMANI MAMANI**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulado: **EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN EL CENTRO POBLADO DE SAN ISIDRO DEL COLLAO 2024**, la misma que pertenece a la línea de investigación **CONTAMINACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental**.

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

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

RESUELVE:

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

- * **Presidente** : Dr. ARNALDO YANA TORRES
- * **1er Miembro** : Mgtr. WILFREDO DAVID SUPO PACORI
- * **2do Miembro** : M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

ARTICULO SEGUNDO. - **RECONOCER** como asesor de la investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, **Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES**.

ARTICULO TERCERO. - **APROBAR**, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de el (la) bachiller: **DEYSI LISBETH MAMANI MAMANI**; del informe final de la investigación (tesis) titulado: **EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN EL CENTRO POBLADO DE SAN ISIDRO DEL COLLAO 2024** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental**. de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : jueves 25 de septiembre 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. PURAS

Dr. OSCAR V. VIANONTE CALLA
DECANO (e)
CIP. 32730



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

Dr. Fritz Willy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo
intermed. (1)



RESOLUCIÓN DECANAL N° 1072-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 12 de septiembre del 2025

VISTO: El expediente N° 2025-CU- 7380, presentado por el señor (a) **DEYSI LISBETH MAMANI MAMANI** solicitando **CAMBIO DE ASESOR DE INVESTIGACIÓN**, el Proveído del Director de la Unidad de Investigación de la FICP, y la **RESOLUCIÓN DECANAL N° 528-2024-D-UI-FICP-UANCV** Aprobación de la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN RESOLUCIÓN DECANAL N° 341-2025-D-UI-FICP-UANCV** Aprobación del **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para optar el título profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **DEYSI LISBETH MAMANI MAMANI** ha presentado cambio de asesor de tesis del tema investigación Titulada: **EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN EL CENTRO POBLADO DE SAN ISIDRO DEL COLLAO 2024**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental**.

Que, el Director de la Unidad de Investigación de la FICP a tomado conocimiento que el asesor **Dr. MILTHON QUISPE HUANCA** no tiene vínculo laboral en la facultad de ingenierías y ciencias puras y existiendo la **RESOLUCIÓN DECANAL N° 528-2024-D-UI-FICP-UANCV** Aprobación de la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN RESOLUCIÓN DECANAL N° 341-2025-D-UI-FICP-UANCV** Aprobación del **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**.

Estando, a la solicitud del ejecutante y en cumplimiento al reglamento al Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención Grados Académicos y Títulos Profesionales; el director de la Unidad de Investigación **Dr. Fritz Willy Mamani Apaza** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió el proveído favorable del cambio de asesor de investigación del tema titulada: **EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN EL CENTRO POBLADO DE SAN ISIDRO DEL COLLAO 2024**.

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

Estando, con la opinión favorable del Director de la Unidad 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, 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 **CAMBIO DE ASESOR DE INVESTIGACION**, designado al señor (a): **DEYSI LISBETH MAMANI MAMANI**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental, con el Tema Titulada: **EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN EL CENTRO POBLADO DE SAN ISIDRO DEL COLLAO 2024** correspondiente a la línea de investigación **CONTAMINACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL**, se le asigna como:

ASESOR: Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a la) docente **Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES**.

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.

cc.
Archivo 2025
Interesado (a)



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CS. PURAS

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



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

Dr. Fritz Willy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



RESOLUCIÓN DECANAL N° 341-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 23 de mayo del 2025

VISTO: El expediente N° 2025-CU - 2990 por el señor (a): **DEYSI LISBETH MAMANI MAMANI** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el **PROVEIDO - N° 285 - 2025-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACION (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 006 - 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): **DEYSI LISBETH MAMANI MAMANI**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulado: **EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN EL CENTRO POBLADO DE SAN ISIDRO DEL COLLAO 2024**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **MSc. Jesus 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° 006 - 2025 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN EL CENTRO POBLADO DE SAN ISIDRO DEL COLLAO 2024**, Correspondiente a la línea de investigación **CONTAMINACION Y CALIDAD AMBIENTAL**.

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

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

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, el **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para la **REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN**, presentado por el señor (a): **DEYSI LISBETH MAMANI MAMANI**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental**, con el Tema Titulado: **EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN EL CENTRO POBLADO DE SAN ISIDRO DEL COLLAO 2024** correspondiente a la línea de investigación **CONTAMINACION Y CALIDAD AMBIENTAL**, en virtud a los considerandos expuestos.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RATIFICAR como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a) **la)**, **Dr. MILTHON QUISPE HUANCA**.

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

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



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. Fritz Willy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo
interesado (s)



RESOLUCIÓN DECANAL N° 528-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 01 de julio del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU- 5216, presentado el o (la) Bachiller **DEYSI LISBETH MAMANI MAMANI** solicitando **APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** el **PROVEIDO - N° 354 -2024-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** formato N° 53 -2024 del integrante del comité de investigación **EPISA** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el o (la) Bachiller: **DEYSI LISBETH MAMANI MAMANI** ha presentado su propuesta de investigación Titulado: **EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN EL CENTRO POBLADO DE SAN ISIDRO DEL COLLAO 2024**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Mgr. Franz Joseph Barahona Perales** de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión de la propuesta de investigación formato N° 53 -2024- aprobando la propuesta de investigación titulado: **EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN EL CENTRO POBLADO DE SAN ISIDRO DEL COLLAO 2024**.

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

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

RESUELVE:

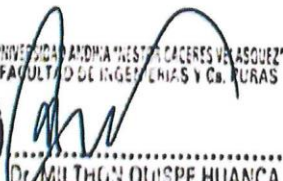
ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN**, presentado por el o (la) Bachiller: **DEYSI LISBETH MAMANI MAMANI**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental**, con el Tema Titulado: **EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN EL CENTRO POBLADO DE SAN ISIDRO DEL COLLAO 2024** correspondiente a la línea de investigación **CONTAMINACION Y CALIDAD AMBIENTAL**.

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

ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** de al (a la) docente **Dr. MILTHON QUISPE HUANCA**.

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.


UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
.....
Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790


UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
.....
Dr. Efraim Paredón Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

CC:
Archivo 2024
Interesado (a)



13% 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

- 9% Fuentes de Internet
- 2% 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 UANCV



Título de la tesis	
EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN EL CENTRO POBLADO DE SAN ISIDRO DEL COLLAO 2024	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	DEYSI LISBETH MAMANI MAMANI
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	75221221
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0005-6325-714X
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	02442876
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-8509-7224
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	ARNALDO YANA TORRES
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	41414676
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	WILFREDO DAVID SUPO PACORI
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02428673
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	JESUS ESTEBAN CASTILLO MACHACA
Tipo de documento	DNI



Número de documento de identidad	01323821
Datos de investigación	
Línea de investigación	Contaminación y Calidad Ambiental – P22
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	<p>País: Perú Departamento: Puno Provincia: El Collao Distrito: Ilave</p> <ul style="list-style-type: none"> - Latitud: S 16° 05' 01" - Longitud: O 69 °38' 18"  <p>https://www.google.com/maps/d/edit?mid=11EAFyYIzfqF5ekD29tdDhg_4RqgMeRo&usp=sharing</p>
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Julio 2024 – Setiembre 2025
URL de disciplinas OCDE https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html - Librería	<p>Ingeniería Ambiental https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.07.00</p> <p>Biotecnología Ambiental https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.08.01</p>



UNIVERSIDAD NACIONAL VICE-RECTORADO "VICERRECTORADO"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS EXACTAS

Dr. Fritz Willy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo DEYSI LISBETH MAMANI MAMAN, identificado con DNI Nro. 75221221, 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:

EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN EL CENTRO POBLADO DE SAN ISIDRO DEL COLLAO 2024

Asesorado por: Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

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 07 de NOVIEMBRE del 2025


Firma del Asesor (obligatoria)


Firma del Estudiante (obligatoria)


Huella



DEDICATORIA

A mis adorados padres, Salomé y Walter, y a mis estimadas hermanas, Irene y Wendy, por otorgarme su tiempo, cariño y respaldo sin condiciones; a mi consejera espiritual, por acompañarme en todas las etapas adversas de mi existencia; y, especialmente, a mi gran amigo E.S., por su constante apoyo, dirección y amistad.



AGRADECIMIENTO

Expreso mi gratitud a Dios, mi padre por su amor, misericordia, fortaleza y su guía en cada paso que emprendo, que con su amado espíritu me da aliento de vida y sueños maravillosos.

Al igual que a mi respetable madre, a quien agradezco su cariño y resiliencia a toda prueba, los cuales me han motivado a buscar mis objetivos sin desistir; a mi padre le expreso mi gratitud por depositar su fe en mí cotidianamente, por sus juiciosos consejos y por incentivar me a perseverar en mi crecimiento integral.

Dirijo mi agradecimiento a la UANCV, a la FICP, y a la EPISA, por constituir mi alma máter y forjar mi preparación profesional, así como a su cuerpo docente por proporcionarme los conocimientos necesarios para mi desarrollo profesional.

Expreso mi gratitud a mi mejor amigo que siempre estuvo conmigo y nunca me ha dejado; a mi guía espiritual Mabel, que estuvo motivándome para no rendirme, ministrando fe a mi vida; a mis hermanas por su apoyo incondicional.



ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....i

AGRADECIMIENTO..... ii

ÍNDICE DE CONTENIDO..... iii

ÍNDICE DE TABLAS..... vii

ÍNDICE DE FIGURAS viii

RESUMEN ix

ABSTRACT x

INTRODUCCIÓN xi

CAPÍTULO I

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.1. Análisis de la situación problemática 1

1.2. Planteamiento del problema 3

 1.2.1. Problema general 3

 1.2.2. Problemas específicos 3

1.3. Objetivo de la investigación 3

 1.3.1. Objetivo general 3

 1.3.2. Objetivos específicos..... 3

1.4. Justificación 4

 1.4.1. Justificación social..... 4

 1.4.2. Justificación ambiental 4

 1.4.3. Justificación económica..... 5

1.5. Variables..... 5

 1.5.1. Variable de caracterización 5



1.5.2. Variable de interés	5
1.6. Operacionalización de variables	6

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación.....	7
2.1.1. Antecedentes internacionales	7
2.1.2. Antecedentes nacionales	10
2.1.3. Antecedentes regionales	12
2.2. Bases teóricas	13
2.2.1. Calidad del agua subterránea	13
2.2.2. Contaminación del agua subterránea.....	14
2.2.3. Características físico – químicas del agua subterránea	15
2.2.4. Métodos de monitoreo de la calidad del agua subterránea	15
2.2.5. Impacto de las actividades humanas	15
2.2.6. Evaluación de la calidad del agua subterránea	16
2.2.7. Tratamiento y remediación de aguas subterráneas	17
2.2.8. Tratamiento de parámetros microbiológicos.....	18
2.2.9. Tratamiento de la dureza del agua	19
2.3. Marco conceptual.....	19
2.3.1. Calidad de agua subterránea	19
2.3.2. Contaminación del fecal	20
2.3.3. Propuesta de tratamiento	20
2.3.4. Sostenibilidad del sistema	20
2.3.5. Parámetros microbiológicos	20



2.3.6. Parámetros físicos..... 20

2.3.7. Parámetros químicos..... 21

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Diseño de investigación 22

3.2. Nivel de investigación 22

3.3. Enfoque de la investigación 23

3.4. Técnicas e instrumentos 23

 3.4.1. Técnicas 23

 3.4.2. Instrumentos..... 23

 3.4.3. Ubicación de la zona de investigación 24

3.5. Población y muestra 24

 3.5.1. Población..... 24

 3.5.2. Muestra 24

3.6. Materiales y equipos 25

 3.6.1. Materiales..... 25

3.7. Procedimiento metodológico..... 27

 3.7.1. Objetivo específico 1: Identificar los puntos de contaminación que afectan la calidad del agua subterránea en el centro poblado de San Isidro 27

 3.7.2. Objetivo específico 2: Determinar la concentración de los parámetros físicos, químicos y biológicos de las aguas subterráneas en el centro poblado de San Isidro..... 33

 3.7.3. Objetivo específico 3: Proponer una solución de tratamiento adecuada para mejorar la calidad del agua subterránea en San Isidro..... 36



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados 39

4.1.1. Objetivo específico 1: Identificar los puntos de contaminación que afectan la calidad del agua subterránea en el centro poblado de San Isidro 39

4.1.2. Objetivo específico 2: Determinar la concentración de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de las aguas subterráneas en el centro poblado de San Isidro 41

4.1.3. Objetivo específico 3: Proponer una solución de tratamiento adecuada para mejorar la calidad del agua subterránea en San Isidro 55

4.2. Discusiones..... 61

CONCLUSIONES..... 63

RECOMENDACIONES 64

BIBLIOGRAFÍA 65

ANEXOS 69



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables	6
Tabla 2 Puntos de monitoreo para la investigación	25
Tabla 3 Ubicación de los puntos de muestreo	28
Tabla 4 Métodos normalizados para el análisis a aguas potables y residuales ...	34
Tabla 5 Identificación de los puntos de contaminación	39
Tabla 6 Resultados de los parámetros físicos	42
Tabla 7 Resultados de los parámetros químicos	46
Tabla 8 Resultados de los parámetros microbiológicos	54



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación de la zona de monitoreo.....	24
Figura 2 Ubicación de los puntos.....	29
Figura 3 Medición de los parámetros de campo	29
Figura 4 Toma de muestra.....	31
Figura 5 Muestras almacenadas.....	32
Figura 6 Identificación de los puntos de estudio	33
Figura 7 Determinación de parámetros físicos.....	35
Figura 8 Análisis de parámetros químicos	35
Figura 9 Determinación de parámetros microbiológicos	36
Figura 10 Resultados de temperatura.....	44
Figura 11 Resultados de turbidez	44
Figura 12 Resultados de los sólidos totales disueltos.....	45
Figura 13 Resultados de pH	48
Figura 14 Resultado de la conductividad eléctrica.....	49
Figura 15 Resultados de hierro.....	50
Figura 16 Resultados de manganeso	50
Figura 17 Resultados de calcio.....	51
Figura 18 Resultados de la dureza	52
Figura 19 Concentración de magnesio	53
Figura 20 Resultados de coliformes termotolerantes.....	55



RESUMEN

El fin de esta investigación fue valorar la condición del agua subterránea en el centro poblado de San Isidro y proponer un tratamiento adecuado. El estudio se centró en la contaminación microbiológica y física del acuífero, que personifica un peligro para la salubridad inaceptable. Para la metodología se aplicó un enfoque cuantitativo, que se fundamentó en el análisis químico, físico y microbiológico de 10 puntos de muestreo. Los parámetros fundamentales evaluados incluyeron coliformes termotolerantes, turbidez, sólidos totales disueltos (TDS), pH, calcio, magnesio y hierro. Los hallazgos mostraron una contaminación severa: los puntos críticos P-1 y P-5 presentaron niveles de coliformes termotolerantes de hasta 2400 NMP/100 ml. Además, se observaron altos niveles de turbidez y TDS, lo que evidencia la presencia de contaminantes de fuentes superficiales. Se llegó a la conclusión de que el agua acuífera en San Isidro no cumple con los LMP para la ingesta humana. Por lo tanto, se sugiere un sistema de procesamiento que reside en filtración con arena seguido de desinfección con cloro. Esta propuesta es técnicamente viable y sostenible, diseñada para disminuir la carga de coliformes y la turbidez por debajo de los niveles normativos, garantizando así la seguridad del agua para la población.

Palabras claves: calidad del agua subterránea, contaminación microbiológica, propuesta de tratamiento, sostenibilidad del sistema.



ABSTRACT

The purpose of this research was to assess the condition of groundwater in the town of San Isidro and propose an appropriate treatment. The study focused on microbiological and physical contamination of the aquifer, which poses an unacceptable health hazard. A quantitative approach was applied, based on chemical, physical, and microbiological analysis of 10 sampling points. The key parameters evaluated included thermotolerant coliforms, turbidity, total dissolved solids (TDS), pH, calcium, magnesium, and iron. The findings showed severe contamination: critical points P-1 and P-5 had thermotolerant coliform levels of up to 2400 MPN/100 ml. In addition, high levels of turbidity and TDS were observed, indicating the presence of contaminants from surface sources. It was concluded that the aquifer water in San Isidro does not meet the MPL for human consumption. Therefore, a treatment system based on sand filtration followed by chlorine disinfection is suggested. This proposal is technically feasible and sustainable, designed to reduce the coliform load and turbidity below regulatory levels, thus ensuring water safety for the population.

Keywords: Water quality, microbiological contamination, thermotolerant coliforms, hardness, water treatment.



INTRODUCCIÓN

Globalmente, se calcula que el 97.5% del agua es salina y únicamente el 2.5% es dulce. Del total de recursos de agua dulce existentes, el 90% se localiza en la Antártida, lo que restringe significativamente su disponibilidad. Solamente el 0.5% corresponde a acuíferos subterráneos y el 0.3% a sistemas lacustres y fluviales (ANA, 2020), la condición de las aguas subterráneas ha generado creciente alarma debido a la contaminación originada por actividades antrópicas como la agricultura y la ganadería. En múltiples naciones, la polución hídrica constituye un desafío crucial para la salubridad pública y los ecosistemas naturales (Moran, 2023).

Los habitantes de México priorizan más la cantidad de agua que su calidad, ya que la disponibilidad de agua en áreas rurales es al menos cinco veces menor que el promedio mundial (Gil et al., 2014). En el sur de Quintana Roo, México, y en toda la península de Yucatán, el acuífero es la fuente fundamental de H₂O para todas las diligencias humanas. Sin embargo, debido a sus características kársticas, es altamente susceptible a la contaminación, ya que estas permiten la infiltración y el arrastre de contaminantes (Sánchez et al., 2016).

En el Perú los estudios fisicoquímicos y microbiológicos ejecutados en las aguas subterráneas en diferentes pozos muestreados en Paríamarca, Cajamarca, revelaron que la calidad del agua es inadecuada y no se puede esgrimir para la ingesta humana. Ante esta situación, se recomienda la implementación de estudio que identifiquen las fuentes de poluciones orgánicas, con el propósito de disminuir los peligros de salubridad (Morales, 2022).

El centro poblado de San Isidro enfrenta importantes retos respecto a la calidad del agua subterránea, que se usa principalmente para consumo humano.



Las prácticas ganaderas predominantes en la región pueden contaminar el suministro de agua con diversos contaminantes físicos, químicos y biológicos (Rodríguez et al., 2012). Se ha determinado que la evaluación del agua acuífera es una prioridad en los estudios, tal como la creación de índices de condición adaptados a contextos específicos (Cerón et al., 2021).

El actual estudio se estructura en cuatro apartados principales. El primer capítulo aborda la formulación de la problemática, examina el contexto de estudio, establece las interrogantes de investigación, define los propósitos, argumenta la relevancia del estudio, plantea las hipótesis y especifica la definición operacional de las variables. El segundo capítulo desarrolla el sustento teórico, incorporando la revisión de estudios precedentes, los fundamentos teóricos y la sistematización conceptual. El tercer capítulo precisa la metodología empleada, determinando el diseño de estudio, las estrategias y herramientas de recolección de datos, la delimitación geográfica, las características de la población y muestra, y la secuencia de actividades ejecutadas. El cuarto capítulo expone los productos del estudio y su análisis, organizando los hallazgos conforme a los propósitos planteados, interpretando los recursos gráficos y tabulares, y estableciendo contraste con la literatura científica existente.



CAPÍTULO I

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.1. Análisis de la situación problemática

A nivel global, la condición del recurso hídrico, particularmente el de origen subterráneo, continúa siendo una cuestión fundamental para la salubridad colectiva y la conservación del medio ambiente. La Asociación Internacional de Hidrogeólogos (2017) corrobora esta afirmación, señalando que aproximadamente 2,200 millones de personas carecen de suministro de agua potable administrado con garantías de seguridad (OMS, 2023). Las aguas acuíferas, que proveen a casi la mitad de la urbe mundial para el consumo diario, están cada vez más amenazadas por la contaminación derivada por prácticas humanas, incluyendo la agricultura y la ganadería (Sánchez, 2021). Los contaminantes comunes como nitratos, pesticidas y patógenos bacterianos pueden infiltrarse en el acuífero y comprometer la condición del H₂O, afectando la salud humana y los ecosistemas marítimos (Rodríguez, 2021). La necesidad de desarrollar estrategias efectivas de evaluación y tratamiento del agua subterránea es crucial para garantizar la disponibilidad de agua potable segura (Cerón et al., 2021).

Los problemas relacionados con la condición deficiente del H₂O perjudican a América Latina, y la degradación progresiva del recurso socava la honradez



ecológica y la funcionalidad de los ecosistemas de los que depende la población de la región (Nieto, 2011).

En el contexto nacional, la condición del H₂O es un tema de gran importancia a causa de la dependencia de muchas comunidades rurales de fuentes de H₂O subterránea para la ingesta humana y actividades agrícolas (Autoridad Nacional del Agua, 2016). La contaminación del H₂O acuífera en zonas ganaderas rurales puede ser un problema significativo, ya que las prácticas de manejo de ganado y el uso de fertilizantes y pesticidas pueden aportar a la polución química y bacteriológica del H₂O. La falta de interés y la poca información sobre la calidad y adecuados tratamientos en áreas rurales agrava este problema, lo que puede provocar problemas de salud en la comunidad (FAO, 2023).

En el distrito de Juliaca, San Román-Puno, se evaluó cómo la acumulación de desechos en letrinas afecta la condición del H₂O acuífera a sus alrededores. Determinaron las principales causas de contaminación y propusieron soluciones tecnológicas simples para mejorar la calidad del agua (Inofuente, 2021).

En la provincia de El Collao, perteneciente a la región de Puno, se localiza el centro poblado de San Isidro, cuyo principal recurso hídrico -el agua subterránea- enfrenta graves problemas de calidad. La actividad ganadera regional, junto con la gestión incorrecta de residuos orgánicos y la utilización de agroquímicos, probablemente esté contribuyendo al deterioro de los acuíferos. La carencia de mecanismos eficaces de purificación del agua y la utilización directa de fuentes subterráneas sin tratamiento aparentemente elevan la incidencia de patologías hídricas, amenazando el bienestar sanitario de los habitantes. En consecuencia, resulta imperativo realizar un diagnóstico exhaustivo de la situación hidrológica y



formular estrategias de intervención eficaces que salvaguarden la salud pública de la comunidad de San Isidro.

1.2. Planteamiento del problema

1.2.1. Problema general

- ¿Cuál es la calidad de las aguas subterráneas en el centro poblado de San Isidro y que propuesta de tratamiento podría implementarse?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuáles son los puntos principales de contaminación que afectan la calidad del agua subterránea en el centro poblado de San Isidro?
- ¿Cuál será la concentración de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de las aguas subterráneas en el centro poblado de San Isidro?
- ¿Qué propuesta de tratamiento será la adecuada para mejorar la calidad de agua subterránea en el centro poblado de San Isidro?

1.3. Objetivo de la investigación

1.3.1. Objetivo general

- Evaluar la calidad del agua subterránea en el centro poblado de San Isidro y desarrollar la implementación de una propuesta de tratamiento adecuada.

1.3.2. Objetivos específicos

- Identificar los puntos de contaminación que afectan la calidad del agua subterránea en el centro poblado de San Isidro.
- Determinar la concentración de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de las aguas subterráneas en el centro poblado de San Isidro.



- Proponer una solución de tratamiento adecuada para mejorar la calidad del agua subterránea en San Isidro.

1.4. Justificación

1.4.1. Justificación social

Es un derecho esencial tener ingreso a H₂O de condición para asegurar la salubridad y el bien de las comunidades. En el núcleo urbano de San Isidro, la mayoría de la urbe pende del agua acuífera para su consumo, sin embargo, esta fuente se encuentra amenazada por la contaminación a causa de las actividades de agricultura y ganadería. La existencia de coliformes termotolerantes y otros contaminantes suponen una amenaza para la salubridad pública, fundamentalmente para los conjuntos más sensibles, como los infantes y los individuos mayores. Este análisis tiene como objetivo aportar a la seguridad hídrica de la población a través de la detección de fuentes de polución y la propuesta de sistemas de tratamiento que faciliten la disminución de enfermedades vinculadas al agua y el perfeccionamiento de la condición de existencia de la urbe.

1.4.2. Justificación ambiental

La teoría existente sugiere que las prácticas agrícolas y especialmente la ganadería intensiva pueden tener impactos significativos sobre los recursos hídricos subterráneos debido a la infiltración de poluciones como nitratos, fosfatos, metales sólidos, y patógenos (Godde et al., 2021). Al analizar las características del agua subterránea, este estudio contribuye a la literatura existente proporcionando datos prácticos desde una región poco estudiada. La propuesta de implementación de un tratamiento adecuado no solo tiene el potencial de prevenir enfermedades



asociadas al agua, contribuye a enaltecer el nivel de existencia general de la población (Gil et al., 2014).

1.4.3. Justificación económica

El agua subterránea contaminada y sin tratamiento puede causar costos considerables relacionados con la asistencia sanitaria de enfermedades asociadas con el agua, la disminución de la productividad en el campo y la ganadería, y la disminución del valor de las tierras. Asimismo, la falta de agua de alta calidad podría restringir el crecimiento económico de la zona.

1.5. Variables

1.5.1. Variable de caracterización

- Parámetros microbiológicos
- Parámetros químicos
- Parámetros físicos

1.5.2. Variable de interés

- Calidad del agua subterránea

1.6. Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de variables

Variable	Dimensión (Variable de caracterización)	Indicador	Unidad de medida	Valor Final	Tipo
Variables de caracterización:					
Parámetros microbiológicos	Coliformes termotolerantes	NMP / 100 mL	0 NMP/100 mL	≤ 0 (Ausencia total)	Cuantitativa discreta
Parámetros físicos	Turbidez	NTU	5 NTU	≤ 5 NTU	Cuantitativa continua
	Sólidos Totales Disueltos (TDS)	TDS	1000 mg/L	≤ 1000 mg/L	Cuantitativa continua
Parámetros químicos	Potencial de Hidrógeno	pH	6.5 – 8.5	Dentro / Fuera de rango	Cuantitativa continua
	Dureza (como CaCO ₃)	CaCO ₃	≤ 500 mg/L	Baja / Media / Alta	Cuantitativa continua
	Iones (Fe, Mg, Ca, Mn)	Fe, Mg, Ca, Mn	mg/L	Fe ≤ 0.3 mg/L; Mn ≤ 0.1 mg/L	Cuantitativa continua
Variable de interés: Calidad del agua subterránea	—	Apto para consumo humano	Cualitativo	Apto / No apto	Categoría nominal

Nota: (Vi) Variable independiente (Vd) Variable dependiente



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales

Jagaba et al., (2020) análisis sobre la evaluación de la condición del agua en pozos de Rafin Zurfi, Nigeria, tuvieron como propósito valorar el estado del H₂O de 15 pozos, utilizando el índice de condición del agua (WQI) y analizar los peligros para la salubridad. Se empleó la evaluación de los siguientes parámetros físicos, químicos y bacteriológicos. Se realizaron pruebas para metales pesados. Los resultados mostraron que los sólidos disueltos totales (TDS) transformaron entre 36 y 163 mg/L, con un promedio de 100 mg/L, cumpliendo con los límites recomendados por la OMS. La EC osciló entre 57 μ S/cm y 254 μ S/cm, todos por abajo del LMP de 1000 μ S/cm. La turbidez se mantuvo generalmente baja, sin superar los 5 NTU. Los niveles de DBO se mantuvieron dentro de los límites aceptables, con un valor promedio de 0.74mg/l indicando una baja carga orgánica. Sin embargo, se registraron niveles preocupantes en el conteo bacteriológico total (TBC) de la mayor cantidad de muestras estaban 10 cfu/100ml, considerándose no aptas para beber según las directrices de la NSDWQ. El estudio concluye que, aunque la mayoría de las muestras son adecuadas para el consumo, se requiere



un monitoreo regular y mejoras en la gestión del agua para mitigar los riesgos de contaminación.

Bugis et al., (2023) realizaron un estudio denominado Valoración bacteriológica de y fisicoquímica algunas aguas acuíferas en Al-Khoarah, Gobernación de Rabigh, Provincia de La Meca, Arabia Saudita. Este análisis poseyó como propósito evaluar la condición fisicoquímica y bacteriológica de H₂O acuíferas en Al-Khoarah, Rabigh, Meca, Arabia Saudita, por medio del estudio de muestreos de agua de diversos pozos. Se midieron parámetros fisicoquímicos como temperatura, pH y concentración de metales pesados. Además, se aplicaron métodos microbiológicos para establecer la existencia de Col. totales y fecales, siguiendo los procedimientos estándar de la OMS y la APHA. Los resultados mostraron que las temperaturas del agua oscilaron entre 32 y 39 °C. En cuanto a los metales pesados, se encontraron las siguientes concentraciones: Cu (0.362 mg/L), Pb (0.266 mg/L), Zn (0.110 mg/L), Cr (0.077 mg/L), Cd (0.019 mg/L), Al (0.066 mg/L), Ag (0.014 mg/L), As (0.176 mg/L) y Ba (0.150 mg/L). En materia de calidad microbiológica, se evidenciaron col. totales en el 60% de los muestreos, con un promedio de 150 UFC/100 mL. Igualmente, se detectaron col. fecales en seis pozos estudiados, de los cuales dos presentaron las concentraciones más elevadas, con 4,475 y 44,795 MPN/100mL, respectivamente. En conclusión, los hallazgos manifiestan que las aguas subterráneas en Al-Khoarah presentan una contaminación bacteriológica significativa y niveles preocupantes de metales pesados, lo que sugiere la urgencia de aplicar estrategias de control y monitoreo para avalar la seguridad del H₂O.

Hashin y Al-Araji (2019) realizaron un estudio titulado Evaluación de las características físico-químicas y biológicas de pozos subterráneos en la ciudad de



Badra, Irak. El propósito de este estudio fue valorar las particularidades fisicoquímicas y microbiológicas de seis pozos subterráneos en Badra, Irak, para determinar su calidad y la influencia de factores ambientales. La muestra de H₂O se efectuó en seis pozos en diciembre de 2017 y mayo de 2018. En total, se analizaron once parámetros, entre ellos temperatura del agua, pH, conductividad eléctrica (EC), salinidad, turbidez, alcalinidad, dureza total (TH), TDS, y concentraciones de cationes y aniones. Los resultados mostraron que la conductividad eléctrica (EC) osciló entre 4402 y 5183 $\mu\text{S}/\text{cm}$; la salinidad varió entre 2.76 y 3.9 ppt; y la dureza total (TH) estuvo en el rango de 302 a 366 mg/L. Los TDS se registraron entre 3164 y 4248 mg/L, mientras que la turbidez varió de 604 a 675 NTU. En cuanto a las manifestaciones de metales pesados, se encontraron niveles de hierro y zinc entre 375 y 524 $\mu\text{g}/\text{L}$ y 631 a 1107 $\mu\text{g}/\text{L}$, respectivamente. Además, se detectó una significativa contaminación microbiológica con coliformes totales y E. coli, donde el pozo 3 alcanzó 30 MPN/100 ml, el pozo 4 tuvo 25 MPN/100 ml, y el pozo 5 registró 20 MPN/100 ml. En síntesis, la condición del agua en los pozos de Badra personifica un peligro para la salubridad pública debido a la contaminación físicoquímica y microbiológica. Por ello, se sugiere adoptar medidas de protección y realizar un seguimiento periódico para asegurar la inocuidad del agua potable.

Según Lujan et al., (2019) su estudio acerca de la condición microbiológica del agua acuífera en Córdoba, Argentina, se plantea como finalidad determinar las características microbiológicas del recurso hídrico acuífero en establecimientos agropecuarios de la zona centro-sur de Córdoba, y evaluar la correlación existente entre la ocupación territorial y las condiciones del H₂O. Se configuró una red de 62 estaciones de muestreo en predios rurales, categorizados en explotaciones



ganaderas/lecheras (n=34) y agrícolas (n=28). Se recolectaron muestras del acuífero superficial (3-30 m de profundidad) bajo protocolos estandarizados de purga y preservación. El análisis microbiológico incluyó BAM, CT y CF. Los resultados indicaron una concentración promedio de BAM de 150 UFC/mL (DE: 30), con detección de E. coli en el 25% de las muestras. Como conclusión, no se evidenció correlación significativa entre la contaminación y el uso del suelo, sugiriendo la influencia de variables ambientales adicionales en la degradación del recurso hídrico

2.1.2. Antecedentes nacionales

De acuerdo a Dilas, (2018) en su estudio el propósito principal de este trabajo fue valorar la condición física y microbiológica del agua acuífera extraída de 3 puntos de muestra elegidos por provecho, para verificar si es segura para la ingesta humana en la comunidad. Los resultados obtenidos de pH máximo fue 8.2 Und de pH, la turbiedad máxima en uno de los puntos 14.2 UNT, la dureza total máxima fue 361mg/L, el hierro es de 0.047 mg/L, manganeso es de 0.0116 mg/L, calcio es 182.9 mg/L, magnesio es 23.48 mg/L, coliformes termotolerantes es 92*100 NMP/100ml y sólidos disueltos totales 483 ppm. Se llegó a la terminación de que el H₂O de los 3 puntos de muestra no es aceptable para la ingesta humano por la abundancia de col. Termotolerantes y totales, por lo cual debe ser tratada para garantizar su seguridad.

Según Piguave et al., (2019) dentro de su investigación realizaron la evaluación de la condición microbiológica del H₂O acuífera en el distrito de Virú, La Libertad. Determinar la calidad microbiológica del agua subterránea en el distrito de Virú durante el año 2018. La metodología utilizada incluyó la toma de muestras en 32 pozos tubulares y de tajo abierto en los sectores El Frontón, California, Los



Pinos, Huancaco, La Gloria, Huancaquito Alto, El Carmelo y Santa Elena, entre julio y noviembre de 2018, evaluando parámetros como col. Termotolerantes y totales, utilizando métodos de tubos compuestos y recuento de bacterias heterotróficas. Los hallazgos manifestaron que el 60% de las muestras presentaron col. totales, con un recuento promedio de 150 NMP/100 mL. En cuanto a coliformes termotolerantes, el 40% de las muestras superaron el límite permitido, con un promedio de 50 NMP/100 mL. En conclusión, la condición microbiológica del agua acuífera en Virú es preocupante, evidenciando la necesidad de implementar medidas para reducir la contaminación.

Según Morales, (2022) en el estudio "Calidad fisicoquímica y bacteriológica del agua subterránea para consumo humano en el caserío Pata Pata del Centro Poblado Paríamarca", la finalidad principal fue analizar las características del agua subterránea. Se obtuvieron muestras de tres pozos tubulares, evaluándose parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. Los hallazgos mostraron un pH promedio de 7,12 en período lluvioso y 7,27 en estación seca; conductividad eléctrica de 1296 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en lluvias y 1062 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en sequía; y dureza total de 720,4 mg/L en temporada húmeda frente a 755 mg/L en período seco. Los coliformes termotolerantes registraron 2400 NMP/100 mL en el período de lluvias y 1300 NMP/100 mL en la estación seca. Los metales analizados -arsénico, plomo, cromo y cadmio- se mantuvieron dentro de los Límites Máximos Permisibles establecidos en el Reglamento de la Condición del Agua para Ingesta Humana (D.S. N° 031-2010-SA). Se determinó que el agua subterránea de los tres pozos tubulares no es apta para consumo humano, ya que los indicadores de dureza total y coliformes (totales y termotolerantes) excedieron los parámetros autorizados por la normativa actual.



Según la investigación de Apolinario & Araujo, (2018) el estudio se enfocó en valorar la calidad del agua subterránea en doce asentamientos, mediante análisis físico-químicos y microbiológicos de laboratorio basados en protocolos estandarizados. Se midieron pH, temperatura, conductividad, sólidos totales disueltos, turbidez, color, hierro y coliformes. Los datos físico-químicos revelaron que varios pozos superaron los niveles autorizados por la normativa D.S. N° 031-2010-SA en turbidez, color y hierro. Los exámenes microbiológicos revelaron que 9 pozos excedían el límite permitido para coliformes totales y 8 lo hacían para coliformes termotolerantes, de acuerdo con la normativa. El pozo 7 registró las concentraciones más elevadas (138 UFC/100 ml de coliformes totales y 106 UFC/100 ml de termotolerantes), lo que evidencia una notable contaminación del acuífero. En cuanto a los orígenes de la polución, se identificaron letrinas, fosas sépticas y cauces naturales usados para evacuar aguas residuales en siete de las comunidades evaluadas.

2.1.3. Antecedentes regionales

Como el estudio de Valenzuela & Limahuaya, (2022) su estudio tuvo como finalidad valorar la calidad del agua subterránea en el Parque Industrial Taparachi, a través del análisis de sus características fisicoquímicas y microbiológicas. Los indicadores medidos incluyeron: turbidez, color, conductividad, pH, TDS, dureza total, cloruros, sulfatos, metales totales (arsénico, aluminio, cadmio, bario, hierro, cobre, molibdeno, manganeso, níquel, sodio, antimonio, plomo, selenio y zinc) y col. totales. Los hallazgos de los análisis del agua subterránea se cotejaron con la normativa D.S. N° 031-2010-SA. Los indicadores fisicoquímicos se mantuvieron dentro de los rangos admisibles, a excepción de la dureza total (573 mg/L), el arsénico (0,040 mg/L) y los coliformes totales (2 NMP/100 mL). En consecuencia,



el agua del pozo del Parque Industrial Taparachi incumple la normativa y resulta inadecuada para el consumo humano, por lo que se sugiere implementar sistemas de filtración en el área para disminuir las concentraciones que exceden lo establecido.

Según Pancca, (2021) en su investigación, analizaron la incidencia de las letrinas en las características del agua acuífera y determinaron su estado en los mencionados barrios. El objetivo fue identificar las principales causas de contaminación y proponer soluciones tecnológicas simples para mejorar la condición del H₂O. Se analizaron las características físico-químicas y bacteriológicas del agua, comparándolas con los estándares de condiciones establecidas. Los resultados mostraron que la mayoría de los indicadores físico-químicos, como tono, sabor, olor, pH, cloruros, sulfatos, magnesio, nitratos, sólidos zinc, disueltos totales, turbidez, sodio y amoníaco, estaban adentro de los LMP. Sin embargo, la dureza, la alcalinidad, el calcio y el aluminio excedieron estos límites en ciertas muestras. Además, se encontraron niveles elevados de coliformes totales y fecales, atribuidos a prácticas higiénicas inadecuadas, el uso de silos o letrinas, la ubicación incorrecta de estas y la falta de educación sanitaria.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Calidad del agua subterránea

Para evaluar la condición del agua acuífera se emplean indicadores físicos, químicos y microbiológicos. Cada indicador aporta datos cruciales acerca de la potabilidad del agua y la existencia de agentes contaminantes. Las variables físicas abarcan la turbiedad, el temple y los sólidos disueltos totales. Los componentes químicos comprenden el pH, la dureza total, calcio, hierro, magnesio y manganeso. Los indicadores microbiológicos, tales como los coliformes termotolerantes,



señalan contaminación por heces e implican un peligro inmediato para la salud humana (Ojeda, 2005).

- **Parámetros Físicos:** Los parámetros físicos miden aspectos como la turbidez, color, y temperatura del agua, los cuales pueden indicar la presencia de partículas suspendidas y el temple del agua acuífera que puede afectar tanto la calidad como la composición química del agua.
- **Parámetros Químicos:** Los parámetros químicos miden la presencia de compuestos licuados en el H₂O como metales pesados (hierro, magnesio, calcio, manganeso) y demás compuestos como el pH y la dureza total, los cuales afectan tanto la condición del H₂O como su capacidad para distintos usos.
- **Parámetros Microbiológicos:** Los indicadores microbiológicos, como la detección de coliformes termotolerantes indica contaminación fecal, lo cual supone un peligro considerable para la salubridad pública.

2.2.2. Contaminación del agua subterránea

El agua subterránea puede contaminarse por diversas fuentes, tanto naturales como humanas. Las actividades industriales, agrícolas y urbanas constituyen las primordiales garantes de la deterioración de la condición de los acuíferos. Entre los contaminantes más comunes se incluyen metales pesados, pesticidas, residuos industriales, y productos químicos derivados de las actividades domésticas (Smedley & Kinniburgh, 2002). Los vertidos de aguas grises y el uso excesivo de fertilizantes y pesticidas contribuyen significativamente a la contaminación bacteriana y química del agua subterránea (Becerra et al., 2020).

2.2.3. Características físico – químicas del agua subterránea

Las particularidades físico-químicas del agua subterránea son esenciales para evaluar su calidad. Entre los parámetros más relevantes se encuentran el pH, las conductividades eléctricas, los niveles de nitratos y metales sólidos como el Pb, As y Mg, que son particularmente peligrosos para la salubridad humana (Fetter, 2001). La dureza del agua y la evidencia de cloruros y sulfatos también son indicadores importantes de su calidad. Estos parámetros deben mantenerse dentro de los límites fijados por los métodos sanitarios para garantizar la potabilidad del agua (OMS, 2023).

2.2.4. Métodos de monitoreo de la calidad del agua subterránea

El monitoreo de la condición del agua acuífera es fundamental para detectar cambios en sus particularidades y prevenir peligros para la salubridad pública. Los métodos de monitoreo incluyen muestreo periódico y análisis en laboratorios especializados, así como tecnologías avanzadas como sensores automáticos y sistemas de monitoreo remoto (Jankowski et al., 2018). La frecuencia y localización de las estaciones de monitoreo son elementos clave para garantizar una valoración confiable de la condición del agua acuífera.

2.2.5. Impacto de las actividades humanas

La intensificación agrícola y la expansión industrial, entre otras actividades humanas, impactan de forma importante la condición del agua acuífera. El uso indiscriminado de pesticidas y fertilizantes, así como el vertido de desechos industriales, han provocado la contaminación de muchos acuíferos a nivel global (Foster et al., 2004). Estos contaminantes, al pasar a través del suelo, pueden alcanzar los acuíferos subterráneos, conmoviendo la condición del H₂O como la biodiversidad en ecosistemas acuáticos.

2.2.6. Evaluación de la calidad del agua subterránea

La condición del H₂O se evalúa considerando diversos parámetros que se dividen en categorías de acuerdo a sus características. En este caso, el estudio de los indicadores físicos, químicos y microbiológicos se realiza mediante técnicas de laboratorio que permiten medir su concentración y compararla con los estándares establecidos por organizaciones internacionales como la OMS (Fetter, 2001).

2.2.6.1 Parámetros físicos

- **Temperatura:** El temple del H₂O influye en su composición química y en las reacciones bioquímicas de los microorganismos presentes en ella. El aumento de temperatura puede incrementar la solubilidad de ciertos compuestos, afectando la calidad del agua (Tchobanoglous et al., 2003).
- **Turbidez:** Es un indicador de la cuantía de partículas suspendidas en el H₂O, que puede provenir de sedimentos, microorganismos o contaminantes químicos. La turbidez puede reducir la efectividad de los procesos de desinfección y afectar la estética del agua (Tchobanoglous et al., 2003).
- **Sólidos totales disueltos (TDS):** Los TDS incluyen sales, minerales, y metales sólidos disueltos en el H₂O. La alta concentración de TDS puede hacer que el agua sea no potable y afecte a los sistemas de fontanería (Metcalf & Eddy, 2003; Tchobanoglous et al., 2003).

2.2.6.2 Parámetros químicos

- **pH:** El pH del agua refleja su acidez o alcalinidad. El agua extremadamente ácida o alcalina puede ser corrosiva para las infraestructuras y no apta para consumo humano (Tchobanoglous et al., 2003).



- **Conductividad eléctrica (C. Eléctrica):** La conductividad eléctrica mide la cuantía de sales desleídas en el H₂O. Actúa como un indicador indirecto de la reunión de iones, incluyendo calcio, sodio y Mg, que pueden modificar la calidad del agua (Tchobanoglous et al., 2003).
- **Dureza total:** La dureza representa la concentración de iones de calcio y magnesio presentes en el agua. Esta condición puede generar la formación de incrustaciones minerales en las cañerías y dispositivos domésticos (Tchobanoglous et al., 2003).
- **Calcio y magnesio:** Son componentes primordiales del endurecimiento del H₂O. La presencia excesiva de estos minerales puede afectar tanto la salud humana como la infraestructura de distribución de agua (Tchobanoglous et al., 2003).
- **Hierro y manganeso:** La existencia de estos metales sólidos puede causar coloración en el H₂O y una alteración en su sabor y olor. A concentraciones altas, pueden ser tóxicas (Tchobanoglous et al., 2003).

2.2.6.3 Parámetros microbiológicos

- **Coliformes termotolerantes:** La existencia de estos microorganismos indica contaminación fecal. La detección de col. termotolerantes es un fuerte indicador del cual el agua podría presentar contaminación con patógenos que afectan la salud humana (Tchobanoglous et al., 2003).

2.2.7. Tratamiento y remediación de aguas subterráneas

El tratamiento de aguas acuíferas polucionadas es un proceso confuso que puede incluir diversas tecnologías, como la filtración, la ósmosis inversa, la adsorción y la remediación biológica. La selección de la técnica de tratamiento



depende del tipo de contaminante presente y de la profundidad del acuífero afectado (Schnoor, 1996). La remediación de aguas subterráneas puede ser tanto in situ como ex situ, dependiendo de la extensión de la contaminación (Murray et al., 2008).

2.2.8. Tratamiento de parámetros microbiológicos

Los col. termotolerantes son indicadores de polución fecal y pueden ser eliminados o reducidos mediante procesos de desinfección. Algunas opciones adecuadas para este contexto incluyen:

2.2.6.4 Cloración

- **Descripción:** La cloración es un método ampliamente utilizado debido a su bajo costo y efectividad para eliminar microorganismos patógenos como los coliformes.
- **Implementación:** Se puede usar hipoclorito de sodio (cloro común) en pequeñas cantidades para desinfectar el agua antes de su consumo. El cloro es fácilmente accesible y puede aplicarse directamente en el agua, con la dosificación adecuada.
- **Viabilidad:** Este método es sencillo y no requiere infraestructura compleja, lo que lo hace adecuado para comunidades de bajos recursos. Además, el cloro también tiene un efecto residual que ayuda a mantener el agua libre de bacterias a lo largo del tiempo.
- **Consideraciones:** Se debe enseñar a la comunidad a dosificar correctamente el cloro y a esperar el tiempo adecuado para que el tratamiento sea efectivo.



2.2.9. Tratamiento de la dureza del agua

La dureza del H₂O se origina principalmente por la presencia elevada de magnesio y calcio, que pueden ser tratados utilizando métodos sencillos y económicos (Murray et al., 2008).

2.2.9.1 Uso de cal y carbonato de sodio

- **Descripción:** Para reducir la dureza temporal del agua, se pueden utilizar productos como cal (hidróxido de calcio) o carbonato de sodio. Estos compuestos precipitan el calcio y el magnesio, reduciendo la dureza.
- **Implementación:** La cal y el carbonato de sodio se disuelven en agua y reaccionan con los iones de calcio y magnesio, formando precipitados que pueden ser filtrados fácilmente.
- **Viabilidad:** Este tratamiento es sencillo, económico y de fácil implementación en zonas rurales o de bajos recursos. La cal es relativamente barata y puede encontrarse fácilmente.
- **Consideraciones:** Es necesario asegurar que la población sepa cómo dosificar adecuadamente los compuestos y realizar un proceso de filtración posterior.

2.3. Marco conceptual

2.3.1. Calidad de agua subterránea

La condición del H₂O subterránea en el acuífero de San Isidro se evalúa considerando sus propiedades físico-químicas y microbiológicas, midiendo parámetros como coliformes, turbidez y sólidos disueltos totales, y comparando los hallazgos con los LMP y los ECA. Este concepto actúa como la variable que determina la necesidad de llevar a cabo alguna intervención.



2.3.2. Contaminación del fecal

Es la contaminación fecal es la presencia de coliformes termotolerantes en manifestaciones mayores NMP/100 mL, lo cual muestra la introducción de materia biológica proveniente de residuos de actividades ganaderas y agrícolas superficiales que se infiltran en el acuífero.

2.3.3. Propuesta de tratamiento

La propuesta de tratamiento es el diseño conceptual de una solución tecnológica (filtración y desinfección) cuya finalidad es remediar la contaminación de la fuente de agua subterránea (coliformes termotolerantes).

2.3.4. Sostenibilidad del sistema

La sostenibilidad del sistema se refiere a la capacidad de la solución propuesta para operar a largo plazo sin un apoyo externo complejo. Se mide por la facilidad de mantenimiento, el bajo requerimiento energético y la disponibilidad local de insumos para su correcta gestión por parte de la comunidad de San Isidro.

2.3.5. Parámetros microbiológicos

Evalúan la presencia de microorganismos patógenos que comprometen la salud. En este trabajo se analizó coliformes termotolerantes (NMP/100mL); su detección indica contaminación fecal, según normativa el agua para consumo humano debe presentar ausencia total (0 NMP/100mL).

2.3.6. Parámetros físicos

Los parámetros físicos permiten identificar las características visibles o medibles del agua. En esta investigación se consideraron la turbidez (NTU), sólidos totales disueltos, conductividad eléctrica y temperatura.



2.3.7. Parámetros químicos

Los parámetros químicos analizados reflejan la composición mineral y la presencia de sustancias disueltas que pueden incidir en la potabilidad del agua. En el contexto de San Isidro, su análisis fue fundamental para determinar el dominio de las experiencias agrícolas y domésticas en la infiltración de contaminantes. Los principales parámetros evaluados fueron: pH, conductividad eléctrica, dureza, Ca, Mg, Mn, Fe.



CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Diseño de investigación

El proyecto es de clase de ejecución porque busca solucionar una problemática práctico relacionado con la condición del H₂O subterránea en la comuna de San Isidro El Collao. Su fin es evaluar la condición del agua subterránea y proponer un tratamiento adecuado para mejorarla, lo que tiene una aplicación directa en la mejora de la condición del H₂O en esa región específica.

3.2. Nivel de investigación

- **Descriptiva:** El nivel descriptivo se refiere a la evaluación y análisis de la condición del H₂O subterránea en función de las reglas físicos, químicos y microbiológicos. En nivel, se recogen y analizan los datos de la condición del H₂O para señalar las características actuales del recurso hídrico.
- **Explicativa:** El nivel explicativo está presente en la segunda parte de la investigación, cuando se analizan las causas de la contaminación y se proponen tratamientos adecuados para mejorar la calidad del agua.

La investigación no solo describe los parámetros, sino que también busca explicar las razones detrás de los resultados observados y proponer soluciones viables.



3.3. Enfoque de la investigación

El proyecto tiene un enfoque cuantitativo, se centra en la cuantía y examen numérico de los parámetros de calidad del agua.

Los resultados serán presentados en términos de valores numéricos y serán analizados estadísticamente para determinar el nivel de contaminación y la efectividad del tratamiento propuesto.

3.4. Técnicas e instrumentos

3.4.1. Técnicas

- **Observación directa:** Se observarán las circunstancias del H₂O subterránea en diferentes puntos en la comuna de San Isidro El Collao, sin intervenir en el entorno. Se registran datos sobre parámetros físicos, químicos y microbiológicos.
- **Muestreo:** Aunque el enfoque es observacional, se tomarán ejemplares de H₂O para su examen en recinto y determinar la calidad del agua.

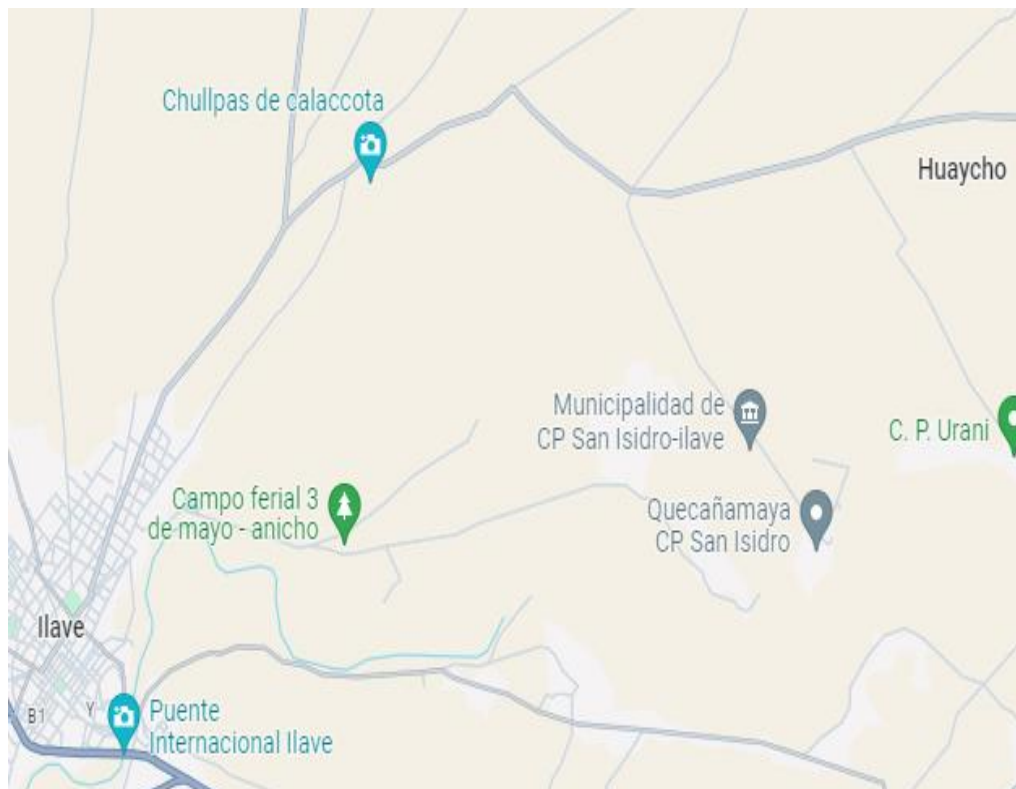
3.4.2. Instrumentos

- Cadena de Custodia
- Protocolo de monitoreo
- Equipos de muestreo
- Material de laboratorio

3.4.3. Ubicación de la zona de investigación

Figura 1

Ubicación de la zona de monitoreo



Nota: Captado de Google Maps

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

El proyecto se desarrolló en Puno, en la provincia de El Collao, específicamente en de San Isidro, con énfasis de las aguas subterráneas de los pozos tubulares de la localidad.

3.5.2. Muestra

La muestra de este estudio consistió en las líquidos subterráneas extraídas de los pozos tubulares ubicados en la comuna de San Isidro, en la provincia de El Collao, de Puno.

Se seleccionaron diferentes lugares de ejemplares en el lugar para lograr una representación adecuada de la condición del H₂O subterránea en diversas ubicaciones.

Tabla 2

Puntos de monitoreo para la investigación

CÓDIGO	Punto de monitoreo y/o coordenada	
P-1	E:439589.50	N:8222469.13
P-2	E:439564.994	N:8222471.091
P-3	E:439749.325	N:8222479.862
P-4	E:439794.489	N:8222513.199
P-5	E:439809.456	N:8222534.516
P-6	E:439585.80	N:8222482.2
P-7	E:439575.91	N:8222475.05
P-8	E:439789.177	N:8222542.61
P-9	E:439801.29	N:8222519.48
P-10	E:439179.58	N:8222524.38

3.6. Materiales y equipos

3.6.1. Materiales

a.- Materiales de laboratorio

- Pipetas clase A de 5 y 10 ml,
- Probetas clase A de 50, 100 y 1000 ml,
- Recipientes de ensayo con tapa autoclavable,
- Vaso precipitado clase A de 250 ml y
- Matraz Erlenmeyer clase A de 120, 250 y 1000 ml
- Campanas durhan
- Gradillas de 48 tubos
- Micropipeta de 1000 y 5000 μ l



- Viales de cuarzo
- Magneto
- Placas Petri
- Piceta de H₂O destilada de 500 ml
- Mecheros de alcohol
- Botellas winkler
- Espátula
- Tubos de digestión
- Filtros de fibra de vidrio

b.- Equipos de laboratorio

- Autoclave
- bomba de vacío
- bureta digital
- incubadoras a 20°C y 37°C
- agitador magnético
- digestor a 150°C

c.- Materiales de campo

- Botella de PVC de 1000 ml
- Tableros
- Botellas Winkler de 300 ml
- Rotulo para identificar la muestra.
- Papel absorbente
- Botellas de borosilicato de 500 ml esterilizado
- Bolígrafo



- Plumón indeleble
- Balde de primer uso
- Cubos de Hielo
- Cooler
- Alcohol

d.- Materiales de protección

- Bata o chaleco
- Guantes
- Zapatos de seguridad
- Barbijo
- Casco

3.7. Procedimiento metodológico

3.7.1. *Objetivo específico 1: Identificar los puntos de contaminación que afectan la calidad del agua subterránea en el centro poblado de San Isidro*

Para reconocer los puntos de contaminación que repercuten en la condición del H₂O subsuelo en la comuna de San Isidro, se llevó a cabo un enfoque multidisciplinario que combina la visualización directa, el examen de muestras y la revisión de factores externos que pueden contribuir a la contaminación.

Los pasos específicos de la metodología son los siguientes:

a.- Selección de puntos de muestreo:

Se determinó diversos puntos de muestreo estratégicos en las áreas del centro poblado de San Isidro que tienen mayor probabilidad de estar expuestos a contaminantes. Los puntos de muestreo incluyen los pozos tubulares existentes,



así como fuentes potenciales de contaminación como áreas agrícolas, lugares de admisión de remanentes y zonas cercanas a fuentes de aguas residuales.

Tabla 3

Ubicación de los puntos de muestreo

CÓDIGO	CRITERIO	PUNTO DE MONITOREO Y/O COORDENADA
P-1	Cerca del criadero del ganado	E:439589.50 N:8222469.13
P-2	Medianamente cerca del criadero del ganado	E:439564.994 N:8222471.091
P-3	No existe cercanía alguna con criadero de ganado	E:439749.325 N:8222479.862
P-4	Cerca del criadero de ganados	E:439794.489 N:8222513.199
P-5	Medianamente cerca al punto de criadero de ganados.	E:439809.456 N:8222534.516
P-6	Cerca del criadero del ganado	E:439585.80 N:8222482.2
P-7	Medianamente cerca del criadero del ganado	E:439575.91 N:8222475.05
P-8	No existe cercanía alguna con criadero de ganado	E:439789.177 N:8222542.61
P-9	Cerca del criadero de ganados	E:439801.29 N:8222519.48
P-10	Medianamente cerca al punto de criadero de ganados.	E:439179.58 N:8222524.38

Figura 2

Ubicación de los puntos



b.- Análisis in situ de muestras de agua:

En todos los puntos elegidos, se hicieron cálculos de parámetros de campo y se agarraron ejemplares de agua subterránea para su análisis, de acuerdo con las recomendaciones de dominio de la condición del H₂O y la guía del ejemplar de líquidos subsuelos (NTC-ISO 5667, 2021).

Figura 3

Medición de los parámetros de campo





c.- Limpieza superficial de los pozos

Antes de tomar la muestra, se debe desinfectar el pozo para eliminar cualquier contaminante superficial. Esto es crucial para impedir la polución del H₂O por elementos patógenos externos.

d.- Extracción del agua

- **Pozo profundo:** Se utiliza una bomba de ejemplar manual o automática para drenar el H₂O. Evita que la bomba toque el fondo del pozo, ya que esto puede causar la sedimentación de partículas que alteran los resultados.
- **Pozo superficial:** Si el pozo es de poca profundidad, se recoge la muestra directamente de la boca del pozo, asegurándose de que el agua fluya de manera continua.

e.- Toma de la muestra

- Se llenaron las botellas de muestreo hasta el tope para evitar la contaminación por aire. Se cerró inmediatamente las botellas después de llenar.
- **Muestras microbiológicas:** Para la recoge de ejemplares microbiológicas (como la fijación de coliformes termotolerantes), se utilizó frascos de borosilicato esterilizados para asegurarse de que no haya contaminación externa.
- **Muestras químicas y físicas:** Para análisis de parámetros físicos y químicos, se emplearon botellas seleccionadas según el análisis a efectuar.

Figura 4*Toma de muestra***f.- Registros de la Muestra**

Se anotó todos los datos relevantes, como código de identificación, la fecha, hora, ubicación en la vínculo de resguardo que fue dada por el recinto.

Es importante registrar también las condiciones climáticas y la proximidad a posibles fuentes de contaminación (como vertederos, industrias, áreas agrícolas).

g.- Transporte y Almacenaje

- **Muestras microbiológicas:** Deben ser transportadas en refrigeración (en una caja de hielo) y procesadas dentro de las primeras 24 horas.
- **Muestras químicas:** Son almacenadas a temperatura ambiente o en refrigeración, dependiendo del parámetro a analizar. Para los análisis correspondientes.

Figura 5*Muestras almacenadas***h.- Evaluación de los factores de contaminación:**

Posteriormente, se trasladaron las muestras al recinto de condición de ambiente de la EPISA para así evaluar los hallazgos del examen de muestras con los datos obtenidos de la observación directa del entorno para fijar los principales orígenes de polucion.

Se detectaron prácticas humanas, tales como la agricultura, la andanada de líquidos remanentes y la eliminación de excretas animales, que podrían estar incidiendo en la contaminación del líquido subsuelo.

i.- Mapeo de los puntos de contaminación:

Finalmente, se elaborará un mapa georreferenciado que identifique los puntos de contaminación, facilitando la visualización de las áreas más afectadas y las posibles causas asociadas a la contaminación en la comuna de San Isidro.

Figura 6

Identificación de los puntos de estudio



3.7.2. Objetivo específico 2: Determinar la concentración de los parámetros físicos, químicos y biológicos de las aguas subterráneas en el centro poblado de San Isidro

Esta sección tiene como propósito identificar y cuantificar los valores de los primordiales parámetros que indican la condición del líquido subterránea. A través de esta evaluación, se podrá conocer el estado actual de los elementos líquidos en la zona y los conflictos potenciales vinculados a su uso.

Este análisis incluirá el cálculo de los siguientes intervalos como se muestra en la tabla.

Tabla 4

Métodos normalizados para el análisis a aguas potables y residuales

Parámetro	Unidad	Método
Parámetros físicos		
Temperatura	°C	SM 2550 B (método de laboratorio de campo)
Sólidos totales disueltos	mg/L	
Turbidez	NTU	
Parámetros químicos		
Potencial de hidrógeno (pH)		SM 4500-H
Conductividad eléctrica	μS/cm	SM 2510 B (método de laboratorio)
Dureza total	mg/L	SM 2340 C (método titulométrico de EDTA)
Calcio	mg/L	SM 3500 Ca D (método titulométrico de EDTA)
Hierro	mg/L	Método fotométrico
Magnesio	mg/L	SM 3500 Mg E (método del cálculo)
Manganeso	mg/L	Método de espectrofotómetro
Parámetros bacteriológicos		
Coliformes termotolerantes	NMP/100 ml	SM 9221 B (técnicas estandarizadas de fermentación)

a.- Parámetros físicos

Turbidez, tercia, sólidos totales disueltos (TDS), entre otros, que proporcionan información sobre las particularidades visuales y coporales del H₂O.

Figura 7

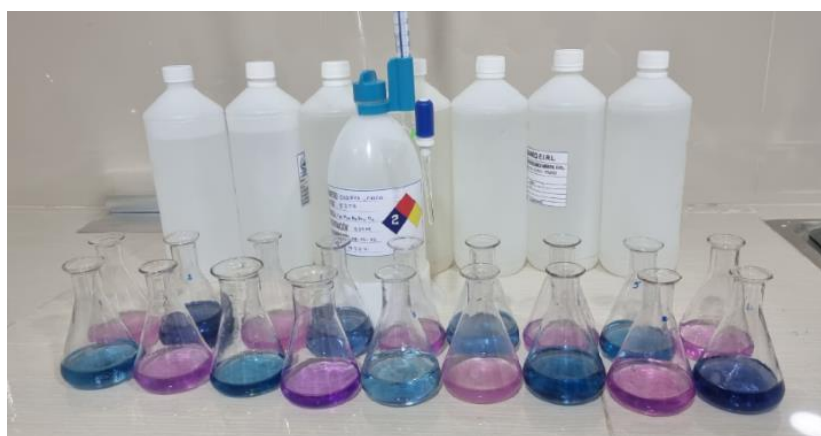
Determinación de parámetros físicos

**b.- Parámetros químicos**

pH, conductividad eléctrica, endurecimiento total, como hierro, manganeso, Ca, Mg y otros compuestos químicos que podrían representar un riesgo para la salud.

Figura 8

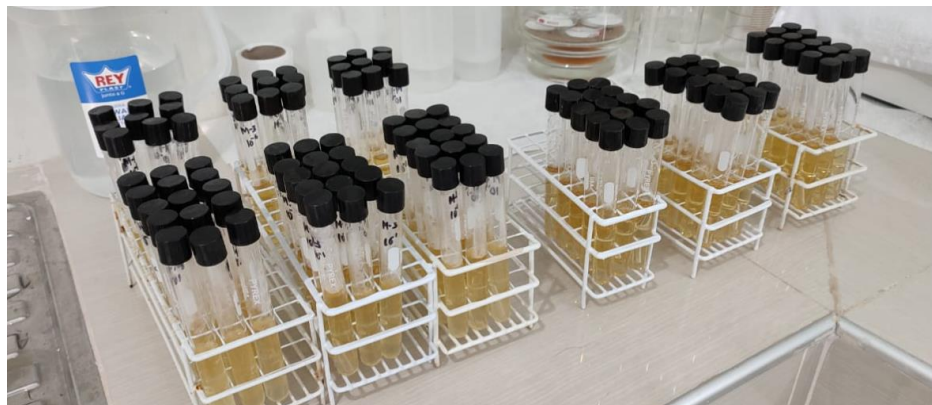
Análisis de parámetros químicos

**c.- Parámetros biológicos**

Presencia de coliformes termotolerantes, que indican contaminación fecal y que son relevantes para evaluar la seguridad sanitaria del agua.

Figura 9

Determinación de parámetros microbiológicos



3.7.3. Objetivo específico 3: Proponer una solución de tratamiento adecuada para mejorar la calidad del agua subterránea en San Isidro

Para alcanzar este objetivo, el proceso se centró en la evaluación de tecnologías que se ajustan a la normativa peruana y que son sostenibles para la comunidad. Se llevó a cabo de la siguiente manera:

- **Establecimientos de criterios de adecuación y normativa**

Se definieron los criterios para evaluar la propuesta, teniendo en cuenta la regulación ambiental y la factibilidad de implementación local:

- **Criterio técnico (Eficiencia):** La tecnología debe asegurar la eliminación efectiva de los contaminantes identificados (coliformes, turbidez y TDS) hasta lograr los niveles establecidos por los ECAs y los LMPs aplicables.
- **Criterio de sostenibilidad:** La propuesta debe ser realizable a largo plazo, considerando la disponibilidad de recursos locales, el bajo consumo energético y la mínima producción de residuos.
- **Comparación:** Se compararon las opciones de filtración y desinfección para justificar la elección final.

- **Dimensionamiento preliminar:** Se realizaron cálculos básicos de diseño (caudal, capacidad) para garantizar que la propuesta sea técnicamente viable a escala comunitaria.

1.- Bases normativas y criterios de diseño

El dimensionamiento del sistema de tratamiento propuesto se realizó con base en la normativa y guías técnicas nacionales vigentes para el Perú. Se tomaron como bases el D.S. N.º 031-2010-SA (Norma de la condición del H₂O para digestión personal) para los límites mayores admisibles de intervalos microbiológicos y fisico-químicos, la Norma OS.090 del RNE para criterios de dotación y medición de caudales, y la mentor de iniciativas sistemáticas para el suministro de H₂O bebible en comunas rurales para seleccionar soluciones técnicas apropiadas al contexto rural andino. Además, se consultó el manual técnico nacional sobre filtros lentos de arena para definir velocidades de diseño, espesores de arena y capas de soporte.

2.- Cálculos hechos con normativa peruana

- Determinación del caudal de diseño

Para el dimensionamiento se adoptó una dotación de 50 L/hab-día, criterio válido para centros poblados rurales dentro del rango recomendado por guías técnicas del país (40–80 L/hab-día), por lo que se considera representativa para San Isidro. Con una población estimada de 400 habitantes:

- La fórmula: Caudal diario = Número de hab. x Dotación
- En unidades de caudal medio:
- Caudal medio = Caudal Diario / 24h

(Fuente: Norma OS.090 y Guía de Opciones Técnicas para centros rurales).



- **Dimensionamiento del área de filtro lento**

Se adoptó una velocidad superficial de diseño de $0.10 \text{ m}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$ (valor conservador recomendado en manuales de filtros lentos y guías aplicadas en Perú para garantizar correcta remoción microbiológica).

- Caudal por hora (Q_h) = $0.8 \text{ m}^3/\text{h}$.
- Área requerida total:
- $A = \text{Caudal por hora o caudal medio} / \text{velocidad}$
- Se propone construir 3 filtros en paralelo para operación y mantenimiento.
Área por filtro: $8.33 / 3 = 2.78 \text{ m}^2$ (p. ej. $1.2 \times 2.3 \text{ m}$). (Referencias: manual de filtros lentos y guías peruanas).

- **Tanque de contacto para cloración**

Se adoptó tiempo de contacto mínimo de 30 minutos y se diseñó el tanque para caudal pico estimado con factor 2 ($Q_p = 2 \times Q_h = 1.667 \text{ m}^3/\text{h}$). Volumen para 30 min: $V = Q_p \times 0.5 \text{ h} = 1.667 \times 0.5 = 0.833 \text{ m}^3 \approx 833 \text{ L}$.

Se recomienda diseñar 1 m^3 (1000 L) por seguridad operacional. (Normas peruanas y criterios técnicos para cloración y tiempo de contacto).

- **Cálculo de volumen de hipoclorito según concentración del stock**

Para obtener residual libre ($0.2\text{--}0.5 \text{ mg/L}$) se propone dosis inicial de diseño de 2 mg/L . Para $Q = 20 \text{ m}^3/\text{d}$: masa de Cl_2 necesaria = $2 \text{ mg/L} \times 20\,000 \text{ L} = 40\,000 \text{ mg} = 40 \text{ g Cl}_2/\text{d}$.

Si el stock es hipoclorito de sodio al 12 % ($120\,000 \text{ mg Cl}_2/\text{L}$):

Volumen stock = $40\,000 / 120\,000 = 0.333 \text{ L/d} \approx 333 \text{ mL/d}$.



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

4.1.1. Objetivo específico 1: Identificar los puntos de contaminación que afectan la calidad del agua subterránea en el centro poblado de San Isidro

Se realizaron 10 puntos de monitoreo en la comuna de San Isidro para fijar los puntos de polución que alteran la condición del H₂O subsuelo. Luego, se presentan los resultados obtenidos de análisis físicos, químicos y microbiológicos realizados en cada lugar de ejemplar:

Tabla 5

Identificación de los puntos de contaminación

Punto de muestreo	Coliformes termotolerantes (NMP/100mL)	Turbidez (NTU)	Sólidos totales disueltos (mg/L)	Posibles fuentes de contaminación
P1	1100	1.92	375	Contaminación fecal, posible filtración de aguas residuales agrícolas.



P5	2400	2.59	430	Alta actividad agrícola, aguas residuales no tratadas.
P6	930	1.85	415	Residuos microbiológicos cercanos o infiltración de contaminantes de excretas.
P7	150	0.87	258	Zona menos afectada, pero aún con alta presencia de coliformes.
P10	1100	0.8	398	Potencial influencia de actividades domésticas y cercanía a fuentes de contaminación de

En la tabla se ve los hallazgos obtenidos de los examen hechos frente a las posibles fuentes de contaminación, cabe mencionar que:

- **Coliformes termotolerantes:** Se observa que los puntos P-1, P-5 y P-10 presentan los niveles más altos de coliformes termotolerantes, superando ampliamente los valores obtenidos en los demás puntos del estudio.

Por la norma peruana DS N°031-2010-SA, el límite máximo permisible es 0 NMP/100 mL (ausencia total); por lo tanto, todos los lugares evaluados incumplen la normativa, incluso aquellos que presentan valores moderados.

Los valores extremadamente altos encontrados en P-1, P-5 y P-10 indican contaminación fecal severa, probablemente asociada a:

- Filtración de excretas de corrales de ganado,
- Cercanía a zonas de pastoreo,
- Infiltración de aguas residuales domésticas no tratadas.



- **Turbidez:** El punto P-5 presenta la turbidez más elevada entre todos los puntos muestreados, superando el límite recomendado de 5 NTU establecido en la normativa peruana y la OMS.

Una turbidez alta indica la presencia de:

Valores altos de turbidez reducen la eficacia del cloro, ya que las partículas pueden proteger a las bacterias durante la desinfección.

- **Sólidos totales disueltos (TDS):** Los puntos P-5 y P-10 muestran los valores más altos de TDS, aunque ninguno supera el límite mayor permisible de 1000 mg/L por el DS N°031-2010-SA.

Valores elevados de TDS pueden indicar:

- Disolución de sales naturales del acuífero (Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , Cl^- , SO_4^{--}),
- Influencia de actividades agrícolas (fertilizantes), Mayor evaporación en zonas de altura, lo que concentra sales.

Aunque no representan riesgo para la sanidad, grados más altos de TDS suelen incidir en el saborcillo del H₂O, sensación de agua pesada, dureza moderada.

4.1.2. Objetivo específico 2: Determinar la concentración de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de las aguas subterráneas en el centro poblado de San Isidro

Con el fin de fijar la reunión de los intervalos físicos, químicos y biológicos en el H₂O subterránea de la comuna de San Isidro, se hicieron análisis en 10 puntos de muestreo, según los parámetros establecidos previamente. A continuación, se presentan los resultados más relevantes obtenidos para cada uno de los parámetros analizados:



a.- Parámetros físicos

Tabla 6

Resultados de los parámetros físicos

Código	Temperatura (°C)	Turbidez (NTU)	Sólidos totales disueltos (mg/L)
P – 1	13.9	1.92	375
P – 2	15.7	0.86	157
P – 3	19.2	1.09	183
P – 4	18.6	0.79	422
P – 5	15.8	2.59	430
P – 6	15.7	1.85	415
P – 7	14.7	0.87	2.58
P – 8	14.6	0.95	176
P – 9	15.2	1.25	249
P – 10	15.8	0.80	398

Los intervalos físicos son cruciales para evaluar las particularidades generales del H₂O. Los siguientes son los resultados obtenidos para cada uno de ellos:

- **Temperatura:** La temperatura del agua subterránea en los puntos evaluados varió entre 13.9 °C y 19.2 °C, valores coherentes con aguas subterráneas de zonas altoandinas. Estas variaciones no representan un riesgo para la calidad del agua ni afectan el cumplimiento de la normativa



peruana, pues el DS N.º 031-2010-SA no fija un margen mayor permisible de temperatura. Sin embargo, valores ligeramente mayores pueden indicar mayor interacción con la superficie o menor profundidad del pozo, aunque en este caso la diferencia no es significativa.

- **Turbidez:** La turbidez registrada osciló entre 0.79 NTU y 2.59 NTU, valores que se mantienen por debajo del LMP de 5 NTU establecido en el DS N.º 031-2010-SA.

El punto P-5 presentó la turbidez más elevada, lo cual sugiere:

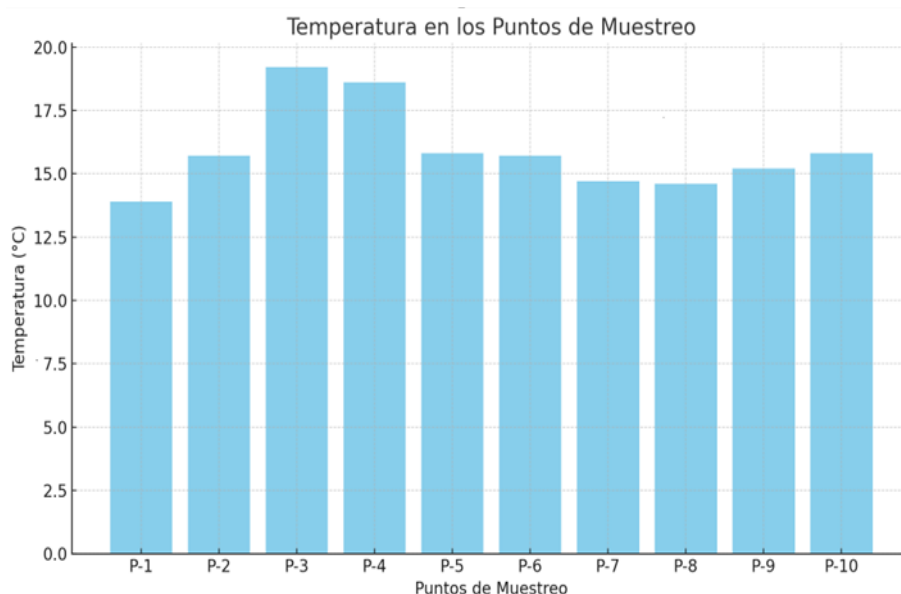
- Mayor presencia de partículas suspendidas (arcilla, limo o materia orgánica).
 - Influencia de actividades agrícolas o ganaderas, que incrementan la remoción de suelos y el arrastre de sólidos.
- **Sólidos totales disueltos (TDS):** Los valores de TDS cambiaron de 157 mg/L y 430 mg/L, todos por debajo del LMP de 1000 mg/L del DS N.º 031-2010-SA.

Los puntos P-5 y P-9 presentaron los valores más altos, lo que indica:

- Mayor concentración de sales minerales propias del acuífero (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , HCO_3^-).
- Posible influencia de actividades agrícolas, debido a la filtración de fertilizantes que aumentan la carga de iones disueltos.

Figura 10

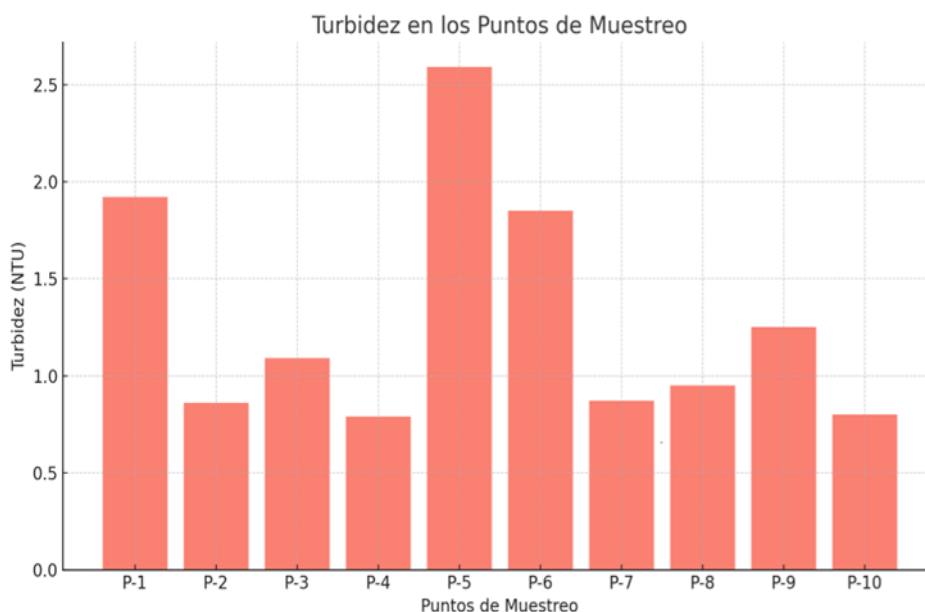
Resultados de temperatura



Este gráfico muestra la temperatura del H₂O subterránea en los diferentes lugares de ejemplares del centro poblado de San Isidro. La temperatura varía entre 13.9°C y 19.2°C, con la mayoría de los puntos presentando temperaturas cercanas a los 15°C. La temperatura es un parámetro físico importante, ya que consigue influir en la disolución de los contaminantes y en la diligencia biológica del agua.

Figura 11

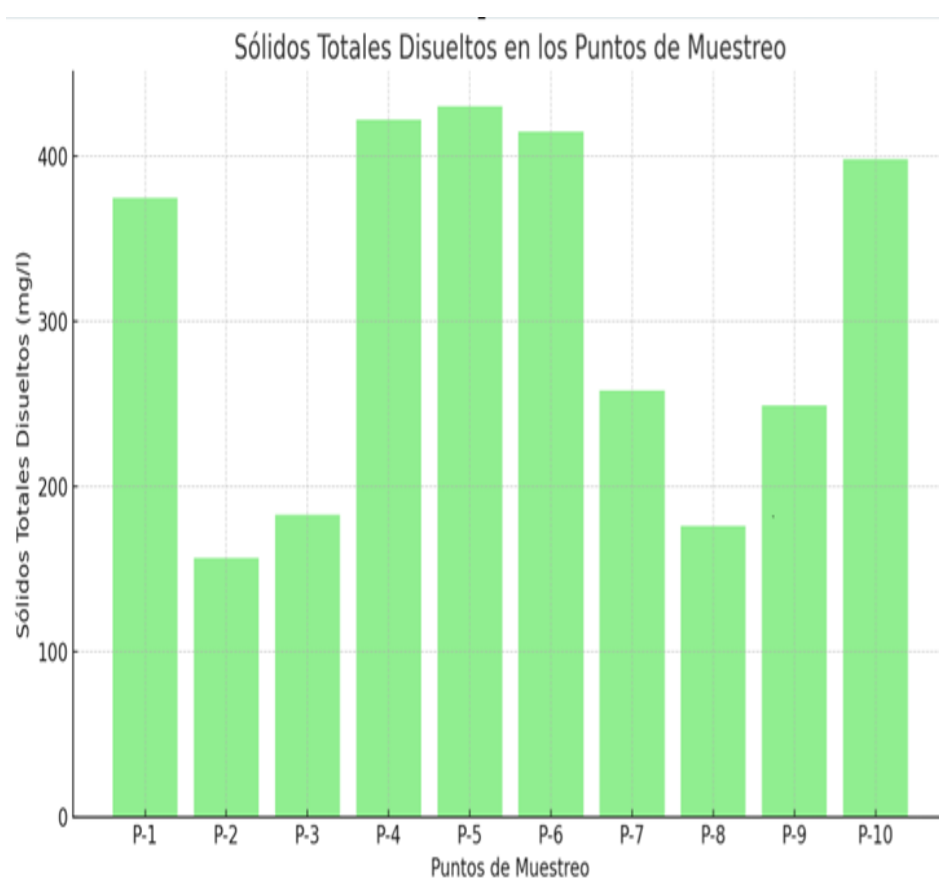
Resultados de turbidez



Este gráfico representa la turbidez en los lugares de ejemplares. Los datos de turbidez oscilan entre 0.79 NTU y 2.59 NTU. El punto P-5 presenta la mayor turbidez, lo que indica más concentración de átomos elevados en el H₂O. Un valor de opacidad elevado tiende evidenciar la ver de sedimentos, materia orgánica o poluentes en el agua.

Figura 12

Resultados de los sólidos totales disueltos



Este gráfico muestra los sólidos totales disueltos (TDS) en cada punto de muestreo. Los valores de TDS altera de 157 mg/l y 430 mg/l. Los puntos P-5 y P-9 presentan los niveles más altos de TDS, lo que podría indicar la presencia de una mayor reuniones de sales, pétreas y demás contaminantes diluidos en H₂O.

b.- Parámetros químicos**Tabla 7***Resultados de los parámetros químicos*

Código	pH	C. Elect μS/cm	Dureza mg/L	Calcio mg/L	Magnesio mg/L	Hierro mg/L	Manganeso mg/L
P – 1	6.97	751	196	124	17.4	0.06	0.04645
P – 2	7.30	322	80	0	19.44	0.05	0.03875
P – 3	7.08	361	92	0	22.35	0.01	0.05247
P – 4	7.01	750	192	136	13.60	0.08	0.03674
P – 5	7.58	820	212	168	10.69	0.04	0.06324
P – 6	7.10	678	324	110	12.5	0.03	0.04875
P – 7	7.15	453	258	87	8.5	0.02	0.03875
P – 8	7.30	571	157	92	9.2	0.01	0.03674
P – 9	7.24	743	214	154	11.5	0.01	0.04215
P – 10	7.36	845	187	125	12.8	0.03	0.04021

Los parámetros químicos proporcionan información sobre los contaminantes disueltos en el agua. A continuación, se presentan los resultados de los principales parámetros químicos analizados:

- **pH:** El pH del agua subterránea varió entre 6.97 y 7.58, datos que se hallan en el intervalo permitido por normativa peruana (6.5 – 8.5).
 - Estos valores indican que el agua se mantiene en un rango ligeramente ácido a neutro, adecuado para el consumo humano y sin incidencias adversos en tuberías o procesos de desinfección.

Esto sugiere que no existe aportes significativos de sustancias ácidas o básicas, por lo que el acuífero mantiene condiciones químicas estables.

- **Conductividad eléctrica (C. Eléctrica):** La conductividad eléctrica registró valores entre 322 μS/cm y 845 μS/cm, todos bajo del margen mayor permisible de 1500 μS/cm según el D.S. N.º 031-2010-SA.



Los puntos P-5 y P-10 mostraron las mayores concentraciones, lo que indica:

- Mayor presencia de iones y sales disueltas, posiblemente asociadas a filtraciones de fertilizantes o procesos de mineralización natural.
- P-5 coincide con otros parámetros elevados (turbidez, TDS), lo cual indicaría contaminación por actividades agrícolas y ganaderas.
- **Dureza total:** La rigidez general varió entre 80 mg/L y 324 mg/L, ubicándose: Entre H₂O ligeramente dura (120–180 mg/L) y agua dura (>180 mg/L) en los puntos P-5 y P-6. Sin embargo, el límite peruano (D.S. 031-2010-SA) permite valores hasta 500 mg/L, por lo que todos los puntos están dentro del rango permitido.

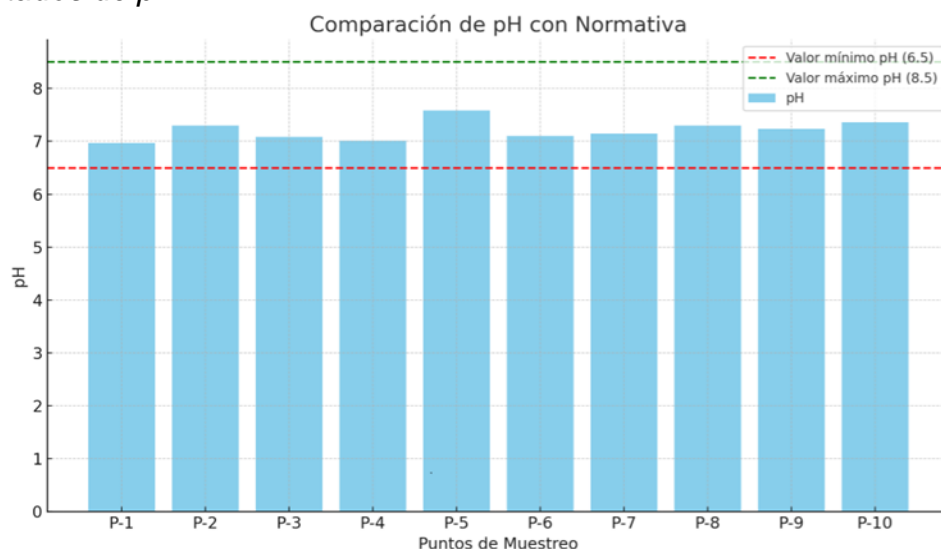
Por lo que los valores altos de dureza indican:

- Mayor presencia de calcio y magnesio, probablemente por interacción del agua con rocas carbonatadas.
- **Calcio:** Las concentraciones circulaban entre 0 mg/L y 168 mg/L, siendo P-5 y P-9 los valores más altos. Aunque no superan el límite peruano (200 mg/L), estos valores:
 - Contribuyen significativamente a la rigidez del H₂O.
 - Refuerzan la evidencia de elementos en el acuífero.
 - Pueden estar asociados a procesos naturales de lixiviación de suelos agrícolas fertilizados.
- **Hierro:** El hierro se encontró en un rango entre 0.01 mg/L y 0.08 mg/L, valores bajo del margen máximo admisible de 0.3 mg/L. Esto indica:
 - Ausencia de contaminación por hierro, a pesar de que la zona puede tener suelos ferruginosos.

- No existe riesgo de problemas asociados: coloración rojiza, sabor metálico o manchas en ropa.
- **Magnesio:** El magnesio varió entre 8.5 mg/L y 22.35 mg/L. Aunque no existe un límite específico en la normativa peruana, estos valores:
 - Contribuyen directamente a la dureza del agua.
 - Se correlacionan con los puntos donde la dureza total es mayor (P-3 y P-6).
- **Manganeso:** Las concentraciones bordan entre 0.03674 mg/L y 0.06324 mg/L, todos los valores inferiores a los LMP de 0.1 mg/L del D.S. 031-2010-SA. Esto nos indica:
 - Los niveles de manganeso son bajos y no representan riesgo para la salud.
 - No se evidencia contaminación por vertimientos industriales o minerales alterados.
 - No existen riesgos de sabor amargo o manchas negras asociados a manganeso elevado.

Figura 13

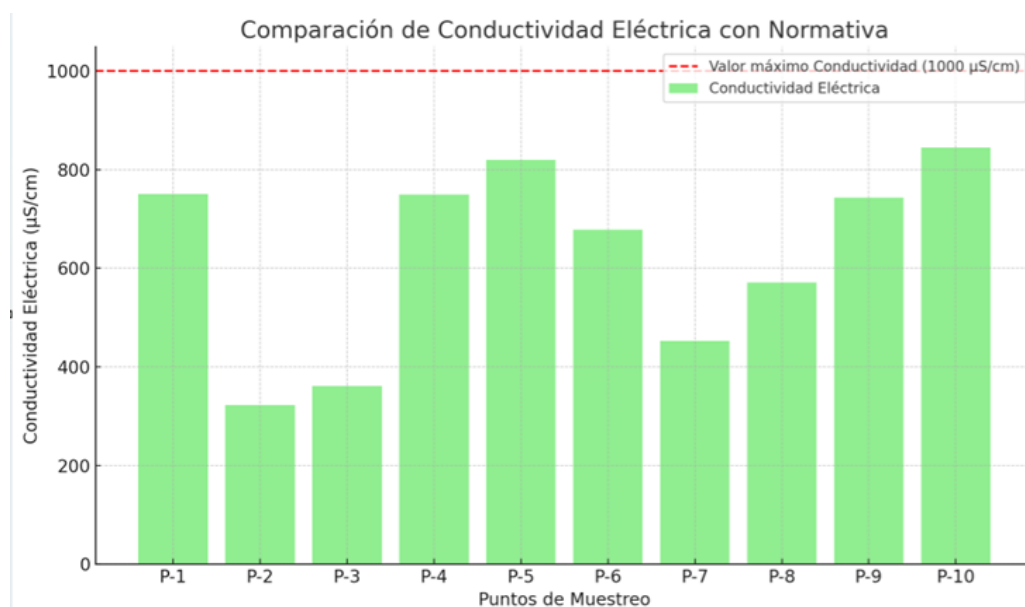
Resultados de pH



Este gráfico muestra las reuniones de pH en lugares de ejemplares. Los valores de pH en el H₂O subterránea varían entre 6.97 y 7.58, lo que indica que el agua se encuentra dentro de un rango ligeramente ácido a neutro. Los valores están en los márgenes recomendados para el uso personal (entre **6.5 y 8.5**), lo que significa que el agua no tiene problemas de acidez o pureza que afecten su aptitud para el uso personal ni para otros usos.

Figura 14

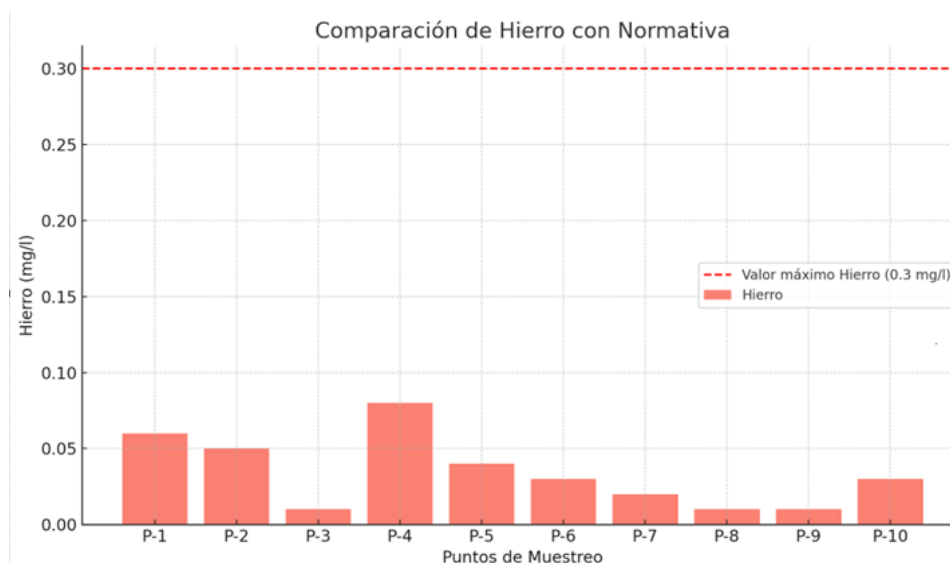
Resultado de la conductividad eléctrica



El gráfico de transporte de energía muestra los valores de transporte en los lugares de ejemplar, que varían de 322 µS/cm y 845 µS/cm. El transporte eléctrico es un señalador indirecto de la reunión de sales diluidas en el H₂O. Los puntos P-5 y P-10 presentan los valores más altos, lo que sugiere una mayor concentración de minerales disueltos. Aunque estos valores cumplen con los rangos establecidos para agua potable según la normativa nacional, niveles altos de conductividad pueden ser indicativos de contaminación por sales y metales disueltos.

Figura 15

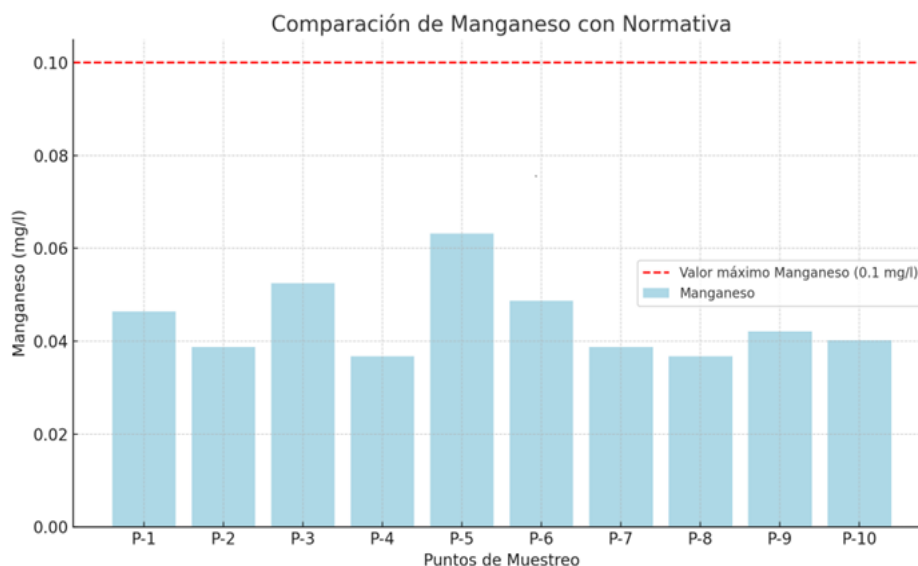
Resultados de hierro



Este gráfico representa las reuniones de hierro en el H₂O subterránea. Los valores de hierro alteran de 0.01 mg/l y 0.08 mg/l, que indica una caída presencia de este metal en los puntos de muestreo. El hierro no presenta una concentración significativa en ninguno de los puntos de muestreo, ya que los valores inferiores a los del límite recomendado de 0.3 mg/l. Esto sugiere que el agua subterránea no está contaminada por hierro en niveles que puedan afectar su sabor, color o causar problemas en las infraestructuras de agua.

Figura 16

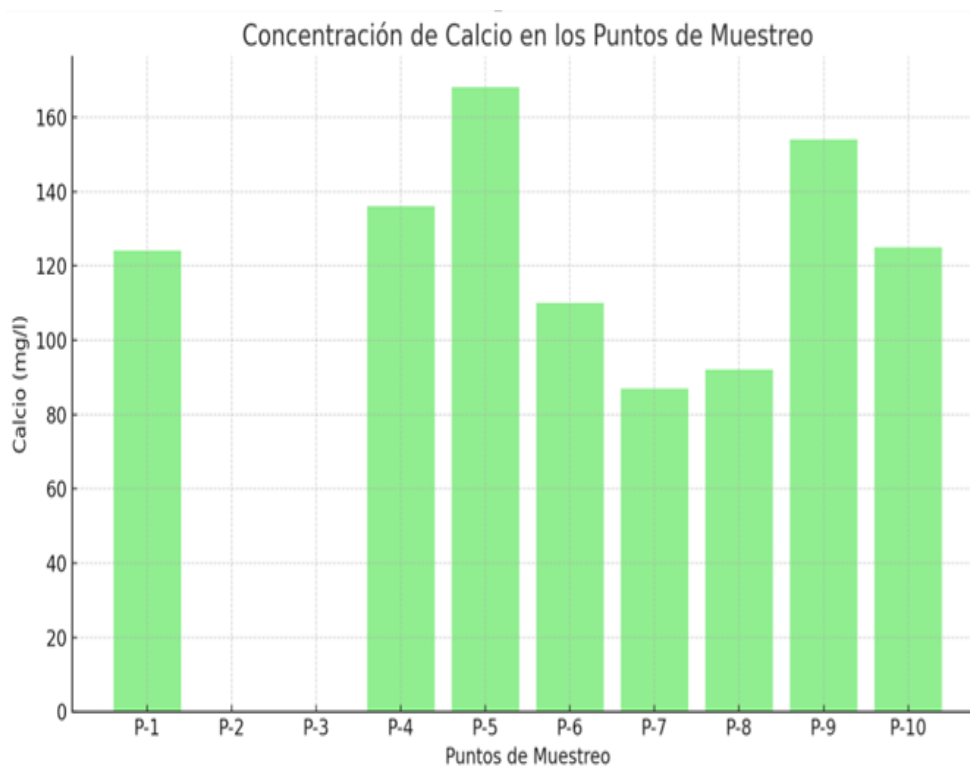
Resultados de manganeso



El gráfico de **manganeso** muestra los datos de este metal en los lugares del ejemplar, que oscilan de **0.03674 mg/l** y **0.06324 mg/l**. Los niveles de manganeso son bajos al margen máximo recomendado de **0.1 mg/l** por la OMS, lo que indica que no existe una preocupación significativa en cuanto a la presencia de este metal en el agua. Sin embargo, concentraciones más altas de manganeso podrían generar problemas de coloración o sabor en el agua.

Figura 17

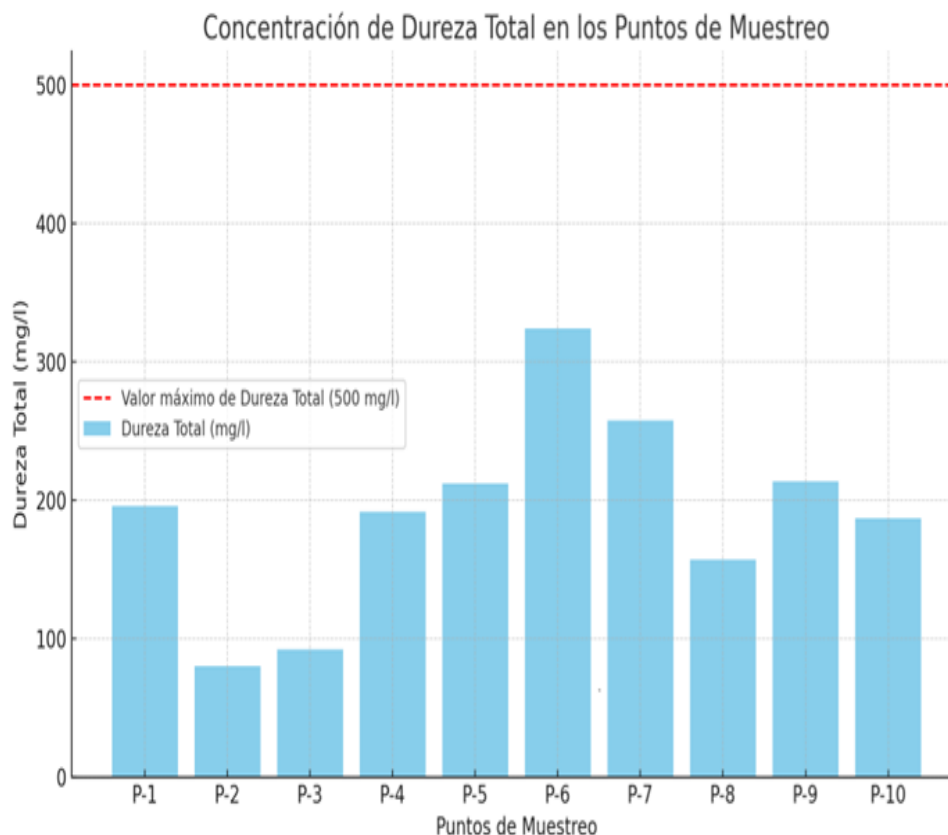
Resultados de calcio



Este gráfico muestra las reuniones de **Ca** en los lugares de ejemplares del centro poblado de San Isidro. Las concentraciones varían de **0 mg/l** y **168 mg/l**. El punto **P-5** da la manifestación más alta de calcio (168 mg/l), esto favorece la dureza del agua en la zona. El calcio es un componente clave en la dureza del agua, y valores elevados pueden generar depósitos en tuberías y electrodomésticos.

Figura 18

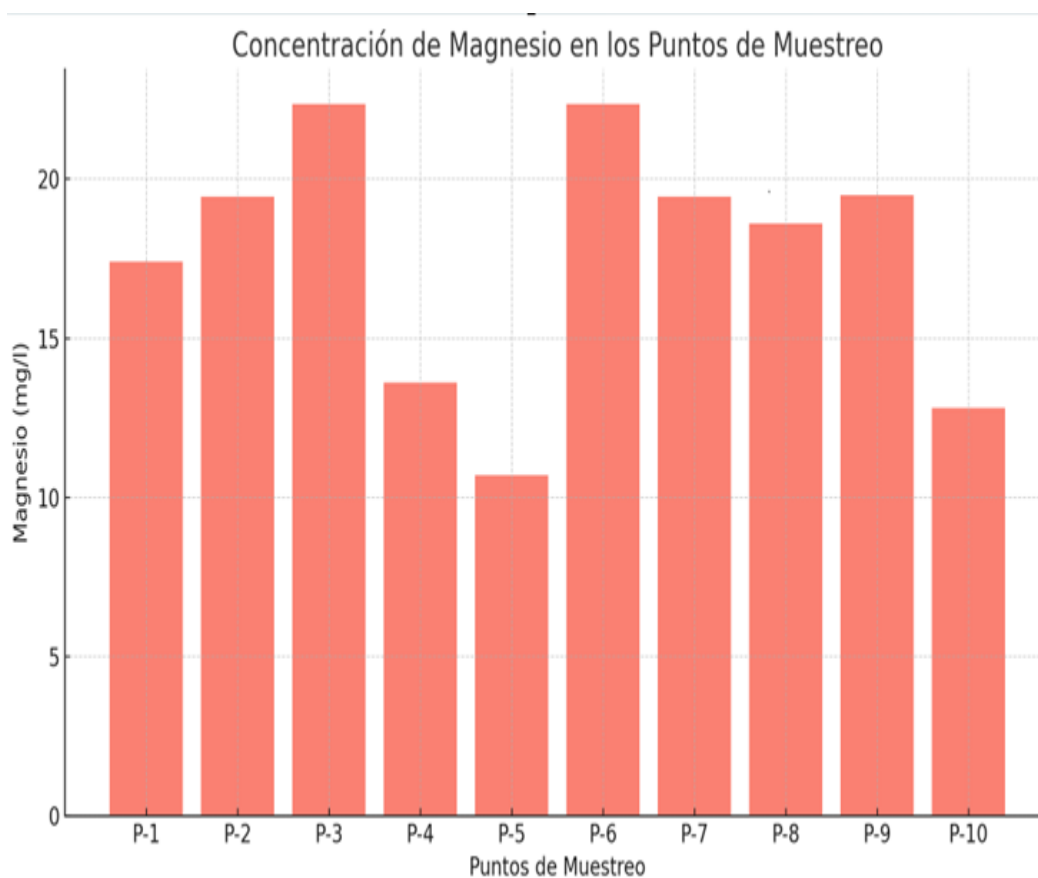
Resultados de la dureza



El gráfico de dureza total muestra las reuniones de **calcio y magnesio** en los lugares de ejemplares, ya que la dureza total se calcula sumando estos dos componentes. Los valores de rigidez total oscilan de **80 mg/l y 324 mg/l**, con los puntos **P-6 y P-5** presentando los valores más altos. La **línea roja discontinua** indica el valor máximo recomendado de **500 mg/l** para agua potable. En todos los puntos de muestreo, la dureza total está dentro de los límites aceptables, pero los valores más altos sugieren que en ciertas zonas el agua podría considerarse de dureza moderada a alta.

Figura 19

Concentración de magnesio



Este gráfico representa las reuniones de magnesio en lugares de ejemplares. Los valores de magnesio varían entre 8.5 mg/l y 22.35 mg/l, siendo el punto P-6 el que evidencia la concentración más alta de magnesio (22.35 mg/l). El magnesio, el Ca, contribuye a la rigidez del H₂O. Los valores obtenidos no superan los límites recomendados, pero indican que las zonas con valores más altos de magnesio podrían experimentar una dureza considerable.

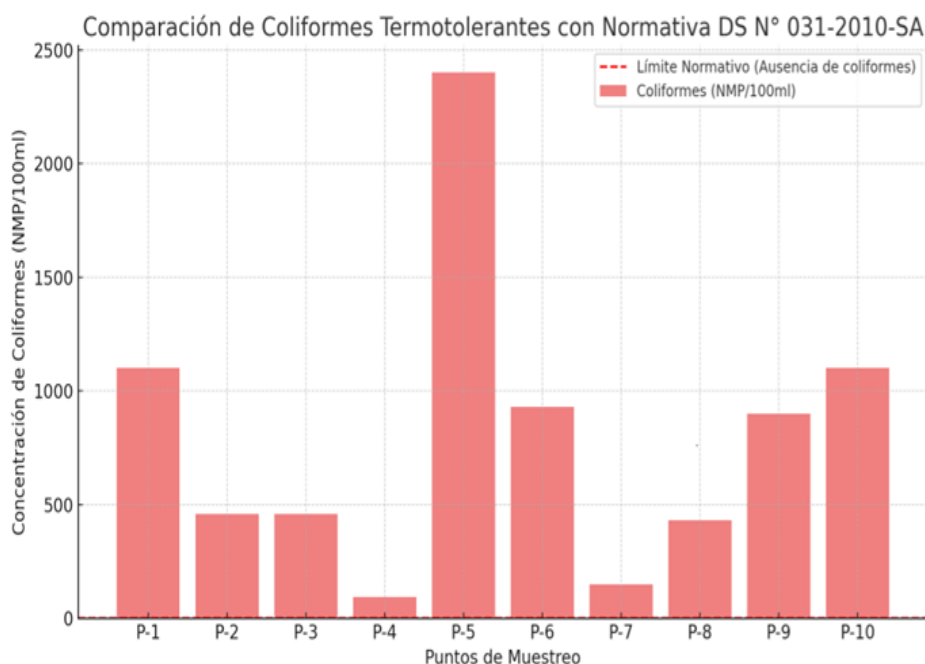
c.- Parámetros microbiológicos**Tabla 8***Resultados de los parámetros microbiológicos*

Código	Coliformes termotolerantes (NMP/100mL)
P – 1	1100
P – 2	460
P – 3	460
P – 4	93
P – 5	2400
P – 6	930
P – 7	150
P – 8	430
P – 9	900
P – 10	1100

Los intervalos microbiológicos son cruciales para examinar la seguridad sanitaria del H₂O subterránea. Los resultados obtenidos para los coliformes termotolerantes indican niveles significativos de contaminación microbiológica en varias áreas:

- **Coliformes termotolerantes:** Las reuniones de coliformes variaron significativamente entre los lugares de ejemplar. Los puntos P-5 y P-1 presentaron los niveles más altos de contaminación fecal, con concentraciones de 2400 NMP/100ml y 1100 NMP/100ml, respectivamente.

Esto indica una posible contaminación por fuentes fecales o infiltración de aguas residuales en esas zonas. Los valores más bajos se encontraron en P-4 (93 NMP/100ml), lo que sugiere que esta área está menos afectada por contaminación microbiológica.

Figura 20*Resultados de coliformes termotolerantes*

El gráfico muestra que varios puntos de muestreo, especialmente P-1, P-5, y P-10, superan el límite normativo de ausencia de coliformes fecales (100 NMP/100ml), indicando contaminación fecal. Esto sugiere un riesgo para la salud pública, y estos puntos deben ser priorizados para tratamiento y mejora en el manejo de aguas residuales.

4.1.3. Objetivo específico 3: Proponer una solución de tratamiento adecuada para mejorar la calidad del agua subterránea en San Isidro

Para lograr la propuesta de una solución adecuada, esta sección presenta los resultados del análisis comparativo y de diseño, que justifican la selección del sistema de tratamiento:

a.- Criterios de selección y comparación de tecnologías: Se realizó un análisis comparativo de las tecnologías de tratamiento disponibles, teniendo como base la eficacia de remoción de los contaminantes críticos identificados (coliformes

termotolerantes, opacidad y compactos generales diluidos - TDS) y el criterio de sostenibilidad para contextos rurales. Se consideró que la solución debía alcanzar los ECAs y/o los LMPs relevantes para agua potable. Debido a la alta concentración microbiológica y los parámetros físicos – químicos se encuentran en buen rango, el tratamiento debe de ser de nivel convencional dado que el objetivo principal es eliminar los coliformes termotolerantes (reducir de 2400 a 0 NMP/100mL).

- **Tratamiento físico (Remoción de turbidez y partículas):** Se evaluaron opciones como la sedimentación y los sistemas de filtración avanzados (ej. ósmosis inversa). Se seleccionó la filtración lenta en arena por su alta eficacia de remoción de partículas y turbidez, además de su sencillez operacional. Los sistemas avanzados se descartaron por su complejidad técnica y alta dependencia energética.
- **Tratamiento microbiológico (Remoción de coliformes):** Se evaluaron métodos como la desinfección con luz ultravioleta (UV) y la cloración. Se seleccionó la cloración debido a su probada capacidad para inactivar coliformes termotolerantes y su ventaja de proveer un cloro residual que protege el agua durante su distribución. La desinfección UV, si bien es efectiva, se descartó por su dependencia energética constante y el alto costo inicial de los equipos.

b.- Parámetros de diseño y dimensionamiento: La viabilidad técnica de la propuesta se sustenta en el dimensionamiento preliminar basado en la población actual de San Isidro y los parámetros de consumo estándar:



Escenario adoptado para la propuesta

- Población: 400 personas.
- Consumo medio estimado: 50 L/persona·día (rural, conservador).
- Caudal medio diario: $Q = 400 \times 0.05 \text{ m}^3 = 20 \text{ m}^3/\text{d}$ (20 000 L/d).
- Caudal medio por hora: $Q_h = 20 \text{ m}^3 / 24 \text{ h} = 0.833 \text{ m}^3/\text{h}$.

A.- Filtro lento de arena — diseño comunitario

- **Selección de la velocidad superficial (carga hidráulica)**

Para filtros lentos típicos se usan velocidades superficiales entre 0.1 y 0.4 $\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$. Para garantizar buena remoción microbiológica y funcionamiento estable en agua con carga orgánica moderada se recomienda 0.10 $\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$ (valor conservador, mejor eliminación biológica).

Usamos: $v = 0.10 \text{ m}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$.

- **Área requerida (total)**

- Área total = $Q_h / v = 0.833 \text{ m}^3/\text{h} \div 0.10 \text{ m}^3/\text{m}^2\cdot\text{h} = 8.33 \text{ m}^2$.
- Recomendación práctica: construir varios filtros en paralelo para operación, mantenimiento y redundancia. Sugerencia: 3 filtros (cada uno operable individualmente).
- Área por unidad = $8.33 / 3 \approx 2.78 \text{ m}^2$ por filtro.

- **Dimensiones geométricas propuestas (por filtro)**

- Opción A (3 unidades): cada filtro de 1.2 m × 2.3 m $\approx 2.76 \text{ m}^2$ (casi 2.78 m^2).
- Opción B (2 unidades, si se prefiere menor número): cada filtro $\approx 4.2 \text{ m}^2$ (1.5 × 2.8 m) — menos recomendable porque reduce redundancia.
- Se escoge la geometría que encaje con el terreno y la facilidad constructiva; lo importante es el área superficial.



- **Perfil constructivo (profundidades)**

- Arena efectiva (capa filtrante): 0.60–0.80 m (se recomienda 0.70 m).
- Capa de grava fina (soporte): 0.20–0.30 m (recomendado 0.25 m).
- Capa de grava gruesa / lecho drenante y colector: 0.15–0.25 m (recomendado 0.20 m).
- Espacio arriba del filtro (cámara de distribución / libre): mínimo 0.30 m para distribuir el agua y permitir limpieza.
- Altura total (desde plataforma de apoyo hasta rebosadero) \approx 1.6–1.8 m.

- **Parámetros de la arena**

- Profundidad útil de arena: 0.70 m.
- Tamaño efectivo (d_{10}): 0.15 – 0.35 mm (valor típico 0.20 mm).
- Coeficiente de uniformidad ($U_c = d_{60}/d_{10}$): < 3 (idealmente 1.5–2.5).

Nota: estas especificaciones aseguran buen asentamiento de la biocapa (schmutzdecke) y rendimiento de remoción microbiológica.

- **Velocidad específica en cada unidad (verificación)**

- Caudal por filtro (3 unidades) = $Q / 3 = 20 \text{ m}^3/\text{d} \div 3 = 6.67 \text{ m}^3/\text{d} = 0.278 \text{ m}^3/\text{h}$.
- Carga superficial por filtro = $0.278 / 2.78 \approx 0.10 \text{ m}^3/\text{m}^2\cdot\text{h} \rightarrow$ coincide con $v = 0.10$.

- **Salidas, rebosadero y mantenimiento**

- Rebose y canal de salida que garantice que el agua tratada se dirija al tanque de contacto.
- Prever válvula de toma por cada filtro para aislar en mantenimiento.
- Mantenimiento habitual: raspado superficial, limpieza periódica y control de caída de carga.



B.- Tanque de contacto y cloración (diseño para desinfección final)

- **Objetivo y criterio de diseño**

- Objetivo: asegurar tiempo de contacto suficiente para que la cloración elimine coliformes remanentes y deje residual libre protector (0.2–0.5 mg/L) en la red o puntos de almacenamiento.
- Lapso de empalme recomendado: ≥ 30 min a condición de que el H₂O tenga turbidez reducida (< 5 NTU; idealmente < 1 NTU para máxima eficacia).

- **Volumen del tanque de contacto**

- Método conservador: diseñar el tanque para el caudal de puntual máximo.
- Tome el factor de pico 2 sobre el caudal horario promedio (valor práctico: uso diario concentrado).
- Caudal horario promedio = $0.833 \text{ m}^3/\text{h}$.
- Caudal pico estimado = $2 \times 0.833 = 1.667 \text{ m}^3/\text{h}$.
- Volumen necesario para 30 min = $Q \times 0.5 \text{ h} = 1.667 \times 0.5 = 0.833 \text{ m}^3 \approx 833 \text{ L}$.
- Recomendación práctica: redondear y diseñar tanque de contacto de 1 000 L (1 m^3) para seguridad operativa y manejo de flujos.
- Si se prefiere, se puede diseñar 2 tanques (1 en operación y 1 en reserva o mantenimiento).

- **Punto de dosificación del cloro**

- Dosificar después del filtro (en la salida tratada) antes del tanque de contacto para asegurar mezcla y CT (concentración \times tiempo).
- Instalar mezclador o reja de difusión y calcular tiempo mínimo 30 min.

C.- Cálculo de dosificación de cloro — Comunitario

- **Objetivo de dosis**



- Se busca una dosis inicial que cubra demanda de cloro y deje residual libre de 0.2–0.5 mg/L.

- Dosis típica inicial práctica para aguas con turbidez baja-moderada: 2 mg/L

Masa diaria de cloro activo requerida

- $Q = 20\,000$ L/d.
- Dosis $D = 2$ mg/L \rightarrow masa Cl_2 por día = $D \times Q = 2$ mg/L \times $20\,000$ L = $40\,000$ mg = 40 g Cl_2 /d.

- **Volumen de hipoclorito en función de concentración del stock**

- Fórmula: Vol (L/d) = (Masa_ Cl_2 _d (mg)) / (Concentración (mg/L)).
- Conversión: % \rightarrow mg/L = % \times $10\,000$. (12 % \rightarrow $120\,000$ mg/L).
- Si se usa hipoclorito al 12 % (recomendado a escala comunitaria):
- $C = 12 \times 10\,000 = 120\,000$ mg/L.
- $Vol = 40\,000 / 120\,000 = 0.333$ L/d \approx 333 mL / d.
- Observación: en la práctica ajustar dosis según cloro residual medido; si la demanda es mayor (por materia orgánica o turbidez) puede requerirse dosis inicial mayor (3–4 mg/L) temporalmente.

- **Equipo de dosificación**

- Recomendado: bomba dosificadora peristáltica
- Para instalaciones simples: dosificación manual diaria con jeringa graduada; mejor opción: bomba con control horario o sensor de cloro residual (si el presupuesto lo permite).

D.- Materiales y especificaciones constructivas

Filtro lento (por unidad)

- Estructura: muro de ladrillo o concreto, suelo impermeabilizado (hormigón + revestimiento).



- Dimensiones superficiales: $\sim 2.8 \text{ m}^2$ ($1.2 \times 2.3 \text{ m}$).
- Arena: profundidad 0.70 m, granulometría $d_{10} \approx 0.20 \text{ mm}$, $U_c < 3$.
- Grava soporte: 0.25 m (grava fina) + 0.20 m (grava gruesa).
- Entrada: sistema distribuidor uniforme (difusor), salida a colector y tubería hacia tanque de contacto.

Tanque de contacto

- Capacidad: 1 000 L (1 m^3) con sistema de mezcla (difusor), tapa, acceso para limpieza y salida regulada.
- Punto de dosificación bien localizado a la entrada del tanque.
- Material: concreto o tanque prefabricado polietileno aprobado para agua potable.

4.2. Discusiones

Los altos niveles de coliformes termotolerantes en puntos como P-1 y P-5 confirman una grave contaminación fecal, un problema recurrente en las zonas rurales de Perú con actividades ganaderas y agrícolas, tal como señalan estudios previos (Morales, 2022), (Piguave et al., 2019). "Los puntos P-1, P-5 y P-10 presentaron los niveles más altos de coliformes termotolerantes (> 1100 y hasta $2400 \text{ NMP}/100 \text{ ml}$), fija fuerte polución fecal.

Al comparar con Piguave et al., (2019), quienes documentaron un promedio de $50 \text{ NMP}/100 \text{ ml}$ en áreas rurales agrícolas, se destaca que la vulnerabilidad del acuífero de San Isidro es considerablemente mayor que el promedio. Esto resalta de manera urgente la necesidad de una intervención técnica.

Los hallazgos concuerdan con el trabajo de Luján et al. (2019) en Córdoba, Argentina, al corroborar que la contaminación fecal está directamente asociada a



las instalaciones ganaderas y lecheras. En contraste con el 25% de muestras que presentaron *E. coli* según Luján, el nivel de contaminación en San Isidro muestra una gravedad notablemente mayor en términos de concentración total de coliformes termotolerantes.

En relación con los aspectos fisicoquímicos, el análisis realizado por Días (2018) reveló que los niveles de sólidos totales disueltos (TDS) en Pata Pata (483 mg/L) son comparables a los máximos identificados en nuestra investigación (alrededor de 430 mg/L). Esta comparación sugiere que, aunque hay alteraciones fisicoquímicas, la principal y más grave amenaza para la salud pública en San Isidro es, sin duda, la carga microbiológica.

CONCLUSIONES

Primera: Se identificó que los puntos P-1, P-5 y P-10 presentan los niveles más altos de contaminación, al superar ampliamente el límite permitido para coliformes termotolerantes (0 NMP/100 mL). Por tanto, estos puntos constituyen las zonas críticas que afectan la condición del H₂O subsuelo de la comuna de San Isidro.

Segunda: Las concentraciones obtenidas muestran que los parámetros físico-químicos evaluados —turbidez (0.79 a 2.59 NTU), TDS (157 a 430 mg/L), pH (6.97 a 7.58), conductividad eléctrica (322 a 845 μ S/cm), dureza (80 a 324 mg/L), calcio, magnesio, hierro y manganeso— se mantienen dentro de los LMP del D.S. N.º 031-2010-SA. Sin embargo, el parámetro microbiológico presenta valores críticos, ya que los coliformes termotolerantes registraron concentraciones entre 93 y 2400 NMP/100 mL, superando el margen normativo de 0 NMP/100 mL. Por ello, el agua subterránea de la comuna de San Isidro es no admisible para uso personal, por la contaminación fecal identificada.

Tercera: La solución sugerida es la filtración a través de arena, seguida de una desinfección con cloro, se da como una opción factible, asequible y razonable para disminuir la carga de microorganismos y potenciar la condición del H₂O en la comuna de San Isidro.

Cuarta: La condición del H₂O subsuelo del centro poblado de San Isidro no apta para uso personal, principalmente por que el parámetro microbiológico de coliformes termotolerantes excede los márgenes establecidos por normativa peruana. Como solución, se plantea un sistema de filtración lenta y desinfección con cloro, el cual constituye una alternativa técnica viable para mejorar la calidad del agua y garantizar su consumo seguro.



RECOMENDACIONES

Se recomienda que futuras investigaciones realicen un monitoreo espacial más detallado, incrementando el número de puntos de muestreo y considerando sectores específicos donde existe mayor actividad ganadera y agrícola. Esto permitiría verificar si los puntos P-1, P-5 y P-10 continúan siendo los sectores críticos y establecer tendencias de contaminación en el tiempo.

Se recomienda ampliar la evaluación incorporando parámetros adicionales como nitratos, nitritos, fosfatos, amonio y metales pesados (arsénico, plomo, cadmio, cromo), debido a que estos compuestos suelen estar asociados a actividades agrícolas (fertilizantes) y ganaderas (residuos orgánicos) y no fueron analizados en la presente investigación.

Asimismo, se sugiere realizar monitoreos multitemporales (época de lluvias y estiaje), ya que la recarga hídrica puede modificar significativamente las manifestaciones de los intervalos fisicoquímicos y microbiológicos. Esto permitirá evaluar la variabilidad estacional del acuífero y describir con mayor precisión el comportamiento de los contaminantes.

Se recomienda que futuras investigaciones realicen pruebas piloto de la propuesta de tratamiento, tanto en modalidad domiciliaria (filtro lento + cloración en tanque familiar) como comunitaria, para fijar la eficacia real de separación de turbidez, TDS y coliformes termotolerantes bajo condiciones locales.

Además, se sugiere evaluar alternativas complementarias de desinfección, como luz UV o cloración avanzada, considerando la disponibilidad de energía y recursos de la población.

BIBLIOGRAFÍA

- ANA. (2020). *Demanda de agua subterránea según volúmenes facturados* [Autoridad Nacional del Agua]. Observatorio. <https://shre.ink/qKGy>
- Apolinario, B., & Araujo, M. (2018). *Examen de la condición de los recursos hídricos subterráneos en doce comunidades de los distritos de Callería y Yarinacocha, provincia de Coronel Portillo, región Ucayali, durante el año 2017*. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Ucayali].
- Autoridad Nacional del H₂O. (2016). *El H₂O en cifras*. Drupal. <https://www.ana.gob.pe/contenido/el-agua-en-cifras>
- Bugis, R. (2023). Examen fisicoquímica y bacteriológica de algunos líquidos subsuelos en Al-Khoarah, Gobernación de Rabigh, Provincia de La Meca, Arabia Saudita. *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries*, 27(3), 87-108. <https://doi.org/10.21608/ejabf.2023.299579>
- Cerón, L., Sarria, J. D., Torres, J., & Soto, J. (2021). H₂O subsuelo: Tendencias y progreso científico. *Indagacion tecnológica*, 32(1), 47-56. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642021000100047>
- Dilas, M. (2018). *Examen de la condición fisicoquímica y microbiológica del H₂O subsuelo usada para el beber humano en la comuna Pata Pata—2018* [Tesis de Pregrado, UPN]. <https://shre.ink/qKGC>
- FAO. (2023). *Lucha contra la polución agrícola de los recursos líquidos (Estudio FAO Riego y Drenaje—55)*. Food and Agriculture Organization. <https://www.fao.org/4/w2598s/w2598s03.htm>
- Gil, A., Reyes, H., Márquez, L., & Cardona, A. C. (2014). Disponibilidad y empleo eficaz de H₂O en lugares rurales. *Indagacion y Ciencia*, 22(63), 67-73.



- Godde, C., Mason-D’Croz, D., Mayberry, D., Thornton, P., & Herrero, M. (2021). Impactos de la alteración climática en la vinculo de suministro de alimentos para el ganado: Una revisión de la evidencia. *Global Food Security*, 28, 100488. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2020.100488>
- Inofuente, W. (2021). *Influencia de las letrinas en la condicion microbiológica del H2O subterránea en la Urbanización San Isidro Ccaccachi Juliaca- 2019* [Tesis de Pregrado]. Universidad Nacional de Juliaca.
- Jagaba, A., Kutty, S., Hayder, G., Baloo, L., Abubakar, S., Ghaleb, A., Lawal, I., Noor, A., Umaru, I., & Almahbashi, N. (2020). Examen de los riesgos para la condicion del H2O en pozos excavados a mano en Rafin Zurfi, estado de Bauchi, Nigeria. *Revista de ingeniería Ain Shams*, 11(4), 983-999. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2020.02.004>
- Luján, N., Bachetti, A., Damilano, G., Morgante, V., Ingaramo, R., Saino, V., & Morgante, C. (2019). Condición microbiológica y empleos del H2O subsuelos en fijación agropecuarios del Centro-Sur de Córdoba, Argentina. *Revista internacional de polución ambiental*, 35(4), 839-848. <https://doi.org/10.20937/rica.2019.35.04.06>
- Metcalf & Eddy. (2003). *Wastewater Engineering treatment and reuse* (4.^a ed.).
- Morales, W. (2022). *Condición fisicoquímica y bacteriológica del H2O subsuelo utilizada para el consumo humano en el caserío Pata Pata Centro Poblado Pariamarca—Cajamarca—2020* [Tesis de Posgrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/4885>
- Moran, M. (2023). H2O y purificación. *Progreso Sostenible*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/water-and-sanitation/>



- Nieto, N. (2011). El dominio del H₂O: Conflictos globales y latinoamericanas. *Política y cultura*, 36, 157-176.
- NTC-ISO 5667. (2021). *Dominio ambiental. Condición del H₂O. Muestreo. Guía para el ejemplar de líquidos subsuelos*. icontec. <https://shre.ink/qKGu>
- Ojeda, R. (2005). *Examen preliminar del impacto en las H₂O subsuelos y superficiales del lugar de influencia directa del basurero de remanentes compactos del Municipio de Arauca y propuesta de recuperación Paisajística del mismo* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Colombia]. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/20112>
- OMS. (2023). *H₂O para ingesta personal*. OMS. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>
- Panca, E. (2021). *Examen del impacto por la presencia de letrinas en la condición del H₂O subsuelo para el ingesta personal en los barrios 15 de Agosto y San Salvador del distrito de Juliaca, San Román-Puno* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional del Altiplano]. <https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/15510>
- Piguave, J., Castellano, M., Macías, A., Vite, F., Ponce, M., & Ávila, J. A. (2019). Condición microbiológica del H₂O subsuelo como peligro epidemiológico en la generación de padecimientos diarreica infantil. Revisión Sistemática. *Kasmera*, 47(2), 153-173.
- Rodríguez, H. (2021). *La contaminación del agua subterránea podría ser mayor de lo que se pensaba*. National Geographic España. <https://shre.ink/qKG3>



- Rodríguez, M., Cahua, Z., & Choque, M. (2012). Examen Ambiental Regional (Dar) Puno. *Gerencia Regional de Recursos Naturales y Gestión del Medio Ambiente*.
- Sánchez, J. (2021). La polución del H₂O subterránea. *SECIHTI*.
<https://secihti.mx/la-contaminacion-del-agua-subterranea/>
- Sánchez, J., Álvarez, T., Pacheco, J., Carrillo, L., & Amílcar, R. (2016). Calidad del agua subterránea: Acuífero sur de Quintana Roo, México. *Tecnología y Ciencias del Agua*, VII(4), 75-95.
- Smedley, P., & Kinniburgh, D. (2002). Una revisión de la fuente, el comportamiento y la manejo del As en líquidos naturales. *Applied Geochemistry*, 17(5), 517-568. [https://doi.org/10.1016/S0883-2927\(02\)00018-5](https://doi.org/10.1016/S0883-2927(02)00018-5)
- Tchobanoglous, G., Burton, F., Stensel, D., & Metcalf Eddy, I. (2003). *Ingeniería de líquidos remanentes: Procesos y reutilización*. McGraw-Hill Education.
- Valenzuela, R., & Limahuaya, Y. (2022). Examen de la condición de H₂O subsuelo del Parque Industrial Taparachi de Juliaca. *Ñawparisun - Revista de Indigacion Científica de Ingenierías*, 3(4). <https://doi.org/10.47190/nric.v3i4.8>



ANEXOS



Anexo 1: resultados



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

RESULTADO DE ANALISIS - AGUAS

INFORME N° LCA101 - 2024

I. DATOS DEL SERVICIO

- 1.1. Solicitante : Deysi Lisbeth Mamani Mamani
- 1.2. Proyecto : EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN EL CENTRO POBLADO DE SAN ISIDRO DEL COLLAO 2024

II. DATOS DEL ENSAYO

- 2.1. Producto : Aguas
- 2.2. Numero de muestras : 10
- 2.3. Muestreado por : Deysi Lisbeth Mamani Mamani
- 2.4. Fecha de ensayo : 29/07/2024
- 2.5. Departamento : Puno
- 2.6. Provincia : El Collao
- 2.7. Distrito : Ilave
- 2.8. Código, ubicación, fecha y hora de muestreo

Código	Coordenadas	Fecha	Hora
P-1	E: 439589.13 N: 8222469.13	28/07/2024	9:35
P-2	E: 439564.994 N: 8222471.091	28/07/2024	10:04
P-3	E: 439749.325 N: 8222479.862	28/07/2024	10:20
P-4	E: 439794.489 N: 8222513.199	28/07/2024	10:40
P-5	E: 439809.456 N: 8222534.516	28/07/2024	11:00
P-6	E: 439585.80 N: 8222482.2	28/07/2024	11:15
P-7	E: 439575.91 N: 8222475.05	28/07/2024	11:30
P-8	E: 439789.177 N: 8222542.61	28/07/2024	11:45
P-9	E: 439801.29 N: 8222519.48	28/07/2024	12:00
P-10	E: 439179.58 N: 8222524.38	28/07/2024	12:30



N°B.E.: 00233110

1



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

III. RESULTADOS

Parámetro	Unidad	P-1	P-2	P-3	P-4	P-5	P-6	P-7	P-8	P-9	P-10
Temperatura	°C	13.9	15.7	19.2	18.6	15.8	15.7	14.7	14.6	15.2	15.8
pH		6.97	7.30	7.08	7.01	7.58	7.10	7.15	7.30	7.24	7.36
C. Eléctrica	µS/cm	751	322	361	750	820	678	453	571	743	845
Turbidez	NTU	1.92	0.86	1.09	0.79	2.59	1.85	0.87	0.95	1.25	0.80
Sólidos totales disueltos	mg/l	375	157	183	422	430	415	258	176	249	398
Dureza total	mg/l	196	80	92	192	212	324	258	157	214	187
Calcio	mg/l	124.0	0	0	136	168	110	87	92	154	125
Hierro	mg/l	0.06	0.05	0.01	0.08	0.04	0.03	0.02	0.01	0.01	0.03
Magnesio	mg/l	17.4	19.44	22.35	13.60	10.69	12.5	8.5	9.2	11.5	12.8
Manganeso	mg/l	0.04645	0.03875	0.05247	0.03674	0.06324	0.04875	0.03875	0.03674	0.04215	0.04021
Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	1100	460	460	93	2400	930	150	430	900	1100

IV. MÉTODO DE ENSAYO

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

Juliaca, 12 de agosto del 2024

UNIVERSIDAD ANDINA
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
Miguel Ángel Quiroga Huarcá
Mg. Ing. Miguel Quiroga Huarcá
JEFE LABORATORIO CALIDAD AMBIENTAL - FIP

N°B.E.: 00233110

2



Anexo 2: Reglamento de la calidad del agua para consumo humano D.S.

031-2010

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Bacterias Coliformes Totales.	UFC/100 mL a 35°C	0 (*)
2. <i>E. Coli</i>	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 Helmintos, 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

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Olor	---	Aceptable
2. Sabor	---	Aceptable
3. Color	UCV escala Pt/Co	15
4. Turbiedad	UNT	5
5. pH	Valor de pH	6,5 a 8,5
6. Conductividad (25°C)	µmho/cm	1 500
7. Sólidos totales disueltos	mg L ⁻¹	1 000
8. Cloruros	mg Cl ⁻ L ⁻¹	250
9. Sulfatos	mg SO ₄ ⁼ L ⁻¹	250
10. Dureza total	mg CaCO ₃ L ⁻¹	500
11. Amoníaco	mg N L ⁻¹	1,5
12. Hierro	mg Fe L ⁻¹	0,3
13. Manganeseo	mg Mn L ⁻¹	0,4
14. Aluminio	mg Al L ⁻¹	0,2
15. Cobre	mg Cu L ⁻¹	2,0
16. Zinc	mg Zn L ⁻¹	3,0
17. Sodio	mg Na L ⁻¹	200

UCV = Unidad de color verdadero

UNT = Unidad nefelométrica de turbiedad

Anexo 4: Matriz de consistencia

EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN EL CENTRO POBLADO DE SAN ISIDRO DEL COLLAO 2024				
PROBLEMA	OBJETIVO	VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADOR
Problema General: Calidad del agua subterránea	Objetivo General: Evaluar calidad y proponer tratamiento	Variable de caracterización: - Parámetros físicos - Parámetros químicos - Parámetros microbiológicos	Físicos, Químicos y Microbiológicos	Temperatura, Turbidez, pH, Dureza, TDS, Ca, Mg, Fe, Mn, Coliformes
Problema Especifico 1: Puntos críticos de contaminación	Objetivo Especifico 1: Identificar los puntos de contaminación	Variable geográfica: ubicación y riesgo	Distancia a fuentes contaminantes	Distancia (m o km)
Problema Especifico 2: Concentración de parámetros	Objetivo Especifico 2: Determinar parámetros físicos, químicos y microbiológicos	Variable de calidad del agua	Parámetros físicos, químicos y microbiológicos	Valores medidos de cada parámetro
Problema Especifico 3: Propuesta de tratamiento	Objetivo Especifico 3: Desarrollar propuesta de tratamiento	Variable de tratamiento	Eficiencia, dosis, tecnología	Remoción %, Caudal (L/s), Dosis de cloro

Anexo 3: Ubicación de los puntos de muestreo

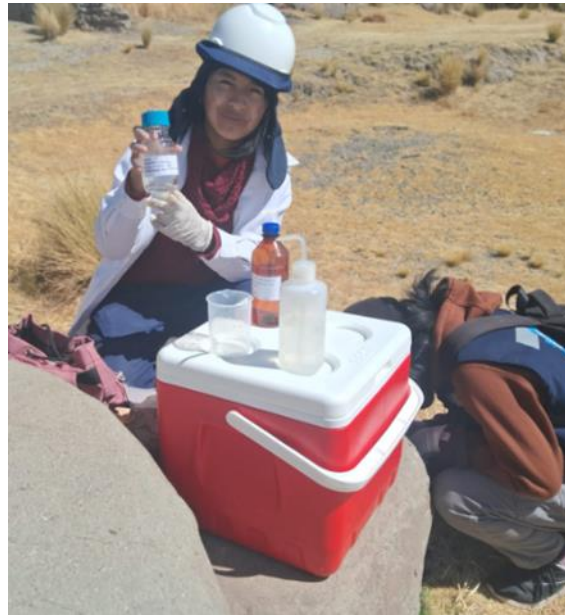


Nota: Captado de Google Maps

Descripción: Se observa el mapa el lugar de los diez puntos de muestreo establecidos para el examen de la condición del H₂O de subsuelo. Los lugares son escogidos considerando la cercanía a actividades ganaderas y domésticas, conforme al protocolo del DS N.° 031-2010-SA (MINSA, 2010).

Anexo 4: Panel fotográfico

Toma de muestra



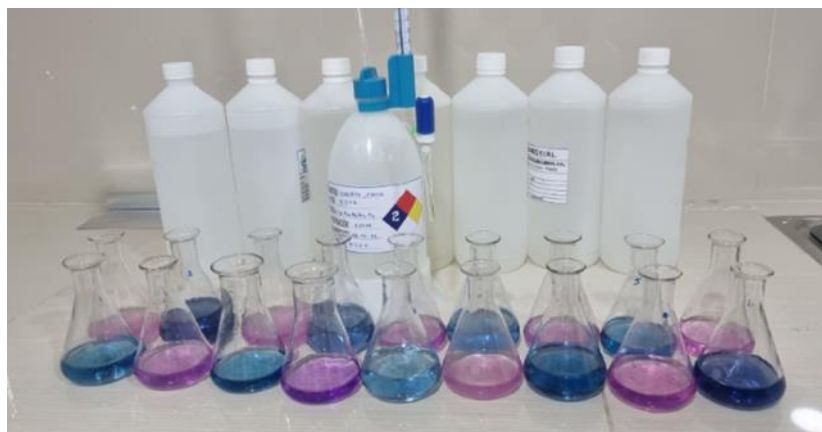
Descripción: En la imagen se aprecia la recogida del ejemplar de H₂O subterránea en una botella de PVC de 1000 mL de esterilizada, rotulada con el código del lugar de ejemplar, fecha y hora de recolección. El ejemplar fue almacenada en una hielera con hielo para su preservación a 4 °C hasta su análisis en laboratorio, cumpliendo el Protocolo de muestreo establecido por la APHA (2017) y el DS N.º 031-2010-SA.

Análisis de parámetro de campo



Descripción: Se muestra la determinación del parámetro físico pH utilizando un vaso precipitado de 100 mL y un medidor multiparamétrico portátil previamente calibrado.

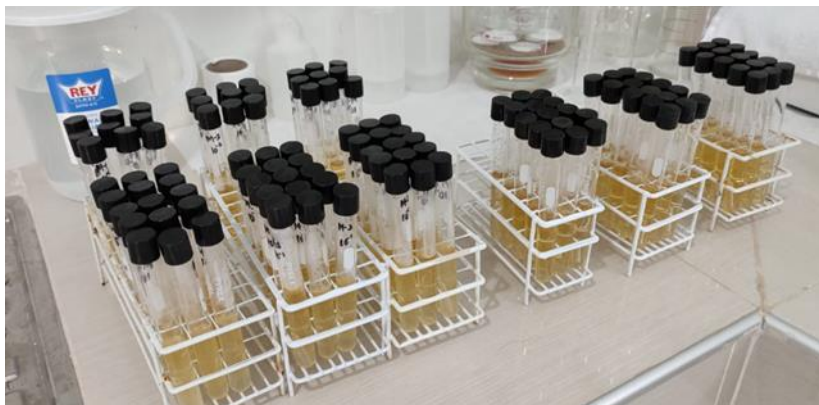
Análisis de agua en laboratorio de calidad ambiental



Descripción: En la imagen se observan vasos Erlenmeyer conteniendo las muestras de agua subterránea previamente identificadas. Estas muestras fueron destinadas al análisis de parámetros fisicoquímicos, tales como conductividad eléctrica, sólidos totales disueltos (TDS), turbidez, calcio, magnesio, hierro y

manganeso, según los procedimientos establecidos en el Manual de Métodos Normalizados (APHA, 2017).

Procedimiento de análisis microbiológico



Descripción: Se evidencia la disposición de múltiples tubos con medios de cultivo y alícuotas de las muestras de agua. Este procedimiento corresponde al Técnica del Número Más Probable (NMP) para la determinación de coliformes termotolerantes, en cumplimiento con los lineamientos del Normativa de la Condicion del H₂O para Ingesta Personal (DS N.º 031-2010-SA).



ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

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

Formato digital

Fecha de entrega: 22/10/2025

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: DEYSI LISBETH MAMANI MAMANI

Dirección: AV. TACNA #831

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 75221221

Teléfono: 983280031 email: mamanid2023@GMAIL.COM

Nombres y Apellidos: _____

Dirección: _____

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: _____

Teléfono: _____ email: _____

Facultad y/o Escuela de Posgrado: INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS

Escuela Profesional o Mención: INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

Título o Grado Académico a optar: INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL

Asesor: Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación Tesis Trabajo de Suficiencia Profesional Trabajo Académico

Título: EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN EL CENTRO POBLADO DE SAN ISIDRO DEL COLLAO 2024

Palabras claves, (3 a 5 términos): calidad del agua subterránea, contaminación microbiológica,

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

2

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

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



2. Referencia de tesis:

Bachiller Título 2da Especialidad Maestría Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

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

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

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

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

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

Autorizo su publicación (marque con una X)

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

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

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

¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?

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

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

- Sí autorizo
- No autorizo



Jurisdicción de su Licencia

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

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

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

Internacional

Nacional

Línea de investigación: CONTAMINACION Y CALIDAD AMBIENTAL - P22


Firma de Autor



huella digital

27 DE OCTUBRE DEL 2025

Fecha