



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



**COLIFORMES TOTALES Y COLIFORMES TERMOTOLERANTES
PRESENTES EN EL SISTEMA DE CAPTACIÓN
Y DISTRIBUCIÓN DE AGUA PARA
CONSUMO HUMANO CUYOCUYO**

TESIS PRESENTADA POR:
Bach. YANETH ANDREA MAYTA CHUQUIJA

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

**COLIFORMES TOTALES Y COLIFORMES TERMOTOLERANTES
PRESENTES EN EL SISTEMA DE CAPTACIÓN
Y DISTRIBUCIÓN DE AGUA PARA
CONSUMO HUMANO CUYOCUYO**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. YANETH ANDREA MAYTA CHUQUIJA

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

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE

:



Dr. LEONEL SUASACA PELINCO

PRIMER MIEMBRO


:



Dr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA

SEGUNDO MIEMBRO

:



M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

ASESOR DE TESIS

:



Ing. ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREÓN

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN : SANEAMIENTO AMBIENTAL – P22



**UNIVERSIDAD ANDINA
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"**

RESOLUCIÓN DECANAL N° 1056-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 12 de septiembre del 2025

VISTO: El expediente N° 2025- CU-6282 presentado por el (la) Bachiller: **YANETH ANDREA MAYTA CHUQUILJA** 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. **YANETH ANDREA MAYTA CHUQUILJA**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulado: **COLIFORMES TOTALES Y COLIFORMES TERMOTOLERANTES PRESENTES EN EL SISTEMA DE CAPTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO CUYOCUYO**, la misma que pertenece a la línea de investigación **SANEAMIENTO AMBIENTAL** para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental.

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

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

RESUELVE:

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

- * **Presidente** : Dr. LEONEL SUASACA PELINCO
- * **1er Miembro** : Dr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA
- * **2do Miembro** : M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

ARTICULO SEGUNDO. - RECONOCER como asesor de la investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, **Ing. ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREÓN**.

ARTICULO TERCERO. - APROBAR, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de el (la) bachiller: **YANETH ANDREA MAYTA CHUQUILJA**; del informe final de la investigación (tesis) titulado: **COLIFORMES TOTALES Y COLIFORMES TERMOTOLERANTES PRESENTES EN EL SISTEMA DE CAPTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO CUYOCUYO** para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental. de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : jueves 18 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.



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

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



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

[Signature]
Dr. Fritz Willy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 943-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 29 de agosto del 2025

VISTO: El expediente N° 2025 CU- 353, presentado por el señor (a) **YANETH ANDREA MAYTA CHUQUIJA** solicitando **CAMBIO DE ASESOR DE INVESTIGACIÓN**, el Proveedor del Director de la Unidad de Investigación de la FICP, y la **RESOLUCIÓN DECANAL N° 238-2025-D-UI-FICP-UANCV** Aprobación de la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN RESOLUCIÓN DECANAL N° 471-2025-D-UI-FICP-UANCV** Aprobación del **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para optar el título profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **YANETH ANDREA MAYTA CHUQUIJA** ha presentado cambio de asesor de tesis del tema investigación Titulado: **COLIFORMES TOTALES Y COLIFORMES TERMOTOLERANTES PRESENTES EN EL SISTEMA DE CAPTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO CUYOCUYO**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental**.

Que, el Director de la Unidad de Investigación de la FICP a tomado conocimiento que el asesor **Dr. RICARDO ANIBAL MALDONADO MAMANI** no tiene vínculo laboral en la facultad de ingenierías y ciencias puras y existiendo la **RESOLUCIÓN DECANAL N° 238-2025-D-UI-FICP-UANCV** Aprobación de la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN RESOLUCIÓN DECANAL N° 471-2025-D-UI-FICP-UANCV** Aprobación del **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**.

Estando, a la solicitud del ejecutante y en cumplimiento al reglamento al Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención Grados Académicos y Títulos Profesionales; el director de la Unidad de Investigación **Dr. Fritz Willy Mamani Apaza** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió el proveído favorable del cambio de asesor de investigación del tema titulado: **COLIFORMES TOTALES Y COLIFORMES TERMOTOLERANTES PRESENTES EN EL SISTEMA DE CAPTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO CUYOCUYO**.

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

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

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, el **CAMBIO DE ASESOR DE INVESTIGACION**, designado al señor (a): **YANETH ANDREA MAYTA CHUQUIJA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental, con el Tema Titulado: **COLIFORMES TOTALES Y COLIFORMES TERMOTOLERANTES PRESENTES EN EL SISTEMA DE CAPTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO CUYOCUYO** correspondiente a la línea de investigación **SANEAMIENTO AMBIENTAL**, se le asigna como:

ASESOR: Ing. **ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREÓN**

ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a la) docente Ing. **ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREÓN**.

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
CALLE V. VIANENTE CALLA
DECANO (e)
CIP. 32730



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

cc:
Archivo (1)
Interesado (1)



**UNIVERSIDAD ANDINA
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"**

RESOLUCIÓN DECANAL N° 471-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 18 de junio del 2025

VISTO: El expediente N° 2025-CU - 4149 por el señor (a): **YANETH ANDREA MAYTA CHUQUIJA** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el PROVEIDO - N° 360 - 2025-UI-FICP-UANCV/J, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 008- 2025 del integrante del comité de investigación **EPISA** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **YANETH ANDREA MAYTA CHUQUIJA**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulado: **COLIFORMES TOTALES Y COLIFORMES TERMOTOLERANTES PRESENTES EN EL SISTEMA DE CAPTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO CUYOCUYO**, 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° 008- 2025 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **COLIFORMES TOTALES Y COLIFORMES TERMOTOLERANTES PRESENTES EN EL SISTEMA DE CAPTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO CUYOCUYO**, 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): **YANETH ANDREA MAYTA CHUQUIJA**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental**, con el Tema Titulado: **COLIFORMES TOTALES Y COLIFORMES TERMOTOLERANTES PRESENTES EN EL SISTEMA DE CAPTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO CUYOCUYO** correspondiente a la línea de investigación **SANEAMIENTO AMBIENTAL**, en virtud a los considerandos expuestos.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RATIFICAR como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a) la), **Dr. RICARDO ANIBAL MALDONADO MAMANI**.

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

DI. OSCAR V. VIAMONTE CALLA
DECANO (e)
CTP. 32730

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo
interesado (a)



RESOLUCIÓN DECANAL N° 238-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 05 de mayo del 2025

VISTO: El expediente N° 2025-CU- 1548, presentado el señor (a) YANETH ANDREA MAYTA CHUQUIJA solicitando APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN el PROVEIDO - N° 157 -2025-UI-FICP-UANCV/J, y la FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN formato N° 003-2025 del integrante del comité de investigación EPISA de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): YANETH ANDREA MAYTA CHUQUIJA ha presentado su propuesta de investigación Titulado: COLIFORMES TOTALES Y COLIFORMES TERMOTOLERANTES PRESENTES EN EL SISTEMA DE CAPTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO CUYOCUYO, 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 de la propuesta de investigación formato N° 003-2025- aprobando la propuesta de investigación titulado: COLIFORMES TOTALES Y COLIFORMES TERMOTOLERANTES PRESENTES EN EL SISTEMA DE CAPTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO CUYOCUYO.

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

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

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, la PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN, presentado por el señor (a): YANETH ANDREA MAYTA CHUQUIJA, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental, con el Tema Titulado: COLIFORMES TOTALES Y COLIFORMES TERMOTOLERANTES PRESENTES EN EL SISTEMA DE CAPTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO CUYOCUYO correspondiente a la línea de investigación SANEAMIENTO AMBIENTAL.

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

ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER como ASESOR DE INVESTIGACIÓN de al (a la) docente Dr. RICARDO ANIBAL MALDONADO MAMANI.

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS
Dr. OSCAR V. VIAMONTE CALLA
DECANO (e)
CIP. 32730

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

cc.
Archivo 2025
Interesado (a)



15% Similitud general

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

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

- 9% Fuentes de Internet
- 3% Publicaciones
- 13% 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	
COLIFORMES TOTALES Y COLIFORMES TERMOTOLERANTES PRESENTES EN EL SISTEMA DE CAPTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO CUYOCUYO	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	YANETH ANDREA MAYTA CHUQUIJA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	77026583
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0004-2040-2688
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREÓN
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	02064066
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-8065-6533
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	LEONEL SUASACA PELINCO
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	40865558
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	FRITZ WILLY MAMANI APAZA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02306659
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	01323821

Datos de investigación	
Línea de investigación	Saneamiento Ambiental – P22
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento.
Ubicación geográfica de la investigación	<p>País: Perú Departamento: Puno Provincia: Sandia Distrito: Cuyocuyo Coordenadas: Latitud: 15°24'27"S Longitud: 70°07'37"O URL Maps: https://www.google.com/maps/d/edit?mid=19Uoc0YQLNqOOFE_ujk53u8wlWULdBPg&usp=sharing</p> 
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Mayo 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 ANDINA "NÉSTOR CÉSAR VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y GEOMÁTICAS
 Dr. Fritz Willy Mamani Apaza
 DIRECTOR
 UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo YANETH ANDREA MAYTA CHUQUIJA, identificado con DNI Nro. 77026583, en mi condición de egresado de:

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

"INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL"

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

" COLIFORMES TOTALES Y COLIFORMES TERMOTOLERANTES PRESENTES EN EL SISTEMA DE CAPTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO CUYOCUYO "

Asesorado por: Ing. ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREÓN

Es un tema original.

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


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

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

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

Juliaca 23 de SETIEMBRE del 2025


Firma del Asesor


Firma del Estudiante


Huella



DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a Dios por haberme permitido acabar mi carrera universitaria, cumpliendo así uno de mis objetivos.

A mis padres, por ser mi raíz y mi sostén, por guiarme no solo en los libros sino también en la vida, y por amarme sin condiciones, hoy y siempre.

A mis profesores, por compartir no solo su sabiduría, sino también su pasión, ayudándonos a convertirnos en los profesionales que el futuro necesita.

YANETH ANDREA MAYTA CHUQUIJA



AGRADECIMIENTO

Primeramente, agradezco a Dios, por siempre estar conmigo cuidándome, por guiarme a lo largo de mi carrera.

A mis padres, por estar en cada paso de mi camino académico: en las noches de estudio, en los momentos de duda y en cada logro. Gracias por su motivación constante y por creer en mí incluso cuando yo no creía.

Agradezco a la "Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez", en especial a la "Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental" y a sus educadores, al equipo del laboratorio de Calidad ambiental – EPISA - UANCV, por su disposición y cooperación durante el proceso de ejecución de mi proyecto.

Doy las gracias a los integrantes del jurado por sus valiosos sugerencias y aportes.

A mi asesor de tesis, por guiarme con paciencia y sabiduría en este camino. Gracias por compartir sus conocimientos y apoyarme hasta ver este proyecto hecho realidad.

YANETH ANDREA MAYTA CHUQUIJA



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA..... iii

AGRADECIMIENTO.....iv

ÍNDICE GENERAL v

ÍNDICE DE TABLASx

ÍNDICE DE FIGURASxi

RESUMENxii

ABSTRACT xiii

INTRODUCCIÓNxiv

CAPÍTULO I..... 13

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... 13

 1.1. Análisis de la situación problemática. 13

 1.2. Planteamiento del problema..... 15

 1.2.1. Problema general.....15

 1.2.2. Problemas específicos15

 1.3. Objetivos de la investigación 15

 1.3.1. Objetivo general.....15

 1.3.2. Objetivos específicos16

 1.4. Justificación de la investigación 16

 1.4.1. Justificación Practica..... 16

 1.4.2. Justificación social..... 17

 1.4.3. Justificación ambiental 17

 1.4.4. Justificación Económica 18

 1.5. Hipótesis de la investigación 19



1.5.1.	Hipótesis general.....	19
1.5.2.	Hipótesis específicas.....	19
1.6.	Variable de la investigación	19
1.6.1.	Variable dependiente.....	19
1.6.2.	Variable independiente	19
1.7.	Operacionalización de variables.....	20
CAPÍTULO II.....		21
MARCO TEÓRICO		21
2.1.	Antecedentes de la investigación.....	21
2.1.1.	Antecedentes internacionales.....	21
2.1.2.	Antecedentes nacionales	23
2.1.3.	Antecedentes regionales	26
2.2.	Bases teóricas	28
2.2.1.	Agua.....	28
2.2.2.	Propiedades generales del agua	29
2.2.3.	Calidad del agua	31
2.2.4.	Importancia de la calidad del agua.....	32
2.2.5.	Impacto de la calidad del agua en la salud	33
2.2.6.	Agua Potable	35
2.2.7.	Calidad microbiológica del agua	37
2.2.8.	Parámetros microbiológicos	38
2.2.9.	Métodos de detección y análisis de coliformes.....	41



2.2.10. Sistemas de captación y distribución de agua para consumo humano
42

2.2.11. Riesgos de Contaminación en los Sistemas de Distribución.....44

2.3. Marco conceptual. 45

2.3.2. Agua de consumo humano.....45

2.3.3. Características microbiológicas45

2.3.4. Normas de calidad del agua46

2.3.5. Límite Máximo Permisible (LMP).....46

2.3.6. Estándares de Calidad Ambiental (ECA)46

2.3.7. Sistema de Captación y Distribución de Agua.....46

CAPITULO III.....47

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN 47

3.1. Diseño de investigación 47

3.2. Tipo de investigación 47

3.3. Nivel de investigación 47

3.4. Enfoque de investigación 48

3.5. Diseño estadístico 48

3.6. Procedimiento metodológico 49

3.6.1. Objetivo 1: Determinar los coliformes totales y coliformes termotolerantes presentes en el sistema de captación de agua para consumo humano Cuyocuyo. 49



3.6.2. Objetivo 2: Determinar los coliformes totales y coliformes termotolerantes presentes en el sistema de distribución de agua para consumo humano Cuyocuyo. 54

3.6.3. Objetivo 3: Identificar los factores técnicos y operativos del sistema de captación y distribución que podrían estar asociados a la presencia de coliformes totales y termotolerantes. 60

3.7. Materiales y equipos 61

3.8. Técnicas e instrumentos 62

3.8.1. Técnicas.....62

3.8.2. Instrumentos.....63

3.9. Población y muestra..... 64

3.9.1. Población.....64

3.9.2. Muestra64

CAPÍTULO IV66

RESULTADOS Y DISCUSIÓN66

4.1. Resultados 66

4.1.1. Coliformes totales y coliformes termotolerantes presentes en el sistema de captación de agua para consumo humano cuyocuyo.66

4.1.2. Coliformes totales y coliformes termotolerantes presentes en el sistema de distribución de agua para consumo humano Cuyocuyo.....71

4.1.3. Factores técnicos y operativos del sistema de captación y distribución que podrían estar asociados a la presencia de coliformes totales y termotolerantes.77



4.2. Discusiones..... 84

CONCLUSIONES Y RCOMENDACIONES88

CONCLUSIONES88

RECOMENDACIONES89

REFERENCIA BIBLIOGRAFÍA90

ANEXOS93



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables de la presente investigación. 20

Tabla 2 Propiedades físicas, químicas y biológicas de los residuos sólidos.... 32

Tabla 3 Enfermedades y síntomas producidos por bacterias..... 35

Tabla 4 Coordenadas del punto de muestreo del sistema de captación de agua para consumo humano Cuyocuyo. 49

Tabla 5 Coordenadas del punto de muestreo del sistema de distribución de agua para consumo humano Cuyocuyo. 55

Tabla 6 Concentracion de los Coliformes totales presentes en el sistema de captación de agua para consumo humano Cuyocuyo. 67

Tabla 7 Concentracion de los Coliformes termotolerantes presentes en el sistema de captación de agua para consumo humano Cuyocuyo..... 68

Tabla 8 Concentracion de los Coliformes totales presentes en el sistema de Distribución (Reservorio) de agua para consumo humano Cuyocuyo..... 72

Tabla 9 Concentracion de los Coliformes termotolerantes presentes en el sistema de Distribución (Reservorio) de agua para consumo humano Cuyocuyo. 73

Tabla 10 Factores Técnicos y Operativos en el Sistema de Captación asociados a presencia de coliformes totales y termotolerantes. 77

Tabla 11 Factores Técnicos y Operativos en el Sistema de Distribución asociados a presencia de coliformes totales y termotolerantes..... 79



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación del punto de captación de agua para consumo humano Cuyocuyo. 50

Figura 2 Ubicación del sistema de distribución de agua para consumo humano Cuyocuyo. 56

Figura 3 Concentración de los Coliformes totales presentes en el sistema de captación de agua para consumo humano Cuyocuyo VS los LMP del DS N° 031-2010-SA. 69

Figura 4 Concentración de los Coliformes termotolerantes presentes en el sistema de captación de agua para consumo humano Cuyocuyo VS los LMP del DS N° 031-2010-SA. 70

Figura 5 Concentración de los Coliformes totales presentes en el sistema de Distribución (Reservorio) de agua para consumo humano Cuyocuyo VS los LMP del DS N° 031-2010-SA. 75

Figura 6 Concentración de los Coliformes termotolerantes presentes en el sistema de Distribución (Reservorio) de agua para consumo humano Cuyocuyo VS los LMP del DS N° 031-2010-SA. 76



RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar los coliformes totales y coliformes termotolerantes presentes en el sistema de captación y distribución de agua para consumo humano Cuyocuyo. El estudio ejecuto un diseño no experimental de tipo cuantitativo, los muestreos se realizaron durante siete días consecutivos, aplicando el método del NMP para el análisis microbiológico de las muestras en el laboratorio de Calidad ambiental – EPISA – UANCV. Los resultados mostraron que en el sistema de captación los coliformes totales alcanzaron un promedio de 915 NMP/100 ml y los coliformes termotolerantes 1,80 NMP/100 ml, excediendo ampliamente el LMP decretados por el DS N° 031-2010-SA (≤ 1.8 NMP/100 ml). Estos valores elevados se mantuvieron de forma persistente durante todo el periodo muestreado, reflejando una contaminación bacteriana constante y significativa en la fuente de agua cruda. En contraste, en el sistema de distribución los valores para ambos tipos de coliformes se mantuvieron consistentemente por debajo de 3 NMP/100 ml, no cumpliendo con los límites normativos y evidenciando la no eficacia del tratamiento y desinfección aplicados. Se concluye que existe una contaminación bacteriana y fecal persistente en la captación, mientras que el sistema de distribución no garantiza la potabilidad mediante un tratamiento y desinfección, destacando la necesidad de mejorar la protección y pretratamiento en la captación para asegurar la calidad microbiológica del agua consumida por la población.

Palabras claves: Coliformes totales, coliformes termotolerantes, calidad microbiológica del agua, sistema de captación y sistema de distribución de agua.



ABSTRACT

The objective of this inquiry was to assess total coliforms and thermotolerant coliforms existing in the Cuyocuyo water collection and distribution system for human consumption. The study used a non-experimental quantitative design; sampling was carried out over seven consecutive days, applying the Most MPN method for the microbiological analysis of the sampling in the Environmental Grade Forensics - EPISA - UANCV. The resultants exhibit that in the collection system, total coli reached an average of 915 MPN/100 ml and thermotolerant coli 180 MPN/100 ml, far exceeding the MPL established by DS No. 031-2010-SA (≤ 1.8 MPN/100 ml). These elevated values were persistently maintained throughout the sampling period, reflecting constant and significant bacterial contamination in the raw water source. In contrast, in the distribution system, the levels for both types of coliforms consistently remained below 3 MPN/100 ml, complying with regulatory limits and demonstrating the effectiveness of the treatment and disinfection applied. It is finalised that there is persistent bacterial and fecal contamination in the intake, while the distribution system guarantees potability through effective treatment and disinfection. This highlights the need to improve protection and pretreatment at the intake to insure the microbiological grade of the water consuming by the population.

Keywords: Total coliforms, thermotolerant coliforms, microbiological water quality, intake system, and water distribution system.



INTRODUCCIÓN

Tener agua limpia y segura no es un privilegio, es un derecho básico que protege la salud de todas las personas y el avance sostenible de las sociedades. Sin embargo, en muchas zonas rurales y urbanas del Perú, el suministro de agua para consumo humano enfrenta retos importantes por efecto de los contaminantes microbiológica, que puede incidir directamente la salud de la población. En este contexto, la presencia de coli totales y coli termotolerantes se considera un indicador clave para analizar si el agua satisface los criterios establecidos de seguridad y es apta, pues su detección evidencia contaminación fecal y posibles riesgos sanitarios asociados a patógenos presentes en el sistema de captación y distribución (Chávez, 2018).

El distrito de Cuyocuyo, localizado en la provincia de Sandia, departamento de Puno, es una zona donde el tener agua segura es esencial para mejorar día a día nuestro confort social de los ciudadanos. No obstante, la infraestructura y los procesos de almacenamiento y distribución de agua enfrentan desafíos que podrían contribuir a la contaminación microbiológica. La identificación y cuantificación de coliformes en estos sistemas permitirá diagnosticar el estado sanitario del agua y brindar datos útiles para poner en marcha estrategias de mejora y control.

Esta investigación se propone evaluar la evidencia y niveles de coli totales y coli termotolerantes en el sistema de captación y distribución de agua apta para beber en el distrito de Cuyocuyo. Los resultados contribuirán a generar datos técnicos que permitan tomar decisiones orientadas a certificar la pureza del agua según normativas vigentes y salvaguardar la sanidad colectiva de los habitantes,



aportando al cumplimiento de los estándares regulatorios nacionales e internacionales actuales sobre potabilidad del agua.

El trabajo se organizó dividiéndose en los siguientes capítulos fundamentales:

Capítulo I: en este capítulo se presenta el Planteamiento del problema, que abarca el análisis de la realidad problemática, las preguntas y objetivos de la investigación, la justificación del estudio y las hipótesis.

Capítulo II: se enfoca en el Marco teórico, abarcando los antecedentes del tema, las bases teóricas que lo sustentan y el marco conceptual que orienta la investigación.

Capítulo III: se presenta la metodología de la investigación, detallando el tipo de estudio, las técnicas e instrumentos utilizados, el lugar y el contexto del estudio, la población y la muestra, así como los procedimientos seguidos para llevar a cabo la investigación.

Capítulo IV: se exponen los resultados y se discuten los hallazgos, según el orden de los objetivos específicos, acompañados de tablas y figuras con interpretación analítica, y además se establece la relación entre estos resultados y estudios previos.



CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Análisis de la situación problemática.

En todo el mundo, la presencia de microbios en el agua potable sigue siendo un determinante crítico en la aparición de patologías por el agua, particularmente en naciones en vías de desarrollo. La OMS indica que cerca de 2 mil millones de habitantes no tienen garantizado la provisión de agua limpia, afectados por dolencias transmitidas por el agua contaminada con coliformes fecales representan una alarmante situación epidemiológica, causando millones de casos de diarrea, infecciones y muertes anualmente, especialmente en infantes menores de cinco años. La presencia de coli totales y coli termotolerantes (indicadores de contaminación fecal) en los sistemas de captación y reparto de agua es un claro reflejo de posibles amenazas para el bienestar humano y la deficiencia en el tratamiento o protección del recurso hídrico (Prüss-Ustün, y otros, 2014).

En Perú, a pesar de los avances en la cobertura de agua potable, la calidad microbiológica del agua continúa siendo un desafío importante. Diversos estudios han reportado la contaminación por microorganismos en zonas rurales y urbanos, evidenciando deficiencias en la infraestructura y el sustento de las



redes hidrosanitarias de agua bebible. Según el Ministerio de Salud y entidades reguladoras, la contaminación por coliformes termotolerantes indica una contaminación fecal que puede desencadenar brotes de enfermedades gastrointestinales. En muchas zonas rurales y periféricas, la falta de monitoreo constante y la ausencia de tecnologías adecuadas limitan el control efectivo de esta problemática (MINAM, 2020).

El departamento de Puno, caracterizado por su geografía predominantemente rural y alto nivel de dispersión poblacional, enfrenta grandes retos en el abastecimiento y salubridad hídrica. Los sistemas de captación y distribución a menudo presentan susceptibilidad a procesos de polución por fuentes antropogénicas, incluyendo aguas depuradas sin tratamiento, manejo inadecuado del recurso hídrico y condiciones climáticas que favorecen la proliferación de microorganismos. Estudios locales han detectado frecuentemente la identificación de coli totales y termotolerantes en zonas clave, lo que conlleva un riesgo para la salubridad de las comunidades andinas y originarias que estriban directamente de estos sistemas.

En el distrito de Cuyocuyo, provincia de Sandia, la realidad no es ajena a estas problemáticas. La infraestructura de recolección y reparto de agua para beber, presenta limitaciones en su diseño, mantenimiento y protección, lo que incrementa la vulnerabilidad a la contaminación microbiológica. La ausencia de monitoreos periódicos y la carencia de recursos técnicos y económicos dificultan la identificación temprana del hallazgo de microorganismos coliformes completos y su fracción termorresistente. Esta situación pone en riesgo la salud de la población local, incrementando la cantidad de padecimientos gastrointestinales



y comprometiendo la calidad de vida, especialmente en sectores con menor accesibilidad a servicios básicos.

1.2. Planteamiento del problema.

1.2.1. Problema general

¿Cómo se evaluará los coliformes totales y coliformes termotolerantes presentes en el sistema de captación y distribución de agua para consumo humano Cuyocuyo?

1.2.2. Problemas específicos

- a) ¿Cuáles son los niveles de coliformes totales y coliformes termotolerantes presentes en el sistema de captación de agua para consumo humano en Cuyocuyo?
- b) ¿Cuáles son los niveles de coliformes totales y coliformes termotolerantes presentes en el sistema de distribución de agua para consumo humano en Cuyocuyo?
- c) ¿Qué factores técnicos y operativos del sistema de captación y distribución están asociados a la presencia de coliformes totales y coliformes termotolerantes?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Evaluar los coliformes totales y coliformes termotolerantes presentes en el sistema de captación y distribución de agua para consumo humano Cuyocuyo.



1.3.2. Objetivos específicos

- a) Determinar los coliformes totales y coliformes termotolerantes presentes en el sistema de captación de agua para consumo humano Cuyocuyo.
- b) Determinar los coliformes totales y coliformes termotolerantes presentes en el sistema de distribución de agua para consumo humano Cuyocuyo.
- c) Identificar los factores técnicos y operativos del sistema de captación y distribución que podrían estar asociados a la presencia de coliformes totales y termotolerantes.

1.4. Justificación de la investigación

1.4.1. Justificación Practica

La investigación sobre la evidencia de coli totales y termotolerantes en el sistema de captación y distribución de agua para consumo humano en Cuyocuyo es primordial para diagnosticar la situación presente del recurso hídrico utilizado por la población. La identificación precisa de estos indicadores microbiológicos permitirá detectar deficiencias en la infraestructura y control del sistema, posibilitando el despliegue de intervenciones correctivas y precautorias para certificar que el agua reúna las condiciones sanitarias requeridas. Así, este estudio aportará datos técnicos valiosos para mejorar la gestión y el monitoreo continuo de la red de abastecimiento potable en el distrito.

Además, los hallazgos obtenidos pueden servir de base para fortalecer las políticas y programas locales vinculado con la calidad del



agua, brindando soporte para decisiones técnicas basadas en evidencia a los entes rectores. La mejora en los sistemas de captación y distribución repercutirá en la simplificación de los procesos y en la minimización de riesgos sanitarios, contribuyendo a un servicio de agua que ofrece mayor confianza y seguro para los individuos de Cuyocuyo.

1.4.2. Justificación social

El suministro continuo de agua potable de calidad configura un derecho universal reconocido y un determinante crítico del bienestar y la salud de la comunidad. La existencia de coliformes en el agua de consumo humano pone en riesgo la salud de la población de Cuyocuyo, especialmente de grupos con mayor riesgo, como niños, personas mayores y quienes padecen enfermedades crónicas. Esta investigación busca aportar conocimiento que permita proteger a las familias de infecciones por agua contaminada, abriendo camino hacia una vida más digna y disminuyendo los casos de enfermedades gastrointestinales.

Asimismo, el estudio contribuye a sensibilizar tanto a la ciudadanía como a los gobiernos locales acerca de la relevancia de cuidar y resguardar los cuerpos de agua, facilitando que los vecinos organicen rondas de vigilancia del sistema de captación y distribución. Este enfoque participativo fortalece el compromiso social para posibilitar el alcance duradero y certificado como agua potable de calidad garantizada.

1.4.3. Justificación ambiental

El agua es un recurso natural importante que debe ser preservado y protegido frente a la contaminación microbiológica y otros factores que



puedan comprometer su calidad. La aparición de coli totales y termotolerantes en el sistema de captación y reparto indica contaminación fecal, la cual puede provenir de fuentes antropogénicas que afectan los ecosistemas acuáticos locales. La investigación permitirá identificar los puntos críticos de contaminación, facilitando la adopción de medidas para mitigar el impacto ambiental y proteger las fuentes hídricas de Cuyocuyo.

Además, la gestión asertiva del recurso hídrico ayuda a la conservación del medio ambiente, impulsando criterios sostenibles que prevengan la polución y degradación de ríos, lagos y fuentes hídricas. La protección de estos recursos protege tanto la salud humana como la variedad de especies y la estabilidad ecológica de la región, asegurando un mundo que acoja con bienestar a quienes lo habitamos hoy y a quienes lo heredarán mañana.

1.4.4. Justificación Económica

La contaminación microbiológica del agua genera altos costos económicos asociados al tratamiento de enfermedades, menor rendimiento en el trabajo y mayores gastos en salud. En Cuyocuyo, la identificación y control del hallazgo de coliformes en el agua que se usa para beber puede reducir significativamente estos costos, al prevenir enfermedades y mejorar el bienestar colectivo. La inversión en el monitoreo y mejora del sistema de captación y reparto representa un ahorro a largo plazo para las familias y el sector salud local.

Por otro lado, garantizar el estado del agua potable favorece el desarrollo económico de la comunidad, ya que mejora las condiciones



sanitarias y contribuye a la atracción de inversiones y actividades productivas. Un sistema de agua confiable y seguro fortalece la economía local al reducir ausentismo laboral y escolar, y al promover un ambiente saludable que permita el crecimiento sostenible del distrito.

1.5. Hipótesis de la investigación

1.5.1. Hipótesis general

Existe presencia significativa de coliformes totales y coliformes termotolerantes en el sistema de captación y distribución de agua para consumo humano en el distrito de Cuyocuyo.

1.5.2. Hipótesis específicas

- a. Existe presencia de coliformes totales y coliformes termotolerantes en el sistema de captación de agua para consumo humano en Cuyocuyo.
- b. Existe presencia de coliformes totales y coliformes termotolerantes en el sistema de distribución de agua para consumo humano en Cuyocuyo.
- c. Los factores técnicos y operativos del sistema de captación y distribución están asociados a la presencia de coliformes totales y coliformes termotolerantes en el agua para consumo humano.

1.6. Variable de la investigación

1.6.1. Variable dependiente

- Coliformes totales y termotolerantes.

1.6.2. Variable independiente

- Factores técnicos y operativos del sistema.



1.7. Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de variables de la presente investigación.

Variable	Dimensión	Indicadores	Técnicas e instrumentos
Variable dependiente Coliformes totales y termotolerantes.	Presencia/ausencia; concentración en puntos de captación y distribución.	NMP de coliformes totales /100 ml. NMP de coliformes termotolerantes /100 ml.	Análisis microbiológico en laboratorio mediante filtración por membrana o método NMP.
Variable independiente Factores técnicos y operativos del sistema.	Infraestructura; cloración; mantenimiento; ubicación y protección sanitaria.	Estado de infraestructura, existencia de cloración, frecuencia de mantenimiento, cercanía a focos contaminantes.	Ficha de observación, lista de verificación, entrevistas a operadores.



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales

González (2018) estuvo orientado a evaluar la certeza de coli totales y coli termotolerantes en la red que distribuye agua potable de Cochabamba, Bolivia. Se aplicó un muestreo sistemático en 15 puntos críticos de la red durante seis meses, utilizando la filtración por membrana para detectar microorganismos. Los resultados revelaron que el 30% de las muestras superaron el LMP fijados por la normativa boliviana (0 NMP/100 ml para coli termotolerantes). En algunos puntos, se detectaron recuentos de hasta 240 NMP/100 ml, indicando una contaminación fecal importante. El estudio concluyó que existen fallas en la protección y mantenimiento de la red, recomendando la ejecución de programas de monitoreo continuo y mejora de infraestructura para avalar la potabilidad del agua.

En cambio, Ramírez & Torres (2020) se plantearon como meta investigar la existencia de microorganismos nocivos en el agua entregada a la población de Medellín, Colombia, con énfasis en coli totales y termotolerantes. Se realizó un estudio transversal con muestreos mensuales durante un año,



aplicando el método del NMP, para la detección bacteriológica. Obteniendo los siguientes hallazgos: El 15% de las muestras contenían coliformes termotolerantes en manifestaciones superiores a 0 NMP/100 ml, límite establecido por el Ministerio de Salud colombiano. Los recuentos máximos alcanzaron 160 NMP/100 ml en puntos de la red con mayor vulnerabilidad. Los autores concluyeron que, aunque el sistema de acueducto cuenta con buenos estándares de control, existen sectores con riesgo de contaminación que requieren mayor vigilancia y mantenimiento.

Sin embargo, López et al. (2019) tuvieron como finalidad de evaluar la calidad microbiológica del agua potable en zonas rurales de Oaxaca, México, con la mira de verificar la existencia de bacterias coli totales y termotolerantes. Se realizó un muestreo probabilístico en 30 sistemas comunitarios, analizando las muestras mediante filtración por membrana y pruebas confirmatorias para coliformes fecales. Los hallazgos evidenciaron que el 40% de los puntos muestreados presentaron coli termotolerantes con concentraciones que alcanzaron hasta 200 NMP/100 ml, superando los LMP fijados por la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, que exige 0 NMP/100 ml para coli fecales en agua potable. El estudio concluyó que la contaminación microbiológica es un problema persistente en estas comunidades, y recomendó acciones técnicas y educativas para elevar la salubridad del agua y la protección sanitaria de la población.

Por otro lado, Vásquez (2021) buscó analizar la evidencia de bacterias coli (totales y termotolerantes) en el sistema de agua para consumo humano de Cuenca, Ecuador. Se analizaron 100 muestras distribuidas a lo largo de la



red de distribución empleando el método estándar de filtración por membrana. El 25% de las muestras excedieron el LMP para coli totales (máximo 0 NMP/100 ml según normativa ecuatoriana), alcanzando hasta 180 NMP/100 ml, y el 10% de las muestras mostraron coli termotolerantes por encima del límite permisible. Los autores concluyeron que, aunque el sistema es generalmente seguro, existen puntos críticos en la red que pueden comprometer el estado del agua demanda intervenciones urgentes para garantizar la seguridad sanitaria de los habitantes.

En cambio, Fernández & Castillo (2017) en su investigación, buscó determinar la contaminación microbiológica por coliformes en fuentes de agua potable de comunidades rurales de la Región de Los Lagos, Chile. Se realizaron muestreos semestrales y análisis por filtración en membrana para determinar la carga bacteriana. El 35% de las muestras contenían coliformes totales con valores que alcanzaron hasta 220 NMP/100 ml, y un 20% presentaron coli termotolerantes en niveles preocupantes, superando el límite máximo de 0 NMP/100 ml exigido por la normativa chilena (D.S. N° 031/2009). El estudio concluyó que es necesario optimizar los procesos de supervisión y conservación de los sistemas rurales para evitar riesgos sanitarios en la población.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Pérez (2019) tuvo el designio principal de determinar la presencia de coli totales y coliformes termotolerantes en el sistema de agua potable de San Juan de Lurigancho, una de las jurisdicciones más poblados de Lima. Se hizo un muestreo una vez al mes en 12 puntos estratégicos durante seis meses,



aplicando la filtración por membrana y el método NMP para cuantificar las bacterias indicadoras. El análisis reveló que el 22% de las muestras rebasaron los VMP por el Normativa Técnica Sanitaria para la Calidad del Agua Potable (D.S. N° 031-2010-SA), el cual exige que no haya coli termotolerantes (0 NMP/100 ml). En algunos casos, se reportaron recuentos máximos de hasta 180 NMP/100 ml, lo que significa una inseguridad alto para la salud pública. Se concluyó que el sistema presenta vulnerabilidades en la red de distribución que facilitan la contaminación microbiológica, y se recomendó implementar un plan de mejora en el mantenimiento y un programa riguroso de monitoreo.

Por otro lado, Quispe & Huamán (2020) se plantearon como objetivo fue analizar la calidad microbiológica del agua para beber en diversas zonas rurales de la región de Arequipa, donde los componentes del sistema de agua tratada suelen ser precaria. Se empleó un muestreo estratificado en 20 comunidades, con análisis por filtración en membrana para identificación de coli totales y termotolerantes. En el 35% de las muestras se detectaron coli termotolerantes, incumpliendo el límite de 0 NMP/100 ml. Las concentraciones máximas detectadas alcanzaron 210 NMP/100 ml, indicando contaminación fecal significativa. Estos valores exceden los estándares nacionales y evidencian un riesgo sanitario considerable, especialmente para niños y adultos vulnerables. El estudio recomendó priorizar intervenciones técnicas para la implementación de tratamientos adecuados y campañas de educación sanitaria que mejoren las prácticas locales.

Sin embargo, Flores (2018) en esta investigación se realizó para comprobar la existencia de coli totales y termotolerantes en la red pública de



reparto de agua potable en Cusco. Se realizaron muestreos bimensuales en 15 puntos durante un año, analizando las muestras por filtración por membrana. Los hallazgos indicaron que el 28% de las muestras presentaban coli totales, mientras que el 12% tenían coliformes termotolerantes, con recuentos que alcanzaron hasta 190 NMP/100 ml, sustancialmente excedido al LMP de 0 NMP/100 ml para agua potable según normativa nacional. Estos resultados sugieren fallas en la infraestructura y en la gestión del sistema, que permiten la infiltración de contaminantes fecales. La conclusión destacó la necesidad de mejorar el mantenimiento preventivo y fortalecer la vigilancia sanitaria para reducir riesgos.

Por otro lado, Martínez & Vásquez (2021) evaluaron la calidad microbiológica del recurso hídrico en sistemas comunitarios de comunidades indígenas en Loreto, región caracterizada por su alta biodiversidad y dispersión poblacional. Se tomaron muestras trimestrales durante un año, con análisis por filtración por membrana para determinar si existen coli totales y termotolerantes. Obteniéndose que el 45% de las muestras evidenciaron coli termotolerantes con concentraciones máximas de 230 NMP/100 ml, excediendo el límite estipulado por el D.S. N° 031-2010-SA. La contaminación se atribuyó principalmente a la proximidad a problemas de saneamiento básico por residuos fecales sin tratamiento. Se concluyó que es urgente implementar medidas técnicas y educativas para hacer que el agua sea mejor y cuidar la salud de estas comunidades.



2.1.3. Antecedentes regionales

Carhuancho (2017) se enfocó en el objetivo determinar la evidencia de coli totales y coli termotolerantes en el sistema de agua potable de Juliaca. Se realizó un muestreo sistemático en 20 puntos tomándose 160 muestras representativas de la red de distribución durante ocho meses, analizando las muestras mediante filtración por membrana y confirmación con pruebas bioquímicas. Obteniendo los siguientes resultados: Que 45 muestras (28%) presentaron coli totales con recuentos que variaron entre 10 y 210 NMP/100 ml, mientras que 24 muestras (15%) evidenciaron coliformes termotolerantes con cifras entre 5 y 180 NMP/100 ml. Estos niveles exceden ampliamente el límite normativo nacional para coli termotolerantes, según D.S. N° 031-2010-SA. La contaminación estuvo presente en puntos de almacenamiento, válvulas y zonas finales de la red, lo que indica infiltración y fallas en el mantenimiento. Se concluyó que la red presenta vulnerabilidades importantes que deben ser atendidas para evitar riesgos a la salud.

En cambio, en el estudio de Yana & Huanca (2018) en el marco de esta indagación se enfocaron en evaluar el estado microbiológico del agua en comunidades rurales de Azángaro. Se emplearon muestreos trimestrales durante un año, con análisis por filtración por membrana para coli totales y termotolerantes. Los resultados mostraron que el 40% (96 muestras) superaron el límite permisible para coli termotolerantes, presentando valores entre 25 y 220 NMP/100 ml. Los coli totales alcanzaron un 50% de muestras positivas, con recuentos de hasta 250 NMP/100 ml. Los análisis mostraron mayor contaminación en estaciones lluviosas. Los autores atribuyeron esta



contaminación a la cercanía a fuentes de polución fecal y la falta de sistemas de tratamiento adecuados, concluyendo la imperiosa necesidad de aplicar soluciones técnicas inmediatas y campañas educativas.

Sin embargo, Paredes (2019) se propuso averiguar si había coli totales y termotolerantes en la red pública de agua potable de Puno. Se realizaron muestreos mensuales en 15 puntos recolectándose 90 muestras durante seis meses, utilizando técnicas de filtración por membrana y pruebas confirmatorias. Consiguiendo los siguientes resultados que 32 muestras (35.5%) mostraron coliformes termotolerantes por arriba del límite permisible, con valores fluctuando entre 15 y 195 NMP/100 ml. Las manifestaciones de coli totales fueron mayores, con un 48% de muestras positivas y recuentos máximos de 210 NMP/100 ml. Los puntos más afectados fueron los sectores periféricos y zonas con tuberías antiguas o sin mantenimiento. El estudio concluyó que las deficiencias en el mantenimiento y vigilancia del sistema son factores que contribuyen a esta contaminación, recomendando la implementación de un programa de monitoreo constante.

Por otro lado, Chávez & Mamani (2020) tuvieron como finalidad valorar la seguridad bacteriológica del recurso hídrico para uso humano en la localidad de Juli, con énfasis en coli totales y termotolerantes. En la metodología se realizaron muestreos bimensuales en 12 puntos durante un año obteniéndose 144 muestras tomadas bimensualmente, empleando filtración por membrana y métodos de confirmación. Obteniendo que el 38% (55 muestras) presentaron coliformes termotolerantes con recuentos que oscilaron entre 10 y 205 NMP/100 ml. El 42% de las muestras tenían coli totales con valores máximos



de 220 NMP/100 ml. La contaminación fue más notable en los conductos de distribución del líquido y en los tanques de acumulación, atribuyéndose a infiltraciones y deficiencias en el mantenimiento. Se concluyó que la contaminación se debe principalmente a infiltraciones y mal mantenimiento, y se recomendó fortalecer las actividades de control sanitario y educación comunitaria.

En la investigación de Quispe (2021) se planteó como meta analizar el estado microbiológica del agua en Pichacani. Se aplicó un muestreo trimestral en 10 puntos críticos analizándose 120 muestras trimestrales, con análisis microbiológico por filtración y conteo de coli totales y termotolerantes. Obteniéndose los siguientes hallazgos: Las 50 muestras (42%) presentaron coliformes termotolerantes, con recuentos entre 20 y 225 NMP/100 ml, superando el límite normativo nacional. El 55% de las muestras tenían coliformes totales con niveles que alcanzaron 240 NMP/100 ml. Las zonas más afectadas fueron aquellas con infraestructura deteriorada y con falta de mantenimiento regular. Se concluyó que el sistema requiere mejoras en infraestructura y un monitoreo habitual para afirmar el acatamiento de los estándares de agua potable y resguardar la salud colectiva.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Agua

El agua es un líquido transparente, sin olor ni sabor, que suele encontrarse bastante pura en la naturaleza y ocupa alrededor el 71% de la superficie del planeta. El agua también se encuentra con frecuencia en el



Sistema Solar y el universo, pero principalmente como vapor (en forma gaseosa) o como hielo (en forma sólida) (Raffino, 2021).

El agua es el elemento que más predomina sobre la corteza terrestre, abarcando alrededor el 71% de la corteza. Forma los océanos, ríos y lluvias, y también constituye un elemento esencial en todos los organismos vivientes. El agua viaja constantemente por la naturaleza: se evapora de ríos y plantas, forma nubes, cae como lluvia o nieve, y finalmente regresa al mar para comenzar de nuevo (Porto & Gardey, 2010).

No es más que agua: dos partes de hidrógeno y una de oxígeno, la fórmula perfecta de la vida. A simple vista es transparente, sin gusto ni olor característicos. Sin embargo, cambia de forma: se endurece con el frío y se vuelve invisible con el calor.(Porto & Gardey, 2010).

Contreras et al. (2008) indica que el agua es un compuesto líquido sin color, olor ni sabor, mezclado por la asociación covalente de $2H + O$ (H_2O). Posee la capacidad de disolver en mayor o menor medida todas las sustancias, razón por la cual se posiciona como solvente universal. El agua tiene una química fascinante: puede unirse a sales minerales (formando hidratos), reaccionar con óxidos metálicos (creando sustancias ácidas), y acelerar muchas reacciones químicas esenciales para la vida.

2.2.2. Propiedades generales del agua

La estructura electrónica del oxígeno en el agua crea una disposición especial que permite a las moléculas conectarse entre sí mediante enlaces flexibles pero importantes a otras cuatro moléculas vecinas (Teijon, 2005),



dicha propiedad da origen a una importante fuerza de unión molecular que sustenta sus comportamientos característicos, entre los que se encuentran:

- **Densidad:** El agua presenta su mayor densidad (1 kg/m^3) cuando su temperatura llega a $3.98 \text{ }^\circ\text{C}$, debajo de esta temperatura el agua reduce su densidad hasta congelarse. Al enfriarse, las moléculas se mueven cada vez más lentamente, como si tuvieran frío y tienden a juntarse más, pero separándose una de otras, disminuyendo así su densidad y aumentando su volumen (Andrew, 1983).
- **Capilaridad y tensión superficial:** La capilaridad es como cuando el agua desafía la gravedad y sube por espacios estrechos. Esto pasa porque sus moléculas se unen fuertemente (tensión superficial) y también se pegan a las superficies (Baez, 2012).
- **Solubilidad:** La naturaleza dipolar de la molécula H_2O facilita la solubilización de sustancias iónicas, polares y lipídicas, al tiempo que genera fuerzas de repulsión con átomos de diferentes compuestos (Baez, 2012).
- **Calor específico:** La capacidad calorífica específica del agua equivale a 1 caloría por gramo y grado Celsius ($1 \text{ cal/g}\cdot^\circ\text{C}$) en el rango de 14.5 a 15.5°C . Esto significa que cada gramo necesita una caloría para aumentar un grado su temperatura en ese intervalo (Baez, 2012).
- **Calor de vaporización:** Para convertirse en vapor, cada gramo de agua debe 'comerse' 536 calorías de calor. Cuando sudamos, este proceso extrae energía de nuestro cuerpo, bajando nuestra temperatura (Baez, 2012).



2.2.3. Calidad del agua

Las condiciones de salubridad del recurso hídrico destinado al consumo humano se definen como la adecuación del recurso hídrico para ser utilizado sin que represente riesgos para la salud. Esta calidad depende de múltiples parámetros físicos, químicos y microbiológicos que deben ser evaluados y controlados para garantizar su inocuidad. El agua limpia para beber no es un privilegio, sino un derecho fundamental de toda persona reconocido internacionalmente y un eje estratégico para el crecimiento sostenible y la protección de la salud poblacional (Casilla Quispe, 2014).

El agua limpia es el cimiento de dos pilares fundamentales: comunidades saludables y economías prósperas. La geografía minera del Perú, marcada por los Andes y una economía extractivista, ha creado una peligrosa contaminación de metales que llega hasta el agua que consumen las familias. Esta exposición crónica ha escalado a una emergencia de salud colectiva que sobrepasa nuestra capacidad de control (Chávez, 2018).

Características organolépticas, moleculares y bióticas esenciales para analizar la calidad del agua:



Tabla 2

Propiedades físicas, químicas y biológicas de los residuos sólidos.

Parámetros	Descripción
Parámetros físicos	Sólidos o residuos, turbiedad, color, olor y sabor, y temperatura.
Parámetros químicos	Aceites y grasas, conductividad eléctrica, alcalinidad, cloruros, dureza, pH, sodio, sulfatos
Parámetros biológicos	Indicadores bacterianos (coliformes fecales y totales), conteo de bacterias heterotróficas, microorganismos protozoarios, agentes virales y parásitos helmínticos.

Nota. Esta tabla presenta los factores clave para evaluar la calidad del agua, referenciado por Mejía (2005) OMS, 2008.

El derecho al agua limpia sigue siendo una promesa incumplida: lo que llega a muchas familias está tan contaminado que no debería considerarse apto para el consumo de los individuos (Contreras, 2021).

“La provisión de agua es un erigido indispensable, ya que repara necesidades fundamentales concernientes a la salud y las circunstancias de vida de los grupos poblacionales” (Contreras, 2021).

2.2.4. Importancia de la calidad del agua

El agua es un recurso transcendental para la sociedad, fundamental tanto para el progreso económico como para el bienestar de las personas. Según la ONU, la producción agrícola, pilar estratégico del desarrollo económico en muchos países, consume cerca del 70% del volumen hídrico empleado a escala mundial, mientras que la industria gasta alrededor del 20%



del agua, solo el 10% se destina a hogares y comunidades. Pero el verdadero desafío no es solo la escasez, sino también la contaminación que hace que el agua no sea segura para quienes la necesitan (Contreras, 2021).

Según estimaciones de la OMS (2006), alertó hace años una realidad dura: más de mil millones de individuos ven vulnerado su garantía constitucional de acceso al agua segura. Lo peor ocurre en el campo, donde 3 de cada 10 habitantes no acceden a agua segura y 6 de cada 10 viven sin baños dignos, en los países más pobres, la realidad es alarmante: entre el 90% y 95% de las aguas sucias y el 70% de los desperdicios industriales van derechamente a ríos y lagos sin ser tratados. Esta contaminación masiva destruye las pocas fuentes de agua que podrían ser seguras para la población.

Los campos de cultivo en países ricos están envenenando el agua que todos necesitamos. Cuando llueve, los químicos de fertilizantes y pesticidas se filtran a los ríos y napas subterráneas, mientras la lluvia ácida empeora el problema gota a gota. (Molina, 2002).

2.2.5. Impacto de la calidad del agua en la salud

El agua es el latido de nuestra existencia: nos hidrata, sostiene la naturaleza que nos rodea y determina si vivimos con salud o enfermamos. Sin este elemento esencial, la vida sería imposible. El derecho al agua segura debería ser universal, pero no lo es. Cuando el agua está sucia, se convierte en un peligro que golpea primero a los más débiles: niños, comunidades pobres y familias sin recursos. La diferencia entre salud y enfermedad, a veces, es solo un vaso de agua limpia (Contreras, 2021).



En muchos países pobres, algo tan simple como beber agua puede ser mortal. Las enfermedades diarreicas, provocadas por agua contaminada, arrebatan vidas cada día, convirtiendo un acto básico como hidratarse en una peligrosa ruleta rusa. Cada vez que un niño en situación vulnerable bebe agua contaminada, su sistema inmunológico enfrenta una batalla desigual contra microorganismos peligrosos. Estas enfermedades prevenibles siguen siendo una sentencia para los más pequeño (Solsoma, 2003).

La diarrea no llega por casualidad. Cuando las familias no tienen baños dignos, cuando no pueden lavarse las manos o cuando el agua que beben está sucia, la enfermedad encuentra el camino perfecto para atacar, especialmente a los más pequeños. La pobreza marca el escenario, pero son el desconocimiento y algunas tradiciones nocivas los que completan este círculo vicioso que sigue afectando a tantas familias (Solsoma, 2003).

Tabla 3*Enfermedades y síntomas producidos por bacterias.*

ENFERMEDAD	SINTOMAS
Aeromonas sp. Enteritis	Diarrea abundante y líquida, con presencia de sangre y moco
Campylobacter Jejuni Campilobacteriosis	Gripe, diarrea, dolor en la cabeza y el estómago, fiebre, calambres y ganas de vomitar
Escherichia Coli Enterocolitis	Diarrea muy aguada, dolor de cabeza, fiebre, uremia y daño en el hígado
Plesiomonas Shigelloides Plesiomonas – Infección	Náuseas, molestias en el estómago y diarrea líquida; en algunos casos, fiebre, dolor de cabeza y vómitos
Salmonella Typhi Fiebre Tifoidea	Fiebre
Salmonella sp. Salmonelosis	Mareos, dolor tipo cólico en el estómago, vómitos, diarrea y en ocasiones fiebre leve
Streptococcus sp.	Dolor abdominal, diarrea y fiebre; en algunos casos, vómitos
Vibrio Cholerae. El Tor (agua dulce) Cólera (forma leve)	Cuadro diarreico agudo severo

Nota. Tabla que muestra información sobre enfermedades causadas por el agua instituida por la OMS (OMS, 2010).

2.2.6. Agua Potable

El agua limpia es el cimiento de todo: nos mantiene vivos, sanos y con energía para trabajar. Pero no basta con tener agua, lo que realmente importa es que cada gota sea pura y segura según la OMS.

El agua que bebemos debe ser como un abrazo seguro: pura y sin riesgos. Aunque es nuestro recurso más vital, está constantemente amenazada por contaminantes de todo tipo, por eso proteger su calidad no es



opcional, es una necesidad absoluta, El agua contaminada se convierte en un peligro silencioso, especialmente para los más pequeños. Bebés y niños son los más vulnerables, sus cuerpos frágiles pueden enfermar gravemente con solo un sorbo de agua insegura (Aucalla, 2019).

El agua que bebemos puede llevar consigo tanto sustancias beneficiosas como peligrosas. Es esencial que todos tengamos acceso a suficiente agua verdaderamente limpia, que nutra nuestra vida sin ponerla en riesgo (Cava & Ramos , 2016).

Antes de usar el agua, debemos analizar su calidad según lo que necesitemos. Así sabremos si requiere tratamiento y qué método aplicar para hacerla segura. Estos mismos estándares nos ayudan a mejorar los procesos de purificación cuando sea necesario (Cruz Mamani, 2023).

Para proteger nuestro derecho al agua segura, la SUNASS ha establecido que las EPS deben monitorear rigurosamente el estado del agua. Estas son las disposiciones que garantizan que el agua cumpla con los estándares:

- Se debe hacer el control de calidad en todas las localidades gestionadas.
- Los parámetros esenciales que hay que revisar obligatoriamente son: desinfección residual, transparencia, equilibrio ácido-base, contaminación bacteriana total, patógeno fecal específico y termoresistente.
- Las muestras de control requieren ser colectadas y procesadas bajo los estándares de recolección autorizados, conservación y análisis



indicados en las normas técnicas peruanas; si no existen estas normas, se usarán priorizando los protocolos establecidos en las tres ediciones más recientes del Standard Methods (APHA-AWWA-WEF).

- El agua segura para beber es aquella libre de contaminantes perjudiciales. Su provisión universal figura entre las principales preocupaciones del mundo contemporáneo, ya que gran parte de la población en contexto de extrema pobreza carece de acceso conveniente a este recurso esencial, mientras que otros países, gracias a políticas responsables sobre los procesos de monitoreo y potabilización han conseguido proveer acceso confiable a agua apta para sus ciudadanos (Valdivielso, 2019).

2.2.7. Calidad microbiológica del agua

Se ocupa de estudiar la variedad y el comportamiento de bacterias, virus, protozoos, cianobacterias y biota microscópica que viven en distintas fuentes de agua, ya sean naturales (como ríos, lagos o acuíferos) o tratadas para el consumo humano (agua potable) (Edberg, 2021).

La seguridad microbiológica del recurso hídrico y sus monitoreos varían mucho según la zona. Los autores concluyeron que es prioritario establecer un protocolo de vigilancia que evalúe los riesgos microbiológicos efectivos para los alimentos, considerando la carencia de datos concluyentes sobre la polución en los recursos hídricos agrícolas.

Las variaciones en los datos obtenidos del monitoreo bacteriológico del recurso hídrico según el tiempo y el espacio pueden deberse al alcance de la



observación. A menudo, el orden del río, la región de la que proviene el agua o la jerarquía parcela-predio-cuenca delimita los niveles espaciales para el estudio microbiológico hídrico, mientras que los factores temporales dependen del tiempo que pasa entre cada muestreo de agua o de cuánto dura la recolección de una muestra (Ichiparra Aguirre, 2023).

Hay muchos otros factores, como la lluvia, que influyen fuertemente en la seguridad bacteriológica del recurso hídrico. Por ello, cada monitoreo presenta atributos identificables que permiten anticipar el perfil microbiológico del agua. Con regularidad se requiere seleccionar y contrastar técnicas estadísticas que posibiliten optimizar el conjunto de variables predictoras y generar modelos predictivos con mayor robustez (Ichiparra Aguirre, 2023).

2.2.8. Parámetros microbiológicos

Los parámetros microbiológicos del agua son como los “detectives” que buscan rastros de microorganismos en el agua, ayudándonos a saber si está limpia y positiva para el consumo de individuos (Edberg, 2021).

Estos parámetros nos permiten buscar y contar bacterias, virus, protozoos y otros microbios que podrían estar en el agua; si encontramos muchos, es señal de la posible contaminación fecal del recurso hídrico o por otras fuentes del ambiente. Entre los indicadores más usados para constatar el apego a los estándares de calidad hídrica encontramos los coli totales, los coli fecales (también llamados termotolerantes) y la bacteria *Escherichia coli*. Estos nos ayudan a descubrir si el agua podría estar contaminada y si hay riesgo de que contenga microbios que enferman a las personas (Cruz Mamani, 2023).



La evaluación de estos parámetros constituye un requisito crítico para verificar la correspondencia con la normativa vigente para agua para uso humano cumpla con las normativas sanitarias nacionales e internacionales, previniendo infecciones de transmisión hídrica (Edberg, 2021).

a. Coliformes Totales

Los coli totales son bacterias comunes que encontramos en la naturaleza y también en los desechos de humanos y animales. Cuando el agua se mezcla con heces, estos microbios pueden contaminarla y causar problemas digestivos en quienes la consumen (Lipa Paye, 2018).

Los coliformes totales son como 'termómetros' que miden qué tan limpia está el agua. Aunque estas bacterias no siempre enferman gravemente, cuando aparecen son una señal de alerta: probablemente hay otros microbios más peligrosos en el agua (Ichiparra Aguirre, 2023).

Bañarse en aguas con muchos coliformes es como jugar a la ruleta rusa con la salud. Cada chapuzón aumenta el riesgo de tragar, inhalar o absorber bacterias que pueden provocar fiebre, náuseas o fuertes dolores estomacales. Si el agua tiene muchos coliformes totales, puede causar enfermedades como fiebre tifoidea, hepatitis, gastroenteritis, disentería e incluso infecciones de oído. Afortunadamente, hervir el agua o usar cloro ayuda a eliminar estos microbios. Además, lavarse bien las manos con jabón luego de estar en contacto con agua contaminada es una buena manera de cuidar la salud (Ichiparra Aguirre, 2023).

b. Coliformes Termotolerantes

Se les llama así porque estos microbios presentan su óptimo desarrollo térmico en rangos de hasta 45°C y sirven como una señal más clara de cuán limpia y segura está el agua. Su detección indica contaminación fecal en la fuente hídrica (Lipa Paye, 2018).

Sotil (2017) estas bacterias se encuentran con frecuencia en la naturaleza, y por eso los expertos en agua las han usado desde hace mucho como señal de alarma. Esto ocurre porque son fáciles de encontrar incluso cuando hay pocas, y además su análisis es sencillo. Hay muchos tipos de coliformes que pueden reproducirse en el agua y no provienen de heces. Cuando hablamos de coliformes "termotolerantes" o "fecales", nos referimos a los que pueden vivir a temperaturas más altas. Lo más importante para la higiene es evitar que el agua se contamine con heces, ya que ese es el origen más preocupante de estos microbios (Sotil, 2017).

Si no se encuentran bacterias coliformes, especialmente *E. coli*, reduce significativamente la probabilidad de contaminación fecal, pero eso no significa que esté completamente libre de otros microbios peligrosos. Aunque es menos común, virus y protozoos pueden estar presentes y, a veces, son más difíciles de eliminar con los métodos de desinfección habituales (Ichiparra Aguirre, 2023).

c. *Escherichia coli*

La *E. coli* constituye un microorganismo que normalmente vive en el tracto intestinal de organismos endotérmicos, como nosotros, y suele



estar como componente mayoritario del microbiota intestinal humana. Es muy común en el agua porque muchas bacterias coliformes, incluyendo la *E. coli*, pueden sobrevivir allí por mucho tiempo. Por eso, encontrarla es una señal confiable de que podría haber otros microbios dañinos presentes. Por eso, cuando encontramos *E. coli* en redes de agua potable, es una señal clara de que ha habido contaminación fecal. Si solo aparecen bacterias coliformes y no *E. coli*, puede deberse a la tierra o a las plantas, o puede ser una advertencia de que podría ocurrir una contaminación más seria, sobre todo después de lluvias fuertes. Pero si se detectan coliformes en agua que ya ha sido tratada, significa que algo falló en el proceso de limpieza o que hubo contaminación después del tratamiento; en estos casos, siempre hay que revisar la situación de inmediato (OMS, 2006).

2.2.9. Métodos de detección y análisis de coliformes

El aislamiento y enumeración de bacterias coliformes en muestras hídricas requiere metodologías específicas que permitan obtener resultados confiables y reproducibles, a continuación, se mencionan dos métodos:

a. Método de Filtración por Membrana

La técnica por membrana es óptima para análisis microbiológicos en aguas claras (turbidez ≤ 1 NTU) sin partículas suspendidas visibles. Este método permite la detección directa de las bacterias mediante el filtrado de volúmenes conocidos de muestras a través de membranas con poros de $0,45 \mu\text{m}$ (Silva, Ramírez, Alfieri, & Rivas, 2007).



b. Método del Número Más Probable (NMP)

El método NMP es de uso generalizado para la cuantificación de coliformes, especialmente en muestras con alta turbidez o presencia de interferencias (NMP) (Silva, Ramírez, Alfieri, & Rivas, 2007).

2.2.10. Sistemas de captación y distribución de agua para consumo humano

Los sistemas de abastecimiento de agua potable constituyen una infraestructura compleja que garantiza la disponibilidad de recurso hídrico salubre y accesible para todos los habitantes. El proceso para que el agua llegue lista para beber incluye, en general, recogerla, transportarla, limpiarla, guardarla una vez tratada y finalmente repartirla a los hogares (CONUEE, 2014).

a. Captación

La captación representa la primera etapa del sistema de abastecimiento y determina sustancialmente la calidad inicial del agua. La infraestructura tradicional de abastecimiento se provee de: (a) fuentes superficiales - cuerpos de agua visibles (ríos, lagos), y (b) fuentes subsuperficiales - reservorios subterráneos (pozos profundos, sistemas filtrantes) (CONUEE, 2014).

El estado del agua desde el inicio, es decir, donde se capta puede verse afectada por diversos factores ambientales y antropogénicos que inciden directamente en la presencia de coliformes y otros microorganismos patógenos (Geográfico Nacional, 2018).

b. Conducción y Distribución

La fase secundaria comprende el transporte hidráulico del recurso desde el punto de toma hasta la planta de procesamiento donde se purifica o el sitio de consumo, pudiendo ser un canal abierto o red de tuberías. Este proceso es crítico para sostener la calidad microbiológica del agua (De Sousa, Colmenares, & Correia, 2008).

Según la normativa española, conducción se define como toda infraestructura hidráulica destinada al traslado de agua cruda desde la obra de captación hasta la planta potabilizadora (ETAP), o alternativamente al reservorio primario; o de agua tratada entre tanques de almacenamiento o tramos entre la ETAP y el depósito inicial que carezcan de conexiones a la red de distribución (CONUEE, 2014).

c. Tratamiento y Desinfección

El tratamiento del agua constituye una etapa fundamental para eliminar contaminantes microbiológicos (CONUEE, 2014). Durante la fase de potabilización, el recurso hídrico adquiere, a través de procesos especializados, los parámetros fisicoquímicos requeridos para ser apto al consumo humano (CONUEE, 2014).

La unidad desinfectante debe operar automáticamente de manera permanente, garantizando el CT (concentración x tiempo) mínimo exigido para cada compuesto desinfectante, según protocolos técnicos validados, en consecuencia, todo suministro hídrico para consumo humano debe



someterse a desinfección efectiva y mantener un residual biocida activo (De Sousa, Colmenares, & Correia, 2008).

2.2.11. Riesgos de Contaminación en los Sistemas de Distribución

Los riesgos de contaminación en los sistemas de distribución de agua potable se refieren a las posibilidades o eventos mediante los cuales el agua, después de ser tratada, puede ser contaminada microbiológica o químicamente durante su transporte desde las plantas de tratamiento hasta el consumidor final. Estos peligros repercuten en el estado del agua y pueden poner en peligro la salud pública (Ichiparra Aguirre, 2023).

a. Contaminación en redes de distribución

La contaminación microbiológica puede ocurrir en múltiples nodos de la red de abastecimiento (De Sousa et al., 2008). Cuando las bacterias crecen en las tuberías y tanques de agua, la calidad se resiente: el agua puede adquirir mal sabor, olor desagradable y verse turbia. En casos graves, deja de ser segura para el abastecimiento público según estándares internacionales (De Sousa, Colmenares, & Correia, 2008).

Las bacterias que se adhieren a las tuberías forman una capa pegajosa que va obstruyendo el paso del agua, acelera el deterioro de los conductos y dificulta que el cloro u otros desinfectantes cumplan su función protectora.

b. Biopelículas y Crecimiento Bacteriano

Las biopelículas representan uno de los principales desafíos en el mantenimiento del perfil microbiológico del agua potable en la red



hidráulica. La rapidez con la que se forma la biopelícula depende de cómo es la superficie (su textura y sus propiedades químicas), y también de las características de los microbios que se pegan a ella, como bacterias que se alimentan de materia orgánica (coli totales y fecales), bacterias oportunistas, algunas cepas con resistencia antimicrobiana (RAM), bacterias productoras de pigmentos, levaduras, quistes de protozoos y microinvertebrados (De Sousa, Colmenares, & Correia, 2008).

La resistencia de estas estructuras microbianas a la desinfección convencional representa un reto significativo para el mantenimiento del estado del agua (De Sousa et al., 2008). El uso inapropiado de agentes anticorrosivos (en dosis o composición) conlleva riesgo de desprendimiento de biofilms y contaminación por bacterias coliformes (De Sousa, Colmenares, & Correia, 2008).

2.3. Marco conceptual.

2.3.2. Agua de consumo humano

El agua que llega a nuestros hogares debe ser completamente segura. Por eso, debe cumplir rigurosamente con todos los estándares de pureza y sanidad que exige el Ministerio de Salud, garantizando que cada sorbo proteja nuestra salud en lugar de ponerla en riesgo (Contreras Chura, 2021).

2.3.3. Características microbiológicas

Se trata de entender quiénes son los microbios que viven en el agua, cuántos hay y cómo se comportan, y cómo todo esto influye en que el agua sea sana para las personas (Gonzales Leal, 2012).

2.3.4. Normas de calidad del agua

Se trata de un instrumento que sirve para planear y aplicar medidas que garanticen que el líquido esté libre de contaminantes perjudiciales, siguiendo las normas sanitarias y cuidando la salud de las personas. (MINAM, 2010).

2.3.5. Límite Máximo Permisible (LMP)

Estos límites miden qué tanta cantidad de sustancias o elementos puede tener el agua. Cuando se sobrepasan, no solo perjudican nuestro bienestar y modo de vivir, sino que también afectan el medio ambiente que nos rodea.

2.3.6. Estándares de Calidad Ambiental (ECA)

Los estándares son como reglas de juego que definen cuánto de cada sustancia es susceptible de hallarse en los componentes ambientales: aire, suelo y líquidos. Son límites establecidos a fin de cuidar el ecosistema y nuestra integridad física (MINAM, 2010).

2.3.7. Sistema de Captación y Distribución de Agua

Es el conjunto de infraestructuras y procesos diseñados para recolectar agua obtenida de lugares naturales como ríos, lagos o acuíferos y transportarla, mediante tuberías, tanques y redes, hasta los puntos de consumo humano. Este sistema garantiza que el agua arribe en cantidad y calidad suficientes para el uso en el hogar, industrial o público, asegurando la continuidad y seguridad del suministro (Ichiparra Aguirre, 2023).



CAPITULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Diseño de investigación

Conforme a los objetivos del estudio, este sigue un diseño no experimental de tipo descriptivo, puesto que la evidencia proviene de fuentes directas y reales, en este caso del sistema de captación y suministro hídrico para uso humano en Cuyocuyo, manteniendo invariables los parámetros investigados.

3.2. Tipo de investigación

Para la presente investigación se consideró el tipo de investigación de tipo aplicada, porque buscamos responder a un problema concreto para decretar la presencia y concentración de coli totales y coli termotolerantes en muestras de agua del sistema de captación y distribución de Cuyocuyo. Esta aproximación permite obtener resultados objetivos y medibles que apoyan la evaluación del estado microbiológico del agua para consumo humano (Hernández & Fernández, 2010).

3.3. Nivel de investigación



Esta investigación adopta un nivel descriptivo, ya que procura definir la calidad microbiológica del agua a través del reconocimiento y medición de coliformes; y explicativa, porque busca determinar la conexión entre los atributos del sistema de captación y distribución con los niveles de contaminación detectados, permitiendo entender las posibles causas y variables incidentes en los parámetros de potabilidad.

3.4. Enfoque de investigación

La investigación emplea un enfoque cuantitativo permitiendo realizar medidas numéricas de muestras de agua en puntos estratégicos del sistema de captación y distribución de agua para consumo humano Cuyocuyo. Se realizaron exámenes de laboratorio empleando la filtración por membrana y el NMP para determinar coliformes totales y termotolerantes.

3.5. Diseño estadístico

El test t de Student, creado por W.S. Gosset bajo el alias "Student" (1908), es una herramienta estadística inferencial crucial para comparar medias. Su relevancia radica en su aplicabilidad cuando se trabaja con muestras pequeñas y no se conoce la desviación típica poblacional, empleándose la distribución t en lugar de la normal. Permite evaluar si la media de un solo grupo difiere de un valor conocido (prueba t de una muestra) o si los promedios de dos grupos son realmente distintos (pruebas t para muestras independientes o pareadas). La prueba calcula un estadístico t, que luego se evalúa para establecer la relevancia estadística de las discrepancias observadas, basándose en los grados de libertad y un nivel alfa.

3.6. Procedimiento metodológico

3.6.1. Objetivo 1: Determinar los coliformes totales y coliformes termotolerantes presentes en el sistema de captación de agua para consumo humano Cuyocuyo.

Para lograr la finalidad del presente estudio se realizó los siguientes pasos:

a. Ubicación del proyecto

Para este trabajo, se recopilaron muestras del sistema de racionamiento hídrico para consumo humano en Cuyocuyo, se ubica conforme a la siguiente referencia

Departamento : Puno

Provincia : Sandia

Distrito : Cuyocuyo

La coordenada del punto de muestreo de la captación de agua para consumo humano Cuyocuyo, se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 4

Coordenadas del punto de muestreo del sistema de captación de agua para consumo humano Cuyocuyo.

Código	Lugar	Coordenadas	
		Este	Norte
P-01	Captación de agua	445768.00	8403269.00

Figura 1

Ubicación del punto de captación de agua para consumo humano Cuyocuyo.



Nota. Google Earth.

b. Toma de muestra

Se realizó la recolección de muestras en la infraestructura de captación de agua potable de Cuyocuyo, donde las coordenadas se manifiestan en la tabla 4. El periodo de ejecución fue durante 7 días (21/06/2025 al 27/06/2025).

El procedimiento utilizado para tomar muestras de agua y alcanzar este objetivo fue así:

- ✓ Primero nos lavamos las manos con agua y jabón.
- ✓ Segundo se usó guantes desechables de látex.



- ✓ Tercero con la ayuda de un balde se efectuó a tomar las muestras del punto de captación que era mediante manantiales.
- ✓ Se llenó el frasco de vidrio sin llenarlo del todo, dejando un espacio para que entre aire, y se cerró bien la tapa para evitar que se derrame el agua durante el transporte o al moverlo.
- ✓ Se rotulo las muestras (código/nombre y día de recolección) con marcador indeleble.
- ✓ Luego, se colocaron las muestras en el Cooler con congelante (ice pack), de este modo se aseguraron que sean trasladadas al laboratorio en condiciones óptimas.
- ✓ Finalizado el muestreo, se realizó el traslado de las muestras al laboratorio LAQUAMEQ E.I.R.L, en la ciudad de Juliaca para su respectivo análisis.

c. Análisis de los parámetros:

La metodología para determinar las manifestaciones de los parámetros microbiológicos en el laboratorio fue la siguiente:

Fase Presuntiva:

- ✓ Paso 1: Se preparó el caldo Lauril Trisulfato mezclando 4.806 gramos del caldo en 135 ml de agua purificada dentro de un matraz Erlenmeyer; luego, se colocó en el agitador magnético para disolverlo bien.



- ✓ Paso 2: Se usaron 15 tubos de prueba, cada uno provisto de una campana Durham y 9 mililitros de caldo Lauril Trisulfato; 3 tubos de prueba conteniendo 9 ml de agua purificada.
- ✓ Paso 3: El caldo Lauril se sometió a esterilización en la autoclave, a 121 grados, por 20 minutos
- ✓ Paso 4: Una vez esterilizadas, se marcaron o rotularon las muestras para saber cuál era cada una.
- ✓ Paso 5: Después de rotularlas, se agregaron 10 ml de la muestra a tres tubos con caldo Lauril, y 1 ml a otros tres tubos con el mismo medio de cultivo, así como a un tubo con agua desionizada. Luego, de este último tubo con agua destilada, se tomó 1 ml para añadir a otros 3 tubos con caldo Lauril (dilución 10^{-1}). De nuevo, de este último tubo de agua destilada, se tomó 1 ml para poner en 3 tubos con caldo Lauril (dilución 10^{-2}), y así sucesivamente hasta la dilución 10^{-3} .
- ✓ Paso 6: Una vez agregada la muestra, los tubos se incubaron a 37 grados Celsius durante un día.
- ✓ Paso 7: Al terminar, se hizo la lectura de cada solución para comprobar lo que ocurrió.

Fase confirmativa:

Coliformes Totales:

- ✓ Paso 1: Para preparar el caldo Verde Brillante, se mezclaron 5.4 gramos del caldo con 135 ml de agua desionizada en un matraz



Erlenmeyer, y luego se revolvió con agitador magnético hasta que todo quedó bien disuelto.

- ✓ Paso 2: Se organizaron 15 tubos de prueba con 9 ml de caldo Verde Brillante en cada uno, los que luego fueron autoclavados a 121 grados por 20 min.
- ✓ Paso 3: Posterior a la esterilización, se colocaron etiquetas o rótulos a cada uno de los tubos.
- ✓ Paso 4: Se sembró la muestra obtenida en la fase indicativa en los cultivos de caldo verde brillante, usando un asa de siembra y dos mecheros.
- ✓ Paso 5: Una vez terminado el sembrado, las muestras se situaron en el incubador a 37°C por 24 horas.
- ✓ Paso 6: Al terminar, se hizo la lectura de cada muestra para comprobar lo que ocurrió.

Coliformes Termotolerantes:

- ✓ Paso 1: Para la síntesis del medio de cultivo EC, se disuelven 4,995 g del medio en 135 ml de agua desionizada usando un matraz Erlenmeyer, procediéndose luego a agitación magnética para que todo se disuelva bien.
- ✓ Paso 2: Se acondicionaron 15 tubos de ensayo conteniendo 9 ml de caldo EC cada uno, esterilizándose posteriormente en autoclave a 121°C durante 20 minutos.



- ✓ Paso 3: Después de esterilizarlos, se procedió a identificar cada tubo con un rótulo.
- ✓ Paso 4: Se sembró el crecimiento presuntivo en los tubos EC con asa de nichrome, manteniendo técnica estéril con dos fuentes de calor.
- ✓ Paso 5: Después de sembrar, la muestra se lleva a la incubadora y se deja a 42,5 grados por un día.
- ✓ Paso 6: Al terminar, se hizo la lectura de cada muestra para comprobar lo que ocurrió

a. Trabajo en gabinete:

Finalizado el procesamiento de los hallazgos de los análisis microbiológicos, se revisaron estos datos en el gabinete usando los LMP del D.S. 031-2010-SA para compararlos. Esta misma forma de trabajar la han usado otros investigadores que han estudiado la calidad del agua subterránea en el Perú (Torres, 2014).

3.6.2. Objetivo 2: Determinar los coliformes totales y coliformes termotolerantes presentes en el sistema de distribución de agua para consumo humano Cuyocuyo.

A fin de lograr el objetivo planteado se realizó los siguientes pasos:

a. Ubicación del proyecto



En esta investigación, se recogieron muestras de la red de racionamiento de agua potable en Cuyocuyo, se hallan ubicado tal como se muestra a continuación:

Departamento : Puno
Provincia : Sandia
Distrito : Cuyocuyo

La ubicación exacta (coordenadas) del lugar donde se tomó la muestra del circuito de distribución de agua potable de la localidad de Cuyocuyo, se manifiestan en la siguiente tabla:

Tabla 5

Coordenadas del punto de muestreo del sistema de distribución de agua para consumo humano Cuyocuyo.

Código	Lugar	Coordenadas		Fecha
		Este	Norte	
R-01	Sistema de distribución de agua	445735	8403705	21/06/2025
R-02	Sistema de distribución de agua	436275	8400289	22/06/2025
R-03	Sistema de distribución de agua	422451	8521466	23/06/2025
R-04	Sistema de distribución de agua	406384	8354879	24/06/2025
R-05	Sistema de distribución de agua	404876	8358974	25/06/2025
R-06	Sistema de distribución de agua	399547	8254796	26/06/2025
R-07	Sistema de distribución de agua	392564	8203125	27/06/2025

Figura 2

Ubicación del sistema de distribución de agua para consumo humano Cuyocuyo.



Nota. Google Earth.

b. Toma de muestra

Las muestras fueron recolectadas del punto final del sistema de distribución hídrica para consumo humano en Cuyocuyo (piletas), con ubicaciones detalladas en la Tabla 4. El periodo de ejecución fue durante 7 días (21/06/2025 al 27/06/2025).

El procedimiento utilizado para tomar muestras de agua y alcanzar este objetivo fue el siguiente:

- ✓ Primero nos lavamos las manos con agua y jabón.
- ✓ Segundo se usó guantes quirúrgicos de látex de un solo uso.



- ✓ Tercero con la ayuda de un balde se ejecutó el muestreo de la red de suministro hídrico para consumo humano en Cuyocuyo.
- ✓ Se llenó el frasco de vidrio sin llenarlo del todo, dejando un espacio para que entre aire, y se cerró bien la tapa para impedir que el agua se derrame durante el transporte o al moverlo.
- ✓ Se rotularon las muestras (nombre o código y fecha de recolección) con un marcador permanente.
- ✓ Luego, se colocaron las muestras en el Cooler con congelante (ice pack), bajo este esquema se certificó que sean trasladadas al laboratorio en condiciones óptimas.
- ✓ En la última fase, las muestras se trasladaron al laboratorio LAQUAMEQ E.I.R.L Juliaca para su respectivo análisis.

c. Análisis de los parámetros:

La metodología para determinar las manifestaciones de los parámetros microbiológicos en el laboratorio fue la siguiente:

Fase Presuntiva:

- ✓ Paso 1: Se formuló el medio Lauril Trisulfato disolviendo 4.806 g del polvo en 135 ml de agua purificada dentro de un matraz Erlenmeyer; luego, se introdujo en el mezclador magnético para lograr una disolución completa.



- ✓ Paso 2: Se emplearon quince tubos de ensayo equipados con campanas Durham y 9 ml de caldo Lauril Trisulfato por unidad, más tres tubos control con igual volumen de agua destilada.
- ✓ Paso 3: El caldo Lauril se sometió a esterilización en la autoclave, a 121 grados, por 20 minutos.
- ✓ Paso 4: Una vez esterilizadas, se marcaron o rotularon las muestras para saber cuál era cada una.
- ✓ Paso 5: Tras el rotulado, se inoculó una alícuota de 10 ml en triplicado en caldo Lauril, 1 ml en otros tres tubos con el mismo medio, y 1 ml en un tubo control con agua purificada. Partiendo del último recipiente, se sembró 1 ml en triplicado en caldo Lauril (dilución 10^{-1}) y en un tubo control con agua. Del nuevo tubo de agua, se inoculó 1 ml en tres tubos con Lauril (10^{-2}) y otro con agua. De este último, se transfirió 1 ml a tres tubos con Lauril (10^{-3})
- ✓ Paso 6: Tras la inoculación, los tubos se incubaron a $37\pm 1^{\circ}\text{C}$ por 24 ± 2 h en atmósfera estática.
- ✓ Paso 7: Al terminar, se hizo la lectura de cada muestra para comprobar lo que ocurrió.

Fase confirmativa:

Coliformes Totales:

- ✓ Paso 1: Se elaboró el medio Verde Brillante (40 g/L) disolviendo 5.4 gr del polvo en 135 mililitros de agua tipo II dentro de un matraz



Erlenmeyer, y luego se colocó en el agitador magnético para que todo se mezclara.

- ✓ Paso 2: Se dispusieron quince tubos estériles conteniendo 9 mililitros de medio selectivo Verde Brillante, autoclavados a 121°C (250°F) durante 20 min.
- ✓ Paso 3: Concluida la fase de esterilización, se marcaron o rotularon todos los tubos para distinguirlos.
- ✓ Paso 4: Se sembró el aislamiento presuntivo en caldo lactosado Verde Brillante usando asa de platino, controlando contaminación con esterilización intermitente entre dos mecheros.
- ✓ Paso 5: Posterior al inóculo, las unidades de cultivo se procesaron en cámara de incubación a temperatura mesófila estándar (37°C) por período 24 horas.
- ✓ Paso 6: Al terminar, se realizó el análisis individual de cada muestra para comprobar lo que ocurrió.

Coliformes Termotolerantes:

- ✓ Paso 1: Para el acondicionamiento del caldo EC, se mezclan 4,995 g del polvo liofilizado con 135 ml de agua destilada en recipiente Erlenmeyer de borosilicato, procediéndose a agitación con magneto hasta completa solubilización.
- ✓ Paso 2: Se elaboraron 15 réplicas de medio EC (9 ml por tubo), posteriormente esterilizadas a 121 grdos durante 20 min.



- ✓ Paso 3: Finalizada la etapa de esterilización, se marcaron o rotularon todos los tubos para distinguirlos.
- ✓ Paso 4: Se sembró la muestra de la fase presuntiva en los tubos con caldo EC, usando un asa de siembra y dos mecheros.
- ✓ Paso 5: Posterior al sembrado, las unidades de cultivo se incubaron en condiciones termofílicas precisas (42,5°C) por período de 24 h.
- ✓ Paso 6: Al terminar, se hizo la lectura de cada muestra para comprobar lo que ocurrió.

b. Trabajo en gabinete:

Tras la obtención de los hallazgos de los análisis microbiológicos, se revisaron estos datos en el gabinete usando los LMP del D.S. 031-2010-SA para compararlos. Esta misma forma de trabajar la han usado otros investigadores que han estudiado el estado del agua subterránea en el Perú (Torres, 2014).

3.6.3. Objetivo 3: Identificar los factores técnicos y operativos del sistema de captación y distribución que podrían estar asociados a la presencia de coliformes totales y termotolerantes.

En cada punto seleccionado, se realizó una inspección directa para evaluar las condiciones técnicas y operativas del sistema, utilizando listas de verificación estandarizadas que contemplen:

- Estado estructural (fisuras, protección, techos, sellos).
- Estado y continuidad de la cloración (presencia de cloro residual).



- Frecuencia y registro de mantenimiento preventivo y correctivo.
- Presencia de fugas, infiltraciones o estancamientos.
- Proximidad a fuentes potenciales de contaminación (letrinas, residuos, corrales).

Se registrarán estas observaciones mediante fichas técnicas y fotografías para documentar el estado del sistema.

Finalmente, se interpretaron los resultados con el fin de establecer las variables más relevantes en la aparición de bacterias coliformes. Se contrastaron con estudios similares y normativas técnicas, y se validarán mediante entrevistas o consultas con responsables del sistema.

3.7. Materiales y equipos

El equipo y materiales requeridos para la ejecución de esta investigación incluyeron.

a. Materiales

- Recipientes de vidrio (frascos, matraz Erlenmeyer, tubos de ensayo, vasos precipitados)
- Instrumentos de medición (pipeta, probeta, goteros)
- Equipos de soporte (mechero Bunsen)
- Materiales de registro (rotulador permanente, libreta de apuntes)
- Insumos varios (cinta masking, papel toalla, cooler de Tecnopor®)



- Equipo de protección
(mandil, guantes)

b. Equipos

- Termómetro.
- Agitador magnético.
- Autoclave.
- Incubadora.
- GPS.
- Cámara fotográfica.
- Equipo de cómputo.
- EPPs.

c. Reactivos e Insumos:

- Termómetro.
- Caldo Lauril Trisulfato.
- Caldo Verde Brillante.
- Caldo EC.
- Agua destilada.
- Muestra de agua.
- Agua destilada.

3.8. Técnicas e instrumentos

3.8.1. Técnicas

Para recolectar los datos de esta investigación, utilizamos:

- ❖ **Muestreo de Agua:** Se ejecuto la técnica de muestreo estandarizado para el acopio de recursos hídricos en puntos seleccionados del sistema de captación y reparto, siguiendo protocolos internacionales para evitar contaminación cruzada y asegurar la representatividad.
- ❖ **Análisis Microbiológico:** Se implementó el procedimiento estándar de filtración por membrana celulósica que permite la retención de microorganismos en un filtro que luego se cultiva en



medios selectivos para coli totales y termotolerantes. Complementariamente, se utilizará el método del NMP para la cuantificación y confirmación bacteriológica.

- ❖ **Inspección Técnica:** Se llevó a cabo una inspección visual y documental del estado de la infraestructura y operación del sistema, aplicando listas de verificación para evaluar condiciones estructurales, presencia de cloro residual, mantenimiento, y proximidad a fuentes contaminantes.

3.8.2. Instrumentos

Los instrumentos de recopilación de datos estandarizados en este estudio fueron diseñados para obtener, registrar y almacenar la información necesaria de manera eficiente y precisa. A continuación, se manifiestan los dispositivos utilizados en el estudio:

- ❖ **Listas de verificación o fichas técnicas de inspección:** Formatos estructurados diseñados para registrar las condiciones técnicas y operativas de los puntos muestreados. Incluyen campos para evaluar estado de tuberías, tanques, cámaras de válvulas, sistema de cloración, mantenimiento realizado, presencia de fugas, y proximidad a posibles fuentes de contaminación.
- ❖ **Medios de cultivo selectivos y reactivos de laboratorio:** Medios específicos como tubos de caldo Lauril Sulfato de Amonio para la detección y aislamiento de coli totales y termotolerantes aplicando procedimientos de filtración por membrana o NMP.



- ❖ **Equipos para análisis microbiológico:** Filtro de membrana para retener microorganismos, incubadora para el cultivo bacteriano a temperaturas específicas (35-37 °C para coli totales y 44-45 °C para coli termotolerantes), autoclave para esterilización y colorímetro o tiras reactivas para medir el cloro residual en muestras.
- ❖ **Instrumentos para medición de variables operativas**
Equipos para medir presión del sistema, caudal, y concentración de cloro residual, que ayudan a evaluar condiciones técnicas vinculados con la excelencia del recurso acuático.

3.9. Población y muestra

3.9.1. Población

Constituye la colección íntegra de unidades homogéneas y de los cuales se busca recabar datos. Representa el universo completo de estudio al cual se quieren generalizar los hallazgos (Hernández & Fernández, 2018).

La población abarca todo el sistema de abastecimiento de agua del distrito de Cuyocuyo

3.9.2. Muestra

La muestra constituye una selección estadísticamente representativa de la población, seleccionado mediante técnicas de muestreo que permiten obtener evidencias válidas sin necesidad de analizar la totalidad del universo (Hernández & Fernández, 2018).

De este modo, la muestra representativa está determinada por el agua del sistema del punto final del sistema de distribución.



de agua para consumo humano del distrito de Cuyocuyo, las muestras fueron recogidas según los criterios establecidos por la investigación, sumando un promedio de 18 litros de agua obtenidos en 7 fechas distintas. Es importante recalcar que las muestras fueron tomadas en temporada de estiaje durante el mes de junio del 2025.



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

4.1.1. Coliformes totales y coliformes termotolerantes presentes en el sistema de captación de agua para consumo humano cuyocuyo.

Los resultados que se presentan a continuación corresponden a la caracterización detallada de los principales parámetros microbiológicos, específicamente coliformes totales y coli termotolerantes, en el sistema de captación de agua para consumo humano de la comunidad de Cuyocuyo.

Para cumplir rigurosamente con el objetivo del estudio y obtener un diagnóstico representativo y robusto de la calidad microbiológica del agua, se realizaron muestreos diarios durante un período consecutivo de 07 días. Estas mediciones fueron codificadas desde R1 hasta R7, donde cada "R" corresponde a la repetición o muestra diaria obtenida en el punto de captación.

Este enfoque temporal y repetido permite captar la variabilidad diaria en la presencia de microorganismos indicadores de contaminación, reduciendo sesgos por posibles fluctuaciones puntuales y otorgando mayor confiabilidad

a los hallazgos obtenidos. De esta manera, el estudio considera la dinámica temporal en la manifestación de coli totales y coli termotolerantes, ambos parámetros fundamentales para evaluar la presencia de contaminación bacteriana y fecal, respectivamente, que alteran significativamente la potabilidad y seguridad del recurso hídrico ingerido por los habitantes.

El muestreo sistemático durante 07 días en el punto de captación se convierte en una base sólida para detectar tendencias, identificar posibles episodios de contaminación y fundamentar las acciones de mitigación y mejora en el mecanismo de depuración y desinfección de agua de Cuyocuyo. En las siguientes líneas, se expone los resultados obtenidos:

Tabla 6

Concentración de los Coliformes totales presentes en el sistema de captación de agua para consumo humano Cuyocuyo.

Parámetro	Unidad de medida	Días de muestreo (7 días)							Promedio
		R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	
Coliformes totales	NMP/100ml	920	900	930	915	905	925	910	915

La Tabla 6, presenta los valores de concentración de coli totales medidos en el sistema de captación de agua de la comunidad de Cuyocuyo durante un período consecutivo de 7 días, codificados como R1 a R7. Los valores reportados oscilan alrededor de 900 NMP/100 ml, con pequeñas variaciones diarias entre 900 NMP/100 ml en el R2 y 930 NMP/100 ml en el R3, mostrando

un promedio aproximado de 915 NMP/100 ml. La evidencia de estos niveles elevados de coliformes totales indica una contaminación bacteriana considerable en el agua cruda captada, probablemente debido a la filtración de aguas servidas y la acumulación de material orgánico en proceso de descomposición, o contaminación fecal directa o indirecta en la fuente hídrica. Estos microorganismos coliformes totales, que incluyen bacterias comúnmente presentes en el (suelo, agua y heces), constituyen bioindicadores de salubridad hídrica y marcadores de contaminación patogénica.

Las fluctuaciones observadas entre días pueden deberse a variaciones naturales en el caudal, episodios puntuales de contaminación, condiciones climáticas (como lluvias que arrastran materia contaminante), o actividades antropogénicas cercanas a la fuente. El hecho de que los valores se mantengan consistentemente altos durante toda la semana sugiere una fuente constante de contaminación que debe ser controlada y tratada adecuadamente.

Tabla 7

Concentración de los Coliformes termotolerantes presentes en el sistema de captación de agua para consumo humano Cuyocuyo.

Parámetro	Unidad de medida	Días de muestreo (7 días)							Promedio
		R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	
Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	150	150	200	180	200	170	210	180

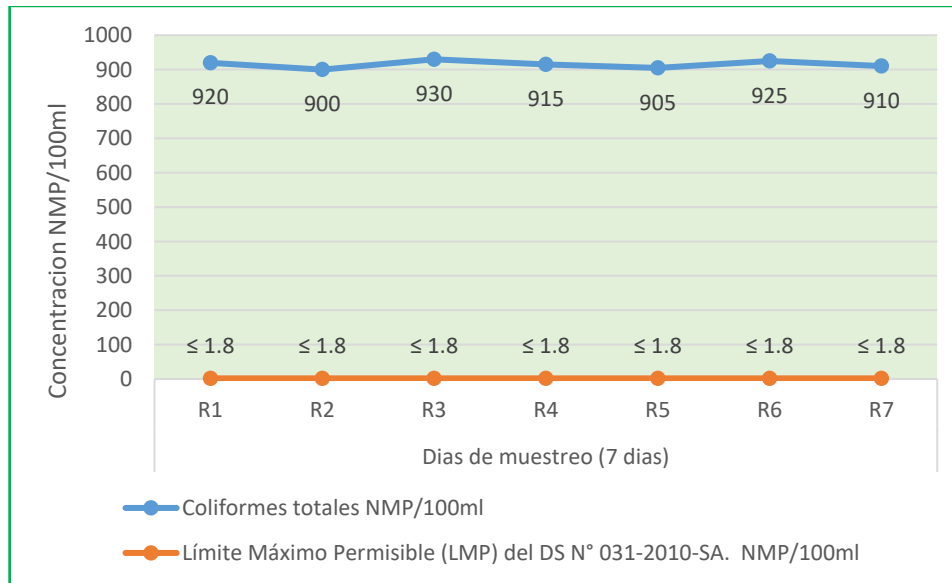


La Tabla 7, manifiesta los niveles de concentración de coli termotolerantes (también conocidos como coli fecales) en el sistema de captación de agua de la comunidad de Cuyocuyo, medidos durante un periodo consecutivo de 7 días (R1 a R7). Los valores varían entre 150 NMP/100 ml en el R1 y R2 y 210 NMP/100 ml en el R7, con un promedio aproximado de 180 NMP/100 ml. La presencia elevada y sostenida de coli termotolerantes señala una contaminación fecal directa en la fuente de agua, representando una amenaza considerable para la salud colectiva, puesto que estos parámetros microbianos evidencian fehacientemente la potencial presencia de agentes patógenos entéricos (bacterias, virus y protozoarios) causantes de patologías digestivas y otras infecciones transmitidas por el agua.

Este nivel elevado puede ser consecuencia de la infiltración de aguas depuradas sin tratamiento apropiado, deficiencias en la protección del manantial, contaminación superficial debido a actividades agropecuarias, o deficiencias en el saneamiento ambiental alrededor del área de captación. Las fluctuaciones diarias reflejan variaciones naturales y eventos puntuales de contaminación, pero la persistencia de altos niveles señala una fuente continua de contaminación.

Figura 3

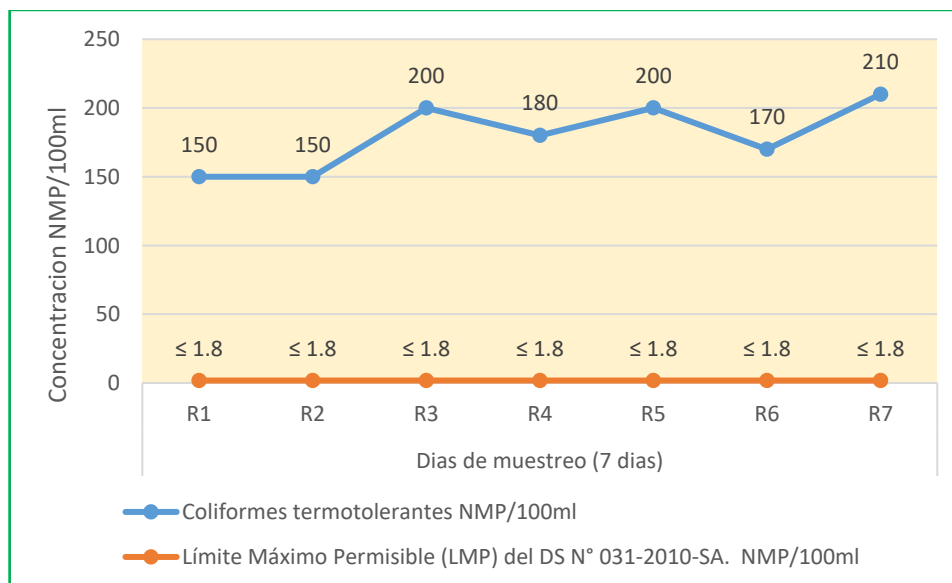
Concentración de los Coliformes totales presentes en el sistema de captación de agua para consumo humano Cuyocuyo VS los LMP del DS N° 031-2010-SA.



La Figura 3, representa gráficamente la concentración diaria de coli totales en el sistema de captación de agua de Cuyocuyo durante siete días consecutivos (R1 a R7), comparada con el LMP fijados en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano del DS N° 031-2010-SA es de ≤ 1.8 NMP/100 ml para coli totales en agua potable. Los datos evidencian que, en cada uno de los días muestreados, la manifestación de coli totales se mantiene en niveles extremadamente elevados, en torno a 900 NMP/100 ml, superando el LMP en varios cientos de veces. Esta diferencia tan significativa indica una contaminación bacteriana grave en la fuente de agua cruda, reflejando que el agua requiere tratamiento previo para alcanzar los estándares de potabilidad.

Figura 4

Concentración de los Coliformes termotolerantes presentes en el sistema de captación de agua para consumo humano Cuyocuyo VS los LMP del DS N° 031-2010-SA.



La Figura 4, muestra la evolución diaria durante siete días consecutivos (R1 a R7) de la manifestación de coli termotolerantes en el sistema de captación de agua de la comunidad de Cuyocuyo, comparada con el LMP es de ≤ 1.8 NMP/100 ml establecido por el DS N° 031-2010-SA para agua potable. En todos los días muestreados, los valores de coli termotolerantes oscilan entre 150 y 210 NMP/100 ml, excediendo ampliamente el límite permitido. Esta persistente y elevada concentración indica una contaminación fecal significativa y constante en la fuente de agua, lo que constituye un riesgo sanitario considerable para la población, debido a la potencial manifestación de microorganismos patógenos vinculados a contaminación fecal.

4.1.2. Coliformes totales y coliformes termotolerantes presentes en el sistema de distribución de agua para consumo humano Cuyocuyo.

Los hallazgos manifiestan a continuación pertenecen al análisis microbiológico del sistema de distribución de agua para consumo humano en



la comunidad de Cuyocuyo, específicamente en el reservorio del sistema de cloración.

De igual manera, para evaluar la calidad microbiológica del agua distribuida a la población, se realizaron muestreos diarios durante 07 días consecutivos, codificados como R1 hasta R7. Esta estrategia permite capturar la variabilidad temporal y obtener un diagnóstico más confiable sobre el sistema de distribución y desinfección.

A continuación, en las siguientes tablas y figuras, se evidencian los hallazgos derivados del laboratorio sobre la evidencia de coli totales y coliformes termotolerantes en el sistema de racionamiento de agua potable de la comunidad de Cuyocuyo.

Tabla 8

Concentración de los Coliformes totales presentes en el sistema de Distribución (Reservorio) de agua para consumo humano Cuyocuyo.

Parámetro	Unidad de medida	Días de muestreo (7 días)							Promedio
		R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	
Coliformes totales	NMP/100ml	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3

La Tabla 8, manifiestan los hallazgos de la concentración de coli totales medidos en el sistema de distribución, específicamente en el reservorio de agua tratada, durante un período consecutivo de siete días (R1 a R7). En todos los días muestreados, los valores reportados son inferiores a 3 NMP/100 ml, lo que evidencia una concentración de coli totales cercana o fuera del rango de detección del análisis instrumental realizado.



Estos resultados contrastan notablemente con los elevados niveles detectados en la captación, evidenciando la eficacia del sistema de tratamiento y desinfección implementado en el reservorio para eliminar la carga bacteriana. La evidencia de coli totales por debajo de este umbral sugiere que el agua distribuida no cumple con los estándares de calidad microbiológica y no es apta para consumo humano según el LMP de ≤ 1.8 NMP/100 ml fijados en el DS N° 031-2010-SA.

La estabilidad de estos valores bajos durante toda la semana indica un proceso de desinfección continuo y efectivo, así como una adecuada protección del sistema de racionamiento que previene la recontaminación del agua tratada. Este resultado es clave para proteger la salud y la seguridad sanitaria y minimizar peligros sanitarios para la comunidad fijados por este sistema.

Tabla 9

Concentracion de los Coliformes termotolerantes presentes en el sistema de Distribución (Reservorio) de agua para consumo humano Cuyocuyo.

Parámetro	Unidad de medida	Días de muestreo (7 días)							Promedio
		R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	
Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3

La Tabla 9, manifiesta los valores de concentración de coli termotolerantes medidos en el tanque de reserva de distribución de agua para consumo humano en Cuyocuyo, durante 07 días consecutivos (R1 a R7). En todos los días, los niveles de coli termotolerantes son reportados como



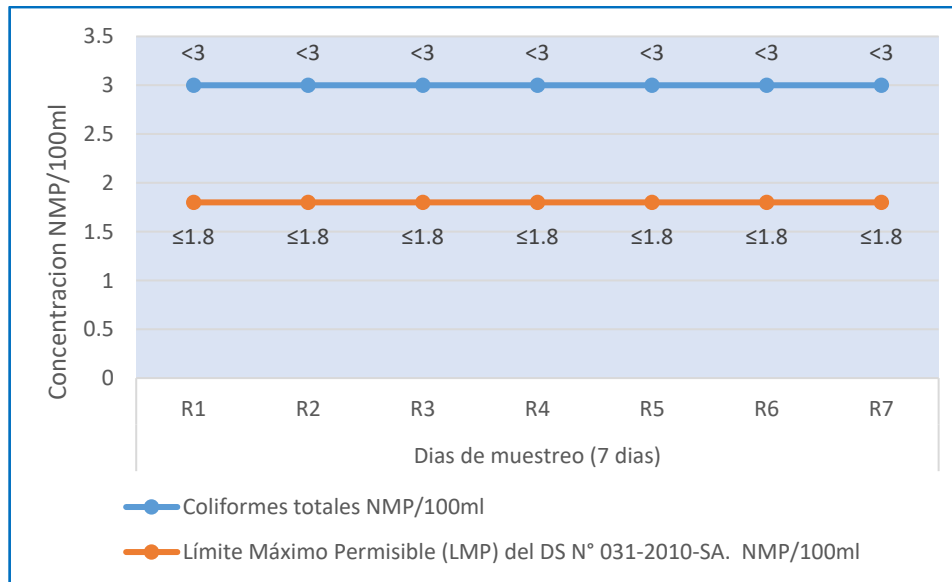
inferiores a 3 NMP/100 ml, indicando (que significa "menor que 3"), sugiere una posible contaminación del agua. Estas bacterias son indicadores de falta de higiene y problemas con el mantenimiento o el sistema de distribución de agua. Las causas pueden ser diversas, como fallos en el pozo, roturas en el sistema de tuberías, conexiones cruzadas con fuentes no potables o mantenimiento deficiente de equipos, lo que permite que contaminantes fecales o de la tierra entren al suministro.

Este resultado refleja un inadecuado tratamiento y desinfección (por ejemplo, cloración) aplicado al agua antes de su distribución, cumpliendo con el LMP normativo es de ≤ 1.8 NMP/100 ml según el DS N° 031-2010-SA. La ausencia sostenida de coliformes termotolerantes durante toda la semana muestreada indica que el sistema no es capaz de eliminar o reducir significativamente los agentes de contaminación fecal, no garantizando la potabilidad del agua y la protección sanitaria de la comunidad.

La estabilidad de estos valores bajos también indica un mal o inadecuado mantenimiento y protección del sistema de distribución, Las causas pueden ser diversas, como fallos en el pozo, roturas en el sistema de tuberías, conexiones cruzadas con fuentes no potables o mantenimiento deficiente de equipos, lo que permite que contaminantes fecales o de la tierra entren al suministro.

Figura 5

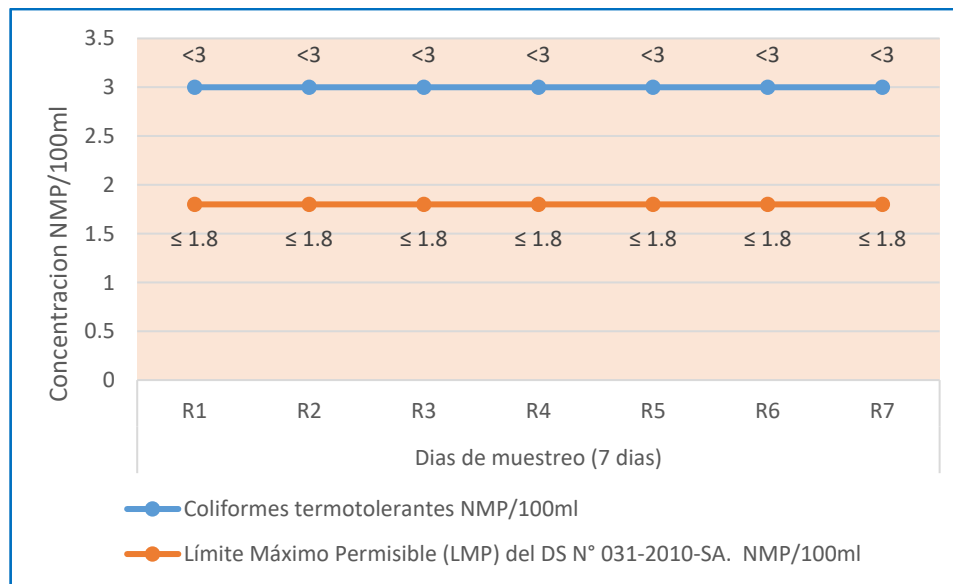
Concentración de los Coliformes totales presentes en el sistema de Distribución (Reservorio) de agua para consumo humano Cuyocuyo VS los LMP del DS N° 031-2010-SA.



La Figura 5, presenta la concentración diaria de coli totales en el tanque de reserva de distribución de agua potable en Cuyocuyo, durante 07 días consecutivos, en comparación con el LMP fijados en la normativa nacional (DS N° 031-2010-SA), que es ≤ 1.8 NMP/100 ml para coli totales. Los resultados muestran que, en todos los días muestreados, los niveles de coli totales son menores a 3 NMP/100 ml, inferiores o próximos al límite detectable del método, y consistentemente por debajo del LMP normativo. Esta tendencia indica que el proceso de tratamiento y desinfección aplicado al agua en el reservorio no es efectivo para eliminar la contaminación bacteriana, garantizando que el agua distribuida no sea microbiológicamente salubre para uso humano.

Figura 6

Concentración de los Coliformes termotolerantes presentes en el sistema de Distribución (Reservorio) de agua para consumo humano Cuyocuyo VS los LMP del DS N° 031-2010-SA.



La Figura 6, ilustra la manifestación diaria de coli termotolerantes existentes en el reservorio del sistema de reparto de agua potable en Cuyocuyo en el lapso de un periodo de siete días, contrastados con el LMP de ≤ 1.8 NMP/100 ml fijados por la normativa nacional (DS N° 031-2010-SA). Los hallazgos indican que en cada muestreo los niveles de coli termotolerantes son inferiores a 3 NMP/100 ml, situándose igual o por debajo del umbral normativo. Esto evidencia la no efectividad del proceso de purificación y desinfección aplicado, no garantizando la reducción total de organismos señal de contaminación fecal en el agua potabilizada.

4.1.3. Factores técnicos y operativos del sistema de captación y distribución que podrían estar asociados a la presencia de coliformes totales y termotolerantes.

De acuerdo a la observación directa en campo y a los resultados obtenidos en el ítem 4.1.1. y 4.1.2. se obtuvo los factores técnicos y operativos del sistema de captación y distribución que podrían estar asociados a la evidencia de coli totales y termotolerantes, estas se detallan a continuación:

a. Factores técnicos y operativos en el Sistema de Captación

Los niveles extremadamente elevados y persistentes de coli totales (~915 NMP/100 ml) y coli termotolerantes (~180 NMP/100 ml) indican una contaminación bacteriana y fecal crónica en la fuente. Estos son los factores técnicos y operativos más probables:

Tabla 10

Factores Técnicos y Operativos en el Sistema de Captación asociados a presencia de coliformes totales y termotolerantes.

Factor Técnico / Operativo	Descripción	Impacto sobre la presencia de coliformes
Protección física deficiente	Ausencia o deterioro de barreras físicas o cercos que eviten ingreso de contaminantes.	Facilita ingreso directo de bacterias fecales y contaminación.
Ubicación cercana a fuentes contaminantes	Proximidad a las áreas agropecuarias y asentamientos sin saneamiento.	Permite infiltración y escorrentía contaminante hacia la captación



Falta de sistemas de pretratamiento	No existencia de filtros naturales o artificiales para reducir carga bacteriana inicial.	Aumenta la carga bacteriana que llega al sistema.
Mantenimiento y monitoreo insuficiente	Carencia de inspecciones, reparaciones y control sistemático de la infraestructura de captación.	Incrementa riesgo de contaminación no detectada y deterioro físico.

La tabla 10, describe los factores técnicos y operativos en el sistema de captación asociados a presencia de coli totales y termotolerantes. En donde, los elevados niveles de coli totales y termotolerantes registrados en el sistema de captación reflejan una contaminación bacteriana y fecal persistente, atribuible a factores técnicos y operativos como la deficiente protección física del punto de captación, su proximidad a fuentes contaminantes sin tratamiento, la ausencia de sistemas de pretratamiento que reduzcan la carga bacteriana inicial, y la falta de mantenimiento y monitoreo adecuados. Estos aspectos favorecen la infiltración y permanencia de microorganismos indicativos de contaminación, comprometiendo la calidad del agua cruda y requiriendo intervenciones para avalar su potabilidad.

b. Factores técnicos y operativos en el Sistema de Distribución

El sistema de distribución presenta niveles muy bajos de coli totales y termotolerantes (<3 NMP/100 ml), lo que indica un tratamiento efectivo y una protección adecuada dentro del sistema de agua tratada. Sin

embargo, para mantener esta condición, es importante atender a los factores que se describen a continuación.

Tabla 11

Factores Técnicos y Operativos en el Sistema de Distribución asociados a presencia de coliformes totales y termotolerantes.

Factor Técnico / Operativo	Descripción	Impacto sobre la presencia de coliformes
Efectividad del tratamiento y desinfección.	Dosis, tiempo de contacto y control del cloro u otro desinfectante aplicado.	Reduce significativamente la carga bacteriana y fecal.
Integridad del sistema de distribución.	Estado físico de tuberías, reservorios, sellos y control de presión.	Previene contaminación post-tratamiento.
Mantenimiento y monitoreo constante.	Programas regulares de inspección, limpieza y análisis microbiológico.	Mantiene la calidad del agua y detecta posibles fallas.

La tabla 11, describe los factores técnicos y operativos en el sistema de distribución asociados a manifestación de coli totales y termotolerantes, en donde el sistema de reparto, muestra concentraciones de coli totales y termotolerantes consistentemente bajas, por debajo de los límites normativos, gracias a un proceso efectivo de tratamiento y desinfección, la integridad física adecuada de las infraestructuras y un mantenimiento y monitoreo constante. Estos factores operativos aseguran la erradicación de microorganismos patógenos en el agua procesada y previenen su contaminación, garantizando así la entrega de agua potable segura para la comunidad.

Prueba de hipótesis

Prueba t para Coliformes Totales en el Sistema de Captación

- **Hipótesis Nula (H₀):** La concentración media de coliformes totales en el sistema de captación es menor o igual al LMP ($\mu \leq 1.8$ NMP/100 ml). Es decir, no hay presencia significativa por encima del límite.
- **Hipótesis Alternativa (H_a):** La concentración media de coliformes totales en el sistema de captación es mayor al LMP ($\mu > 1.8$ NMP/100 ml). Es decir, existe presencia significativa por encima del límite.

Tabla 12

Prueba T para Muestras Independientes

		Estadístico	gl	P
Coliformes totales NMP/100ml	T de Student	138	12.0	< .001

Nota. H_a μ Coliformes totales \neq μ LMP

La tabla 12 manifiesta la prueba t para coliformes totales en el sistema de captación de Cuyocuyo revela resultados estadísticamente significativos que indican una contaminación del agua. El estadístico t de Student obtenido es de 138, con 12 gl, y un valor p inferior a 0.001 ($p = 0.05$).

Puesto que la probabilidad asociada (p) no logra el nivel crítico prefijado ($\alpha=0.05$), se descarta H₀. Esto demuestran significancia estadística para concluir que la concentración media de coli totales en el sistema de captación es significativamente mayor al LMP de 1.8 NMP/100 ml. En consecuencia, se

admite la hipótesis alternativa (H_a), la cual establece que hay una presencia significativa de coliformes totales por encima del límite permitido.

Prueba t para Coliformes Termotolerantes en el Sistema de Captación

- **Hipótesis Nula (H_0):** La concentración media de coliformes termotolerantes en el sistema de captación es menor o igual al LMP ($\mu \leq 1.8$ NMP/100 ml). Es decir, no hay presencia significativa por encima del límite.
- **Hipótesis Alternativa (H_a):** La concentración media de coliformes termotolerantes en el sistema de captación es mayor al LMP ($\mu > 1.8$ NMP/100 ml). Es decir, existe presencia significativa por encima del límite.

Resultados del análisis

Tabla 13

Prueba T para Muestras Independientes

		Estadístico	gl	p
Coliformes termotolerantes NMP/100ml	T de Student	19.2	12.0	< .001

Nota. $H_a \mu$ Coliformes totales $\neq \mu$ LMP

La tabla 13 manifiesta la prueba t para coliformes termotolerantes en el sistema de captación también muestra resultados estadísticamente significativos que evidencian una contaminación del agua. El estadístico t de Student obtenido

para los coliformes termotolerantes es de 19.2, con 12 gl, y un valor p inferior a 0.001 ($p = 0.05$).

Teniendo en cuenta que la significancia estadística (p) es menor que el punto de corte $\alpha=0.05$, se procede a rechazar la H_0 . Esto demuestran significancia estadística para concluir que la manifestación media de coli termotolerantes en el sistema de captación es significativamente superior al LMP de 1.8 NMP/100 ml. En consecuencia, se acepta la H_a , que sostiene la existencia de una presencia significativa de coli termotolerantes por encima del límite establecido.

Prueba t para Coliformes Totales en el Sistema de Distribución

- **Hipótesis Nula (H_0):** La concentración media de coliformes totales en el sistema de distribución es menor o igual al LMP ($\mu \leq 1.8$ NMP/100 ml).
- **Hipótesis Alternativa (H_a):** La concentración media de coliformes totales en el sistema de distribución es mayor al LMP ($\mu > 1.8$ NMP/100 ml).

Tabla 14

Prueba T en Una Muestra

		Estadístico	gl	p
Coliformes totales NMP/100ml	T de Student	14.4	13.0	< .001

Nota. $H_a \mu \neq 0$

La tabla 14 manifiesta los hallazgos de la prueba t para coli totales en el sistema de distribución indican una contaminación significativa del agua. Se



obtuvo un estadístico t de Student de 14.4, con 13 gl, y un valor p inferior a 0.001 ($p < .001$).

Dado que el valor p es considerablemente inferior que los niveles de significancia ($\alpha = 0.05$), se refuta la H_0 . Esto significa que hay certeza estadística sólida para aseverar que la concentración media de coli totales en el sistema de distribución es significativamente mayor al LMP de 1.8 NMP/100 ml. Por consiguiente, se admite la H_a , que plantea la existencia de una presencia significativa de coliformes totales por encima del límite permitido en el sistema de distribución.

Prueba t para Coliformes Termotolerantes en el Sistema de Distribución

- **Hipótesis Nula (H_0):** La concentración media de coliformes termotolerantes en el sistema de distribución es menor o igual al LMP ($\mu \leq 1.8$ NMP/100 ml).
- **Hipótesis Alternativa (H_a):** La concentración media de coliformes termotolerantes en el sistema de distribución es mayor al LMP ($\mu > 1.8$ NMP/100 ml).

Tabla 15

Prueba T en Una Muestra

		Estadístico	gl	p
Coliformes totales NMP/100ml	T de Student	14.4	13.0	< .001

Estadístico	gl	p
-------------	----	---

Nota. $H_a \mu \neq 0$

La tabla 15 manifiesta los hallazgos de la prueba t para coli termotolerantes en el sistema de racionamiento indican una contaminación significativa del agua. Se obtuvo un estadístico t de Student de 14.4, con 13 gl, y un valor p inferior a 0.001 ($p < .001$).

Dado que el valor p es considerablemente menor que los niveles de significancia ($\alpha = 0.05$), se rechaza la H_0 . Esto significa que hay certeza estadística sólida para aseverar que la concentración media de coli termotolerantes en el sistema de distribución es significativamente mayor al LMP de 1.8 NMP/100 ml. Por consiguiente, se acepta H_a , que plantea la existencia de una presencia significativa de coli termotolerantes por encima del límite permitido en el sistema de distribución.

4.2. Discusiones

Con respecto, a la presencia de los coli totales y coliformes termotolerantes presentes en el sistema de captación de agua para consumo humano en Cuyocuyo. Los hallazgos de esta investigación revelan que en el sistema de captación de agua cruda de Cuyocuyo los niveles promedio de coli totales alcanzan 915 NMP/100 ml y los de coliformes termotolerantes 180 NMP/100 ml, valores que exceden en cientos de veces el límite máximo permisible (LMP) normativo (≤ 1.8 NMP/100 ml según D.S. N° 031-2010-SA). Esto indica una contaminación bacteriana y fecal grave y persistente en la fuente de captación, que pone en riesgo la potabilidad y la salud pública. Estos



hallazgos concuerdan con diversas investigaciones internacionales que reportan similares problemas en sistemas rurales y urbanos en Latinoamérica. Por ejemplo, González (2018) en Cochabamba (Bolivia) detectó recuentos máximos de coli termotolerantes hasta 240 NMP/100 ml, atribuibles a fallas en protección y mantenimiento. Asimismo, López et al. (2019) en Oaxaca (México) documentaron concentraciones de hasta 200 NMP/100 ml en zonas rurales con condiciones sanitarias deficientes. En contextos nacionales, Quispe y Huamán (2020) reportaron en Arequipa un 35% de muestras con coliformes termotolerantes superando límites permisibles, con máximos de 210 NMP/100 ml. La persistencia de valores elevados en coliformes totales y termotolerantes evidencia un problema crónico asociado a factores técnicos y operativos, tales como deficiencias en la protección física del manantial, ausencia de sistemas de pretratamiento, y la proximidad a fuentes contaminantes como aguas depuradas y actividades agropecuarias. Estos factores, además de la falta de mantenimiento adecuado, facilitan la infiltración de microorganismos indicativos de contaminación fecal en el agua cruda. Desde el ángulo de la prevención epidemiológica, la presencia elevada de coliformes termotolerantes es particularmente crítica, dado que indican contaminación fecal directa y posible presencia de patógenos entéricos que pueden desencadenar brotes de enfermedades gastrointestinales y otras infecciones.

Con respecto, a la presencia de los coli totales y coliformes termotolerantes presentes en el sistema de distribución de agua para consumo humano en Cuyocuyo. Los hallazgos obtenidos en el sistema de distribución, específicamente en el reservorio de agua tratada, evidencian una



reducción significativa en la manifestación de coli totales y termotolerantes, con valores inferiores a 3 NMP/100 ml durante toda la semana de muestreo, cumpliendo con el LMP (≤ 1.8 NMP/100 ml). Esta reducción drástica comparada con el sistema de captación confirma la eficacia del proceso de tratamiento y desinfección implementado, presumiblemente mediante cloración, y la adecuada integridad física y mantenimiento del sistema de distribución. Esta eficacia del sistema de distribución se alinea con lo reportado por Vásquez (2021) en Cuenca, Ecuador, donde el tratamiento y control efectivo permitieron mantener coliformes bajo límites permisibles, aunque resaltando la importancia de vigilar puntos críticos. De igual forma, Ramírez y Torres (2020) encontraron que, pese a una presencia puntual de contaminación, un buen mantenimiento y tratamiento lograban mantener la calidad microbiológica del agua potable en Medellín, Colombia. En el contexto nacional, Pérez (2019) y Flores (2018) destacaron que, aunque los sistemas de distribución pueden presentar vulnerabilidades, el mantenimiento y tratamiento adecuados son determinantes para garantizar agua potable segura. Esta evidencia corrobora los hallazgos principales de nuestra investigación, que muestran un sistema de distribución eficaz capaz de eliminar o reducir significativamente los microorganismos indicativos de contaminación fecal. Es importante señalar que mantener esta calidad microbiológica requiere un monitoreo constante, mantenimiento preventivo, control de integridad de las tuberías y reservorios, y un adecuado control de la dosis y contacto del desinfectante.

Con respecto a los factores técnicos y operativos del sistema de captación y distribución que podrían estar asociados a la existencia de coli totales y

termotolerantes. Los resultados del sistema de distribución en Cuyocuyo muestran una significativa reducción de coli totales y termotolerantes, con valores inferiores a 3 NMP/100 ml durante la semana de muestreo, cumpliendo el LMP (≤ 1.8 NMP/100 ml), lo que confirma la eficacia del tratamiento y desinfección aplicado, probablemente por cloración, y la adecuada integridad y mantenimiento del sistema. Esta eficacia concuerda con estudios similares en Ecuador y Colombia Vásquez (2021), así como con reportes nacionales Pérez (2019); Flores (2018), que resaltan la importancia del mantenimiento y monitoreo constantes para evitar recontaminación. Por ello, el sistema de distribución en Cuyocuyo presenta un desempeño efectivo que debe mantenerse y optimizarse para asegurar la potabilidad y protección sanitaria de la población.

Tabla 16

Comparación de la concentración de coliformes con la normatividad

Código	Captación		Distribución		LMP
	C. totales	C. termotolerantes	C. totales	C. termotolerantes	
R-01	920	150	<3	<3	'= <1.8 NMP
R-02	900	150	<3	<3	'= <1.8 NMP
R-03	930	200	<3	<3	'= <1.8 NMP
R-04	915	180	<3	<3	'= <1.8 NMP
R-05	905	200	<3	<3	'= <1.8 NMP
R-06	925	170	<3	<3	'= <1.8 NMP
R-07	910	210	<3	<3	'= <1.8 NMP

Nota: Normativa es el

La presencia de coliformes totales en una muestra de agua, indicada por <3 (que significa "menor que 3"), sugiere una posible contaminación del agua. Estas bacterias son indicadores de falta de higiene y problemas con el mantenimiento



o el sistema de distribución de agua. Las causas pueden ser diversas, como fallos en el pozo, roturas en el sistema de tuberías, conexiones cruzadas con fuentes no potables o mantenimiento deficiente de equipos, lo que permite que contaminantes fecales o de la tierra entren al suministro.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Primero: La concentración de coliformes totales y termotolerantes en el sistema de captación de Cuyocuyo superó ampliamente los LMP fijados en el DS N° 031-2010-SA (≤ 1.8 NMP/100ml), con promedios de 915 y 180 NMP/100 ml, respectivamente. Esto manifiesta una contaminación bacteriana y fecal persistente en la fuente de agua.

Segundo: Respecto a los niveles de coliformes totales y termotolerantes en el sistema de distribución de Cuyocuyo se mantuvieron consistentemente por debajo del LMP (≤ 1.8 NMP/100 ml) fijados en el DS N° 031-2010-SA, con valores inferiores a 3 NMP/100 ml durante toda la semana de muestreo. Esto refleja la eficacia del tratamiento y desinfección aplicada, garantizando la potabilidad y seguridad microbiológica del agua distribuida a la población.

Tercero: Con respecto a la identificación de factores técnicos y operativos asociados a coli totales y termotolerantes, se concluye que la contaminación en la captación se debe a la deficiente protección física, proximidad a fuentes contaminantes, falta de pretratamiento y mantenimiento insuficiente. En cambio, el sistema de distribución



presenta bajos niveles pero no están en el rango de la normatividad y su tratamiento no es adecuado, integridad estructural y mantenimiento constante.

RECOMENDACIONES

Primero: A los investigadores se les recomienda implementar un programa de monitoreo microbiológico continuo en época de estiaje y lluvia en el sistema de captación para detectar oportunamente variaciones en los niveles de coli totales y termotolerantes, y así garantizar la seguridad del agua cruda.

Segundo: A los investigadores se les recomienda promover estudios que evalúen la eficacia de tecnologías de pretratamiento naturales o artificiales para reducir la carga bacteriana en el punto de captación, mejorando la calidad del agua antes del tratamiento principal.

Tercero: Se aconseja a los futuros investigadores que realicen análisis detallados sobre los factores operativos del sistema de distribución, enfocándose en el control riguroso de la dosificación y tiempo de contacto del desinfectante, para asegurar la eliminación constante de microorganismos patógenos.

Cuarto: A los próximos investigadores se les recomienda fomentar la integración de estrategias de protección física y saneamiento ambiental alrededor del área de captación, como la instalación de cercos y manejo



adecuado de fuentes contaminantes, para minimizar la infiltración bacteriana en el sistema.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Baez, L. F. (2012). *Determinación de la capacidad coagulante-floculante de Tropaeolum tuberosum en el tratamiento de agua cruda en la planta Puengasi de EPMAPS*. Para optar el título profesional, Quito.
- Cava, T., & Ramos, f. (2016). *Caracterización física-química y microbiológica de agua para consumo humano de la localidad Las Juntas del distritos de Pacora*. Lambayeque.
- Chávez Mamani, S., & Mamani Ramos, G. S. (2020). *Calidad microbiológica del agua en el distrito de Juli, provincia de Chucuito, Puno*. Revista Andina de Ingeniería Sanitaria, Juli.
- Contreras, K., Contreras, J., Corti, M., De Sousa, J., Durán, M., & Escalante, M. (2008). *El agua un recurso para preservar*. Tesis, Mérida.
- CONUEE. (2014). *Sistemas de agua bebilbe*. Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía . Obtenido de <https://shre.ink/xN21>
- Cruz Mamani, M. (2023). *Evaluación de los niveles de polución bacteriológica en agua potable mediante indicadores clave de calidad sanitariae del distrito de llave 2021 - 2022*. Puno - Perú.



- De Sousa, C., Colmenares, M. C., & Correia, A. (2008). *Contaminación bacteriológica en los sistemas de racionamiento de agua potable: Revisión de las estrategias de control*. Revista Científica.
- Edberg, S. C. (2021). *The microbiology of drinking water*. Annual Review of Microbiology. doi: <https://shre.ink/xNR7>
- Fernández Martínez, M., & Castillo Rodríguez, Á. (2017). *Evaluación microbiológica del agua potable en comunidades rurales de la Región de Los Lagos*. Perú.
- Flores Ramos, R. (2018). *Presencia de coliformes en el sistema de agua potable de la ciudad de Cusco*. Cusco: Revista Científica Andina.
- Geográfico Nacional. (2018). *Contaminación del agua, una crisis mundial creciente*. Obtenido de <https://shre.ink/xN2m>
- González Rodríguez, R. (2018). *Evaluación de la calidad microbiológica del agua potable en la ciudad de Cochabamba*. Cochabamba - Bolivia.
- López Hernández, J., Martínez Sánchez, S., & Hernández Cruz, R. (2019). *Detección de coliformes totales y termotolerantes en sistemas de agua potable en zonas rurales del estado de Oaxaca*. Oaxaca - Mexico: Journal of Mexican Public Health.
- Martínez Flores, S., & Vásquez López, E. (2021). *Estudio microbiológico del agua potable en comunidades indígenas de Loreto*. Loreto: Revista Amazónica de Salud.
- MINAM. (2020). *Informe Nacional sobre la Calidad del Agua Potable en el Perú*. Ministerio del Ambiente del Perú, Lima.
- OMS. (2010). *Directrices de ingeniería para diseño de unidades sanitarias con sistema hidráulico*. Organización Panamericana de la Salud - CEPIS.



- Paredes Salazar, J. (2019). *Detección de coliformes en el agua potable de la ciudad de Puno*. Puno.
- Pérez Morales, M. (2019). *Evaluación de la calidad microbiológica del agua potable en el distrito de San Juan de Lurigancho*. San Juan de Lurigancho: Revista Peruana de Ingeniería Sanitaria.
- Quispe Huamán, J., & Huamán Rojas, L. (2020). *Análisis microbiológico del agua potable en zonas rurales de Arequipa*. Arequipa.
- Quispe Loayza, L. (2021). *Evaluación del sistema de captación y distribución de agua potable en el distrito de Pichacani – Puno*. Puno: Revista Científica del Altiplano.
- Ramírez López, L., & Torres Martínez, M. (2020). *Presencia de coliformes en agua potable del sistema de acueducto de Medellín*. Medellín - Colombia: revista Colombiana de Ingeniería Ambiental.
- Valdivielso. (2019). *Que es el agua*. Perú.
- Vásquez Pérez, P. (2021). *Calidad microbiológica del agua potable en el sistema de captación y distribución de la ciudad de Cuenca*. Revista Ecuatoriana de Salud Pública, Ecuador.
- Yana Mamani, M., & Huanca Rojas, R. (2018). *Análisis microbiológico del agua potable en comunidades rurales del distrito de Azángaro, Puno*. Azángaro.



ANEXOS





ANEXO 1. Matriz de consistencia

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN
<p>¿Cómo se evaluará los coliformes totales y coliformes termotolerantes presentes en el sistema de captación y distribución de agua para consumo humano Cuyocuyo?</p> <p>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</p> <p>a) ¿Cuáles son los niveles de coliformes totales y coliformes termotolerantes presentes en el sistema de captación de agua para consumo humano en Cuyocuyo?</p> <p>b) ¿Cuáles son los niveles de coliformes totales y coliformes termotolerantes presentes en el sistema</p>	<p>Evaluar los coliformes totales y coliformes termotolerantes presentes en el sistema de captación y distribución de agua para consumo humano Cuyocuyo.</p> <p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</p> <p>a) Determinar los coliformes totales y coliformes termotolerantes presentes en el sistema de captación de agua para consumo humano Cuyocuyo.</p> <p>b) Determinar los coliformes totales y coliformes termotolerantes presentes en el sistema</p>	<p>Existe presencia significativa de coliformes totales y coliformes termotolerantes en el sistema de captación y distribución de agua para consumo humano en el distrito de Cuyocuyo.</p> <p>HIPÓTESIS ESPECÍFICA</p> <p>a. Existe presencia de coliformes totales y coliformes termotolerantes en el sistema de captación de agua para consumo humano en Cuyocuyo.</p> <p>b. Existe presencia de coliformes totales y coliformes termotolerantes en el sistema de distribución</p>	<p>Variable dependiente</p> <p>☑ Coliformes totales y termotolerantes.</p> <p>Variables independientes</p> <p>☑ Factores técnicos y operativos del sistema.</p>	<p>Tipo de investigación.</p> <p>La presente investigación es de tipo cuantitativa, dado que se basa en la recolección y análisis de datos numéricos para determinar la presencia y concentración de coliformes totales y coliformes termotolerantes en muestras de agua del sistema de captación y distribución de Cuyocuyo.</p> <p>Nivel de investigación</p> <p>El nivel de investigación corresponde a un estudio descriptivo y explicativo.</p> <p>Diseño de la investigación</p> <p>Según el propósito de la investigación, éste corresponde a un diseño no experimental</p>



de distribución de agua para consumo humano en Cuyocuyo?

c) ¿Qué factores técnicos y operativos del sistema de captación y distribución están asociados a la presencia de coliformes totales y coliformes termotolerantes?

de distribución de agua para consumo humano Cuyocuyo.

c) Identificar los factores técnicos y operativos del sistema de captación y distribución que podrían estar asociados a la presencia de coliformes totales y termotolerantes

de agua para consumo humano en Cuyocuyo.

ANEXO 1.

Panel fotográfico



Fotografía 1. Sistema de captación de agua para consumo humano Cuyocuyo.



Fotografía 2. Sistema de distribución (reservorio) de agua para consumo humano Cuyocuyo.



Fotografía 3. Apertura del reservorio de agua para consumo humano Cuyocuyo.



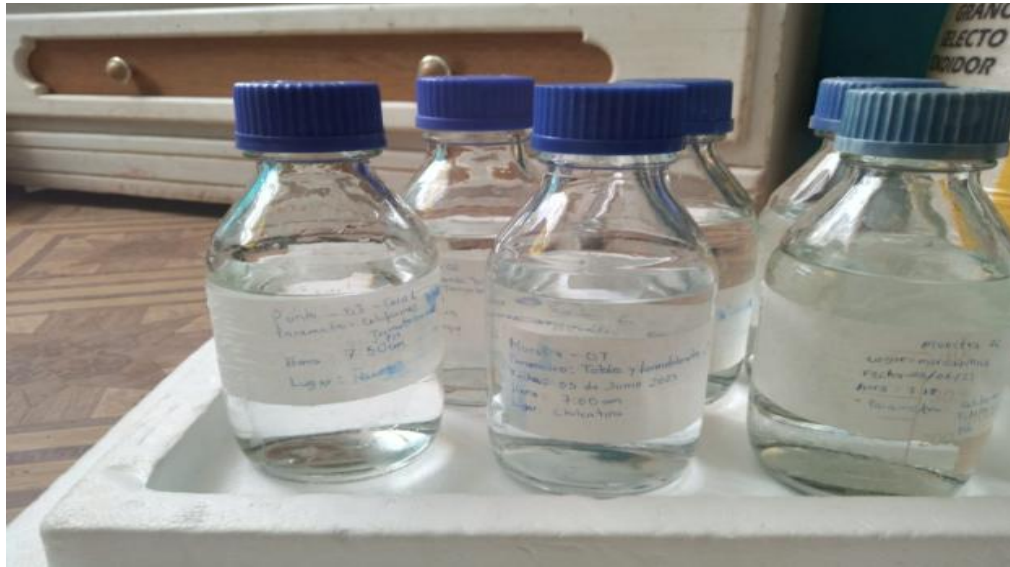
Fotografía 4. Toma de muestras de la red de distribución de agua potable del distrito de Cuyocuyo.



Fotografía 5. Toma de muestras de la red de distribución de agua potable del distrito de Cuyocuyo.



Fotografía 6. Toma de muestras de la red de distribución de agua potable del distrito de Cuyocuyo



Fotografía 7. Muestras para el análisis de los coliformes totales y coliformes termotolerantes presentes en el sistema de captación y distribución de agua para consumo humano Cuyocuyo.



ANEXO 2.

Reglamento de la calidad del agua para consumo humano - LMP de D.S. 031-2010-SA.

ANEXO I

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS

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

UFC = Unidad formadora de colonias

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



LAQUAMEQ E.I.R.L.

LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO AMBIENTAL

INFORME DE RESULTADOS N°: LQ – 08025A

DATOS DEL SERVICIO

SOLICITANTE : YANETH ANDREA MAYTA CHUQUIJA

PROYECTO : COLIFORMES TOTALES Y COLIFORMES TERMOTOLERANTES PRESENTES EN EL SISTEMA DE CAPTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE AGUA PARA CONSUMO HUMANDO CUYOCUYO

DATOS DEL ENSAYO

Producto : Agua natural - Captación de agua (P – 01)
Numero de muestras : 07
Periodo de análisis : 22 - 27/06/25
Muestreo por : El cliente

Ubicación, fecha y hora de muestreo:

Código	Dist. /Prov./ Depart.	Ubicación	Fecha de muestreo
R1	Cuyocuyo/Sandia/Puno	E: 445735 N: 8403705	21/06/2025
R2	Cuyocuyo/Sandia/Puno	E: 436275 N: 8400289	22/06/2025
R3	Cuyocuyo/Sandia/Puno	E: 422451 N: 8521466	23/06/2025
R4	Cuyocuyo/Sandia/Puno	E: 406384 N: 8354879	24/06/2025
R5	Cuyocuyo/Sandia/Puno	E: 404876 N: 8358974	25/06/2025
R6	Cuyocuyo/Sandia/Puno	E: 399547 N: 8254796	26/06/2025
R7	Cuyocuyo/Sandia/Puno	E: 392564 N: 8203125	27/06/2025

MÉTODO DE ENSAYO

PARÁMETRO	UNIDAD	MÉTODO
Coliformes totales	NMP/100mL	SM 9221 B Técnicas estandarizadas de fermentación
Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	SM 9221 B Técnicas estandarizadas de fermentación



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

CÓDIGO	Coliformes totales (NMP/100mL)	Coliformes termotolerantes (NMP/100mL)
R1	920	150
R2	900	150
R3	930	200
R4	915	180
R5	905	200
R6	925	170
R7	910	210

OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra tal como se recibió

Fecha de emisión
30 – 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 – 08025B

DATOS DEL SERVICIO

SOLICITANTE : YANETH ANDREA MAYTA CHUQUIJA
PROYECTO : COLIFORMES TOTALES Y COLIFORMES TERMOTOLERANTES PRESENTES EN EL SISTEMA DE CAPTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE AGUA PARA CONSUMO HUMANDO CUYOCUYO

DATOS DEL ENSAYO

Producto : Agua natural – Sistema de distribución (P – 01)
Numero de muestras : 07
Periodo de análisis : 22 - 27/06/25
Muestreado por : El cliente

Ubicación, fecha y hora de muestreo:

Código	Dist. /Prov./ Depart.	Ubicación	Fecha de muestreo
R1	Cuyocuyo/Sandia/Puno	E: 445735 N: 8403705	21/06/2025
R2	Cuyocuyo/Sandia/Puno	E: 436275 N: 8400289	22/06/2025
R3	Cuyocuyo/Sandia/Puno	E: 422451 N: 8521466	23/06/2025
R4	Cuyocuyo/Sandia/Puno	E: 406384 N: 8354879	24/06/2025
R5	Cuyocuyo/Sandia/Puno	E: 404876 N: 8358974	25/06/2025
R6	Cuyocuyo/Sandia/Puno	E: 399547 N: 8254796	26/06/2025
R7	Cuyocuyo/Sandia/Puno	E: 392564 N: 8203125	27/06/2025

MÉTODO DE ENSAYO

PARÁMETRO	UNIDAD	MÉTODO
Coliformes totales	NMP/100mL	SM 9221 B Técnicas estandarizadas de fermentación
Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	SM 9221 B Técnicas estandarizadas de fermentación



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

CÓDIGO	Coliformes totales (NMP/100mL)	Coliformes termotolerantes (NMP/100mL)
R1	<3	<3
R2	<3	<3
R3	<3	<3
R4	<3	<3
R5	<3	<3
R6	<3	<3
R7	<3	<3

OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra tal como se recibió

Fecha de emisión

30 - 06 - 2025


LAQUAMEQ E.I.R.L.
LABORATORIO Y EQUIPOS
Ing. Karén 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 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

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

Formato digital

Fecha de entrega: 23 - 09 - 2025

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: YANETH ANDREA MAYTA CHUQUIJA

Dirección: AV. REPUBLICA PERUANA #380

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 77026583

Teléfono: 950032568 email: andreamayra0727@gmail.com

Nombres y Apellidos: _____

Dirección: _____

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: _____

Teléfono: _____ email: _____

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

Escuela Profesional o Mención: ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

Título o Grado Académico a optar: INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL

Asesor: Ing. ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREÓN

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación Tesis Trabajo de Suficiencia Profesional Trabajo Académico

Título: COLIFORMES TOTALES Y COLIFORMES TERMOTOLERANTES PRESENTES EN EL SISTEMA DE CAPTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO CUYOCUYO

Palabras claves, (3 a 5 términos): TERMOTOLERANTES, COLIFORMES TOTALES, CALIDAD MICROBIOLÓGICA

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

1

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

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



2. Referencia de tesis:

Bachiller Título 2da Especialidad Maestría Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

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

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

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

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

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

Autorizo su publicación (marque con una X)

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

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

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

¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?

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

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

Sí autorizo
 No autorizo



Jurisdicción de su Licencia

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

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

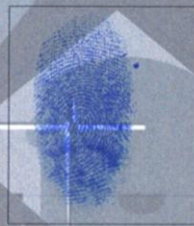
En consecuencia, **la opción "internacional" goza de una mayor eficacia a nivel mundial, gracias a que tiene jurisdicción neutral.** Mientras que la opción adaptada a la jurisdicción del Perú goza de una mayor eficacia ante los tribunales peruanos.

Internacional

Nacional

Línea de investigación: SANEAMIENTO AMBIENTAL - P22

Firma de Autor



huella digital

23 - 09 - 2025

Fecha