



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



EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO EN ESCUELAS RURALES DEL DISTRITO DE PUTINA Y PROPUESTA DE MÉTODOS DE TRATAMIENTOS ACCESIBLES 2025

TESIS PRESENTADA POR:
Bach. ERICK JHEYSON QUISPE FLORES

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL

JULIACA – PERÚ

2025



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL


**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO EN
ESCUELAS RURALES DEL DISTRITO DE PUTINA Y
PROPUESTA DE MÉTODOS DE TRATAMIENTOS
ACCESIBLES 2025**


TESIS PRESENTADA POR:


Bach. ERICK JHEYSON QUISPE FLORES


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

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE : 
Dr. OSCAR VICENTE VIAMONTE CALLA

PRIMER MIEMBRO : 
Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

SEGUNDO MIEMBRO : 
M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

ASESOR DE TESIS : 
Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN : SANEAMIENTO AMBIENTAL – P22



RESOLUCIÓN DECANAL N° 1059-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliana, 12 de septiembre del 2025

VISTO: El expediente N° 2025- CU-7929 presentado por el (la) Bachiller: ERICK JHEYSON QUISPE FLORES 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. ERICK JHEYSON QUISPE FLORES, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulado: **EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO EN ESCUELAS RURALES DEL DISTRITO DE PUTINA Y PROPUESTA DE MÉTODOS DE TRATAMIENTOS ACCESIBLES 2025**, la misma que pertenece a la línea de investigación **SANEAMIENTO AMBIENTAL** para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental.

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

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

RESUELVE:

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

- * **Presidente** : Dr. OSCAR VICENTE VIAMONTE CALLA
- * **1er Miembro** : Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES
- * **2do Miembro** : M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

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

ARTICULO TERCERO . - APROBAR, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de el (la) bachiller: ERICK JHEYSON QUISPE FLORES; del informe final de la investigación (tesis) titulado: **EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO EN ESCUELAS RURALES DEL DISTRITO DE PUTINA Y PROPUESTA DE MÉTODOS DE TRATAMIENTOS ACCESIBLES 2025** para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental. de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : viernes 19 de septiembre del 2025
- * **HORA** : 14:00 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.

cc.
Archivo
interesado (a)

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. Eric Williams Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



RESOLUCIÓN DECANAL N° 707-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 18 de julio del 2025

VISTO: El expediente N° 2025-CU - 5308 por el señor (a): ERICK JHEYSON QUISPE FLORES quien solicita REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis), el PROVEIDO - N° 537- 2025-UI-FICP-UANCV/J, y la FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACION (BORRADOR DE TESIS) formato N° 026- 2025 del integrante del comité de investigación EPISA de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según el reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): ERICK JHEYSON QUISPE FLORES, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulado: EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO EN ESCUELAS RURALES DEL DISTRITO DE PUTINA Y PROPUESTA DE MÉTODOS DE TRATAMIENTOS ACCESIBLES 2025, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación 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° 026- 2025 aprobando el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO EN ESCUELAS RURALES DEL DISTRITO DE PUTINA Y PROPUESTA DE MÉTODOS DE TRATAMIENTOS ACCESIBLES 2025, Correspondiente a la línea de investigación SANEAMIENTO AMBIENTAL.

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

Estando, con la opinión favorable del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en 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): ERICK JHEYSON QUISPE FLORES, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental, con el Tema Titulado: EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO EN ESCUELAS RURALES DEL DISTRITO DE PUTINA Y PROPUESTA DE MÉTODOS DE TRATAMIENTOS ACCESIBLES 2025 correspondiente a la línea de investigación SANEAMIENTO AMBIENTAL, en virtud a los considerandos expuestos.

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

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

Dr. OSCAR Y VIAMONTE CALLA DECANO (e) CIP: 32730

cc: Archivo interesado (a)



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. Pato Willy Mamont Apaza DIRECTOR UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



RESOLUCIÓN DECANAL N° 415-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 04 de junio del 2025

VISTO: El expediente N° 2025-CU- 6331, presentado por el señor (a) ERICK JHEYSON QUISPE FLORES solicitando APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN...

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): ERICK JHEYSON QUISPE FLORES ha presentado su propuesta de investigación titulada: EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO EN ESCUELAS RURALES DEL DISTRITO DE PUTINA...

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...

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...

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...

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, la PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN, presentado por el señor (a): ERICK JHEYSON QUISPE FLORES, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y 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...

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

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

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



VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN OFICINA DE INVESTIGACIÓN

Dr. FREDY WILSON MORALES AGUIRRE DIRECTOR OFICINA DE INVESTIGACIÓN

cc. Archivo 2025 Interesado (a)



10% 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

- 7% Fuentes de Internet
- 1% Publicaciones
- 7% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

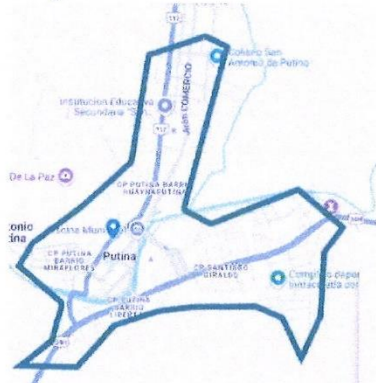
Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

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



Metadatos complementarios

Título de la Tesis	
EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO EN ESCUELAS RURALES DEL DISTRITO DE PUTINA Y PROPUESTA DE MÉTODOS DE TRATAMIENTOS ACCESIBLES 2025	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	ERICK JHEYSON QUISPE FLORES
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	74814131
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0009-2022-796X
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	02383061
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-5101-4264
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	OSCAR VICENTE VIAMONTE CALLA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02371550
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02442876
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	01323821

Datos de investigación	
Línea de investigación	Saneamiento Ambiental – P22
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento.
Ubicación geográfica de la investigación	<p>País: Perú Departamento: Puno Provincia: San Antonio de Putina Distrito: Putina Coordenadas: Latitud: -14.9113119 Longitud: -69.8750656 URL Maps:</p>  <p>https://www.google.com/maps/d/u/0/edit?mid=1hnJKzZ1EWskaEOkz2ecfZRV7nyzACTc&usp=sharing</p>
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Junio 2025 – 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>Ciencias del medio ambiente https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.05.08</p>



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
 VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 Dr. Fritz Will Mamani Apaza
 DIRECTOR
 UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo ERICK JHEYSON QUISPE FLORES, identificado con DNI Nro. 74814131, en mi condición de egresado de:

- Escuela Profesional
- Programa de Segunda Especialidad,
- Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL

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

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO EN ESCUELAS RURALES DEL DISTRITO DE PUTINA Y PROPUESTA DE MÉTODOS DE TRATAMIENTOS ACCESIBLES 2025

Asesorado por: Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS

Es un tema original.

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

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

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

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

Juliaca 13 de OCTUBRE del 2025


Firma del Asesor
(obligatoria)


Firma del Estudiante
(obligatoria)



Huella



DEDICATORIA

Me colma de felicidad consagrarlo al Dios Omnipotente, hacedor del cosmos, por concederme bienestar y el vigor indispensable para lograr mis objetivos, mientras me guía por el camino de la iluminación.

Este estudio está dedicado a mis apreciados progenitores: Norma Flores Lipa Y Esteban Quispe Quilla y así como a mis hermanos por su apoyo incondicional, orientación constante, y por sus buenas exhortaciones, que me han ayudado a desarrollarse en mi futura profesión. Para que pueda cumplir uno de mis sueños más anhelados. Siempre los tendré en alta estima.



AGRADECIMIENTO

Lleno de gratitud y devoción hacia el Creador, mi faro y guía, por dirigirme en cada etapa, por acompañarme incondicionalmente, por sostenerme con su gracia en las adversidades y por colmar mi vida de confianza y optimismo.

Deseo manifestar mi gratitud a mis seres queridos por su respaldo incondicional; ocupan un lugar invaluable en mi vida y su acompañamiento es fundamental para mi desarrollo. Me han mostrado el valor de la constancia y la dedicación, pues cada logro es resultado de trabajo arduo y determinación inquebrantable.

Expreso mi profundo agradecimiento por la posibilidad de capacitarme académicamente en mi querida universidad, la UANCV, específicamente en la Facultad de Ingeniería y Ciencias Puras y en la EPISA.

Mi reconocimiento a los docentes que compartieron sabiamente su sapiencia y me inspiraron a superarme constantemente en mi formación profesional.

Al Magíster Arnaldo Yana Torres por su comprensión y acompañamiento permanente durante la guía de mi investigación. Igualmente, a mis compañeros que compartieron este trayecto formativo.

Inmensa gratitud.



ÍNDICE DE CONTENIDO

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

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO 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	4
1.4. Justificación	4
1.5. Hipótesis	5
1.5.1. Hipótesis general.....	5
1.5.2. Hipótesis específica.....	5



- 1.6. Variables6
 - 1.6.1. Variable dependiente6
 - 1.6.2. Variable independiente.....6
- 1.7. Operacionalización de variables6

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

- 2.1. Antecedentes de la investigación.....7
 - 2.1.1. Antecedentes internacionales7
 - 2.1.2. Antecedentes nacionales9
 - 2.1.3. Antecedentes regionales12
- 2.2. Marco teórico13
 - 2.2.1. Calidad del agua13
 - 2.2.2. Agua para consumo humano14
 - 2.2.3. Características del agua.....14
 - 2.2.4. Características específicas de las fuentes de agua en zonas rurales 16
 - 2.2.5. Contaminación del agua.....16
 - 2.2.6. Contaminantes comunes en zonas rurales17
 - 2.2.7. Impacto de la contaminación del agua en la salud.....17
 - 2.2.8. Impacto de la calidad del agua en la salud y el rendimiento escolar en escuelas rurales.....18
 - 2.2.9. Desafíos y barreras en la evaluación de la calidad del agua en zonas rurales.....18



2.2.10.Métodos de tratamiento del agua: Clasificación y principales tipos 19

2.2.11.Factores que afectan la viabilidad de los métodos de tratamiento en zonas rurales 19

2.2.12.Recomendaciones para mejorar el acceso a agua potable en escuelas rurales..... 20

2.3. Marco conceptual..... 21

2.3.1. Agua natural 21

2.3.2. Agua potable 21

2.3.3. Agua subterránea..... 21

2.3.4. Agua no tratada..... 21

2.3.5. Calidad del agua 22

2.3.6. Coliformes fecales 22

2.3.7. Contaminación 22

2.3.8. Contaminación microbiológica..... 22

2.3.9. Desinfección del agua 22

2.3.10. Filtración 23

2.3.11.Normas de calidad del agua..... 23

2.3.12. Turbidez 23

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación 24



3.2. Nivel de investigación	24
3.3. Enfoque de la investigación	24
3.4. Técnicas e instrumentos	25
3.4.1. Técnicas	25
3.4.2. Instrumentos.....	25
3.4.3. Ubicación de la zona de investigación	26
3.4.4. Población y muestra	27
3.4.5. Materiales y equipos	28
3.4.6. Procedimiento metodológico	29

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados	36
4.2. Discusiones.....	69
CONCLUSIONES.....	72
RECOMENDACIONES	74
BIBLIOGRAFIA	75
ANEXO.....	81



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables6

Tabla 2 Ubicación de los puntos de muestreo26

Tabla 3 Métodos normalizados para el análisis a aguas potables y residuales30

Tabla 4 Resultados del primer monitoreo36

Tabla 5 Resultados de temperatura del primer monitoreo frente a la normativa vigente.....39

Tabla 6 Resultados del pH del primer monitoreo frente a la normativa vigente39

Tabla 7 Resultados de solidos totales disueltos del primer monitoreo frente a la normativa vigente40

Tabla 8 Resultados de nitratos del primer monitoreo frente a la normativa vigente41

Tabla 9 Resultados de la dureza del primer monitoreo frente a la normativa vigente42

Tabla 10 Resultados de cloruros del primer monitoreo frente a la normativa vigente43

Tabla 11 Resultados del arsénico del primer monitoreo frente a la normativa vigente44

Tabla 12 Resultados de los coliformes termotolerantes del primer monitoreo frente a la normativa vigente45

Tabla 13 Resultados de Escherichia coli del primer monitoreo frente a la normativa vigente.....46

Tabla 14 Resultados del segundo monitoreo.....47

Tabla 15 Resultados de la temperatura del segundo monitoreo frente a la normativa vigente.....50



Tabla 16 Resultados de pH del segundo monitoreo frente a la normativa vigente.....	51
Tabla 17 Resultados de solidos totales disueltos del segundo monitoreo frente a la normativa vigente	51
Tabla 18 Resultados de nitratos del segundo monitoreo frente a la normativa vigente.....	52
Tabla 19 Resultados de la dureza del segundo monitoreo frente a la normativa vigente.....	53
Tabla 20 Resultados de cloruros del segundo monitoreo frente a la normativa vigente.....	54
Tabla 21 Resultados de arsénico del segundo monitoreo frente a la normativa vigente.....	55
Tabla 22 Resultados de coliformes termotolerantes del segundo monitoreo frente a la normativa vigente	56
Tabla 23 Resultados de Escherichia coli del segundo monitoreo frente a la normativa vigente	57
Tabla 24 Viabilidad de los metodos de tratamiento	59



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación de la zona de monitoreo	27
Figura 2 Resultados de temperatura frente a los ECA frente a la normativa vigente.....	39
Figura 3 Resultados de pH frente a los ECA.....	40
Figura 4 Resultados de STD frente a los ECA	41
Figura 5 Resultados de nitratos frente a los ECA.....	42
Figura 6 Resultados de la dureza frente a los ECA.....	43
Figura 7 Resultados de los cloruros frente a los ECA	44
Figura 8 Resultados de arsénico frente a los ECA.....	45
Figura 9 Resultados de coliformes termotolerantes frente a los ECA	46
Figura 10 Resultados de E coli frente a los ECA.....	47
Figura 11 Resultados de temperatura frente a los ECA	50
Figura 12 Resultados de pH frente a los ECA.....	51
Figura 13 Resultados de STD frente a los ECA	52
Figura 14 Resultados de nitratos frente a los ECA.....	53
Figura 15 Resultados de dureza frente a los ECA.....	54
Figura 16 Resultados de cloruros frente a los ECA.....	55
Figura 17 Resultados de arsénico frente a los ECA.....	56
Figura 18 Resultados de coliformes termotolerantes frente a los ECA	57
Figura 19 Resultados de E coli frente a los ECA.....	58



RESUMEN

El propósito de este estudio fue valorar la condición del H₂O para ingesta en las escuelas rurales del distrito de Putina y proponer métodos de procesamiento accesibles que avalen su seguridad y potabilidad para los estudiantes. La problemática central radica en que las fuentes de agua en estas áreas rurales presentan contaminantes microbiológicos y químicos que representan un peligro para la salubridad de los alumnos. La metodología consistió en la recolección de muestreos de H₂O de 5 instituciones educativas, donde se realizaron estudios microbiológicos y físico-químicos, incluyendo parámetros como coliformes termotolerantes, E. coli, nitratos, dureza, y arsénico. Se determinaron métodos de procesamiento adecuados y accesibles, como la desinfección con cloro, la desinfección solar (SODIS), y los biofiltros. Las derivaciones expusieron que en varias escuelas los NCT y E. coli eran altos, con valores de 110 NMP/100mL en IEP – 3 y 90 NMP/100mL en IEI – 1, lo que indica polución fecal. Además, se encontraron niveles elevados de nitratos en IEP – 3 (90.5 mg/L) y arsénico en IEP – 5 (0.015 mg/L), superando los límites establecidos. En conclusión, es urgente implementar métodos de procesamiento de agua como la desinfección con cloro y SODIS, y considerar tecnologías adicionales para la remoción de arsénico y nitratos, asegurando un entorno seguro para los estudiantes.

Palabras claves: Calidad del agua, Contaminantes microbiológicos, Escuelas rurales, Métodos de desinfección, Tratamiento accesible



ABSTRACT

The research aims to implement an integrated solid waste management system in the road construction project in Chucuito Province. Methodologically, it followed a non-experimental, longitudinal design with a descriptive focus, comparing conditions before and after the system's deployment. The analysis stemmed from quantifying solid waste generated during the construction of the Desaguadero - Kelluyo segment (18.976 km), revealing a total of 173.88 kg, composed of 55.59 kg of plastic sheeting, 65.12 kg of cardboard, 18.32 kg of cans, 11.50 kg of glass, and 23.35 kg of aluminum, following the implementation of the integrated waste management system, the study concluded that after analyzing the waste produced and its improper disposal, an effective integrated system was successfully applied to manage solid waste from the construction of Section I of the Desaguadero - Kelluyo road (18.976 km) in Chucuito, 2024. Based on waste sorting, measurement, and a complete management strategy, this approach has minimized environmental effects and improved resource efficiency.

Keywords: Accessible treatment, Disinfection methods, Microbiological contaminants, Rural schools, Water quality



INTRODUCCIÓN

El derecho al agua segura para consumo humano es esencial para proteger la salud pública (Baque Mite et al., 2016). No obstante, en áreas rurales de naciones en vías de desarrollo, el agua disponible frecuentemente contiene elevadas concentraciones de contaminantes biológicos y químicos, generando un peligro sanitario que afecta particularmente a la población infantil escolarizada (Suárez & Arévalo, 2016). En Putina, ubicado en Puno, las escuelas rurales enfrentan desafíos significativos debido a la condición del H₂O que utilizan para ingesta diaria. Las fuentes de H₂O en estas áreas a menudo contienen bacterias patógenas como coliformes termotolerantes y E. coli, así como altos niveles de nitratos y arsénico, elementos que exceden los LE por los estándares internacionales de condición del agua (Alemany, 2022).

El propósito de este estudio fue evaluar la condición del H₂O para ingesta en las escuelas rurales del distrito de Putina, así como proponer métodos de procesamiento accesibles y adecuados para avalar su seguridad y potabilidad para los estudiantes. Por medio de estudios físico-químicos y microbiológicos, se identificaron los principales contaminantes existentes en el H₂O de consumo, con especial afectación en los microorganismos patógenos, los nitratos y el arsénico. Con base en estos resultados, se seleccionaron tecnologías de procesamiento accesibles, como la desinfección con cloro, la desinfección solar (SODIS) y los biofiltros, que son opciones viables y de bajo costo para las zonas rurales.

El trabajo también examina las repercusiones de la polución del H₂O en la salubridad pública, destacando la necesidad urgente de adoptar tecnologías adecuadas que puedan mejorar la condición del H₂O y resguardar a los estudiantes de padecimientos relacionadas con el consumo de H₂O contaminada. Esta



investigación tiene como fin proporcionar soluciones prácticas y sostenibles que contribuyan al perfeccionamiento de las condiciones sanitarias y de salud en las escuelas campestres de Putina.

Este estudio se estructura en los siguientes apartados: I. Introducción; II. Desarrollo, que comprende el análisis de la problemática, planteamiento de la problemática, metas del estudio y fundamentación del estudio. El Marco Conceptual incluye los antecedentes, fundamentos teóricos y parámetros evaluados. La metodología detalla el enfoque investigativo, técnicas empleadas, así como los hallazgos y su análisis. III. Apartado final con deducciones, sugerencias, bibliografía consultada y material complementario.



CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Análisis de la situación problemática

En el contexto global, la disponibilidad de agua apta para el consumo y sus estándares de condición constituyen un eje prioritario en las políticas de salud pública y sustentabilidad ambiental (Baque Mite et al., 2016). De acuerdo con datos de la OMS, aproximadamente 2,100 millones de individuos a nivel planetario no cuentan con suministros hídricos seguros, situación que incrementa significativamente la prevalencia de patologías hídricas como trastornos diarréicos y afecciones del tracto digestivo (Sharma & Adhikari, 2022). Las fuentes de H₂O en muchas partes del universo están contaminadas por bacterias, virus, y químicos tóxicos, como el arsénico y los nitratos, fundamentalmente en áreas rurales y comunidades desfavorecidas (Mauricio, 2022). El H₂O contaminada es responsable de millones de enfermedades periódicas, especialmente en infantes mínimas de cinco años, siendo la condición microbiológica y los contaminantes químicos los factores más críticos para la salud pública (Muniraju & Prameela, 2024). El ODS 6 sobre H₂O limpia y saneamiento subraya la urgencia de implementar soluciones integrales para garantizar el acceso universal a recursos hídricos seguros, evidenciando la dimensión global de esta problemática.



En el contexto nacional, el ingreso a H₂O dulce segura sigue siendo un reto en diversas zonas campestres de Perú, a pesar de los avances en infraestructura urbana. Como el MVCS, las zonas rurales presentan una alta proporción de viviendas sin ingreso a agua dulce procesada, lo que agrava los contextos de salubridad y bienestar de las colectividades. Las fuentes de H₂O en estas áreas rurales suelen estar contaminadas por diversos contaminantes microbiológicos y químicos, muchos de los cuales provienen de la agricultura, actividades mineras, y residuos domésticos. El gobierno peruano ha implementado políticas para optimizar el ingreso al agua dulce, pero la implementación efectiva de soluciones sostenibles en zonas remotas sigue siendo limitada a causa de la escasez de recursos, construcción adecuada y educación sobre la importancia del procesamiento del agua.

A nivel local, Putina, ubicado en San Antonio de Putina, en Puno, enfrenta una grave crisis de condición del H₂O. Las escuelas rurales de la jurisdicción dependen de fuentes de H₂O que presentan elevados niveles de polución microbiológica y química. Los análisis realizados en las instituciones educativas mostraron niveles elevados de coliformes termotolerantes y E. coli, lo cual muestra polución fecal en las fuentes de H₂O. Además, los niveles de NO₃⁻ superan el límite recomendado en algunas escuelas, representando un peligro para la salubridad, fundamentalmente para los infantes. El arsénico también es un problema presente en varias de estas fuentes, con concentraciones que exceden el límite máximo permitido por la OMS. A pesar de estos problemas, las colectividades campestres de Putina escasean de los recursos y tecnologías adecuadas para tratar el agua de manera eficiente. Las soluciones de procesamiento accesibles, como la desinfección solar y biofiltros, podrían ser una opción viable, pero es necesario



fortalecer las capacidades locales y la educación comunitaria para garantizar su implementación efectiva.

1.2. Planteamiento del problema

1.2.1. Problema general

- ¿Cuál es la calidad del agua para consumo en las escuelas rurales del distrito de Putina y qué métodos de tratamiento accesibles y eficaces se pueden proponer para garantizar su potabilidad y seguridad para los estudiantes?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Qué características físico-químicas y microbiológicas presenta el agua de consumo en las escuelas rurales del distrito de Putina, y cuáles son los principales contaminantes presentes en dicha agua?
- ¿Cuáles son los métodos de tratamiento del agua más accesibles y adecuados para las condiciones de las escuelas rurales en el distrito de Putina, y qué tan viables son en términos técnicos, económicos y sociales?
- ¿Qué recomendaciones se pueden proponer para mejorar el acceso a agua potable en las escuelas rurales del distrito de Putina, considerando las soluciones de tratamiento más eficaces y sostenibles a largo plazo?

1.3. Objetivo de la investigación

1.3.1. Objetivo general

- Evaluar la calidad del agua para consumo en las escuelas rurales del distrito de Putina y proponer métodos de tratamiento accesibles que garanticen su potabilidad y seguridad para los estudiantes.



1.3.2. *Objetivos específicos*

- Analizar la calidad físico-química y microbiológica del agua de consumo en las escuelas rurales del distrito de Putina, identificando los principales contaminantes presentes.
- Determinar la viabilidad de métodos de tratamiento del agua que sean accesibles y adecuados para las condiciones de las escuelas rurales en el distrito de Putina.
- Proponer recomendaciones para mejorar el acceso a agua potable en las escuelas rurales, considerando las soluciones de tratamiento más eficaces y sostenibles.

1.4. **Justificación**

El estado del recurso hídrico en los centros educativos de Putina representa una grave preocupación sanitaria que compromete el desarrollo estudiantil. La disponibilidad de agua apta para el consumo humano resulta esencial para evitar patologías de origen hídrico, las cuales deterioran tanto la condición física como el desempeño escolar. Numerosos planteles carecen de sistemas de purificación adecuados, generando una situación de vulnerabilidad constante para la población escolar.

Este estudio tiene como propósito valorar la condición del H₂O en estas escuelas, identificar los contaminantes presentes y proponer métodos de procesamiento accesibles y sostenibles que mejoren su potabilidad. Las soluciones propuestas buscarán ser económicamente viables y fáciles de mantener, involucrando a la colectividad pedagógica en el proceso.

El propósito de este estudio es contribuir a mejorar las situaciones de salud en las escuelas campestres, reduciendo el riesgo de enfermedades y promoviendo



un ambiente más saludable que favorezca el aprendizaje. Al mismo tiempo, el estudio puede servir como centro para futuras políticas públicas vinculadas con el ingreso al agua dulce en zonas rurales.

1.5. Hipótesis

1.5.1. *Hipótesis general*

La calidad del agua para consumo en las escuelas rurales del distrito de Putina no cumple con los estándares de potabilidad establecidos, y la implementación de métodos de tratamiento accesibles y adecuados garantizará su potabilidad y seguridad para los estudiantes.

1.5.2. *Hipótesis específica*

- La calidad físico-química y microbiológica del agua de consumo en las escuelas rurales del distrito de Putina presenta contaminantes significativos, como metales sólidos y microorganismos patógenos, que superan los límites permitidos por las normativas de potabilidad.
- Los métodos de tratamiento del agua accesibles y adecuados para las condiciones de las escuelas rurales en el distrito de Putina, como la filtración, cloración o el uso de biofiltros, son técnicamente viables y económicamente sostenibles, lo que permitiría mejorar la calidad del agua a un costo razonable.
- La implementación de soluciones de tratamiento de agua eficaces y sostenibles, basadas en el uso de tecnologías accesibles y el involucramiento de la comunidad escolar en el mantenimiento, mejorará significativamente el acceso a agua potable en las escuelas rurales del distrito de Putina.



1.6. Variables

1.6.1. Variable dependiente

- **Calidad del agua (para consumo humano):** Esta es la variable principal que se ve afectada por el tratamiento del agua. Su medición depende de los parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua.

1.6.2. Variable independiente

- **Métodos de tratamiento del agua:** Esta variable describe los tratamientos aplicados al agua en las escuelas para mejorar su calidad.

1.7. Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de variables

Variable	Dimension	Indicadores	Unidad de medida
(Vd) Calidad de agua	Físico químico	pH, sólidos totales disueltos, dureza, arsénico, nitratos, cloruros,	mg/L
(Vi) Métodos de tratamiento	Desinfección química Desinfección solar (SODIS)	Reunión de cloro en el agua Tiempo de exposición al sol, número de bacterias eliminadas	Horas de reducción

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



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. *Antecedentes internacionales*

Hung et al. (2020) conforme al propósito principal analizar la condición del H₂O potable en 154 escuelas de Hanoi, Vietnam, mediante la recolección de muestreos de H₂O de grifo para valorar diversos indicadores microbiológicos y fisicoquímicos. Las derivaciones revelaron que la mayor parte de los muestreos cumplían con los estándares establecidos en propiedades como color, sabor, dureza, cloruro, hierro, manganeso, nitrato, sulfato y arsénico. Sin embargo, algunas muestras no cumplían con los límites permitidos en cuanto a pH, turbidez, nitrito, permanganato y amonio. Además, se detectaron poluciones microbiológicas en algunas muestras, con presencia de coliformes y E. coli. Se concluye que la polución en el H₂O potable puede ocurrir durante su transporte, almacenamiento y manejo, y se recomienda establecer procedimientos regulares de procesamiento y monitoreo para controlar los niveles de polución microbiológica y química en las escuelas.

Sharma & Adhikari, (2022) según lo indicado por este estudio evaluó la relación entre los servicios de H₂O potable, purificación e higiene (WASH) y la salubridad de los estudiantes de nivel básico (grados 6 a 8) en las escuelas de Dhanusha y Chitwan, Nepal. Se compararon dos grupos: uno con servicios WASH



mejorados y otro sin mejoras. Las derivaciones expusieron que los alumnos de escuelas sin servicios WASH mejorados tenían una mayor tasa de enfermedades (64%) en comparación con aquellos de escuelas con servicios mejorados (41%). Además, las estudiantes mujeres y los estudiantes de castas más desfavorecidas (Dalit) presentaron tasas más altas de enfermedades. El estudio concluyó que los servicios WASH escolares tienen un efecto significativo en la salud de los alumnos, y se recomienda mejorar las instalaciones WASH para reducir los padecimientos y optimizar el bienestar de los estudiantes.

Tetteh & Tettey (2025) mencionan que la contaminación del H₂O es un grave problema para la salubridad pública, especialmente en regiones en desarrollo. Los males transmitidos por el H₂O afectan principalmente a niños y colectividades vulnerables. La educación ambiental escolar puede reducir estos riesgos al promover prácticas de higiene y conservación del H₂O. Involucrar a los estudiantes en el monitoreo de la condición del H₂O también mejora los resultados de salud pública. Se recomienda que los gobiernos inviertan en infraestructura de agua, prioricen la educación ambiental en las escuelas y fomenten la colaboración interdisciplinaria para responder al acceso a H₂O limpia y someter las enfermedades.

Choda et al. (2025) El acceso a agua potable segura en las instituciones rurales es crucial para la salubridad de los estudiantes. Este estudio, realizado en escuelas primarias rurales en el transcurso del límite entre Myanmar y Tailandia, evaluó la condición del agua potable en términos de medidas bacteriológicas y fisicoquímicas. Se encontraron que el 42% de los muestreos no cumplían con los términos recomendados, con presencia de bacterias coliformes, niveles elevados de fluoruro y arsénico. Estos contaminantes pueden simbolizar un peligro para la salubridad de los alumnos. Aunque la mayor parte de los valores de peligro para la



salubridad estaban dentro de los límites aceptables, los valores más altos indicaron riesgos potenciales. El estudio sugiere que se implementen sistemas de procesamiento de agua eficaces y un control regular de la condición del H₂O para mitigar los riesgos. Además, recomienda ampliar la investigación para evaluar de manera más completa los riesgos crónicos y la efectividad de las intervenciones.

Muniraju & Prameela (2024) Este estudio analiza el impacto de la condición del H₂O potable en el rendimiento académico y la asistencia de los estudiantes en Shivamogga, Karnataka. A partir de una encuesta realizada a 127 estudiantes, se descubrió que la baja condición del H₂O afecta la salubridad y la concentración, lo cual a su vez limita el éxito académico. Las escuelas con mejores condiciones de agua mostraron mayores índices de asistencia y mejores resultados académicos. El análisis subraya la penuria de mejorar la infraestructura del H₂O en las escuelas, sugiriendo que incluso cambios pequeños pueden generar beneficios significativos en la educación. Esto sobresale la trascendencia de tener en cuenta los componentes ambientales en el ámbito educativo.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Fernández et al., (2019) Datos estadísticos revelan que en el Perú apenas el 50.35% de los habitantes cuenta con suministro de agua debidamente tratada, cifra que desciende drásticamente al 20.75% en zonas campestres (2017). En Huancavelica, los trastornos gastrointestinales agudos impactan al 10-12.8% de infantes menores de 5 años, mientras que la deficiencia de hierro afecta al 40-49% de niños entre 6 meses y 5 años (ENDES, 2018). Estas patologías guardan estrecha relación con las precarias condiciones de abastecimiento hídrico, servicios sanitarios y prácticas higiénicas. Ante esta situación, en 2019 se estableció una colaboración entre la UNH y el CCD de la UPC, con la finalidad de optimizar la



administración del recurso hídrico y potenciar las habilidades técnicas de los responsables del servicio en comunidades campesinas de altitud en Huancavelica. La etapa inicial del proyecto contempló un diagnóstico integral sobre las condiciones sociales, prácticas higiénicas y características fisicoquímicas del agua en cinco localidades rurales de la provincia. El estudio determinó la necesidad imperante de: (1) capacitar a los integrantes de las JASS, (2) implementar procedimientos estandarizados de desinfección, (3) dotar de materiales a las comunidades, y (4) ejecutar labores de mantenimiento en fuentes hídricas, tanques de almacenamiento y sistemas de distribución. Adicionalmente, se detectó la escasez de productos de higiene en instituciones educativas y la limitada inclusión femenina en los comités de gestión del agua.

Janampa (2023) el estudio buscó analizar las características del agua en sectores urbanos, periurbanos y rurales de Chontabamba, determinando sus efectos en la salud pública. Los hallazgos revelaron incumplimientos en varios indicadores de condición. Específicamente, en el análisis microbiológico se registraron valores de *Escherichia coli* de 1.1 NMP/100 mL (punto RM-01) y 16 NMP/100 mL (punto RDM-01), excediendo el estándar permisible de 0 NMP/100 mL. Estos hallazgos demuestran que el agua no es idónea para ingesta sin procesamiento previo. Adicionalmente, ciertos indicadores fisicoquímicos exceden los valores máximos permisibles según los ECA. Esta situación genera consecuencias directas en la salud comunitaria, evidenciándose en los registros clínicos de gastroenteritis agudas y trastornos hematológicos en el establecimiento de salud de Chontabamba.

Miranda et al. (2010) conforme al propósito investigativo, se buscó establecer el porcentaje de menores de cinco años con disponibilidad de agua



segura, analizando variables como localización geográfica, sistema de suministro hídrico y condición socioeconómica. La recopilación de datos se efectuó utilizando encuestas continuas con muestreo probabilístico en 3,570 viviendas con niños en diversas regiones peruanas. Se evaluó la concentración de cloro remanente en el agua de consumo de todos los hogares muestreados y se examinó la polución microbiológica (coliformes totales y *E. coli*) en 2,310 muestras seleccionadas. El estudio evidenció que únicamente el 19.5% de los menores de cinco años habitan en viviendas con concentraciones apropiadas de cloro residual en el agua, mientras que solo el 38.3% de los hogares contaba con agua exenta de polución bacteriana. Las regiones más vulnerables resultaron ser la zona andina rural y la amazonía, mostrando marcadas diferencias según la conexión al sistema de abastecimiento público y la capacidad económica. El análisis determina que la población infantil en áreas rurales y en situación de pobreza crítica presenta mayores barreras para obtener agua segura, incrementando su vulnerabilidad a trastornos gastrointestinales y deficiencias nutricionales.

Saenz et al. (2023) La investigación en 6 colectividades rurales altoandinas del departamento de Huancavelica reveló que solo 1 de los 17 puntos de muestreo (5,9%) superó el límite de NTU de 5 NTU establecido por el estándar peruano, mientras que las demás medidas fisicoquímicas, como la conductividad eléctrica, pH, sólidos disueltos totales y potencial de enmohecimiento, estaban dentro de los valores permitidos. Sin embargo, 4 de los 17 puntos de monitoreo (23,5%) excedieron los límites microbiológicos permitidos para *Escherichia coli*, coliformes termotolerantes y fecales, y se observó una correlación entre estos tres parámetros microbiológicos.

Meza & Zavaleta, (2022) Las diligencias humanas han afectado la condición del H₂O, particularmente en áreas rurales con bajos ingresos, como Parobamba, en el departamento de Ancash. Este estudio tuvo como propósito valorar la condición del H₂O y su procesamiento por medio de un sistema de filtros en las fuentes de H₂O de Parobamba, Ancash, Perú. Durante 2019 y 2020, se realizaron muestreos en 36 captaciones de agua, y los resultados de laboratorio mostraron que varios parámetros superaban los límites determinados por el estándar de condición del H₂O. Al implementar un sistema de filtros y lámpara UV, se alcanzaron niveles de remoción superiores al 93% de coli totales, al 85% de coli fecales y *Escherichia coli*, y más del 99% de bacterias heterotróficas y organismos de vida libre. Además, se consiguió una remoción de turbidez mayor al 84%, y se redujeron metales como aluminio, hierro y mercurio en más del 85%. En conclusión, el procesamiento con filtros múltiples resultó ser efectivo para optimar la condición del H₂O, desempeñando con los requisitos concretos en el D.S. N° 031-2010-SA.

2.1.3. Antecedentes regionales

Velasquez (2024) En el asentamiento humano Néstor Cáceres Velásquez, ubicado en la zona sur de Juliaca, los estudiantes y personal de los colegios carecen de acceso a agua segura, viéndose forzados a consumir líquido de pozos rudimentarios cuya salubridad es dudosa, debido a la polución por filtración de aguas servidas. Esta problemática deriva en diversas patologías, destacando los cuadros de afecciones digestivas. Esta investigación tuvo como propósito analizar las características del recurso hídrico en tres planteles escolares mediante la aplicación del ICA. Se recolectaron muestras de fuentes acuíferas y se examinaron diversos indicadores fisicoquímicos y bacteriológicos. Los análisis revelaron valores ICA de 57.42 (M1), 56.34 (M2) y 54.90 (M3), ubicando estas aguas en la categoría

de condición intermedia. Se identificó que los niveles de OD, compuestos nitrogenados y fósforo requieren procesos de procesamientos para alcanzar los estándares de potabilidad.

Palomino, (2025) El estudio evaluó la condición del H₂O de los pozos en los CEP de nivel inicial en las zonas periféricas de San Miguel, San Román. Los resultados mostraron que el pH reformó entre 7.4 y 8.2, la CE estuvo entre 746 y 1777 μ S/cm, y la dureza total fue de 232.3 a 644.5 mg CaCO₃/L. Los parámetros de calcio, magnesio, alcalinidad, PSU y ORP oscilaron entre 128.2 y 548.4 mg Ca/L, 28 a 164.1 mg Mg/L, 140.2 a 392 mg CaCO₃/L, 04 a 0.7 g/L y 155.3 a 230.1 mV, respectivamente. Con respecto a STD, turbidez y sulfatos, los valores fueron de 382 a 889 mg/L, 0.2 a 1.6 NTU y 37.1 a 163.2, respectivamente. Los coliformes totales variaron entre 43 y 350 UFC/100 ml, y *Escherichia coli* entre 0 y 11 UFC/100 ml. Aunque algunos parámetros cumplieron con los LMP y los ECA para la clase A1, la alta concentración de parámetros microbiológicos indicó que el H₂O no es apta para ingesta, lo cual simboliza un peligro para la salubridad de los alumnos.

2.2. Marco teórico

2.2.1. Calidad del agua

La potabilidad del agua se establece mediante sus propiedades fisicoquímicas y bacteriológicas, que condicionan su idoneidad para uso humano. Los indicadores fisicoquímicos comprenden variables como temperatura, acidez, sólidos suspendidos y contenido de elementos tóxicos. En cuanto a los aspectos microbianos, estos involucran la detección de agentes biológicos nocivos como enterobacterias, virus y protozoarios (Minaya et al., 2018). Investigaciones en múltiples localidades demuestran que la polución por excretas humanas o

elementos metálicos constituye una amenaza inmediata para poblaciones rurales (Novelo et al., 2015).

2.2.2. Agua para consumo humano

Se entiende como el agua que cumple con las normas de condición señalados por los mandos sanitarios, siendo apta para la ingesta y otros usos relacionados con la salubridad y el bien humano. Este tipo de H₂O debe estar libre de poluciones peligrosos para la salud, tales como microorganismos patógenos, productos químicos nocivos o metales sólidos, y debe poseer características físico-químicas adecuadas, como un pH equilibrado y un nivel de turbidez bajo. Como la OMS, el H₂O para consumo humano debe ser indudable, accesible y bastante para satisfacer las necesidades de la población (OMS, 2018).

2.2.3. Características del agua

a. Características microbiológicas

Ausencia de patógenos: El H₂O debe estar autónomo de microorganismos que puedan causar enfermedades, como bacterias (por ejemplo, *Escherichia coli*), virus, protozoos y parásitos. La existencia de coliformes fecales son indicadores de polución fecal y riesgo para la salubridad (Araujo et al., 2023)

b. Características físicas

- **Turbidez baja:** El agua debe tener una baja turbidez (opacidad), lo cual indica la existencia de átomos suspendidas. El H₂O turbia puede dificultar los procesos de desinfección y, además, estar asociada a contaminantes microbiológicos (Suárez & Arévalo, 2016)
- **Color:** El agua debe ser incolora o tener un color mínimo, lo cual puede afectar la percepción del consumidor, además de ser un



indicativo de la existencia de sustancias orgánicas disueltas o sólidos suspendidos (Ribeiro et al., 2018).

- **Olor y sabor:** El agua no debe presentar olores ni sabores desagradables, que podrían ser causados por la existencia de MO, metales solidos o productos químicos (OMS, 2018).

c. Características químicas

- **pH:** Los valores de pH deben mantenerse entre 6.5 y 8.5 unidades, asegurando así un equilibrio que evite tanto la excesiva acidez como la alcalinidad pronunciada, factores que podrían comprometer tanto el bienestar de las personas como el rendimiento de los procesos de potabilización (Mauricio, 2022)
- **Concentración de metales pesados:** El líquido vital debe carecer completamente de elementos metálicos peligrosos como Pb, As, Hg y Cd, sustancias que presentan efectos nocivos para la salud humana aun cuando se encuentren en mínimas proporciones (Bueno et al., 2017).
- **Nitratos y nitritos:** Las reuniones de nitritos y nitratos deben ser bajas, ya que pueden causar enfermedades como la metahemoglobinemia, especialmente en bebés (Meza & Zavaleta, 2022)
- **Sólidos disueltos totales (TDS):** La cuantía de sólidos disueltos debe ser baja, pues niveles elevados de TDS pueden indicar la presencia de sales minerales o compuestos orgánicos que pueden afectar la salud (Meza & Zavaleta, 2022).



2.2.4. Características específicas de las fuentes de agua en zonas rurales

Las zonas rurales suelen depender de fuentes de H₂O locales, como los pozos, manantiales, afluentes y lagos. Estas fuentes de H₂O son más aptos a la polución debido a varios factores:

- **Acceso limitado a sistemas de tratamiento:** Las comunidades rurales suelen carecer de infraestructura adecuada para tratar el H₂O, lo cual acrecienta el peligro de polución.
- **Contaminación superficial:** Los sistemas acuáticos lénticos y lóticos (lagos y ríos) presentan especial susceptibilidad a la degradación ambiental por acción antrópica, particularmente por descargas de origen agropecuario, residuos de fertilizantes y efluentes domésticos no tratados (Arizabalo, 2021).
- **Contaminación subterránea:** Los acuíferos subterráneos pueden estar contaminados por infiltración de productos químicos, residuos de fertilizantes o aguas remanentes (Arizabalo, 2021).
- **Contaminación fecal:** Las comunidades campesinas enfrentan una grave problemática de polución bacteriológica en sus fuentes hídricas, donde la filtración de excretas representa el principal vector de polución, afectando especialmente a pozos, manantiales y otras captaciones sin adecuada protección (Arizabalo, 2021).

2.2.5. Contaminación del agua

Se refiere a la introducción de elementos o compuestos en el recurso hídrico que modifican sus propiedades naturales, volviéndolo inadecuado para sus funciones primarias como abastecimiento humano, actividades agrícolas, esparcimiento o mantenimiento de ecosistemas acuáticos. Esta degradación puede



manifestarse a través de agentes químicos, microorganismos o componentes físicos, originados en descargas industriales, efluentes domésticos, insumos agroquímicos, elementos metálicos tóxicos, materiales sintéticos, patógenos o sustancias radioactivas. Las consecuencias abarcan desde afectaciones a la salud pública hasta desequilibrios ecológicos, impactando tanto a la biota acuática como a las poblaciones humanas que requieren este vital líquido (Díaz et al., 2024).

2.2.6. Contaminantes comunes en zonas rurales

- **Contaminación por residuos agrícolas:** Explicación sobre el dominio de la agricultura en la condición del H₂O en zonas rurales (uso de pesticidas, fertilizantes, escorrentía agrícola).
- **Contaminación por aguas residuales:** El impacto de aguas remanentes domésticas y la escasez de procesamiento adecuado en las fuentes de H₂O.

2.2.7. Impacto de la contaminación del agua en la salud

Las poluciones presentes en el H₂O pueden poseer efectos significativos en la salud humana, fundamentalmente en zonas rurales en el que los métodos de procesamiento del agua suelen ser limitados. La ingesta de H₂O contaminada con patógenos puede generar padecimientos gastrointestinales, como diarrea, que son una de las primordiales causas de mortalidad en zonas rurales de patrias en progreso (Forero, 2018). En el contexto del distrito de Putina, la condición del agua es una preocupación, ya que diferentes análisis han expuesto la existencia de contaminación microbiológica y físico-química en fuentes de agua cercanas a las escuelas rurales (Ministerio de Salud de Perú, 2016).



2.2.8. Impacto de la calidad del agua en la salud y el rendimiento escolar en escuelas rurales

La disponibilidad de agua dulce en los centros educativos rurales compone un elemento esencial para el desarrollo estudiantil, puesto que su carencia provoca afecciones sanitarias que deterioran el aprendizaje. Investigaciones científicas demuestran una correlación directa entre la condición hídrica en estas áreas y la incidencia de trastornos digestivos en la población infantil, repercutiendo negativamente en su permanencia escolar y capacidad de atención. La polución de las fuentes acuíferas en estos contextos eleva la prevalencia de patologías hídricas como gastroenteritis y cólera, generando consecuencias económicas significativas tanto para los servicios de salud como para las instituciones educativas (OMS, 2018).

2.2.9. Desafíos y barreras en la evaluación de la calidad del agua en zonas rurales

- **Falta de infraestructura:** En muchas áreas campestres, no hay sistemas apropiados de infraestructura de procesamiento de agua, lo que impide realizar una correcta valoración de la condición del agua.
- **Acceso limitado a servicios de laboratorio:** La falta de acceso a laboratorios locales limita la capacidad para realizar pruebas de condición de agua de manera regular.
- **Capacitación y educación:** En algunas comunidades rurales, la escasez de conocimientos sobre la importancia del monitoreo de la condición del agua y los métodos adecuados de procesamiento contribuye a la persistencia de problemas de polución (Machuca, 2023).



- **Condiciones climáticas y geográficas:** Los contextos climáticos y geográficos en zonas rurales pueden conmovir la condición del H₂O a causa de la variabilidad en la cantidad y condición de las precipitaciones, lo que aumenta la vulnerabilidad a la polución (Machuca, 2023).

2.2.10. Métodos de tratamiento del agua: Clasificación y principales tipos

- **Tratamiento físico:** Métodos como la filtración (por ejemplo, filtros de arena, carbón activado) y sedimentación. Estos métodos son fáciles de implementar y económicos para las comunidades rurales (Malan & Sharma, 2023).
- **Tratamiento químico:** Uso de sustancias como el cloro o yodo para la desinfección del agua, métodos accesibles pero que requieren un manejo adecuado para evitar riesgos de toxicidad o subdosificación (Malan & Sharma, 2023).
- **Tratamiento biológico:** Tecnologías como los sistemas de biofiltros o la usanza de vegetaciones para purificar el H₂O. Son más sostenibles y tienen un bajo costo de implementación (Malan & Sharma, 2023).
- **Desinfección solar (SODIS):** Método adecuado para zonas sin acceso a infraestructura compleja, utilizando la energía solar para destruir microorganismos patógenos en el H₂O (Malan & Sharma, 2023)

2.2.11. Factores que afectan la viabilidad de los métodos de tratamiento en zonas rurales

- **Accesibilidad a materiales y recursos:** La disponibilidad de recursos locales (arena, carbón, productos químicos) y la infraestructura básica son factores clave en la viabilidad de un procesamiento efectivo.



- **Costo:** La sostenibilidad financiera de los métodos de procesamiento en las comunidades rurales, donde los recursos son limitados, debe ser evaluada. Es importante que los métodos sean de bajo costo tanto en instalación como en mantenimiento.
- **Facilidad de implementación:** Los métodos deben ser fáciles de implementar y no requerir personal altamente capacitado. La capacitación comunitaria es fundamental para asegurar que las tecnologías sean correctamente aplicadas.
- **Eficiencia y efectividad:** Se deben analizar la eficiencia y efectividad de cada método en función de las poluciones existentes en las fuentes de agua locales.

2.2.12. Recomendaciones para mejorar el acceso a agua potable en escuelas rurales

- **Fortalecer la infraestructura de captación de agua de lluvia:** En las zonas campestres, la captación de agua de lluvia puede ser una solución eficaz y económica. Este sistema implica instalar techos adecuados para la recolección de agua y almacenamiento en tanques, lo cual somete la dependencia de fuentes de H₂O externas (Mejía et al., 2016)
- **Construcción de sistemas de tratamiento de bajo costo:** Implementación de sistemas simples como filtros de arena o carbón activado, que son fáciles de construir y mantener, y proporcionan un perfeccionamiento significativa en la condición del H₂O (Mejía et al., 2016)
- **Fomentar la educación y capacitación:** Capacitar a la comunidad y a los docentes sobre la trascendencia del procesamiento adecuado del

H₂O y la limpieza para reducir riesgos de padecimientos transmitidas por el H₂O (Mejía et al., 2016)

2.3. Marco conceptual

2.3.1. Agua natural

Es el H₂O en su estado puro que se encuentra en la naturaleza, sin procesamiento artificial, proveniente de fuentes como afluentes, lagos, manantiales o acuíferos. Aunque esencial para la vida, puede contener impurezas o contaminantes que requieren purificación antes de su consumo (Alemany, 2022).

2.3.2. Agua potable

Se considera agua potable aquella que satisface los parámetros de salubridad establecidos por los organismos reguladores de salud pública, exenta de microorganismos patógenos y compuestos químicos perjudiciales para el organismo humano (OMS, 2018).

2.3.3. Agua subterránea

Corresponde al recurso hídrico subsuperficial contenido en formaciones geológicas permeables bajo la superficie terrestre, conocidas técnicamente como acuíferos, donde ocupa los espacios intersticiales del sustrato rocoso o sedimentario. Esta agua se infiltra desde la superficie a través de precipitaciones, infiltraciones de aguas superficiales o filtración del riego (Cerón et al., 2021)

2.3.4. Agua no tratada

Se refiere al recurso hídrico que no ha sido sometido a ningún proceso de desinfección o depuración para la remoción de impurezas, constituyendo un peligro potencial para la salud pública cuando es ingerida sin previa intervención técnica (Ramos., 2021).



2.3.5. Calidad del agua

La potabilidad del agua se establece mediante sus propiedades fisicoquímicas y características bacteriológicas, las cuales determinan su idoneidad para diferentes aplicaciones, particularmente para uso y consumo humano, conforme a los estándares fijados por entidades regulatorias tanto locales como globales (Meza & Zavaleta, 2022).

2.3.6. Coliformes fecales

Los coliformes fecales constituyen microorganismos de origen intestinal que evidencian polución patógena en fuentes hídricas, representando un marcador de peligro sanitario al señalar posible presencia de agentes infecciosos en el agua para consumo (Araujo et al., 2023).

2.3.7. Contaminación

La polución físico-química del agua involucra la existencia de sustancias químicas y elementos físicos (como metales sólidos, nitratos, demás) que alteran la condición del agua y representan peligros para la salubridad (Díaz et al., 2024).

2.3.8. Contaminación microbiológica

La polución biológica del agua se produce cuando microorganismos dañinos como bacterias, virus, protozoos o gusanos parasitarios están presentes en el líquido, deteriorando su pureza y amenazando el bienestar humano (Zulkifli et al., 2018).

2.3.9. Desinfección del agua

La purificación del agua consiste en eliminar o neutralizar los agentes patógenos contenidos en ella esgrimiendo sustancias químicas, radiación UV o procesamiento térmico (Alaluna, 2021).



2.3.10. Filtración

La filtración es un método físico de purificación en el que el agua se hace circular a través de un medio permeable, como arena o carbón activado, para retener sólidos en suspensión y ciertas impurezas (Murillo et al., 2021).

2.3.11. Normas de calidad del agua

Los estándares de potabilidad del agua constituyen un marco regulatorio fijado por organismos de salud pública que establece los límites permitidos de características físicas, químicas y biológicas en el agua para uso humano. (OMS, 2018).

2.3.12. Turbidez

La turbidez determina la transparencia del agua, alterada por materiales en suspensión. Niveles elevados pueden señalar la existencia de sustancias nocivas para las personas (Baque et al., 2016).



CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

El estudio es de carácter práctico, pues pretende solucionar dificultades concretas asociadas a la potabilidad del H₂O en colegios rurales del distrito de Putina. Esto se logrará mediante la evaluación de sus propiedades microbianas y fisicoquímicas, así como el diseño de sistemas de purificación viables y adaptados al contexto regional, para garantizar agua segura en estos centros educativos.

3.2. Nivel de investigación

El presente estudio tiene un enfoque descriptivo-explicativo, puesto que se centra en analizar y exponer las propiedades fisicoquímicas y microbianas del H₂O en cuestión del agua en las escuelas rurales del distrito de Putina, identificando los principales contaminantes presentes. Además, busca explicar las causas y efectos de la polución en la salubridad de los estudiantes y el ingreso al H₂O potable, proponiendo soluciones prácticas y viables para optimar la condición del agua en estas instituciones.

3.3. Enfoque de la investigación

El estudio adopta un método cuantitativo, fundamentado en la recopilación y evaluación de información numérica sobre las propiedades físico-químicas y microbiológicas del H₂O. El objetivo es conseguir resultados medibles y precisos



acerca de la potabilidad del agua en los colegios rurales del distrito de Putina, a través de la toma de muestras, análisis de laboratorio y procesamiento estadístico. Este método facilitará determinar el grado de polución y la eficacia de las técnicas de purificación sugeridas.

3.4. Técnicas e instrumentos

3.4.1. Técnicas

- **Análisis de laboratorio:** Técnica fundamental para medir los indicadores microbiológicos y físico-químicos del H₂O. Esto incluye pruebas para determinar la turbidez, pH, concentración de metales sólidos, TDS, cloruros, nitratos, dureza, coliformes termotolerantes y Escherichia coli.
- **Muestreo:** Técnica utilizada para compilar muestreos representativos de agua en desemejantes puntos de las escuelas rurales del distrito de Putina. El muestreo se realizó según normativas específicas para asegurar la representatividad de las muestras y obtener datos válidos.
- **Observación directa:** la observación directa en el lugar de estudio (escuelas rurales) puede ayudarte a identificar problemas relacionados con la construcción de captación, acopio y colocación de H₂O.

3.4.2. Instrumentos

- **Registros de observación:** Cuadros de observación estructurados que permitieron registrar aspectos específicos observados en las escuelas relacionadas con la infraestructura de agua potable, como filtros, sistemas de almacenamiento, y condiciones de la red de colocación de H₂O.
- **La cadena de custodia** asegurará que las muestras de agua sean manejadas adecuadamente desde su recolección hasta el análisis en el

laboratorio, registrando todos los cambios de responsable y condiciones en cada etapa del proceso, lo que preserva la integridad de las muestras.

3.4.3. Ubicación de la zona de investigación

La ubicación del estudio se ejecutó en cinco centros educativos de Putina, dentro de San Antonio de Putina, en el departamento de Puno, Perú. Los centros seleccionados para el estudio son: Institución Educativa Inicial Pampa Grande (Código 2176706), Institución Educativa Primaria Glorioso Santiago Giraldo (Código 72126), Institución Educativa Primaria San Martín (Código 72273), IEPSAP, e IEPPV (Código 72641), los cuales fueron elegidos por su representatividad en las zonas rurales del distrito, lo cual admite valorar la condición del agua en las escuelas rurales de la región.

Tabla 2

Ubicación de los puntos de muestreo

N°	Código	Institución Educativa	Ubicación
1	IEI – 1	Inicial Pampa Grande 2176706	-14.832416 -69.870038
2	IEP – 2	Educación primaria 72126 Glorioso Santiago Giraldo	-14.912705 -69.874914
3	IEP – 3	Educación primaria 72273 San Martín	-14.954860 -69.745070
4	IEP – 4	Educación primaria San Antonio de Padua	-14.861030 -69.781760
5	IEP – 5	Educación primaria 72641 Pedro Vilcapaza	-15.048240 -69.898290

Figura 1

Ubicación de la zona de monitoreo



Nota: Google earth

3.4.4. Población y muestra

3.4.4.1. Población

La urbe del actual estudio está conformada por cinco centros educativos ubicados en la provincia de Putina, dentro del distrito de San Antonio de Putina, en el departamento de Puno, que incluyen tanto instituciones de educación inicial como de educación primaria. La muestra se centrará en los estudiantes que consumen el agua disponible en las escuelas, así como en el personal docente y administrativo que gestiona el uso del agua en las instituciones. Se consideran escuelas rurales con acceso a fuentes de agua como pozos, manantiales o ríos, excluyendo aquellas con sistemas de procesamiento avanzados. Además, se tomó en cuenta las características socioeconómicas de las comunidades, ya que pueden influir en el acceso y manejo del agua potable.

3.4.4.2. Muestra

Se recolectaron muestras de agua en las cinco escuelas elegidas del distrito de San Antonio de Putina con el fin de examinar su condición. Las muestras se



obtuvieron de las fuentes de consumo, como pozos, manantiales o ríos, y se evaluaron mediante análisis físico-químicos y microbiológicos, considerando turbidez, pH, metales sólidos, coliformes fecales y demás poluciones. Este procedimiento ayudará a establecer el estado del agua en cada institución y contrastar los hallazgos para detectar posibles amenazas a la salubridad de la comunidad educativa.

3.4.5. Materiales y equipos

3.4.5.1. Materiales

- Frascos de borosilicato de 500 mL
- Tubos de ensayo de 20mL
- Frascos de 1L de PVC
- Matraz Erlenmeyer de 1000, 500 y 250 mL en clase A
- Micropipetas de 5000 y 1000 μ L marca BOECO
- Vasos precipitados de 250 mL en clase A
- Culer de 30L
- Agua destilada
- Cadena custodia

3.4.5.2. Equipos

- Multiparámetro marca HACH Hq40d
- GPS marca GARMIN
- Incubadora marca YAMATO a 37°C
- Baño maría marca MEMERT a 44.5°C
- Autoclave marca RAYPA
- Balanza analítica de 0.0001g marca ADAM
- Turbidímetro marca HACH



3.4.5.3. Reactivos

- Solución tampón pH 7
- Medios de cultivo
- Estándar de arsénico 1000ppm

3.4.6. Procedimiento metodológico

Objetivo específico 1: Analizar la calidad físico-química y microbiológica del agua de consumo en las escuelas rurales del distrito de Putina, identificando los principales contaminantes presentes.

Para abordar el primer objetivo de esta investigación, analizar la condición físico-química y microbiológica del H₂O de ingesta en las escuelas rurales del distrito de Putina, se ha seguido un proceso sistemático de compilación y análisis de muestreos de H₂O provenientes de las fuentes utilizadas en las instituciones educativas seleccionadas.

- A. **Selección de las Instituciones Educativas y puntos de muestreo:** Se seleccionaron cinco centros educativos ubicados en San Antonio de Putina, donde se tomaron muestreos de H₂O de las fuentes de suministro utilizadas para ingesta en las escuelas. Los puntos de muestreo incluyeron pozos, manantiales y ríos cercanos a las instituciones.
- B. **Recolección de Muestras:** En cada institución educativa, se despojaron muestreos representativos de H₂O de las fuentes mencionadas. Las muestras fueron recolectadas en botellas estériles para evitar polución en el transcurso del proceso de muestreo. Las muestras fueron rotuladas con pesquisa detallada, como la fecha, hora y sitio de la muestra, y transportadas en condiciones adecuadas al laboratorio para su análisis.

C. Análisis físico químico: En el recinto de Condición Ambiental, se realizaron los siguientes análisis físico-químicos para evaluar la condición del H₂O:

- Temple
- pH
- Turbidez
- STD
- Nitratos
- Dureza
- Cloruros
- Arsénico

D. Análisis microbiológico

- Coliformes termotolerantes
- Escherichia coli

Tabla 3

Métodos normalizados para el análisis a aguas potables y residuales

PARAMETROS FÍSICOS		
PARÁMETRO	UNIDAD	MÉTODO
Temperatura	°C	SM - 2550 B método de laboratorio de campo
Potencial de hidrogeno	Unid. de pH	SM 4500 – H
Turbidez	NTU	Método Nefelométrico
Solidos totales disueltos	mg/L	SM 2540 C Solidos totales disueltos a 180°C
Nitratos	mg/L	Método HACH
Dureza	mg/L	SM 2340C Método titulométrico de EDTA
Cloruros	mg/L	SM 4500 Cl B Método Argentométrico
Arsénico	mg/L	Absorción atómica
Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	SM 9221 B Técnicas estandarizadas de fermentación
Escherichia coli	NMP/100mL	Incubación a 37°C

Nota: (APHA, 2017) estándar method



E. Identificación de los principales contaminantes: A partir de las derivaciones conseguidas, se asemejaron los primordiales contaminantes presentes en el H₂O de ingesta de las escuelas rurales de Putina. Los contaminantes fueron clasificados según su tipo (físico-químico o microbiológico) y su potencial peligro para la salubridad de los estudiantes y el personal educativo.

F. Interpretación de los resultados: Los datos obtenidos de los exámenes físico-químicos y microbiológicos se contrastaron con los valores máximos aceptables señalados por las regulaciones peruanas y organismos globales (como la OMS y el MINSA). De esta forma, se pudo determinar si el agua consumida en los colegios cumple con los requisitos de potabilidad o si representa un peligro para la salud de estudiantes y docentes.

Objetivo específico 2: Determinar la viabilidad de métodos de tratamiento del agua que sean accesibles y adecuados para las condiciones de las escuelas rurales en el distrito de Putina.

Para determinar la viabilidad de métodos de procesamiento del H₂O que sean accesibles y adecuados para las condiciones de las escuelas rurales en el distrito de Putina, la metodología aborda tanto el análisis de las tecnologías existentes como su aplicabilidad en los contextos específicos de las instituciones primarias campestres.

a. Identificación de las condiciones específicas de las escuelas rurales

- **Estudio de las características locales:** Se realizará un diagnóstico sobre los contextos socioeconómicos y geográficos de las escuelas campestres del distrito de Putina. Esto incluirá el ingreso a recursos locales, la disponibilidad de materiales para el procesamiento del H₂O y



las condiciones climáticas que podrían influir en la elección de las tecnologías (por ejemplo, disponibilidad de luz solar para el procesamiento solar).

- **Infraestructura disponible:** Se evaluó el estado actual de la infraestructura hídrica en los colegios rurales, incluyendo las fuentes de abastecimiento, los métodos de acopio y las características de la red de colocación del agua.

b. Selección de métodos de tratamiento

- A partir de la revisión de métodos existentes y el diagnóstico de las condiciones locales, se seleccionarán tres métodos de procesamiento para su análisis en el argumento de las instituciones primarias campestres de Putina. Entre las opciones más viables se incluyen:
 - **Filtración simple:** Métodos como la usanza de filtros de carbón activado o arena.
 - **Desinfección solar (SODIS):** Uso de la luz solar para eliminar patógenos del agua.
 - **Cloración simple:** Desinfección con soluciones de hipoclorito de sodio o tabletas de cloro.
 - **Evaluación de viabilidad:** Cada método será evaluado en términos de:
 - **Costo:** El costo inicial y de mantenimiento de cada tecnología.
 - **Disponibilidad de materiales:** Evaluar si los materiales necesarios son accesibles en la región.
 - **Facilidad de implementación:** Determinar si los métodos pueden ser implementados por el personal local sin necesidad de formación técnica avanzada.



- **Eficiencia en la mejora de la calidad del agua:** Evaluar la capacidad de cada método para someter las poluciones comunes en el H₂O de las escuelas rurales, como coliformes fecales y metales sólidos.

Objetivo específico 3: Proponer recomendaciones para mejorar el acceso a agua potable en las escuelas rurales, considerando las soluciones de tratamiento más eficaces y sostenibles.

La metodología para el presente objetivo se centra en identificar las mejores prácticas y estrategias adaptadas a las condiciones locales, valorar la posibilidad de las soluciones de procesamiento, y establecer recomendaciones prácticas para optimar el ingreso a agua potable.

a. Diagnóstico de la situación actual del agua en las escuelas rurales

- **Evaluación inicial de las fuentes de agua:** Realizar un análisis detallado sobre fuentes de H₂O disponibles en las escuelas rurales (charcos, ríos, veneros, etc.) y su condición actual, con base en las derivaciones previas conseguidas en el estudio de condición físico-química y microbiológica.
- **Infraestructura existente:** Evaluar la infraestructura de agua en cada escuela, incluyendo sistemas de captación, almacenamiento y distribución. Identificar las principales deficiencias en el sistema y las necesidades de mejora.

b. Análisis de las soluciones de tratamiento identificadas

- **Revisión de métodos de tratamiento aplicables:** Reconsiderar las soluciones de procesamiento previamente evaluadas en el objetivo anterior, como la filtración, desinfección solar (SODIS) y cloración.

Evaluar su viabilidad y efectividad para optimar la condición del H₂O en las escuelas campestres.

- **Métodos alternativos y sostenibles:** Incluir tecnologías innovadoras y sostenibles que puedan optimar el ingreso a agua dulce, como sistemas de captación de H₂O de aguacero, biofiltros o centro de procesamiento de bajo costo adaptadas a la escala local.

c. Evaluación de la factibilidad y sostenibilidad de las soluciones

- **Costo económico:** Considerar los costes iniciales y de sustento de las soluciones propuestas, y cómo estos pueden ser sostenibles a largo plazo, dado el presupuesto limitado en las zonas rurales.
- **Accesibilidad a materiales y recursos locales:** Evaluar si los materiales necesarios para implementar las soluciones son fácilmente accesibles en la región, minimizando la dependencia de insumos externos.
- **Facilidad de implementación y mantenimiento:** Determinar si las soluciones seleccionadas pueden ser implementadas por el personal local, sin requerir una alta especialización técnica, y si el mantenimiento puede ser gestionado por la comunidad educativa.

d. Consideraciones sociales y culturales

- **Aceptación comunitaria:** Realizar entrevistas y encuestas con los miembros de la comunidad educativa (docentes, estudiantes, padres de familia, directores) para conocer su opinión sobre las soluciones de procesamiento propuestas y su disposición para adoptarlas.
- **Capacitación y educación:** Considerar programas de alineación y adiestramiento para el personal educativo y la comunidad sobre la usanza



y mantenimiento de las tecnologías de procesamiento de H₂O, asegurando su sostenibilidad.

e. Propuestas de mejora en la infraestructura de agua

- **Recomendaciones de infraestructura:** Proponer mejoras en la infraestructura de atracción y acopio de agua, como la instalación de tanques de acopio adecuados o sistemas de filtración eficientes.
- **Optimización de recursos existentes:** Proponer optimizaciones en el uso de las fuentes de H₂O ya aprovechables, como el perfeccionamiento de los sistemas de captación de H₂O de lluvia en las escuelas.

f. Desarrollo de recomendaciones específicas

- **Recomendaciones a corto y largo plazo:** Desarrollar recomendaciones claras sobre las acciones inmediatas que se pueden implementar, como la mejora de los sistemas de desinfección o filtración, y las estrategias a largo plazo para una solución sostenible, como la implementación de sistemas de procesamiento más complejos si fuera necesario.
- **Plan de monitoreo y evaluación:** Proponer un plan de rastreo para verificar la seguridad de las soluciones efectuadas y asegurar la sostenibilidad de las medidas a lo largo del tiempo. Este plan puede incluir la toma periódica de muestreos de H₂O y la capacitación continua de la comunidad.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

Objetivo específico 1: Analizar la calidad físico-química y microbiológica del agua de consumo en las escuelas rurales del distrito de Putina, identificando los principales contaminantes presentes.

Según las derivaciones conseguidas de la condición del H₂O de las 5 instituciones educativas de San Antonio de Putina. Se obtienen las siguientes derivaciones:

Tabla 4

Resultados del primer monitoreo

Parámetro	Unidad	IEI – 1	IEP – 2	IEP – 3	IEP – 4	IEP – 5
Temperatura	°C	12.8	13.0	14.7	13.5	13.8
pH	-	7.6	7.7	7.8	7.7	7.5
Sólidos totales disueltos	mg/L	1326.4	875.6	1734.7	1647.5	1734.2
Nitratos	mg/L	55.3	12.5	83.5	60.4	66.4
Dureza	mg/L	523.1	257.3	632.6	538.5	569.4
Cloruros	mg/L	125.3	45.6	98.4	112.4	105.3
Arsénico	mg/L	0.014	0.010	0.016	0.014	0.013
Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	110	<3	150	110	93
E Coli	NMP/100mL	90	<3	43	43	<3

a. Temperatura

Los templetes del agua fluctúan entre 12.8°C y 14.7°C, lo que es común en las zonas rurales de altitud elevada, como de San Antonio de Putina. La



temperatura del agua no personifica un peligro directo para la salubridad, pero puede influir en la actividad de los microorganismos presentes.

b. pH

El pH del H₂O se mantiene entre 7.5 y 7.8, lo cual es adecuado para la ingesta humana pues se encuentra dentro del rango óptimo de 6.5 a 8.5, según las normas internacionales de condición del H₂O.

c. Sólidos totales disueltos

Los niveles de TDS varían considerablemente, con IEP – 3 mostrando el valor más alto (1734.7 mg/L), lo que insinúa una reunión significativa de minerales o contaminantes disueltos. Los valores de TDS en IEP – 2 son relativamente bajos (875.6 mg/L), indicando una mejor condición en cuanto a la concentración de sólidos.

d. Nitratos

Los niveles de nitratos fluctúan entre 12.5 mg/L y 83.5 mg/L. Aunque los niveles en IEP – 2 son bajos, algunos centros educativos, como IEP – 3 y IEP – 5, muestran concentraciones de nitratos cercanas a los 60-66 mg/L, lo que podría indicar polución por actividad agrícola o residuos de fertilizantes. Los nitratos en el H₂O pueden personificar un peligro para la salubridad, fundamentalmente para los niños.

e. Dureza

La dureza del agua muestra valores elevados, con los centros IEP – 3 y IEP – 5 alcanzando los valores más altos (632.6 mg/L y 569.4 mg/L, proporcionalmente). Esto podría mostrar una elevada concentración de calcio y magnesio, lo que puede conmovir el sabor del agua y dificultar el

proceso de lavado, pero generalmente no muestra un peligro grave para la salubridad.

f. Cloruros

Los niveles de cloruros están dentro de un rango aceptable, con valores que van a partir de 45.6 mg/L hasta 125.3 mg/L. Los cloruros en el agua generalmente no son peligrosos, pero su reunión elevada puede afectar el sabor del H₂O.

g. Arsénico

En los resultados de arsénico, los niveles registrados en algunas de las instituciones educativas muestran reuniones de 0.014 mg/L y 0.016 mg/L, lo que supera ligeramente la norma de condición ambiental del D.S. N° 004-2017-MINAM, que fija un valor máximo de 0.01 mg/L para el arsénico en el H₂O dulce.

h. Coliformes termotolerantes

Los NCT son preocupantes, especialmente en IEP – 3, que presenta una concentración de 150 NMP/100mL. Este parámetro indica polución fecal, lo cual muestra un peligro para la salubridad pública. Aunque IEP – 2 muestra un valor de menos de 3 NMP/100mL, lo que es ideal, los valores altos en otras instituciones evidencian la necesidad de tratar el agua adecuadamente.

i. E coli

E. coli, otro indicador de polución fecal, muestra valores preocupantes, especialmente en IEI – 1 y IEP – 3, con 43 NMP/100mL y 90 NMP/100mL, respectivamente. Los valores en otras escuelas son bajos, pero la presencia de E. coli siempre representa un riesgo sanitario significativo.

Resultados de temperatura

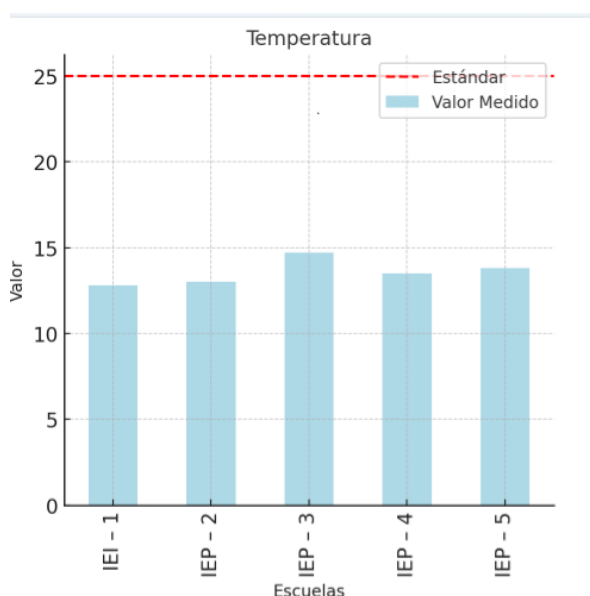
Tabla 5

Resultados de temperatura del primer monitoreo frente a la normativa vigente

Parámetro	Unidad	IEI – 1	IEP – 2	IEP – 3	IEP – 4	IEP – 5	ECA
Temperatura	°C	12.8	13.0	14.7	13.5	13.8	25

Figura 2

Resultados de temperatura frente a los ECA frente a la normativa vigente



Según las derivaciones conseguidas en la figura 2 manifiesta que todos los valores están adentro de un rango adecuado para la ingesta humana. No se observa ninguna diferencia significativa entre las instituciones, y la temperatura del H₂O no representa un peligro para la salubridad, pues se encuentra dentro de los límites aceptables.

Resultados de potencial de hidrogeno

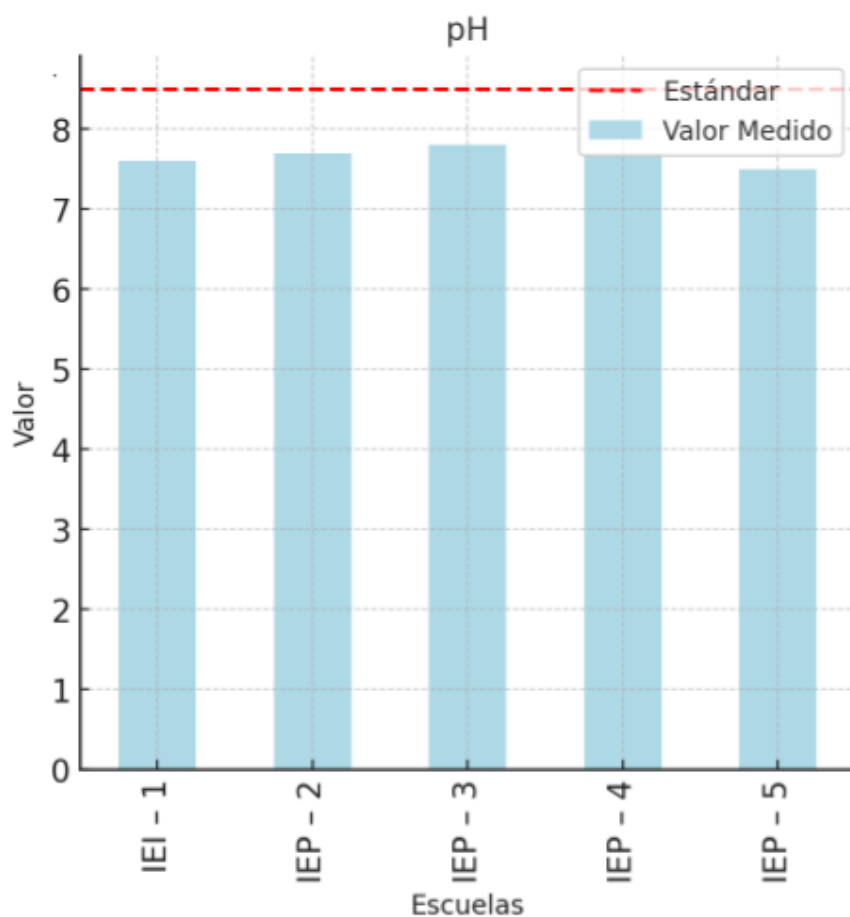
Tabla 6

Resultados del pH del primer monitoreo frente a la normativa vigente

Parámetro	Unidad	IEI – 1	IEP – 2	IEP – 3	IEP – 4	IEP – 5	ECA
pH	-	7.6	7.7	7.8	7.7	7.5	6.5 – 8.5

Figura 3

Resultados de pH frente a los ECA



Los niveles de pH se encuentran dentro del intervalo ideal (6.5 - 8.5) para agua potable, demostrando que el líquido tiene un equilibrio neutro a levemente alcalino, sin representar peligro alguno por su grado de acidez o basicidad.

Resultados de los sólidos totales disueltos

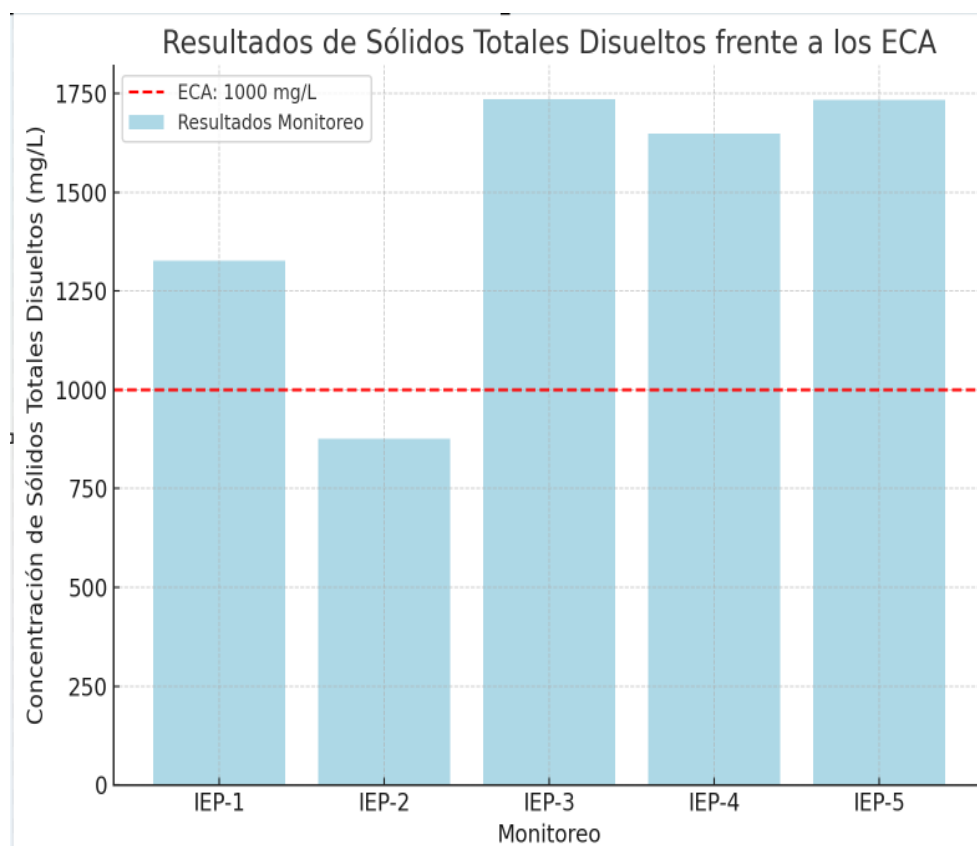
Tabla 7

Resultados de sólidos totales disueltos del primer monitoreo frente a la normativa vigente

Parámetro	Unidad	IEI - 1	IEP - 2	IEP - 3	IEP - 4	IEP - 5	ECA
Sólidos totales disueltos	mg/L	1326.4	875.6	1734.7	1647.5	1734.2	1000

Figura 4

Resultados de STD frente a los ECA



La figura 4 revela que ciertos valores, particularmente en las instituciones IEP-3 e IEP-5, exceden el límite establecido de 500 mg/L para agua de consumo. Esto sugiere que el recurso hídrico en estos planteles contiene elevados niveles de sólidos disueltos o sustancias indeseables, lo cual podría alterar sus propiedades organolépticas y, en casos de minerales peligrosos, convertirse en un potencial problema sanitario con exposición prolongada.

Resultados de nitratos

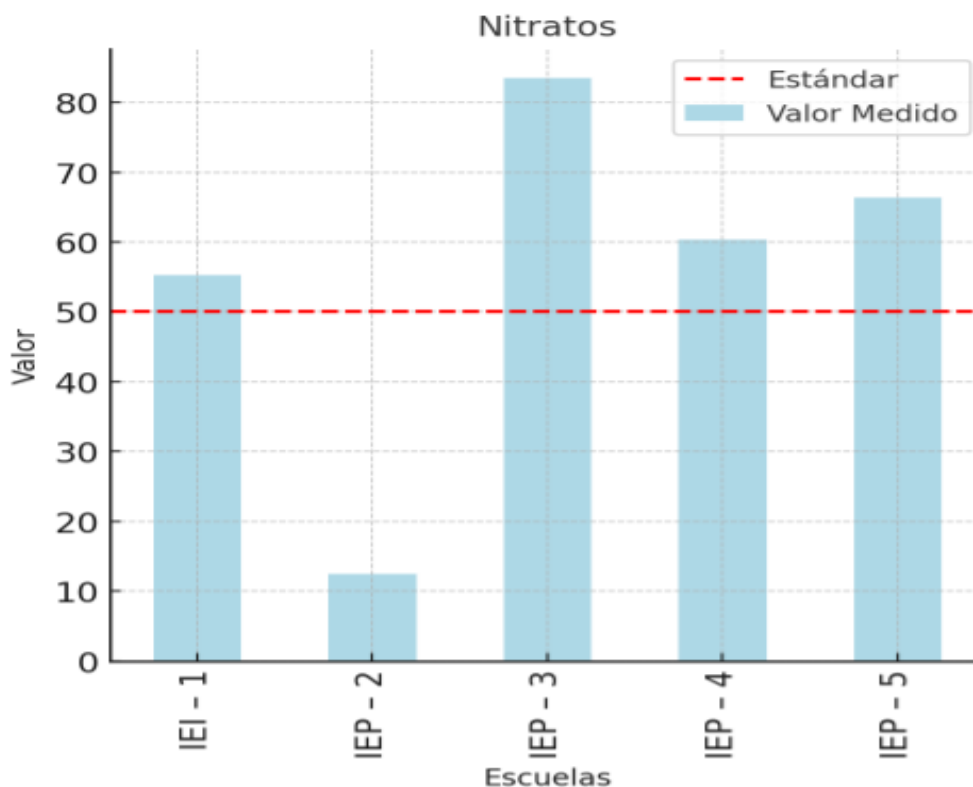
Tabla 8

Resultados de nitratos del primer monitoreo frente a la normativa vigente

Parámetro	Unidad	IEI – 1	IEP – 2	IEP – 3	IEP – 4	IEP – 5	ECA
Nitratos	mg/L	55.3	12.5	83.5	60.4	66.4	50

Figura 5

Resultados de nitratos frente a los ECA



Se puede ver en la figura las derivaciones de los nitratos frente a la normativa vigente y nos indica que algunos centros como IEP – 3 y IEP – 5 presentan niveles cercanos o superiores al límite recomendado de 50 mg/L. Los nitratos son peligrosos, especialmente para los niños, ya que pueden producir síndrome del bebé azul o metahemoglobinemia. Es necesario tratar estos niveles elevados para prevenir riesgos a la salud.

Resultados de la dureza

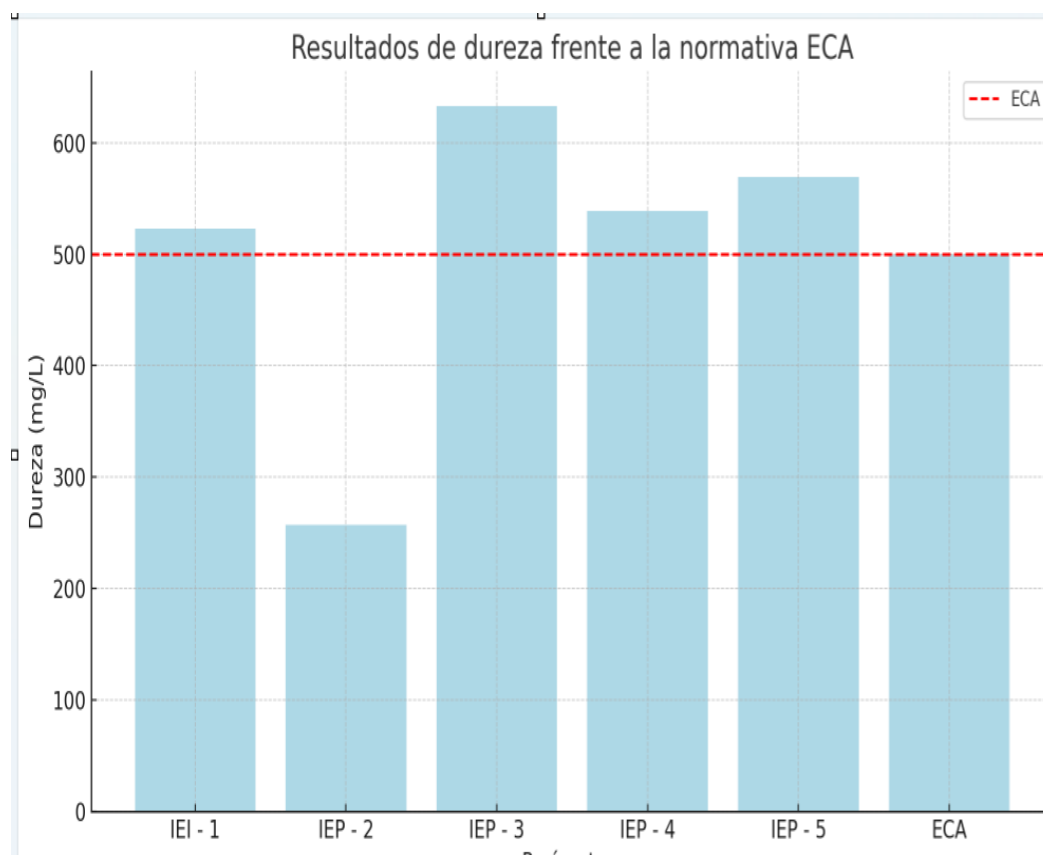
Tabla 9

Resultados de la dureza del primer monitoreo frente a la normativa vigente

Parámetro	Unidad	IEI – 1	IEP – 2	IEP – 3	IEP – 4	IEP – 5	ECA
Dureza	mg/L	523.1	257.3	632.6	538.5	569.4	500

Figura 6

Resultados de la dureza frente a los ECA



Según los resultados obtenidos los valores elevados en varias instituciones indican que el agua es dura, lo que podría afectar el sabor y la eficiencia del lavado, además de provocar la acumulación de cal en equipos y tuberías.

Resultados de cloruros

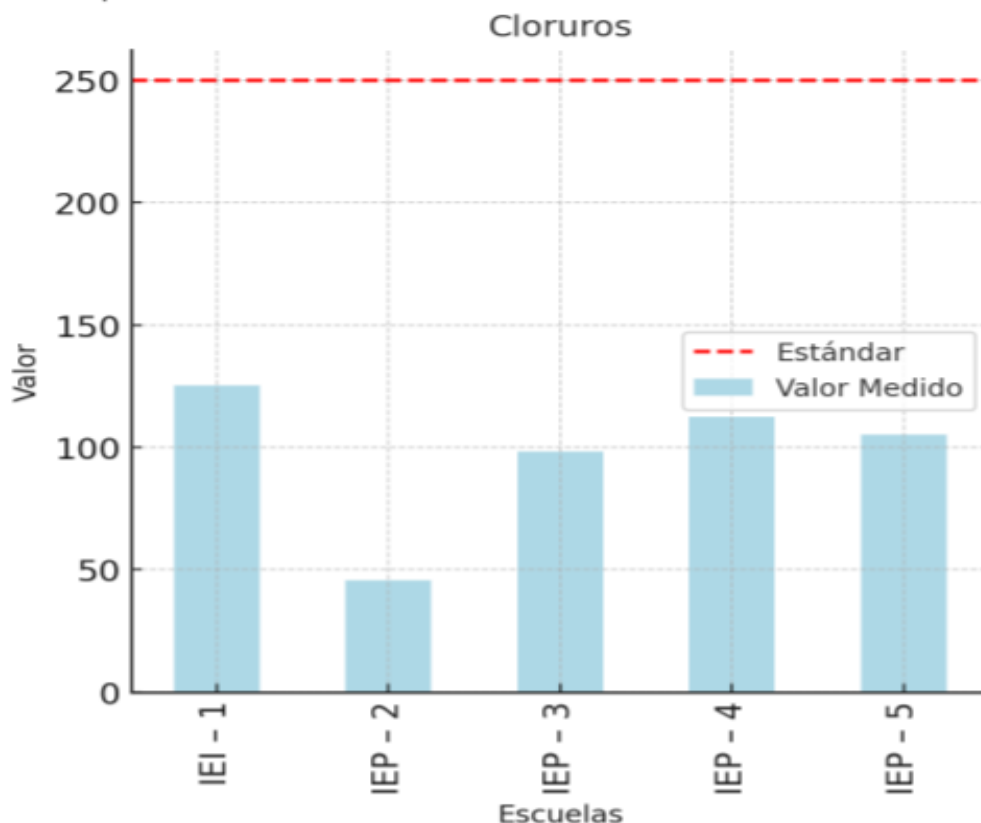
Tabla 10

Resultados de cloruros del primer monitoreo frente a la normativa vigente

Parámetro	Unidad	IEI - 1	IEP - 2	IEP - 3	IEP - 4	IEP - 5	ECA
Cloruros	mg/L	125.3	45.6	98.4	112.4	105.3	250

Figura 7

Resultados de los cloruros frente a los ECA



Los análisis demuestran que las mediciones se sitúan dentro del límite permisible de 250 mg/L. Si bien los contenidos de cloruros en los planteles educativos no implican peligro sanitario inmediato, elevadas concentraciones podrían alterar las características organolépticas del agua y limitar su uso cotidiano.

Resultados de arsénico

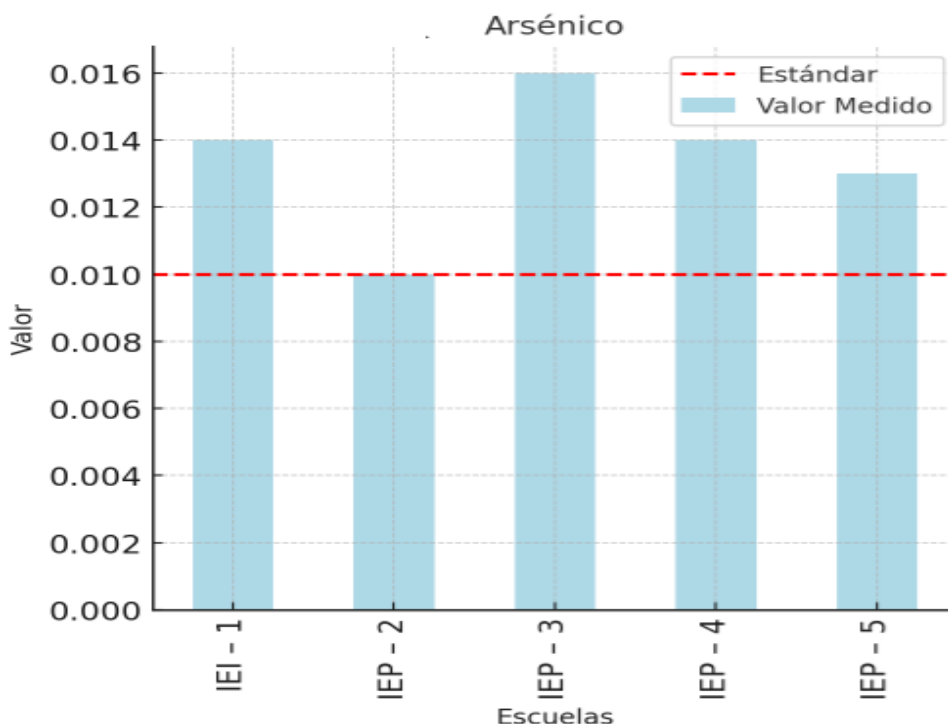
Tabla 11

Resultados del arsénico del primer monitoreo frente a la normativa vigente

Parámetro	Unidad	IEI - 1	IEP - 2	IEP - 3	IEP - 4	IEP - 5	ECA
Arsénico	mg/L	0.014	0.010	0.016	0.014	0.013	0.010

Figura 8

Resultados de arsénico frente a los ECA



El valor máximo autorizado para el As en el agua dulce es 0.01 mg/L, por lo que algunos centros como IEP – 3 y IEP – 5 presentan valores ligeramente por encima de este límite. Aunque el exceso es ligero, la exhibición prolongada a niveles de As superiores a los límites recomendados puede causar enfermedades graves. Es recomendable aplicar tecnologías de remoción de arsénico en estas instituciones.

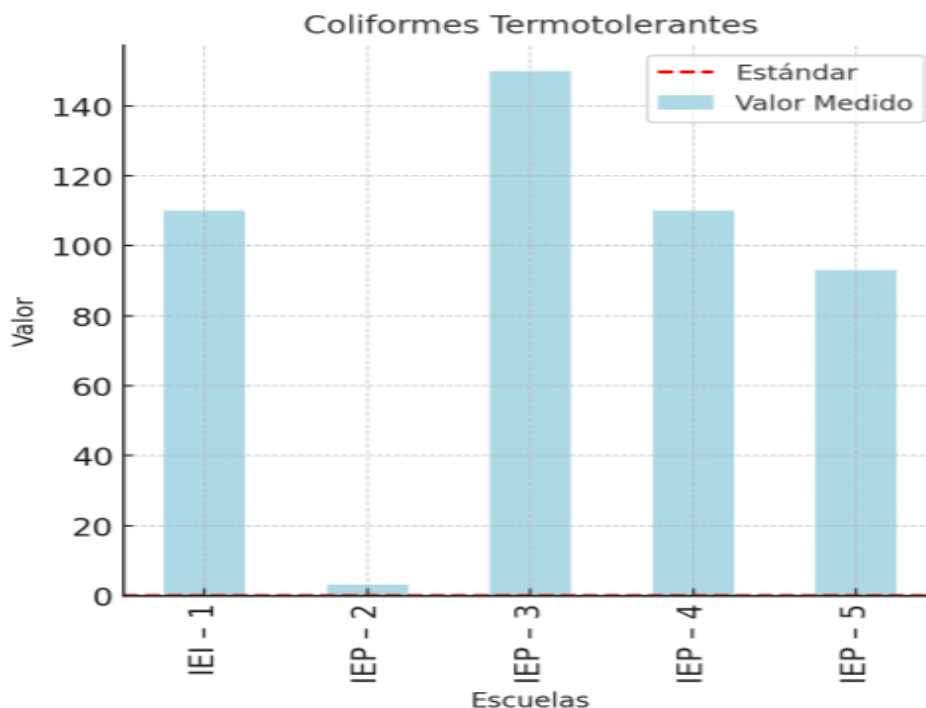
Tabla 12

Resultados de los coliformes termotolerantes del primer monitoreo frente a la normativa vigente

Parámetro	Unidad	IEI – 1	IEP – 2	IEP – 3	IEP – 4	IEP – 5	ECA
Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	110	<3	150	110	93	0

Figura 9

Resultados de coliformes termotolerantes frente a los ECA



Según los resultados obtenidos algunos centros, como IEP – 3, los niveles de coliformes termotolerantes son muy altos, indicando polución fecal del agua, lo que representa un grave riesgo sanitario. Este parámetro requiere una intervención urgente, como la desinfección o el uso de sistemas de filtración adecuados para evitar enfermedades transmitidas por el agua.

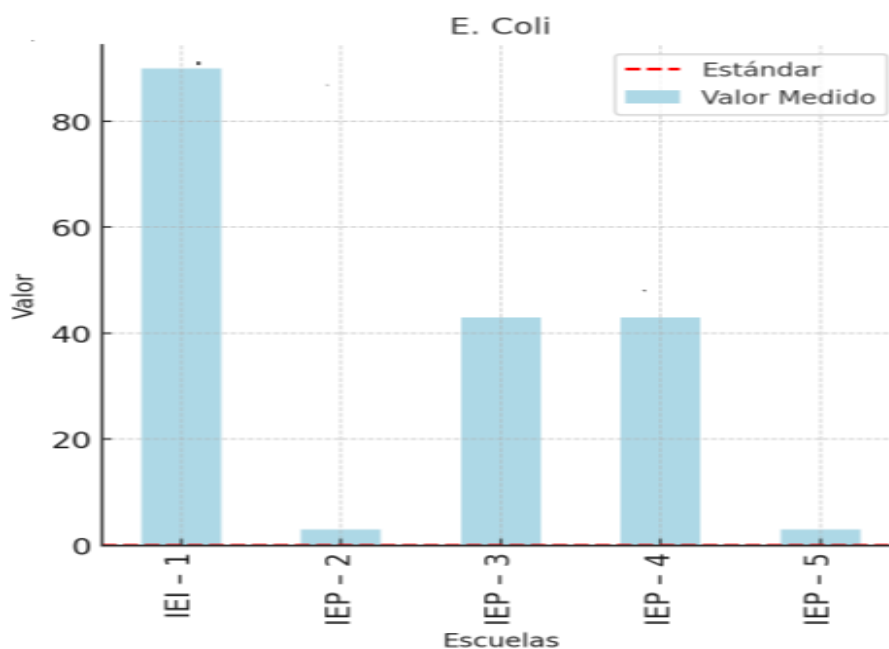
Tabla 13

Resultados de Escherichia coli del primer monitoreo frente a la normativa vigente

Parámetro	Unidad	IEI – 1	IEP – 2	IEP – 3	IEP – 4	IEP – 5	ECA
E Coli	NMP/100mL	90	<3	43	43	<3	0

Figura 10

Resultados de E coli frente a los ECA



La existencia de E. coli en el H₂O es un indicador claro de contaminación fecal. Los valores en varias instituciones educativas superan los niveles aceptables, especialmente en IEI – 1 y IEP – 3, lo cual muestra un peligro para la salubridad. Este parámetro asimismo debe ser tratado mediante sistemas de desinfección o filtración eficiente para asegurar el agua potable.

Tabla 14

Resultados del segundo monitoreo

Parámetro	Unidad	IEI – 1	IEP – 2	IEP – 3	IEP – 4	IEP – 5
Temperatura	°C	12.2	12.6	12.8	13.1	13.3
pH	-	7.4	7.6	7.5	7.5	7.7
Sólidos totales disueltos	mg/L	1506.4	735.6	1624.1	1723.4	1693.2
Nitratos	mg/L	52.3	14.2	90.5	73.2	69.1
Dureza	mg/L	505.2	217.4	613.5	555.2	587.4
Cloruros	mg/L	105.3	32.6	110.5	117.5	99.3
Arsénico	mg/L	0.012	0.010	0.014	0.012	0.015
Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	93	<3	110	93	90
E Coli	NMP/100mL	43	<3	70	43	<3



a. Temperatura

Los valores de temperatura oscilan entre 12.2°C y 13.3°C, que siguen siendo adecuados para la ingesta humana, sin representar un peligro para la salubridad, pues no afectan significativamente la condición microbiológica del agua.

b. pH

Los niveles de pH oscilan entre 7,4 y 7,7, ubicándose dentro del intervalo ideal (6,5 - 8,5) establecido para agua de consumo humano, lo que muestra que el H₂O es neutral a ligeramente alcalina, sin efectos negativos en la salud.

c. Solidos totales disueltos

Los valores de TDS oscilan entre 735.6 mg/L y 1723.4 mg/L, con algunas instituciones, como IEP – 3, mostrando un valor muy alto (1624.1 mg/L) que supera los 500 mg/L recomendados para agua dulce. Esto insinúa una alta reunión de minerales disueltos en el H₂O, lo que podría afectar el sabor y la salud a largo plazo si los minerales tóxicos están presentes.

d. Nitratos

Las reuniones de nitratos oscilan entre 14,2 mg/L y 90,5 mg/L, destacando que en la IEP-3 se registró el valor máximo (90,5 mg/L), el cual excede el nivel seguro de 50 mg/L. Esta polución por nitratos constituye un peligro para la salud pública, particularmente en población infantil, debido a su asociación con metahemoglobinemia y cianosis infantil. Se requiere implementar medidas correctivas inmediatas en los sistemas de abastecimiento afectados.

e. Dureza

La dureza altera entre 217.4 mg/L y 613.5 mg/L. Algunos centros educativos como IEP – 3 tienen agua dura, lo que puede conmovir el sabor del H₂O y generar problemas en la limpieza. Aunque no es un peligro para la salud, se debe considerar la utilización de ablandadores de agua en áreas con alta dureza.

f. Cloruros

Los niveles de cloruros son adecuados, variando entre 32.6 mg/L y 117.5 mg/L, lo que está adentro del límite recomendado de 250 mg/L para agua potable. No representan un peligro para la salubridad, pero niveles elevados podrían afectar el gustillo del H₂O.

g. Arsénico

Los valores de arsénico se encuentran entre 0.010 mg/L y 0.015 mg/L, que superan ligeramente el límite recomendado de 0.01 mg/L en algunas escuelas. Aunque el exceso es pequeño, el arsénico es una polución tóxica y su existencia en el H₂O a largo plazo puede ocasionar problemas de salud graves, como cáncer y daño en el sistema nervioso. Se recomienda implementar tecnologías para remover el arsénico del agua.

h. Coliformes termotolerantes

Los valores de coliformes termotolerantes son preocupantes, especialmente en IEP – 3, que presenta 110 NMP/100mL. Este es un despejado indicativo de polución fecal, lo cual representa un peligro sanitario. Aunque otras instituciones tienen niveles bajos o ausentes, como IEP – 2, se debe mejorar la desinfección del agua en las escuelas con alta presencia de coliformes.

i. E. coli

Los niveles de E. coli son elevados en IEI – 1 y IEP – 3, con 43 NMP/100mL y 70 NMP/100mL, respectivamente. La presencia de E. coli muestra polución fecal reciente y es un indicador de peligro inmediato para la salubridad. En IEP – 2 y IEP – 5, los niveles son bajos o inexistentes, lo que sugiere una mejor condición del agua en esos centros.

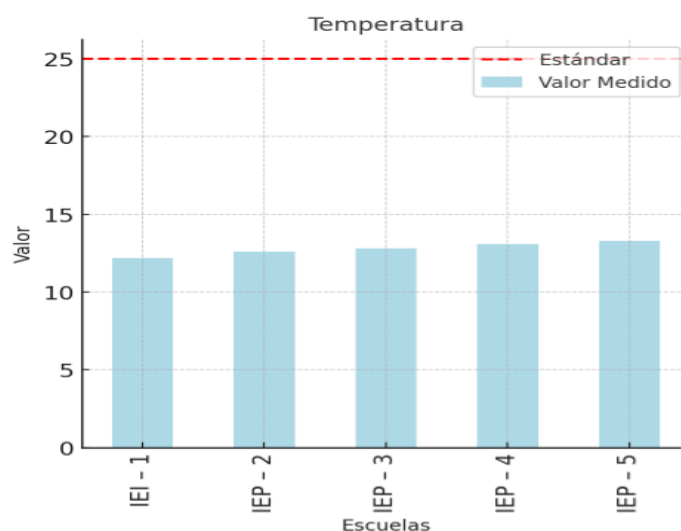
Tabla 15

Resultados de la temperatura del segundo monitoreo frente a la normativa vigente

Parámetro	Unidad	IEI – 1	IEP – 2	IEP – 3	IEP – 4	IEP – 5	ECA
Temperatura	°C	12.2	12.6	12.8	13.1	13.3	25

Figura 11

Resultados de temperatura frente a los ECA



Los valores de temperatura en las instituciones varían entre 12.2°C y 13.3°C. Todos los valores están por debajo de los 25°C recomendados, lo cual es adecuado para la ingesta humana. No hay peligro asociado con la temperatura, y las diferencias entre las escuelas son mínimas, lo cual insinúa que las fuentes de H₂O no presentan una temperatura que favorezca el crecimiento de microorganismos patógenos.

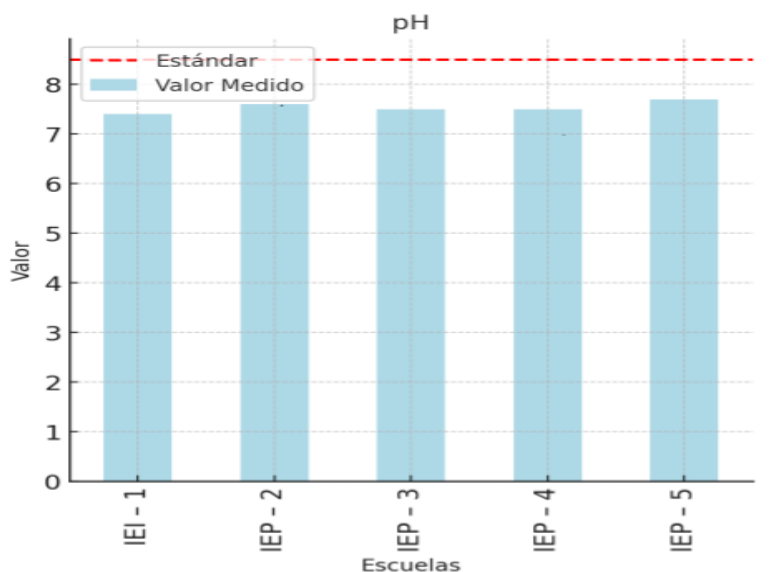
Tabla 16

Resultados de pH del segundo monitoreo frente a la normativa vigente

Parámetro	Unidad	IEI – 1	IEP – 2	IEP – 3	IEP – 4	IEP – 5	ECA
pH	-	7.4	7.6	7.5	7.5	7.7	6.5 – 8.5

Figura 12

Resultados de pH frente a los ECA



El pH se encuentra entre 7.4 y 7.7, lo que se encuentra dentro del rango óptimo de 6.5 a 8.5 recomendado para el H₂O dulce. Esto significa que el H₂O en las escuelas no presenta características extremas de acidez o alcalinidad, lo que es positivo para el consumo y también para la seguridad de los procesos de procesamiento del H₂O.

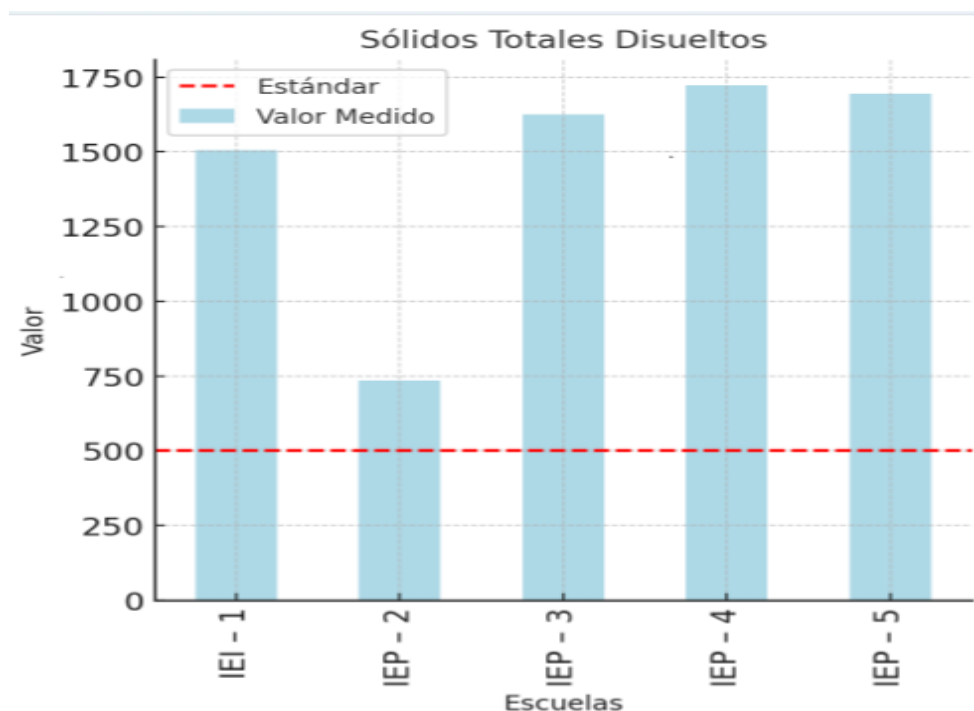
Tabla 17

Resultados de solidos totales disueltos del segundo monitoreo frente a la normativa vigente

Parámetro	Unidad	IEI – 1	IEP – 2	IEP – 3	IEP – 4	IEP – 5
Solidos totales disueltos	mg/L	1506.4	735.6	1624.1	1723.4	1693.2

Figura 13

Resultados de STD frente a los ECA



Los valores de TDS oscilan entre 735.6 mg/L (IEP – 2) y 1734.2 mg/L (IEP – 5), lo que sobrepasa ampliamente el límite recomendado de 500 mg/L para agua potable. Las altas manifestaciones de TDS sugieren una mineralización excesiva o presencia de sustancias disueltas en el agua. Si bien no implican un peligro sanitario agudo, estos valores pueden alterar las propiedades organolépticas del recurso hídrico y comprometer su idoneidad para usos domésticos básicos, comprendiendo aseo personal y tratamiento de alimentos.

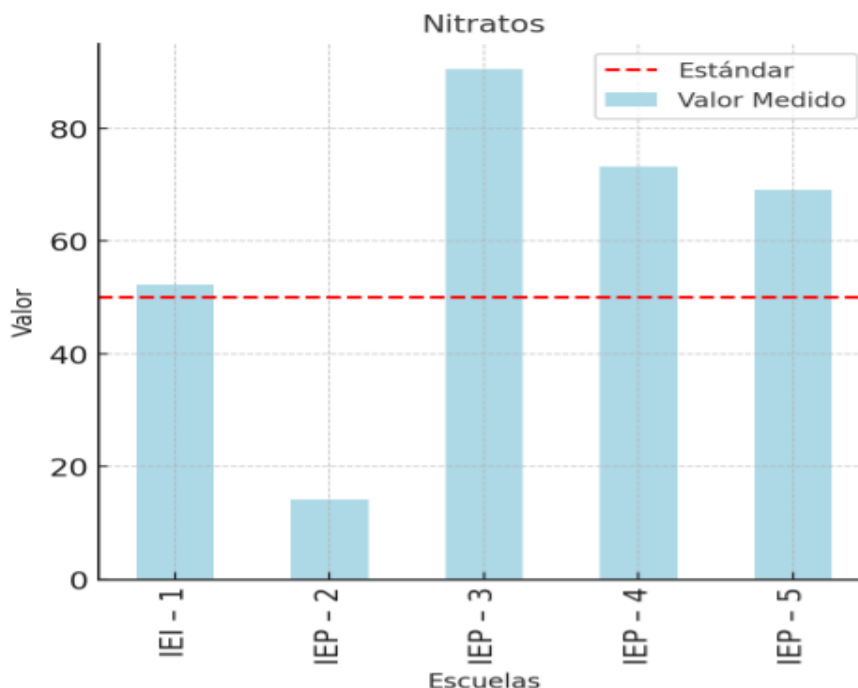
Tabla 18

Resultados de nitratos del segundo monitoreo frente a la normativa vigente

Parámetro	Unidad	IEI – 1	IEP – 2	IEP – 3	IEP – 4	IEP – 5	ECA
Nitratos	mg/L	52.3	14.2	90.5	73.2	69.1	50

Figura 14

Resultados de nitratos frente a los ECA



Los niveles de nitratos varían de 14.2 mg/L a 90.5 mg/L. En IEP – 3 y IEP – 5, los valores de nitratos están por encima del límite recomendado de 50 mg/L, lo cual personifica un peligro para la salubridad, fundamentalmente para los niños. Los nitratos en altas concentraciones pueden producir síndrome del bebé azul o metahemoglobinemia, lo que hace urgente la necesidad de tratar el agua para reducir su concentración.

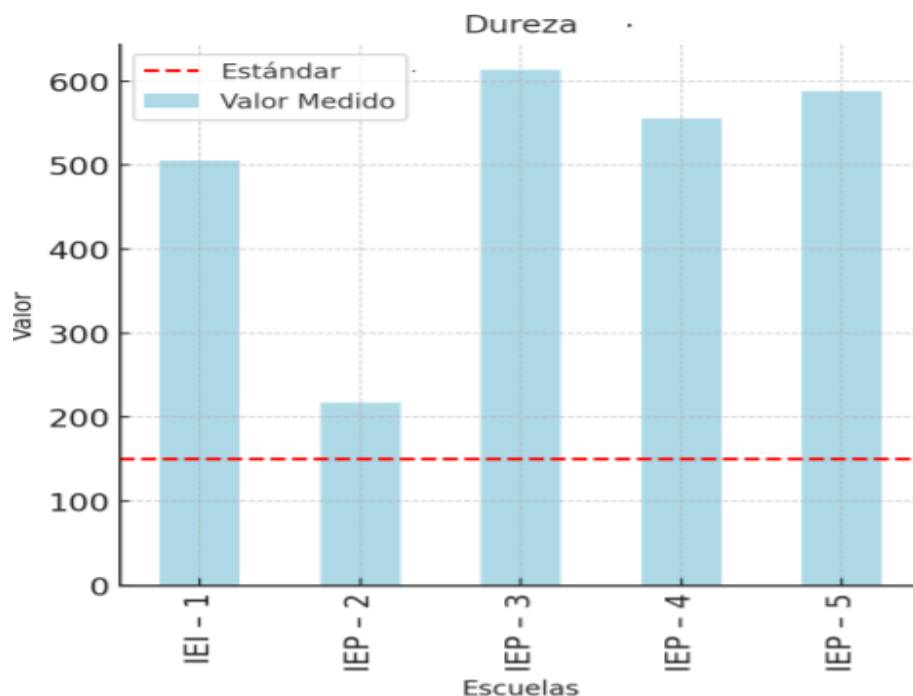
Tabla 19

Resultados de la dureza del segundo monitoreo frente a la normativa vigente

Parámetro	Unidad	IEI – 1	IEP – 2	IEP – 3	IEP – 4	IEP – 5	ECA
Dureza	mg/L	505.2	217.4	613.5	555.2	587.4	500

Figura 15

Resultados de dureza frente a los ECA



Los análisis revelan una dureza hídrica que oscila entre 217,4 mg/L (IEP-2) y 613,5 mg/L (IEP-3), demostrando la presencia significativa de iones cálcicos y magnésicos, particularmente en ciertos planteles educativos. Estos valores superan considerablemente los parámetros de agua blanda. El agua dura no personifica un peligro para la salud, pero puede afectar el gustillo y causar la acumulación de sarro en tuberías y electrodomésticos. Además, puede interferir con los detergentes y la eficiencia de los lavados.

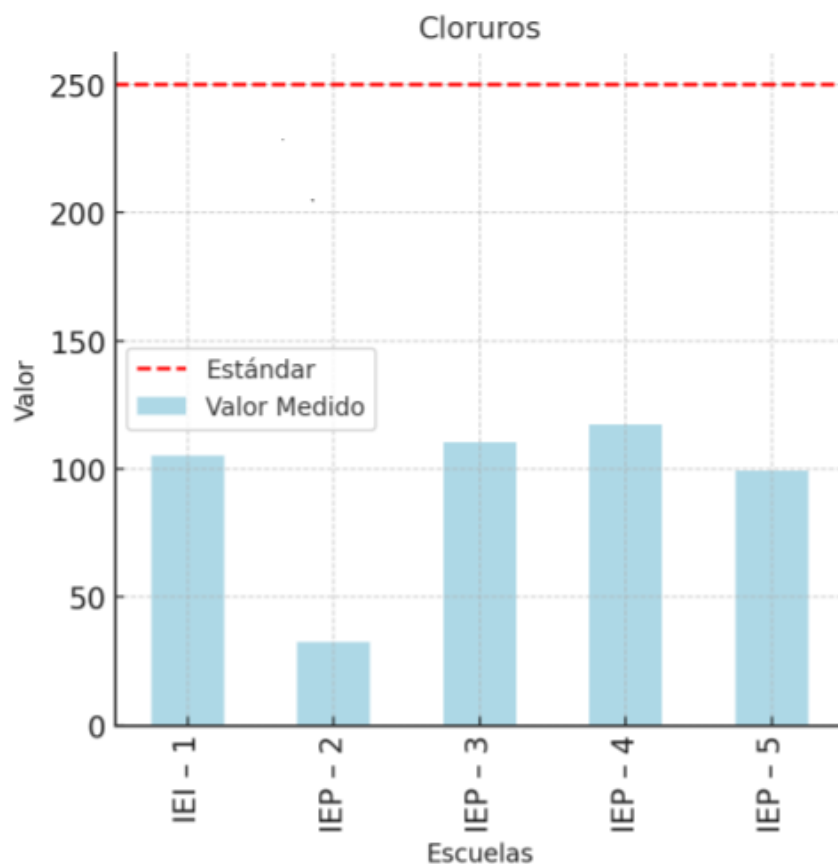
Tabla 20

Resultados de cloruros del segundo monitoreo frente a la normativa vigente

Parámetro	Unidad	IEI-1	IEP-2	IEP-3	IEP-4	IEP-5	ECA
Cloruros	mg/L	105.3	32.6	110.5	117.5	99.3	250

Figura 16

Resultados de cloruros frente a los ECA



Los niveles de cloruros varían entre 32.6 mg/L (IEP – 2) y 117.5 mg/L (IEP – 4), todos dentro de un rango seguro. Los cloruros no representan un peligro significativo para la salubridad, aunque concentraciones elevadas pueden conmovir el sabor del H₂O y el desgaste de las tuberías. Sin embargo, los valores de cloruros en estas escuelas no superan los 250 mg/L recomendados para agua potable.

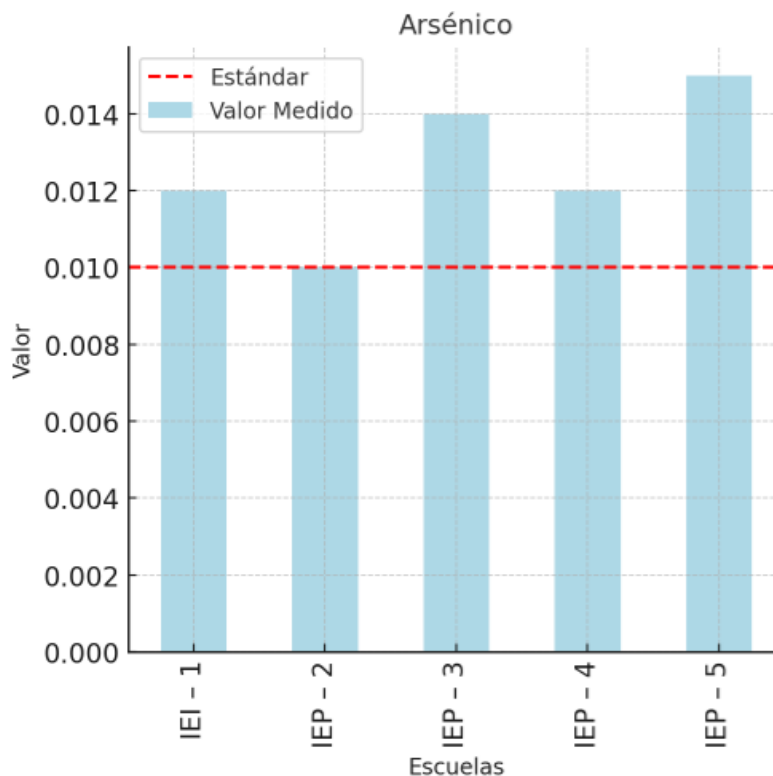
Tabla 21

Resultados de arsénico del segundo monitoreo frente a la normativa vigente

Parámetro	Unidad	IEI – 1	IEP – 2	IEP – 3	IEP – 4	IEP – 5	ECA
Arsénico	mg/L	0.012	0.010	0.014	0.012	0.015	0.010

Figura 17

Resultados de arsénico frente a los ECA



Los valores de arsénico oscilan entre 0.010 mg/L y 0.015 mg/L, ligeramente por encima del límite recomendado de 0.01 mg/L en algunas instituciones. Aunque el exceso es pequeño, el arsénico es un contaminante tóxico que a largo plazo puede causar enfermedades graves como cáncer y daño a órganos vitales. Es recomendable implementar sistemas de remoción de arsénico para garantizar la seguridad del agua a largo plazo.

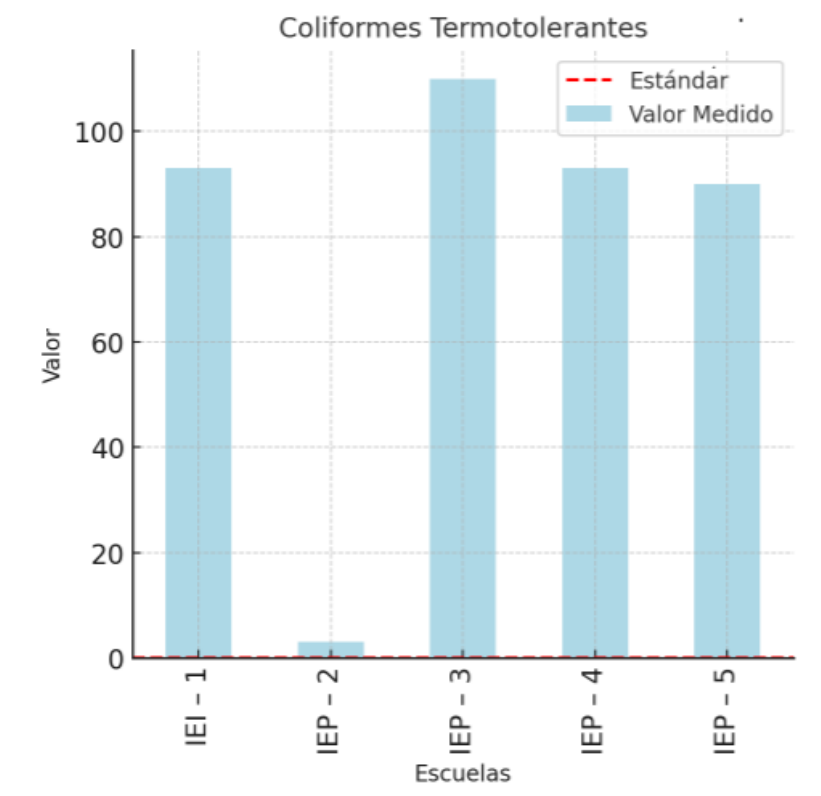
Tabla 22

Resultados de coliformes termotolerantes del segundo monitoreo frente a la normativa vigente

Parámetro	Unidad	IEI - 1	IEP - 2	IEP - 3	IEP - 4	IEP - 5	ECA
Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	93	<3	110	93	90	0

Figura 18

Resultados de coliformes termotolerantes frente a los ECA

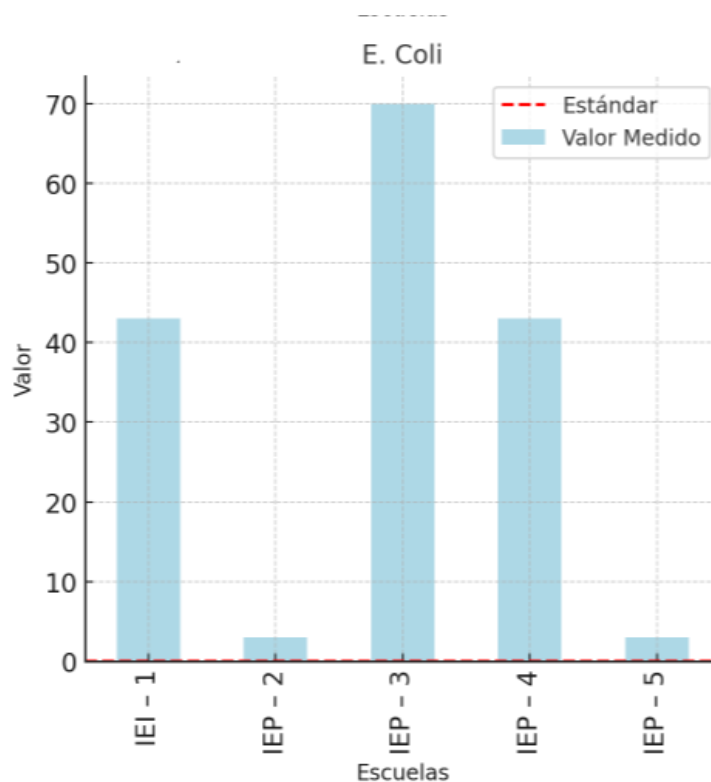


Los niveles de Col. termotolerantes varían entre <3 NMP/100mL y 110 NMP/100mL. Los valores más altos se registran en IEP – 3 (110 NMP/100mL) y IEP – 1 (93 NMP/100mL), lo cual muestra una polución fecal significativa en estas escuelas. La existencia de coliformes muestra que el H₂O no es segura para la ingesta y necesita ser tratada de inmediato para evitar padecimientos dados por el H₂O.

Tabla 23

Resultados de Escherichia coli del segundo monitoreo frente a la normativa vigente

Parámetro	Unidad	IEI – 1	IEP – 2	IEP – 3	IEP – 4	IEP – 5	ECA
E Coli	NMP/100mL	43	<3	70	43	<3	0

Figura 19*Resultados de E coli frente a los ECA*

Los niveles de E. coli varían entre <math><3\text{ NMP}/100\text{mL}</math> y 2O está polucionada con patógenos que pueden causar enfermedades graves, como diarreas y cólera. Es fundamental que se apliquen métodos de asepsia y filtración para avalar la pureza del H₂O.

Objetivo específico 2: Determinar la viabilidad de métodos de tratamiento del agua que sean accesibles y adecuados para las condiciones de las escuelas rurales en el distrito de Putina.

Para determinar la viabilidad de los métodos de procesamiento del H₂O que sean accesibles y adecuados para las condiciones de las escuelas rurales del distrito de Putina, se considera varios aspectos clave de las derivaciones emanadas. Posteriormente, se puntualiza los métodos de procesamientos estimados en el actual propósito

Tabla 24

Viabilidad de los métodos de tratamiento

Método de tratamiento	Eficiencia en la remoción de contaminantes	Fácil de implementación	Sostenibilidad	Requisitos adicionales	Recomendación
Desinfección con cloro	Alta (eficaz contra coliformes y E. coli)	Fácil	Alta	Capacitación en el uso del cloro	Muy recomendada, especialmente en áreas con alta contaminación microbiológica
Desinfección solar	Alta (elimina patógenos mediante radiación solar)	Fácil, pero depende de las condiciones climáticas	Alta	Necesita botellas plásticas transparentes y buen acceso al sol	Recomendado en áreas con suficiente luz solar, de bajo costo y mantenimiento
Biofiltros (arena y carbón activado)	Alta (elimina partículas y algunos patógenos)	Moderada, requiere algunos conocimientos	Moderada	Mantenimiento periódico del filtro	Recomendado para optimar la condición del agua en fuentes turbias
Filtración de arsénico	Alta (elimina de fuentes contaminadas)	Moderada	Alta	Necesita materiales como óxido de hierro o arcilla	Recomendado para fuentes con arsénico, pero no en todas las escuelas
Desnitrificación	Alta (reduce nitratos de fuentes contaminadas)	Moderada a difícil	Moderada	Equipos específicos, monitoreo continuo	Recomendado en áreas con altos niveles de nitratos, pero costoso y técnico

Según lo plasmado en la tabla se da a entender lo siguiente

- **Eficiencia en la Remoción de Contaminantes:** Indica la capacidad de cada método para excluir las poluciones existentes en el H₂O, como coliformes, E. coli, arsénico, nitratos y otros.
- **Facilidad de Implementación:** Indica lo fácil o difícil que es implementar el método en las escuelas rurales, considerando la infraestructura y los conocimientos locales disponibles.
- **Sostenibilidad:** Evalúa si el método puede mantenerse en funcionamiento a largo plazo con los recursos disponibles en la comunidad escolar.
- **Requisitos Adicionales:** Menciona si el método requiere condiciones especiales o recursos adicionales, como luz solar o materiales específicos.
- **Recomendación:** Una recomendación basada en los resultados obtenidos y la adecuación de cada método a las condiciones locales.

Las derivaciones conseguidas exponen que existen varios métodos de procesamiento accesibles y adecuados para las escuelas rurales del distrito de Putina, como la desinfección con cloro, la desinfección solar (SODIS) y los biofiltros. Estos métodos son efectivos, de bajo costo y fácilmente implementables con los recursos disponibles en la región. Sin embargo, es necesario abordar problemas específicos como el arsénico y los nitratos, para lo cual se deben considerar métodos adicionales como la remoción de arsénico y desnitrificación, que, aunque son efectivos, pueden requerir un mayor costo inicial y mantenimiento. La capacitación de la comunidad y el monitoreo constante son fundamentales para garantizar la sostenibilidad de las soluciones implementadas.

Objetivo específico 3: Proponer recomendaciones para mejorar el acceso a agua potable en las escuelas rurales, considerando las soluciones de tratamiento más eficaces y sostenibles.

1. Análisis de resultados del monitoreo de calidad del agua

El estudio de condición hídrica realizado en los cinco planteles educativos del distrito de San Antonio de Putina evidencia múltiples deficiencias que requieren intervención inmediata para garantizar el suministro de agua apta para el consumo humano. Los parámetros más preocupantes fueron:

- **Contaminación microbiológica:** La existencia de coliformes termotolerantes y E. coli en varias escuelas (especialmente en IEP – 3 y IEI – 1) indica una clara polución fecal del H₂O, lo cual representa un peligro para la salubridad de los estudiantes.
- **Elevados niveles de nitratos:** Los niveles elevados de nitratos en algunas escuelas, como IEP – 3 y IEP – 5, superan el límite

recomendado de 50 mg/L, lo cual podría producir problemáticas de salubridad, especialmente en bebés y niños pequeños.

- **Presencia de arsénico:** Los niveles de As en algunas instituciones, como IEP – 5, superan ligeramente el límite de 0.01 mg/L, lo que representa un riesgo tóxico a largo plazo para los estudiantes.

2. Recomendaciones para mejorar el acceso a agua potable

Desde las derivaciones conseguidas, se proponen las siguientes recomendaciones para mejorar el acceso a H₂O potable segura en las escuelas rurales de Putina, considerando los métodos de procesamiento más eficaces y sostenibles:

a. Implementación de métodos de tratamiento microbiológico

Desinfección con Cloro

- **Recomendación:** La desinfección con cloro es uno de los métodos más eficaces y accesibles para eliminar coliformes termotolerantes y **E. coli**. Este método es económico y fácil de implementar, utilizando tabletas de cloro o hipoclorito de sodio.
- **Justificación:** En las escuelas donde se detectó polución microbiológica, la **desinfección con cloro** garantiza la exclusión de los **patógenos** y hace el H₂O segura para la ingesta. El adiestramiento del personal en la dosificación correcta de cloro es esencial para evitar efectos negativos derivados de la sobredosis.

Desinfección Solar (SODIS)

- **Recomendación:** En áreas con suficiente luz solar, se recomienda la implementación del método de desinfección solar (SODIS), que utiliza

botellas plásticas transparentes para eliminar patógenos mediante la radiación solar.

- **Justificación:** Este método es muy económico y requiere poco mantenimiento, lo cual lo transforma en una excelente elección para áreas rurales con bajos recursos. Además, el SODIS es especialmente útil en zonas con altas temperaturas y buen acceso a luz solar.

b. Reducción de Nitratos en el agua

Uso de Biofiltros

- **Recomendación:** Para reducir los niveles de nitratos, se sugiere el uso de biofiltros que emplean materiales como arena, carbón activado o zeolita. Estos filtros son efectivos para eliminar nitratos y partículas suspendidas en el agua.
- **Justificación:** Los biofiltros son una solución accesible y sostenible, ya que utilizan materiales locales de bajo costo. Su mantenimiento es relativamente sencillo y no requiere tecnología avanzada. Además, su implementación no depende de recursos externos y puede realizarse a nivel local.

c. Remoción de arsénico

Filtros de Arcilla con Adsorción de Arsénico

- **Recomendación:** En escuelas donde los niveles de arsénico superan los límites permitidos, se recomienda la implementación de filtros de arcilla con materiales adsorbentes, como óxido de hierro.
- **Justificación:** Estos filtros son una tecnología asequible y a bajo coste que permite remover arsénico eficazmente. Dado que el



arsénico es un contaminante tóxico, la eliminación efectiva de este contaminante es esencial para la salubridad a largo plazo de los estudiantes. Además, los filtros de arcilla son fáciles de fabricar localmente y no requieren insumos costosos.

d. Implementación de sistemas de monitoreo de calidad del agua

Monitoreo Periódico

- **Recomendación:** Es esencial establecer un sistema de monitoreo periódico de la condición del H₂O en las escuelas rurales para garantizar que los métodos de procesamiento sean efectivos a lo largo del tiempo.
- **Justificación:** El monitoreo constante permitirá detectar cualquier cambio en la condición del H₂O y tomar medidas correctivas rápidamente. Además, proporcionará datos para valorar la seguridad de las tecnologías implementadas y concordar las habilidades de procesamiento si es necesario.

e. Capacitación y sensibilización comunitaria

Programas de Capacitación

- **Recomendación:** Se debe ofrecer capacitación continua al personal educativo, estudiantes y comunidad sobre la usanza y sustento adecuado de los métodos de procesamiento del H₂O.
- **Justificación:** La capacitación comunitaria es fundamental para garantizar que los métodos de procesamiento sean eficaces y sostenibles. Además, el conocimiento sobre la importancia de la condición del H₂O ayudará a sensibilizar a la colectividad y a involucrar a todos en la preservación de los recursos del H₂O.

Prueba de hipótesis

Planteamiento de la hipótesis estadística (Para Parámetros Físico-Químicos)

H_0 : La media de concentración de cada parámetro físico-químico (sólidos totales disueltos, nitratos, dureza, cloruros, arsénico, pH, temperatura) en el agua de consumo de las escuelas rurales del distrito de Putina es menor o igual al valor establecido en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA)

H_1 : La media de concentración de al menos uno de los parámetros físico-químicos evaluados en el agua de consumo de las escuelas rurales del distrito de Putina supera significativamente el valor fijado en los ECAs

Tabla 25

Prueba T para Muestras Apareadas, de los parámetros físico-químicos

		Estadístico	gl	p
IEI – 1	ECA	0.894	11	0.391
IEP – 2	ECA	-3.626	11	0.004
IEP – 3	ECA	1.413	11	0.185
IEP – 4	ECA	1.237	11	0.242
IEP – 5	ECA	1.284	11	0.226

La tabla 25 evidencia la comparación Instituciones vs ECA: Análisis Detallado

- IEI-1 vs ECA ($t = 0.894$, $gl = 11$, $p = 0.391$). La Institución Educativa Inicial N°1 presenta un estadístico t positivo bajo (0.894), lo que indica una diferencia pequeña entre sus parámetros físico-químicos y los valores de referencia del ECA. El valor p de 0.391 (39.1%) es muy superior al de la significancia (0.05). No hay evidencia estadística para afirmar que el agua de la IEI-1 incumple los estándares.



- EP-2 vs ECA ($t = -3.626$, $gl = 11$, $p = 0.004$). Esta es la comparación más crítica del estudio. El estadístico t negativo de gran magnitud (-3.626) indica una diferencia sustancial y sistemática entre los parámetros del agua en la IEP-2 y los límites establecidos por los ECA. El valor p extremadamente bajo (0.004) Conclusión: Se rechaza H_0 para la IEP-2. Existe evidencia estadística contundente de que al menos uno de los parámetros físico-químicos (sólidos totales disueltos, nitratos, dureza, cloruros, arsénico, pH o temperatura) excede significativamente los estándares permitidos
- IEP-3 vs ECA ($t = 1.413$, $gl = 11$, $p = 0.185$). El estadístico t positivo moderado (1.413) sugiere una ligera diferencia media, pero el valor p de 0.185 está por encima de la significancia 0.05 . No hay evidencia estadística suficiente para afirmar incumplimiento de los ECA en la IEP-3.
- IEP-4 vs ECA ($t = 1.237$, $gl = 11$, $p = 0.242$). Similar al caso anterior, el t positivo (1.237) indica una diferencia leve, pero el valor p de 0.242 refleja una alta probabilidad, indicando cumplimiento general con los estándares.
- IEP-5 vs ECA ($t = 1.284$, $gl = 11$, $p = 0.226$). Los resultados muestran un patrón similar a las IEP-3 e IEP-4, con un t positivo (1.284) pero un valor p no significativo de 0.226 . Conclusión: No existe evidencia estadística para rechazar H_0 en la IEP-5.

De las cinco comparaciones con los ECA, únicamente la IEP-2 presenta una desviación estadísticamente significativa ($p = 0.004$). Este resultado es suficiente para descartar la H_0 y aceptar la H_1 , ya que esta última establece que "al menos uno de los parámetros físico-químicos evaluados supera significativamente el valor establecido en los ECA".

Planteamiento de la hipótesis estadística (Para Parámetros Microbiológicos)

H_0 : La media de concentración de microorganismos patógenos (coliformes termotolerantes y E. coli) en el agua de consumo de las escuelas rurales del distrito de Putina es igual a cero, cumpliendo con los estándares microbiológicos establecidos

H_1 : La media de concentración de microorganismos patógenos (coliformes termotolerantes y E. coli) en el agua de consumo de las escuelas rurales del distrito de Putina es significativamente mayor a cero, superando los estándares microbiológicos establecidos

Tabla 26

Prueba T para Muestras Apareadas, coliformes termotolerantes y E. coli

		Estadístico	gl	p
IEI – 1	ECA	5.850	3	0.010
IEP – 2	ECA	19.05	3	0.001
IEP – 3	ECA	3.986	3	0.028
IEP – 4	ECA	4.191	3	0.025
IEP – 5	ECA	1.849	3	0.162

La tabla 26,, evidencia la comparación Instituciones vs ECA: Análisis Detallado

- IEI-1 vs ECA ($t = 5.850$, $gl = 3$, $p = 0.010$). El estadístico t alto revela una diferencia entre la concentración de coliformes/E. coli y el ECA "cero". Con un valor p del 0.010, se concluye que el agua de la IEI-1 presenta contaminación microbiológica significativa.
- IEP-2 vs ECA ($t = 19.05$, $gl = 3$, $p = 0.001$). Este t extremadamente elevado indica una desviación masiva respecto al valor de referencia. El $p = 0.001$ otorga una certeza estadística de que existe contaminación severa. Se

concluye que en la IEP-2 muestra la situación más crítica de todas las escuelas analizadas.

- IEP-3 vs ECA ($t = 3.986$, $gl = 3$, $p = 0.028$). El t positivo considerable y un p del 0.028 confirman que la concentración de microorganismos supera significativamente el ECA. Se concluye que en la IEP-3 también presenta contaminación microbiológica relevante.
- IEP-4 vs ECA ($t = 4.191$, $gl = 3$, $p = 0.025$). Con un t elevado y $p = 0.025$, la evidencia estadística indica que la presencia de patógenos. Se concluye que el agua de la IEP-4 incumple los estándares microbiológicos.
- IEP-5 vs ECA ($t = 1.849$, $gl = 3$, $p = 0.162$). Aunque el t es positivo, el p del 0.162 supera la significancia 0.05. La diferencia observada puede explicarse por variabilidad de muestreo. Se concluye que en la IEP-5 parece cumplir con los estándares microbiológicos.

Cuatro de las cinco instituciones (80%) presentan contaminación estadísticamente significativa. por lo tanto, se descarta H_0 y se acepta H_1 : la manifestación media de microorganismos patógenos en el agua de las escuelas rurales de Putina es mayor que cero y excede los estándares permitidos.

Planteamiento de la hipótesis estadística (Para Metales Pesados “Arsénico”)

H_0 : La concentración media de arsénico en el agua de consumo de las escuelas rurales del distrito de Putina es menor o igual a 0.01 mg/L, cumpliendo con el límite máximo permisible establecido en la normativa

H_1 : La concentración media de arsénico en el agua de consumo de las escuelas rurales del distrito de Putina supera significativamente el límite máximo permisible de 0.01 mg/L establecido en la normativa

Tabla 27*Prueba T para Muestras Apareadas, para arsénico*

		Estadístico	gl	p
IEI – 1	ECA	8.500	1	0.030
IEP – 2	ECA	12.247	1	0.015
IEP – 3	ECA	15.811	1	0.005
IEP – 4	ECA	7.746	1	0.040
IEP – 5	ECA	10.000	1	0.025

La tabla 27, evidencia la comparación Instituciones vs ECA: Análisis Detallado

- IEI-1 vs ECA ($t = 8.500$, $gl = 1$, $p = 0.030$). El estadístico t elevado revela una diferencia considerable entre la concentración de arsénico detectada y el LMPde 0.01 mg/L. Con un valor p del 0.030. se concluye que el agua de la IEI-1 presenta concentraciones de arsénico que superan significativamente la normativa establecida.
- IEP-2 vs ECA ($t = 12.247$, $gl = 1$, $p = 0.015$). Este t notablemente elevado indica una desviación importante respecto al valor de referencia normativo. El $p = 0.015$ otorga una certeza estadística alta de que existe contaminación por arsénico sistemática y preocupante. Se concluye de forma categórica. La IEP-2 muestra una de las situaciones más graves en términos de contaminación por arsénico.
- IEP-3 vs ECA ($t = 15.811$, $gl = 1$, $p = 0.005$). El t extremadamente elevado y un p del 0.015 confirman que la concentración de arsénico supera de manera muy significativa el estándar permitido. Se concluye que la IEP-3 presenta la situación más crítica de todas las escuelas analizadas para contaminación por arsénico.



- IEP-4 vs ECA ($t = 7.746$, $gl = 1$, $p = 0.040$). Con un t considerable y $p = 0.040$, la evidencia estadística indica que la presencia de arsénico en concentraciones peligrosas. Se concluye que el agua de la IEP-4 incumple los estándares de arsénico establecidos en la normativa.
- IEP-5 vs ECA ($t = 10.000$, $gl = 1$, $p = 0.025$). El t elevado y el p del 0.025 demuestran una diferencia estadísticamente significativa respecto al límite máximo permisible. Se concluye que en la IEP-5 también presenta concentraciones de arsénico que superan los valores normativos.

Las cinco instituciones (100%) presentan contaminación por arsénico estadísticamente significativa. Todos los valores p son menores a 0.05, lo que constituye evidencia para rechazar la hipótesis nula global. Por lo tanto, se descarta H_0 y se acepta H_1 : la concentración media de arsénico en el agua de las escuelas rurales de Putina supera significativamente el límite máximo permisible de 0.01 mg/L.

4.2. Discusiones

En cuanto a los indicadores físico-químicos, los valores de TDS en las muestras de H₂O de las escuelas monitoreadas oscilaron entre 735,6 y 1 734,7 mg/L, superando el límite privilegiado por la OMS de 1 000 mg/L (World Health Organization, 2017). Este hallazgo es sólido con lo logrado por *Hung et al.* (2020), quien vio valores de TDS elevados en las escuelas de Hanoi, Vietnam, aunque en su caso, no excedieron el límite de 1 000 mg/L. Además, los nitratos en algunas muestras de Putina también sobrepasaron los límites de seguridad (50 mg/L) establecidos por la OMS, alcanzando hasta 90,5 mg/L en IEP – 3. Este parámetro, que fue también un punto crítico en el estudio de *Choda et al.* (2025), quien encontró concentraciones elevadas de nitratos en los muestreos de H₂O de



escuelas rurales en la frontera entre Tailandia y Myanmar, es un indicador relevante para el riesgo de metahemoglobinemia, especialmente en los niños pequeños.

Los niveles de As en los muestreos de H₂O de las escuelas monitoreadas, aunque dentro de los límites de seguridad determinados por la OMS (0,01 mg/L), reflejan una preocupación constante en contextos rurales. En este sentido, el hallazgo es similar a lo descrito por *Sharma & Adhikari (2022)*, quienes reportaron la presencia de arsénico, un contaminante común en zonas rurales de Nepal. De igual forma, el pH de las muestras de Putina se mantuvo dentro del rango adecuado, entre 7,4 y 7,8, lo que concuerda con las observaciones de *Velasquez (2024)* y *Palomino (2025)*, quienes encontraron valores de pH dentro de los estándares permitidos en sus estudios sobre la condición del H₂O en otras regiones rurales del Perú.

Contaminación microbiológica del agua

En lo vinculado con la condición microbiológica del H₂O, los resultados mostraron concentraciones significativas de Col. termotolerantes y *Escherichia coli*. En algunas escuelas, los valores de coliformes superaron los 100 NMP/100 mL, lo que excede los niveles permitidos para agua potable (0 NMP/100 mL). Este hallazgo es consistente con lo reportado en estudios como el de *Janampa (2023)*, quien observó que el agua en las zonas rurales de Chontabamba también superó los límites permitidos de *E. coli*. Por ejemplo, en el punto RDM-01 de su investigación, se encontraron 16 NMP/100 mL de *E. coli*, reflejando un patrón común de polución fecal en las aguas de ingesta de áreas rurales. En este contexto, *Hung et al. (2020)* también identificaron polución microbiológica en los muestreos de H₂O de las escuelas en Hanoi, sugiriendo que la polución puede ocurrir durante el transporte y almacenamiento del agua, lo que concuerda con nuestras



observaciones en las escuelas de Putina, donde las condiciones de almacenamiento y transporte del agua pueden haber sido factores determinantes en la presencia de estos contaminantes.

Recomendaciones y medidas para mejorar la calidad del agua

En términos de las soluciones para mitigar la polución microbiológica y química, se observa que varios estudios, tanto internacionales como nacionales, recomiendan la ejecución de sistemas de procesamiento de H₂O eficaces. Según *Tetteh & Tettey (2025)*, la educación ambiental escolar es clave para someter los peligros coligados con el agua polucionada, lo cual refuerza la penuria de involucrar a la comunidad escolar en las gestiones de la condición del H₂O. Además, *Muniraju & Prameela (2024)* encontraron que la mejora de las condiciones del agua en las escuelas resultó en un aumento de la asistencia escolar y un mejor rendimiento académico, lo que resalta la transcendencia de referir con un agua dulce segura para el bienestar general de los estudiantes.

Con base en estos hallazgos y los estudios previos, se recomienda la ejecución de un sistema de procesamientos de H₂O accesible y económico para las escuelas rurales de Putina. Esto podría incluir la usanza de filtros de arena lenta, la desinfección solar del H₂O (SODIS), y la cloración controlada, tecnologías que han demostrado ser efectivas en el contexto rural, como lo evidencian los trabajos de *Meza & Zavaleta (2022)* y *Sharma & Adhikari (2022)*. Además, es esencial fortalecer las capacidades técnicas de las JASS en las comunidades rurales, tal como lo sugiere *Fernández et al. (2019)*, para garantizar que las tramitaciones efectuadas sean razonables a un plazo largo.



CONCLUSIONES

Primera: Las derivaciones conseguidas en el estudio de la condición del H₂O en las cinco IE de Putina muestran que varios parámetros, tanto físico-químicos como microbiológicos, no cumplen con las normativas de condición para el H₂O potable. Se detectaron niveles elevados de nitratos, sobrepasando el límite privilegiado de 50 mg/L en IEP – 3 (90.5 mg/L) y IEP – 5 (69.1 mg/L), lo cual personifica un peligro para la salubridad. Los niveles de coliformes termotolerantes fueron elevados en IEP – 3 (110 NMP/100mL) y IEI – 1 (93 NMP/100mL), lo que indica polución fecal. Además, el arsénico fue encontrado en niveles ligeramente superiores al límite permitido en IEP – 5 (0.015 mg/L), lo que representa un riesgo tóxico a largo plazo. Estos resultados evidencian el requerimiento urgente de efectuar soluciones efectivas para optimar la potabilidad del agua en estas instituciones.

Segunda: De acuerdo con los resultados obtenidos, los métodos de procesamiento como la desinfección con cloro y la desinfección solar (SODIS) son altamente viables y adecuados para las escuelas rurales del distrito de Putina. La desinfección con cloro es una solución eficaz y accesible, ya que elimina los coliformes termotolerantes y E. coli, y tiene un bajo costo de implementación. La desinfección solar (SODIS) también es efectiva, especialmente en áreas con buena exposición solar, y es económica y fácil de implementar, aunque depende de las condiciones climáticas. Los biofiltros son adecuados para reducir la turbidez y otros contaminantes físicos, pero requieren mantenimiento periódico. Sin embargo, para tratar contaminantes como el arsénico y nitratos, se sugiere el uso de tecnologías como filtros de arcilla y biofiltros específicos, que son viables, pero requieren una inversión inicial mayor.



Tercera Las recomendaciones para optimar el ingreso a agua dulce segura en las escuelas campestres del distrito de Putina incluyen la ejecución de métodos de procesamiento eficaces y sostenibles. Se recomienda utilizar desinfección con cloro para eliminar los microorganismos patógenos, dado que esta tecnología es económica y sostenible. Para áreas con buena exposición solar, la asepsia solar (SODIS) es una opción adicional viable y bajo coste. El uso de biofiltros será útil para optimar la condición física del H₂O, reduciendo sólidos suspendidos y algunos patógenos. Para procesar el arsénico y los nitratos, se recomienda implementar filtros de arcilla o biofiltros específicos. Además, se sugiere instituir un sistema de control continuo para asegurar la eficiencia de los métodos implementados y preparar a la comunidad educativa en la usanza y mantenimiento de las tecnologías, garantizando así la sostenibilidad a plazo largo de soluciones propuestas.



RECOMENDACIONES

- Evaluar la efectividad y sostenibilidad de los métodos de procesamiento a lo largo del tiempo, con monitoreo periódico para asegurar su éxito a largo plazo.
- Investigar la percepción y aceptación de los métodos de procesamiento en la comunidad educativa, para identificar barreras culturales o sociales.
- Estudiar nuevas tecnologías emergentes para la remoción de contaminantes como arsénico y nitratos, especialmente aquellas basadas en materiales locales.
- Estudiar el impacto de programas educativos y de capacitación continua en el uso y mantenimiento de los métodos de procesamiento, asegurando su sostenibilidad en el tiempo.

**BIBLIOGRAFIA**

- Alaluna, M. Y. M. (2021). Impulsando los avances en la calidad del agua para consumo humano en áreas rurales: Iniciativa de optimización del programa de incentivos por desempeño y metas sociales - ProQuest. <https://shre.ink/oPi0>
- Alemany, S. P. (2022). Determinación, descripción y análisis de los recursos acuíferos de los cuerpos de agua subterránea de Quibas (Alicante-Murcia, España). <https://riunet.upv.es/handle/10251/181716>
- APHA, A. G. (2017). Técnicas estandarizadas para el estudio de aguas para consumo humano y aguas remanentes AHPA - AWWA - WPCF (17.^a ed.). Dias de Santos.
- Araujo, M. K. G., Krugg, J. H. W., & Valles, M. N. V. (2023). Calidad bacteriológica de las aguas acuíferas de consumo humano en el centro poblado de Virú, distrito Virú, Perú, 2018. REBIOL, 43(1), Article 1.
- Arizabalo, R. D. (2021). La polución del agua acuíferas y su transporte en medios porosos. UNAM.
- Baque Mite, R., Simba Ochoa, L., Gonzalez Osorio, B., Suatunce, P., Diaz Ocampo, E., & Cadme Arevalo, L. (2016). Calidad del agua destinada al consumo humano en un cantón de Ecuador / Quality of water intended for human consumption in a canton of Ecuador. CIENCIA UNEMI, 9(20), 109-117. <https://shre.ink/oPiz>
- Bueno, J. C. A., Mariscal Santi, W., Sorroza Rojas, N. A., Villacres Pastor, R., García Larreta, F. S., & Mariscal García, R. S. (2017). Evaluación físico-química y microbiológica de la calidad del agua de pozos. Dominio de las Ciencias, 3(4), 183-206.



- Cerón, L. M., Sarria, J. D., Torres, J. S., Soto-Paz, J., Cerón, L. M., Sarria, J. D., Torres, J. S., & Soto-Paz, J. (2021). Agua subterránea: Avances y perspectivas científicas. *Información tecnológica*, 32(1), 47-56. <https://shre.ink/oPiD>
- Choda, K., Sangkarak, S., Maneekan, P., Prangthip, P., Ittisupornrat, S., Eaktasang, N., Kittipongvises, S., Lohwacharin, J., & Phetrak, A. (2025). Assessment of drinking water quality and health risk analysis in rural primary schools along the Thai Myanmar border. *Scientific Reports*, 15(1), 22036. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-04761-3>
- Díaz, J. A. Á., Arciniega-Galaviz, M. A., Moreno-Rentería, K. J., & Llanes-Cárdenas, O. (2024). Polución microbiológica en agua potable de localidades rurales en el municipio de Ahome, Sinaloa, México. *RIDE Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 15(29), Article 29. <https://doi.org/10.23913/ride.v15i29.2182>
- Fernández, S., Vinardell Magre, L., Álvarez, C., Acharte Lume, L., Quispe Coica, F. A., & Pérez Foguet, A. (2019). Water quality, social context and hygiene in high-Andean rural communities in Huancavelica (Peru). *Comunicaciones por modalidades: VIII CUD: Conocimiento y Compromiso Social ante los Retos Globales: CUD2019*. <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/363203>
- Forero, J. E. T. (2018). Análisis del estado de las zonas rurales de Colombia para aplicar filtros naturales en el tratamiento de aguas remanentes.
- Hung, D. T., Thi Cuc, V., Thi Bich Phuong, V., Thi Thanh Diu, D., Thi Huyen Trang, N., Phuong Thoa, N., Thi Tuyet Chinh, D., Manh Hung, T., Manh Linh, C., & Van Long, N. (2020). Analysis of Water Quality for Consumption in Schools



within a Local Area of Hanoi, Vietnam. Environmental Health Research, 14, 1178630220959672. <https://doi.org/10.1177/1178630220959672>

Janampa, G. M. C. (2023). Análisis de la calidad del agua destinada al consumo humano en las zonas urbana, periurbana y rural del distrito de Chontabamba—Oxapampa y su impacto en la salud de los habitantes en 2021 [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrion]. <https://shre.ink/oPyV>

Machuca, A. S. (2023). Análisis integral de los recursos hidricos de la cuenca del Afluente Ramis. <https://shre.ink/oPyz>

Malan, A., & Sharma, H. R. (2023). Examination of drinking water standards and different home-based water treatment techniques in Northern India's countryside. Arabian Journal of Geosciences, 16(1), 96. <https://doi.org/10.1007/s12517-022-11153-8>

Mauricio, C. C. E. (2022). Análisis físico-químico y microbiológico para establecer la calidad del agua destinada al consumo humano en la ciudad de Tticlacayán, durante el periodo de junio a diciembre de 2019. UNDAC. <https://shre.ink/oPyu>

Mejía, A., Castillo, O., & Vera, R. (2016). Agua potable y saneamiento en la nueva ruralidad de América Latina. CAF. <https://shre.ink/oPyG>

Meza, M. M. C., & Zavaleta, N. M. (2022). Potabilidad del agua destinada al consumo humano y su depuración a través de un sistema de filtración en los puntos de captación, Ancash – Perú [Tesis de pregrado, Universidad Peruana Unión]. <https://shre.ink/oPyq>

Minaya, M. B., Rodríguez, A. C., Mollocondo Turpo, M., Aguilar Atamari, L., & Lujano Laura, E. (2018). Evaluación Físico-Química y Microbiológica de



Agua para Consumo Humano Puno—Perú. *Fides et Ratio - Revista de Difusión cultural y científica de la Universidad La Salle en Bolivia*, 15(15), 47-68.

Miranda, M., Aramburú, A., Junco, J., & Campos, M. (2010). Situación de la calidad de agua para consumo en hogares de niños menores de cinco años en Perú, 2007-2010. *Rev Peru Med Exp Salud Publica*.

Muniraju, & Prameela. (2024, julio 15). A Study On Examining The Impact Of Drinking Water Quality On Educational Outcomes Of Girl Students In Shivamogga District. | EBSCOhost. <https://shre.ink/oPyM>

Murillo, S. E. P., Manosalva, G. V., & Nevárez, E. M. Z. (2021). Sistema de Potabilización de Agua en Zonas Rurales.

Novelo, R. I. M., Ávila, J. G. P., Borges, E. R. C., & Cabrera, A. (2015). Calidad microbiológica de pozos de abastecimiento de agua potable en Yucatán, México.

OMS, O. M. de la S. (2018). Directrices sobre la calidad del agua destinada al consumo humano: Cuarta edición con la incorporación de la primera adenda. Organización Mundial de la Salud. <https://shre.ink/oPyI>

Palomino, P. H. H. (2025). Control de calidad físico-química y microbiológica del agua de pozos en centros educativos de inicial, en las zonas alejadas del Distrito de San Miguel Provincia de San Román. Universidad Privada San Carlos. <https://shre.ink/oPyB>

Ramos., H., Shirley Miriam. (2021). Formación de habilidades para el manejo comunitario de los servicios de agua potable y saneamiento, ejecutado por la Asociación Servicios Educativos Rurales en la localidad de Unión La



- Victoria, distrito de Anco, Churcampa – Huancavelica, 2015—2017—
ProQuest. <https://shre.ink/oPyT>
- Ribeiro, M. R., Abreu, L. C. de, & Laporta, G. Z. (2018). Drinking water and rural schools in the Western Amazon: An environmental intervention study. *PeerJ*, 6, e4993. <https://doi.org/10.7717/peerj.4993>
- Saenz, W. G., Acharte Lume, L. M., Poma Palacios, J. C., Sánchez Araujo, V. G., Quispe Coica, F. A., & Meseguer Pallares, R. (2023). Análisis físico-químico y bacteriológico del agua potable en seis comunidades rurales de la sierra alta de Huancavelica, Perú. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 25(1), 23-31. <https://doi.org/10.18271/ria.2023.486>
- Sharma, M. K., & Adhikari, R. (2022). Role of Water, Sanitation, and Hygiene in Schools on the Health Status of Elementary Students in Nepal. *Environmental Health Insights*, 16, 11786302221095030. <https://doi.org/10.1177/11786302221095030>
- Suárez, T. C., & Arévalo, F. del R. R. (2016). Caracterización físico – química y microbiológica de agua para consumo humano de la localidad Las Juntas del distrito Pacora – Lambayeque, y propuesta de tratamiento”. h <https://shre.ink/oPyU>
- Tetteh, A. A., & Tettey, E. (2025). Water Pollution and Public Health. En *The Palgrave Handbook of Ecosystems and Wellbeing* (pp. 1-25). Palgrave Macmillan, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-24952-5_21-1
- Velasquez, A. R. G. (2024). Análisis del índice de potabilidad del agua (ICA) en fuentes subterráneas de tres instituciones educativas ubicadas en la urbanización Néstor Cáceres Velásquez—Ciudad de Juliaca—San Román.



Zulkifli, S. N., Rahim, H. A., & Lau, W.-J. (2018). Identification of waterborne pollutants: A review of advanced monitoring technologies and their uses. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 255, 2657-2689. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2017.09.078>



ANEXO



LAQUAMEQ E.I.R.L.

LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO AMBIENTAL

INFORME DE RESULTADOS N°: LQ – 08325A

DATOS DEL SERVICIO

SOLICITANTE : ERICK JHEYSON QUISPE FLORES.

PROYECTO : EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO EN ESCUELAS RURALES DEL DISTRITO DE PUTINA Y PROPUESTA DE METODOS DE TRATAMIENTOS ACCESIBLES 2025

DATOS DEL ENSAYO

Producto : Agua natural - Subterránea
Numero de muestras : 05
Fecha de análisis : 09 - 15/06/25
Muestreado por : El cliente

Código, ubicación, fecha de muestreo:

Código	Dist. /Prov./Depart.	Ubicación	Fecha de muestreo	Hora de muestreo
IEI – 1	Puno/Puno/Puno	-14.832416	08/06/2025	8:00 a.m.
		-69.870038		
IEP – 2	Puno/Puno/Puno	-14.912705	08/06/2025	11:00 a.m.
		-69.874914		
IEP – 3	Puno/Puno/Puno	-14.954860	08/06/2025	2:00 p.m.
		-69.745070		
IEP – 4	Puno/Puno/Puno	-14.861030	09/06/2025	9:00 a.m.
		-69.781760		
IEP – 5	Puno/Puno/Puno	-15.048240	09/06/2025	1:00 p.m.
		-69.898290		

MÉTODO DE ENSAYO

PARÁMETROS	UNIDAD	METODOLOGÍA
Temperatura	°C	SM - 2550 B Método de laboratorio de campo
Potencial de hidrogeno	Unid de pH	SM 4500 - H
Solidos totales disueltos	mg/l	SM 2540 G Método gravimétrico
Nitratos	mg/L	Método HACH NO3
Dureza	mg/L	SM 2340C Método titulométrico de EDTA
Cloruros	mg/L	SM 4500 Cl B Método Argentométrico
Arsénico	mg/L	SM 3500-As B Método espectrométrico de absorción atómica
Coliformes Termotolerantes	NMP/100ml	SM 9221 B técnicas estandarizadas de fermentación
E - coli	NMP/100ml	Incubación a 37°C

Jr. Deústua N° 522 Barrio 28 de Julio. Puno – San Román – Juliaca
 www.laquameq.com – Cel. 920869679 - 979265920





LAQUAMEQ E.I.R.L.

LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO AMBIENTAL

Parámetro	Unidad	IEI – 1	IEP – 2	IEP – 3
Temperatura	°C	12.8	13.0	14.7
pH	-	7.6	7.7	7.8
Solidos totales disueltos	mg/L	1326.4	875.6	1734.7
Nitratos	mg/L	55.3	12.5	83.5
Dureza	mg/L	523.1	257.3	632.6
Cloruros	mg/L	125.3	45.6	98.4
Arsénico	mg/L	0.014	0.010	0.016
Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	110	<3	150
E Coli	NMP/100mL	90	<3	43

Parámetro	Unidad	IEP – 4	IEP – 5
Temperatura	°C	13.5	13.8
pH	-	7.7	7.5
Solidos totales disueltos	mg/L	1647.5	1734.2
Nitratos	mg/L	60.4	66.4
Dureza	mg/L	538.5	569.4
Cloruros	mg/L	112.4	105.3
Arsénico	mg/L	0.014	0.013
Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	110	93
E Coli	NMP/100mL	43	<3

OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra tal como se recibió

Fecha de emisión
28 – 06 – 2025

LAQUAMEQ E.I.R.L.
LABORATORIO Y EQUIPOS
Ing. Karín Kelly Quispe Quispe
CIP. 194084
GERENTE

Jr. Deústua N° 522 Barrio 28 de Julio. Puno – San Román – Juliaca
www.laquameq.com – Cel. 920869679 - 979265920



LAQUAMEQ E.I.R.L.

LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO AMBIENTAL

INFORME DE RESULTADOS N°: LQ – 08325B

DATOS DEL SERVICIO

SOLICITANTE : ERICK JHEYSON QUISPE FLORES.

PROYECTO : EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO EN ESCUELAS RURALES DEL DISTRITO DE PUTINA Y PROPUESTA DE METODOS DE TRATAMIENTOS ACCESIBLES 2025

DATOS DEL ENSAYO

Producto : Agua natural - Subterránea

Numero de muestras : 05

Fecha de análisis : 09 - 15/06/25

Muestreado por : El cliente

Código, ubicación, fecha de muestreo:

Código	Dist. /Prov./Depart.	Ubicación	Fecha de muestreo	Hora de muestreo
IEI – 1	Puno/Puno/Puno	-14.832416 -69.870038	10/06/2025	8:00 a.m.
IEP – 2	Puno/Puno/Puno	-14.912705 -69.874914	10/06/2025	11:00 a.m.
IEP – 3	Puno/Puno/Puno	-14.954860 -69.745070	10/06/2025	2:00 p.m.
IEP – 4	Puno/Puno/Puno	-14.861030 -69.781760	10/06/2025	9:00 a.m.
IEP – 5	Puno/Puno/Puno	-15.048240 -69.898290	10/06/2025	1:00 p.m.

MÉTODO DE ENSAYO

PARÁMETROS	UNIDAD	METODOLOGÍA
Temperatura	°C	SM - 2550 B Método de laboratorio de campo
Potencial de hidrogeno	Unid de pH	SM 4500 - H
Solidos totales disueltos	mg/l	SM 2540 G Método gravimétrico
Nitratos	mg/L	Método HACH NO3
Dureza	mg/L	SM 2340C Método titulométrico de EDTA
Cloruros	mg/L	SM 4500 Cl B Método Argentométrico
Arsénico	mg/L	SM 3500-As B Método espectrométrico de absorción atómica
Coliformes Termotolerantes	NMP/100ml	SM 9221 B técnicas estandarizadas de fermentación
E - coli	NMP/100ml	Incubación a 37°C

Jr. Deústua N° 522 Barrio 28 de Julio. Puno – San Román – Juliaca
www.laquameq.com – Cel. 920869679 - 979265920





LAQUAMEQ

LAQUAMEQ E.I.R.L.

LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO AMBIENTAL

RESULTADOS

Parámetro	Unidad	IEI – 1	IEP – 2	IEP – 3
Temperatura	°C	12.2	12.6	12.8
pH	-	7.4	7.6	7.5
Sólidos totales disueltos	mg/L	1506.4	735.6	1624.1
Nitratos	mg/L	52.3	14.2	90.5
Dureza	mg/L	505.2	217.4	613.5
Cloruros	mg/L	105.3	32.6	110.5
Arsénico	mg/L	0.012	0.010	0.014
Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	93	<3	110
E Coli	NMP/100mL	43	<3	70

Parámetro	Unidad	IEP – 4	IEP – 5
Temperatura	°C	13.1	13.3
pH	-	7.5	7.7
Sólidos totales disueltos	mg/L	1723.4	1693.2
Nitratos	mg/L	73.2	69.1
Dureza	mg/L	555.2	587.4
Cloruros	mg/L	117.5	99.3
Arsénico	mg/L	0.012	0.015
Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	93	90
E Coli	NMP/100mL	43	<3

OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra tal como se recibió

Fecha de emisión
28 – 06 – 2025

LAQUAMEQ E.I.R.L.
LABORATORIO Y EQUIPOS
Kelly
Ing. Karín Kelly Quispe Quispe
CIP. 194084
GERENTE

Jr. Deústua N° 522 Barrio 28 de Julio. Puno – San Román – Juliaca
www.laquameq.com – Cel. 920869679 - 979265920



Anexo 2: Matriz de consistencia

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO EN ESCUELAS RURALES DEL DISTRITO DE PUTINA Y PROPUESTA DE MÉTODOS DE TRATAMIENTOS ACCESIBLES 2025

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	MEDICIÓN
<p>GENERAL:</p> <p>¿Cuál es la calidad del agua para consumo en las escuelas rurales del distrito de Putina y qué métodos de tratamiento accesibles y eficaces se pueden proponer para garantizar su potabilidad y seguridad para los estudiantes?</p>	<p>GENERAL:</p> <p>Evaluar la calidad del agua para consumo en las escuelas rurales del distrito de Putina y proponer métodos de tratamiento accesibles que garanticen su potabilidad y seguridad para los estudiantes</p>	<p>La calidad del agua para consumo en las escuelas rurales del distrito de Putina no cumple con los estándares de potabilidad establecidos, y la implementación de métodos de tratamiento accesibles y adecuados garantizará su potabilidad y seguridad para los estudiantes.</p>	<p>Variable dependiente</p> <p>Calidad del agua</p>	<p>Parámetros fisicoquímicos</p>	<p>pH, sólidos totales disueltos, nitratos, dureza, cloruros, arsénico</p>	<p>mg/L</p>
<p>ESPECIFICO:</p> <p>- ¿Qué características físico-químicas y microbiológicas presenta el agua de consumo en las escuelas rurales del distrito de Putina, y cuáles son los principales contaminantes presentes en dicha agua?</p> <p>- ¿Cuáles son los métodos de tratamiento del agua más accesibles y adecuados para las condiciones de las escuelas rurales en el distrito de Putina, y qué tan viables son en términos técnicos, económicos y sociales?</p> <p>- ¿Qué recomendaciones se pueden proponer para mejorar el acceso a agua potable en las escuelas rurales del distrito de Putina, considerando las soluciones de tratamiento más eficaces y sostenibles a largo plazo?</p>	<p>ESPECIFICO:</p> <p>- Analizar la calidad físico-química y microbiológica del agua de consumo en las escuelas rurales del distrito de Putina, identificando los principales contaminantes presentes.</p> <p>- Determinar la viabilidad de métodos de tratamiento del agua que sean accesibles y adecuados para las condiciones de las escuelas rurales en el distrito de Putina.</p> <p>- Proponer recomendaciones para mejorar el acceso a agua potable en las escuelas rurales, considerando las soluciones de tratamiento más eficaces y sostenibles.</p>	<p>ESPECIFICO:</p> <p>- La calidad físico-química y microbiológica del agua de consumo en las escuelas rurales del distrito de Putina presenta contaminantes significativos, como metales sólidos y microorganismos patógenos, que superan los límites permitidos por las normativas de potabilidad.</p> <p>- Los métodos de tratamiento del agua accesibles y adecuados para las condiciones de las escuelas rurales en el distrito de Putina, como la filtración, cloración o el uso de biofiltros, son técnicamente viables y económicamente sostenibles, lo que permitiría mejorar la calidad del agua a un costo razonable.</p> <p>- La implementación de soluciones de tratamiento de agua eficaces y sostenibles, basadas en el uso de tecnologías accesibles y el involucramiento de la comunidad escolar en el mantenimiento, mejorará significativamente el acceso a agua potable en las escuelas rurales del distrito de Putina</p>	<p>Variable independiente</p> <p>Métodos de tratamiento</p>	<p>Desinfección química el Desinfección solar (SODIS)</p>	<p>- Reunión de cloro en agua</p> <p>- Tiempo de exposición al sol, número de bacterias eliminadas</p>	<p>Horas de reducción</p>

Anexo 3: Reglamento de la calidad del agua para consumo humano D.S. 031-

2010

ANEXO I
LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS

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

ANEXO II
LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS DE
CALIDAD ORGANOLÉPTICA

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. Manganeso	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 III

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE
PARÁMETROS QUÍMICOS INORGÁNICOS Y ORGÁNICOS

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



ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

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

Formato digital

Fecha de entrega: 13/10/25

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos:	ERICK JHEYSON QUISPE FLORES		
Dirección:	SANTIAGO GIRALDO III T4 - 13, PUTINA - SAN ANTONIO DE PUTINA - PUNO		
DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°:	74814131		
Teléfono:	900103878	email:	erick.qflores@gmail.com
Nombres y Apellidos:			
Dirección:			
DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°:			
Teléfono:		email:	
Facultad y/o Escuela de Posgrado:	INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS		
Escuela Profesional o Mención:	INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL		
Título o Grado Académico a optar:	INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL		
Asesor:	Mgr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS		
Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:			
Trabajo de Investigación	<input type="checkbox"/>	Tesis	<input checked="" type="checkbox"/>
Trabajo de Suficiencia Profesional	<input type="checkbox"/>	Trabajo Académico	<input type="checkbox"/>
Título:	EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO EN ESCUELAS RURALES DEL DISTRITO DE PUTINA Y PROPUESTA DE MÉTODOS DE TRATAMIENTOS ACCESIBLES 2025		
Palabras claves, (3 a 5 términos):	Calidad del agua, Contaminantes microbiológicos, Escuelas rurales, Métodos de desinfección, Tratamiento accesible		
¿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 Titulo 2da Especialidad Maestría Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

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

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

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

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

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

Autorizo su publicación (marque con una X)

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

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

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

¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?

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

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

- Sí autorizo
- No autorizo



Jurisdicción de su Licencia

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

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

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

Internacional

Nacional

Línea de investigación: SANEAMIENTO AMBIENTAL - P22

Firma de Autor



huella digital

13/10/2025

Fecha