



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL



**CAPACIDAD DEL COBRE PARA CONTROLAR EL DESARROLLO DE
ORGANISMOS DE VIDA LIBRE EN RESERVORIOS DE AGUA
JULIACA 2025**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. YANETH LUCERO CANAZA MAMANI

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

**JULIACA – PERÚ
2025**



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

**CAPACIDAD DEL COBRE PARA CONTROLAR EL
DESARROLLO DE ORGANISMOS DE VIDA
LIBRE EN RESERVORIOS DE AGUA
JULIACA 2025**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. YANETH LUCERO CANAZA MAMANI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE : 
Dr. OSCAR VICENTE VIAMONTE CALLA

PRIMER MIEMBRO : 
Dr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA

SEGUNDO MIEMBRO : 
M. Sc. JESUS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

ASESOR DE TESIS : 
Ing. ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREÓN

LINEA DE INVESTIGACIÓN : SANEAMIENTO AMBIENTAL – P22



RESOLUCIÓN DECANAL N° 1005-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 05 de septiembre del 2025

VISTO: El expediente N° 2025- CU-71.29 presentado por el (la) Bachiller: YANETH LUCERO CANAZA MAMANI estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN.**

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bach. YANETH LUCERO CANAZA MAMANI, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulado: **CAPACIDAD DEL COBRE PARA CONTROLAR EL DESARROLLO DE ORGANISMOS DE VIDA LIBRE EN RESERVORIOS DE AGUA JULIACA 2025**, la misma que pertenece a la línea de investigación **SANEAMIENTO AMBIENTAL** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental.**

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

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

RESUELVE:

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

- * **Presidente** : Dr. OSCAR VICENTE VIAMONTE CALLA
- * **1er Miembro** : 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 SANÇEÑEZ CARREÓN.

ARTICULO TERCERO .- APROBAR, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de el (la) bachiller: YANETH LUCERO CANAZA MAMANI; del informe final de la investigación (tesis) titulado: **CAPACIDAD DEL COBRE PARA CONTROLAR EL DESARROLLO DE ORGANISMOS DE VIDA LIBRE EN RESERVORIOS DE AGUA JULIACA 2025** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental.** de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : jueves 11 de septiembre del 2025
- * **HORA** : 11:00 horas
- * **LUGAR** : Aula 306 - FICP

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.


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


 Dr. Fritz Willy Mamani Apaza
 DIRECTOR
 UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
 Archivo
 Intermed. (e)



RESOLUCIÓN DECANAL N° 474-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 18 de junio del 2025

VISTO: El expediente N° 2025-CU - 4187 por el señor (a): **YANETH LUCERO CANAZA MAMANI** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el **PROVEIDO - N° 363- 2025-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACION (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 012 - 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 LUCERO CANAZA MAMANI**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) **Titulado: CAPACIDAD DEL COBRE PARA CONTROLAR EL DESARROLLO DE ORGANISMOS DE VIDA LIBRE EN RESERVORIOS DE AGUA JULIACA 2025**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **MSc. Jesus Esteban Castillo Machaca** de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la **ficha de opinión del informe final de la investigación (borrador de tesis) formato N° 012 - 2025 aprobando el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: CAPACIDAD DEL COBRE PARA CONTROLAR EL DESARROLLO DE ORGANISMOS DE VIDA LIBRE EN RESERVORIOS DE AGUA JULIACA 2025**, Correspondiente a la línea de investigación **SANEAMIENTO AMBIENTAL**.

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

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

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, el **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para la **REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN**, presentado por el señor (a): **YANETH LUCERO CANAZA MAMANI**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental, con el Tema **Titulado: CAPACIDAD DEL COBRE PARA CONTROLAR EL DESARROLLO DE ORGANISMOS DE VIDA LIBRE EN RESERVORIOS DE AGUA JULIACA 2025** correspondiente a la línea de investigación **SANEAMIENTO AMBIENTAL**, en virtud a los considerandos expuestos.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RATIFICAR como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a) **la)**, Ing. **ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREON**.

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



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

Dr. OSCAR V. VILAMONTE CALLA
DECANO (e)
C.I.P. 32730



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

Dr. Fritz Vally Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo
interesado (a)



RESOLUCIÓN DECANAL N° 240-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 05 de mayo del 2025

VISTO: El expediente N° 2025-CU- 2035, presentado el señor (a) YANETH LUCERO CANAZA MAMANI solicitando APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN el PROVEIDO - N° 190 -2025-UI-FICP-UANCV/J, y la FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN formato N° 005-2025 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 LUCERO CANAZA MAMANI ha presentado su propuesta de investigación Titulado: CAPACIDAD DEL COBRE PARA CONTROLAR EL DESARROLLO DE ORGANISMOS DE VIDA LIBRE EN RESERVORIOS DE AGUA JULIACA 2025; para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación W.Sc. Jesus Esteban Castillo Machaca de la Escuela Profesional de Ingenierías Sanitaria y Ambiental de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión de la propuesta de investigación formato N° 005-2025- aprobando la propuesta de investigación titulado: CAPACIDAD DEL COBRE PARA CONTROLAR EL DESARROLLO DE ORGANISMOS DE VIDA LIBRE EN RESERVORIOS DE AGUA JULIACA 2025.

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

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

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, la PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN, presentado por el señor (a): YANETH LUCERO CANAZA MAMANI, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental, con el Tema Titulado: CAPACIDAD DEL COBRE PARA CONTROLAR EL DESARROLLO DE ORGANISMOS DE VIDA LIBRE EN RESERVORIOS DE AGUA JULIACA 2025 correspondiente a la línea de investigación SANEAMIENTO AMBIENTAL.

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

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

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

OSCAR RAMONTE CALLA DECANO (e) CIP. 32730



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

Dr. Fritz Willy Mamani Apaza DIRECTOR UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc. Archivo 2025 Interesado (e)



11% 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

- 10% Fuentes de Internet
- 2% Publicaciones
- 5% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

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


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




Metadatos complementarios - UANCV

Título de la tesis	
CAPACIDAD DEL COBRE PARA CONTROLAR EL DESARROLLO DE ORGANISMOS DE VIDA LIBRE EN RESERVORIOS DE AGUA JULIACA 2025	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	Yaneth Lucero Canaza Mamani
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	770188352
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0001-5756-9711
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREON
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	OSCAR VICENTE VIAMONTE CALLA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02371550
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	JESUS 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	Recursos propios
Ubicación geográfica de la investigación	<p>País: Perú Departamento: Puno Provincia: San Román Distrito: Juliaca Calle: Av. Daniel Alomia Robles Jr Santiago Giraldo - Latitud: S 15° 28' 37" - Longitud: O 70° 06' 50"</p>  <p>URL Maps: https://earth.google.com/web/search/Juliaca/@-15.47776323,-70.113301,3825</p>
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Mayo 2025 – septiembre 2025
URL de disciplinas OCDE https://purl.org/pe-repo/ocde/ford https://concytec-pe.github.io - Librería	Ingeniería Ambiental https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.00.00

UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR C. VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS EXACTAS

 Dr. Fritz Wally Mamani Apaza
 DIRECTOR
 UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo YANETH LUCERO CANAZA MAMANI, identificado con DNI Nro. 70188352, en mi condición de egresado de:

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

INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL

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

"CAPACIDAD DEL COBRE PARA CONTROLAR EL DESARROLLO DE ORGANISMOS DE VIDA LIBRE EN RESERVORIOS DE AGUA JULIACA 2025"

Asesorado por: ING. ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREON

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 17 de SEPTIEMBRE del 2025


Firma del Asesor
(obligatoria)


Firma del Estudiante
(obligatoria)



Huella



DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico de manera especial a mi Padre Juan Ubaldo y mi Madre Pastora que en todo el transcurso de mi vida me inculcaron valores y confiaron en mis deseos de superación sin dudar de mi capacidad, también va dedicado a mi pareja José Carlos quien ha sido mi soporte en todo este proceso dándome comprensión, amor y apoyo incondicional, y por último a mi hijo Thiago José quien ha sido mi mayor motivación para poder llegar a ser un ejemplo para él.



AGRADECIMIENTO

El principal agradecimiento a Dios por darme fuerzas para continuar en todo este proceso, por guiarme en el camino de lo prudente y darme sabiduría para ser mejor cada día.

Así mismo agradecer a mis padres, a mi hermana Paola y mi pareja por el constante apoyo moral que supieron brindarme durante este proceso.

A mi mejor amiga Jimena por estar siempre a mi lado en todo momento y dándome el apoyo moral, sacándome siempre una sonrisa en los momentos difíciles, al igual que todas mis amistades presentes.

Y por último a cada uno de los Ingenieros de mi Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental por las enseñanzas que compartieron durante todo el trayecto universitario.



ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS	xv
RESUMEN	xvii
ABSTRACT	xviii
INTRODUCCIÓN	xix
CAPÍTULO I.....	22
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	22
1.1. Análisis de la situación problemática	22
1.2. Planteamiento del problema	24
1.2.1. Problema general	24
1.2.2. Problemas específicos	24
1.3. Objetivo de la investigación	24
1.3.1. Objetivo general	24
1.3.2. Objetivos específicos.....	25
1.4. Justificación	25



1.5. Hipótesis	26
1.5.1. Hipótesis general.....	26
1.5.2. Hipótesis específica.....	26
1.6. Variables.....	26
1.6.1. Variable dependiente.....	26
1.6.2. Variable independiente.....	27
1.7. Operacionalización de variables	27
CAPÍTULO II.....	28
MARCO TEÓRICO	28
2.1. Antecedentes de la investigación	28
2.1.1. Antecedentes internacionales	28
2.1.2. Antecedentes nacionales	31
2.1.3. Antecedentes regionales	34
2.2. Marco teórico	35
2.2.1. El agua como recurso vital	35
2.2.2. Aguas subterráneas	35
2.2.3. Contaminación del agua y organismos de vida libre	35
2.2.4. Impacto de las aguas subterráneas en los reservorios y su contaminación	40
2.2.5. Métodos de tratamiento de agua	40



2.2.6. Uso del cobre en el control de organismos de vida libre (OVL).....	41
2.3. Marco conceptual	44
2.3.1. Biodiversidad acuática.....	44
2.3.2. Cobre.....	44
2.3.3. Cobre antimicrobiano	44
2.3.4. Contaminación biológica	44
2.3.5. Control biológico en tratamiento de agua	45
2.3.6. Eficiencia del tratamiento	45
2.3.7. Liberación de iones de cobre	45
2.3.8. Microorganismos patógenos	45
2.3.9. Métodos de tratamiento sostenible del agua	45
2.3.10. Organismos de vida libre.....	45
2.3.11. Tratamiento convencional del agua.....	46
2.3.12. Toxicidad del cobre	46
2.3.13. Reservorios de agua	46
2.3.14. Subproductos del tratamiento del agua	46
CAPÍTULO III.....	47
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	47
3.1. Tipo de investigación	47
3.2. Nivel de investigación	47



3.2. Enfoque de la investigación	48
3.3. Técnicas e instrumentos	48
3.3.1. Técnicas	48
3.3.2. Instrumentos	49
3.3.3. Ubicación de la zona de investigación	49
3.3.4. Población y muestra	50
3.3.4.1. Población	50
3.3.4.2. Muestra	50
3.3.5. Materiales y equipos	51
3.3.5.1. Materiales	51
3.3.5.2. Equipos	51
3.3.5.3. Reactivos	51
3.3.6. Procedimiento metodológico	52
CAPÍTULO IV	66
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	66
4.1. Resultados	66
4.1.1. Discusiones	99
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	101
CONCLUSIONES	101
RECOMENDACIONES	103



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 104

ANEXOS 53



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables	27
Tabla 2 Métodos normalizados para el análisis a aguas potables y residuales	56
Tabla 3 Resultados iniciales	66
Tabla 4 Resultados después de 2 días (48 horas) del control de la temperatura, pH y turbidez	73
Tabla 5 Resultados después de 2 días (48 horas) del control de organismos de vida libre (OVL)	75
Tabla 6 Resultados después de 4 días del control de la temperatura, pH y turbidez	77
Tabla 7 Resultados después de 4 días del control de organismos de vida libre (OVL)	81
Tabla 8 Resultados después de 6 días del control de la temperatura, pH y turbidez	83
Tabla 9 Resultados después de 6 días del control de organismos de vida libre (OVL)	87
Tabla 10 Resultados de la eficiencia de reducción de la turbidez durante el tratamiento	89
Tabla 11 Resultados de la eficiencia de reducción de protozoarios durante el tratamiento	89
Tabla 12 Resultados de la eficiencia de reducción de bacterias durante el tratamiento	90
Tabla 13 Resultados de la eficiencia de reducción de algas durante el tratamiento.	91
Tabla 14 ANOVA para Parámetros de Calidad del Agua Tratada con Cobre	92



Tabla 15 ANOVA para la Eliminación de Microorganismos con Tratamiento de Cobre

..... 95



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Vista microscópica de bacterias	37
Figura 2 Vista microscópica de algas en aguas	38
Figura 3 Vista microscópica de los protozoarios	39
Figura 4 Ubicación de la zona de monitoreo	50
Figura 5 Toma de muestra	53
Figura 6 Vista microscópica de los organismos de vida libre	54
Figura 7 Selección de materiales	57
Figura 8 Preparación de la muestra de agua.....	58
Figura 9 Colocación de las varillas de cobre	59
Figura 10 Proceso de tratamiento	60
Figura 11 Toma de muestras.....	62
Figura 12 Vista microscópica de los microorganismos de vida libre (OVL)	64
Figura 13 Resultados de la turbidez de la M – 1 frente a los estándares de calidad	68
Figura 14 Resultados de la turbidez de la M – 2 frente a los estándares de calidad	69
Figura 15 Resultados de los protozoarios frente a la normativa.....	70
Figura 16 Resultados de las bacterias frente a la normativa.....	71
Figura 17 Resultados de las bacterias frente a la normativa.....	72
Figura 18 Evaluación de la turbidez al segundo día de tratamiento	74
Figura 19 Resultados del tratamiento del segundo día frente al grupo control.....	76
Figura 20 Resultados de la turbidez al cuarto día de tratamiento de la M - 1	79
Figura 21 Resultados de la turbidez al cuarto día de tratamiento de la M - 2.....	80



Figura 22 Resultados de los OVL del tratamiento del cuarto día frente al grupo control 82

Figura 23 Resultados de la turbidez al sexto día de tratamiento de la M - 1 85

Figura 24 Resultados de la turbidez al sexto día de tratamiento de la M - 2 86

Figura 25 Resultados de los OVL del tratamiento del sexto día frente al grupo control 88

Figura 26 *Intervalos de Confianza al 95% del pH en reservorios de agua con diferentes tratamientos de varillas de Cobre*..... 93

Figura 27 Intervalos de Confianza al 95% de la turbidez en reservorios de agua con diferentes tratamientos de varillas de Cobre 94

Figura 28 Intervalos de Confianza al 95% de los protozoarios en reservorios de agua con diferentes tratamientos de varillas de Cobre 96

Figura 29 Intervalos de Confianza al 95% de bacterias en reservorios de agua con diferentes tratamientos de varillas de Cobre 97

Figura 30 Intervalos de Confianza al 95% de algas en reservorios de agua con diferentes tratamientos de varillas de Cobre 98



RESUMEN

El objetivo de este estudio evaluar la capacidad del cobre para controlar para controlar el desarrollo de organismos de vida libre en los reservorios de agua de Juliaca. La región enfrenta graves problemas de contaminación ambiental en sus fuentes de agua, con altos niveles de protozoos, bacterias y algas, lo que afecta la pureza del agua y la salud pública. Se utilizó cobre como tratamiento alternativo, evaluando su capacidad para mitigar y/o eliminar (OVL) para ello se utilizó varillas de cobre de 20 cm y 30 cm. Se tomaron 02 puntos de muestras de agua, una contaminada (M1) y otra no contaminada (M2), midiendo parámetros como turbidez y la reducción de microorganismos durante tres periodos: segundo, cuarto y sexto día. Los resultados mostraron una eficiencia del 63% en la reducción de turbidez en M1 con la varilla de 20 cm, y del 72% con la varilla de 30 cm. En cuanto a la eliminación de protozoos, la eficiencia fue del 67% en el segundo día con la varilla de 20 cm y del 87% con la varilla de 30 cm. Al sexto día, ambos tratamientos lograron una eliminación total (100%) de protozoos, bacterias y algas. En conclusión, el tratamiento con cobre demostró ser altamente significativo en la reducción de turbidez y organismos de vida libre en los reservorios de agua de Juliaca. La varilla de 30 cm resultó ser más eficiente en la mayoría de los parámetros, lo que sugiere que el tamaño del cobre influye en su eficacia, representando una solución viable y económica para optimizar los estándares del agua en la región.

Palabras claves: algas, bacterias, cobre, contaminación, protozoarios



ABSTRACT

The objective of this study is to evaluate the ability of copper to control the development of free-living organisms in the water reservoirs of Juliaca. The region faces serious pollution problems in its water sources, with high levels of protozoa, bacteria, and algae, which affect water quality and public health. Copper was used as an alternative treatment, evaluating its mitigation and/or elimination (MRO) capacity using 20 cm and 30 cm copper rods. Two water sample points were taken, one contaminated (M1) and one uncontaminated (M2), measuring parameters such as turbidity and the reduction of microorganisms during three periods: the second, fourth, and sixth day. The results showed a 63% efficiency in turbidity reduction in M1 with the 20 cm rod and 72% with the 30 cm rod. Regarding protozoa elimination, the efficiency was 67% on the second day with the 20 cm rod and 87% with the 30 cm rod. By the sixth day, both treatments achieved total (100%) elimination of protozoa, bacteria, and algae. In conclusion, the copper treatment proved to be highly effective in reducing turbidity and free-living organisms in the water reservoirs of Juliaca. The 30 cm rod was more efficient in most parameters, suggesting that the size of the copper influences its effectiveness, representing a viable and economical solution to optimize water standards in the region.

Keywords: Algae, Bacteria, Copper, Pollution, Protozoa



INTRODUCCIÓN

La contaminación del agua por organismos de vida libre, como bacterias, algas y protozoos, afecta globalmente la potabilidad del agua en muchas regiones. En especial, los reservorios de agua, "Estratégicos para garantizar el acceso al agua dulce, pueden convertirse en focos de proliferación de estos organismos patógenos, representando un peligro significativo para la salud pública (Cahuana & Benito, 2017). La efectividad de los tratamientos convencionales como la cloración ha sido cuestionada, ya que, si bien eliminan algunos patógenos, no son eficaces contra todos los microorganismos y generan subproductos que pueden ser perjudiciales (Díaz et al., 2024).

En busca de soluciones más sostenibles y efectivas, el cobre ha surgido como una opción prometedora debido a sus propiedades antimicrobianas. Estudios previos han demostrado que el cobre puede reducir significativamente la carga microbiana en diversos ambientes acuáticos, lo que lo convierte en un agente potencial para el tratamiento de agua en reservorios (Yu et al., 2024) Además, su capacidad para liberar iones que actúan como agentes antimicrobianos en el agua ha sido ampliamente documentada, sugiriendo su efectividad para controlar organismos de vida libre (Salah et al., 2021).

Sin embargo, la aplicación del cobre en el tratamiento de agua sigue siendo un área poco explorada, especialmente en condiciones específicas como las de los reservorios de agua en la región de Juliaca, Perú. Según la Autoridad Nacional del Agua (ANA, 2017), la calidad del agua en muchas regiones del país sigue siendo deficiente, debido a la proliferación de microorganismos patógenos, lo que resalta la



necesidad urgente de elaborar nuevas tácticas de tratamiento más productivas y accesibles.

El cobre ha sido utilizado en otros contextos para tratar el agua en pequeña escala, como en sistemas domésticos y en acuarios (Stüken et al., 2018). Sin embargo, su efectividad en reservorios grandes y en condiciones ambientales variables no ha sido suficientemente investigada. Por consiguiente, este estudio tiene como finalidad de analizar la capacidad y eficiencia del cobre para controlar el desarrollo de organismos de vida libre en los reservorios de agua de Juliaca, utilizando un sistema experimental a escala de laboratorio. El estudio pretende establecer cómo diferentes longitudes de varillas de cobre afectan la concentración de estos organismos y su viabilidad en el agua, en comparación con los enfoques convencionales de tratamiento.

La investigación busca contribuir a la optimización de las técnicas de tratamiento de agua, proporcionando datos sobre la viabilidad del cobre como una alternativa económica y ecológica. Estudios anteriores han demostrado que el uso del cobre no solo es eficaz, sino que también tiene ventajas en términos de sostenibilidad, dado que no genera subproductos tóxicos (Pérez et al., 2016). Además, la investigación podría abrir el camino para su implementación en sistemas de tratamiento a mayor escala, mejorando la calidad del agua en reservorios y, en última instancia, la salud pública en áreas afectadas por la contaminación microbiológica (Huerta & Axel, 2014)



Este estudio se estructura en dos partes fundamentales: primero, una Introducción que contextualiza la investigación; y segundo, un capítulo dedicado al análisis de la problemática, donde se plantea el problema central, se definen los objetivos y se explica la relevancia del trabajo.

El Marco Teórico recoge los estudios previos, los fundamentos conceptuales y las variables analizadas. La sección de Metodología detalla el diseño del estudio y los métodos empleados. Posteriormente, se presentan los hallazgos obtenidos y su análisis crítico. Para finalizar, el documento incluye las Conclusiones con sus respectivas recomendaciones, junto con las referencias consultadas y los materiales complementarios en los anexos.



CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Análisis de la situación problemática

A nivel internacional, la degradación ambiental del agua por organismos de vida libre, como bacterias, algas y otros microorganismos, representa una preocupación significativa para la salud pública y la condición ambiental. En muchas regiones, los cuerpos de agua, especialmente los reservorios, son utilizados para consumo humano y otros fines, como la agricultura y la industria, lo que incrementa el peligro de propagación de enfermedades transmitidas por agua contaminada.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha advertido sobre los riesgos que representan los patógenos acuáticos para la salud humana. Según el informe de la (OMS, 2018), la existencia de organismos patógenos en el agua potable es uno de los principales factores de morbilidad en diversas regiones del mundo, especialmente en países en desarrollo. Además, la resistencia bacteriana a los productos químicos tradicionales utilizados para el tratamiento



del agua ha fomentado soluciones sustentables y menos tóxicas, como el uso de materiales con propiedades antimicrobianas, como el cobre.

Estudios recientes han destacado el potencial del cobre como un agente antimicrobiano eficaz en el control de organismos patógenos en el agua. El estudio de (Yu et al., 2024) han demostrado que las superficies de cobre tienen la capacidad de reducir la viabilidad de diversos microorganismos en el agua, lo que abre posibilidades para su aplicación en sistemas de tratamiento de agua.

En el contexto nacional, en Perú, la gestión del agua es un desafío continuo, especialmente en áreas rurales y en ciudades con sistemas de distribución de agua deficientes. Según la Autoridad Nacional del Agua (ANA, 2017) el 40% de los reservorios de agua la población nacional enfrenta concentraciones críticas de contaminación peligrosa, que incluye la proliferación de algas, bacterias y otros organismos que pueden afectar la excelencia del agua disponible para consumo humano.

La proliferación de estos organismos es particularmente grave en regiones como los Andes y la Sierra Central, donde los reservorios de agua suelen estar en contacto con fuentes de contaminación orgánica y agrícola. El uso de tratamientos químicos tradicionales, como el cloro, a menudo no es suficiente para eliminar todos los tipos de patógenos, y puede generar subproductos químicos indeseables que impactan negativamente en la salud pública y los ecosistemas



Un estudio realizado por Díaz et al. (2024) en los reservorios de la región de Puno reportó altos niveles de contaminación biológica en los reservorios de agua, lo que ha llevado a la implementación de soluciones alternativas, como el uso de agentes antimicrobianos más naturales y menos invasivos. Este contexto resalta la importancia de investigar el uso del cobre como un tratamiento viable para controlar los organismos de vida libre en los reservorios de agua en el país.

1.2. Planteamiento del problema

1.2.1. Problema general

¿Cómo afecta la concentración de cobre en el control del desarrollo de organismos de vida libre en los reservorios de agua de Juliaca?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es la concentración inicial de organismos de vida libre en los reservorios de agua de Juliaca antes de aplicar el cobre?
- ¿De qué manera se puede asegurar que el sistema de aplicación de cobre sea seguro para el tratamiento del agua en los reservorios?
- ¿Cuál es la eficiencia del cobre en la reducción de organismos de vida libre en los reservorios de agua de Juliaca?

1.3. Objetivo de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Evaluar la capacidad del cobre para controlar el desarrollo de organismos de vida libre en los reservorios de agua de Juliaca.



1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar la concentración inicial de organismos de vida libre presentes en los reservorios de agua de Juliaca antes del tratamiento con cobre.
- Adecuar el sistema de acondicionamiento del cobre para su aplicación efectiva en el tratamiento de agua en reservorios.
- Analizar la capacidad y eficiencia del cobre en el control y la reducción del desarrollo de organismos de vida libre en los reservorios de agua de Juliaca.

1.4. Justificación

La contaminación microbiológica del agua es un problema crítico para la salud pública, especialmente en zonas rurales y periurbanas de Perú, como Juliaca, donde los reservorios de agua están contaminados por organismos patógenos. Los enfoques convencionales de tratamiento, como la cloración, no son completamente eficaces y generan subproductos tóxicos (Huerta & Axel, 2014). En este contexto, el cobre, conocido por sus propiedades antimicrobianas, se presenta como una alternativa prometedora para controlar estos organismos. Sin embargo, su efectividad en grandes reservorios y en condiciones locales aún no ha sido completamente estudiada.

Este estudio busca evaluar la capacidad de mitigar la formación de organismos de vida libre (bacterias, algas y protozoos) mediante el uso de varillas de cobre en el tratamiento del agua de reservorios de la ciudad de Juliaca, proporcionando una solución factible, económica y sostenible para el control de organismos patógenos. Los resultados podrían contribuir a optimizar la calidad



del agua en la región, ofreciendo una opción más accesible y menos tóxica que los métodos tradicionales, con potencial para ser implementada en otras áreas del país.

1.5. Hipótesis

1.5.1. *Hipótesis general*

La capacidad del cobre para controlar el desarrollo de organismos de vida libre en los reservorios de agua de Juliaca es significativa

1.5.2. *Hipótesis específica*

- La concentración inicial de organismos de vida libre en los reservorios de agua de Juliaca es significativa.
- La adecuada preparación y acondicionamiento del cobre en los reservorios de agua garantizará su eliminación de organismos de vida libre sin afectar significativamente la calidad del agua o los ecosistemas circundantes.
- El cobre será capaz de reducir de manera significativa la concentración de organismos de vida libre en los reservorios de agua de Juliaca.

1.6. Variables

1.6.1. *Variable dependiente*

- **Concentración de organismos de vida libre en el agua:** Se refiere al número y tipo de organismos de vida libre presentes en los reservorios de agua de Juliaca antes y después del tratamiento con cobre.



1.6.2. Variable independiente

- **Concentración de cobre en el agua de los reservorios:** Esta variable será manipulada mediante el uso de las varillas de cobre de diferentes tamaños.

1.7. Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de variables

Variable	Dimensión	Indicadores	Unidad de medida
(Vd) Concentración de organismos de vida libre en el agua	Densidad de organismos en el agua	Número de organismos por litro de agua. Tipos de organismos presentes.	organismos/L
(Vi) Concentración de cobre en el agua de los reservorios	Cantidad de cobre disuelto en el agua.	Concentración de cobre liberado en el agua	mg/L

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



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. *Antecedentes internacionales*

Vincent et al. (2016) indica que el cobre ha sido reconocido desde hace tiempo por su capacidad antimicrobiana, especialmente en el tratamiento y transporte de agua potable. Durante 2008, la entidad ambiental reguladora de Estados Unidos lo declaró como el metal primario con propiedades antimicrobianas. Ante el aumento de infecciones en hospitales y la resistencia a los antibióticos, el uso del cobre como agente antimicrobiano ha ganado relevancia. Diferentes investigaciones han mostrado que el cobre, en forma de superficies o partículas, puede disminuir considerablemente la carga biológica en el ambiente. Esta revisión se enfoca en las condiciones necesarias para mejorar la acción antimicrobiana del cobre, sus aplicaciones en el tratamiento de agua, en hospitales y en espacios públicos, y subraya la necesidad de continuar investigando sobre su efectividad.



La Dra. (Fuentes, 2018) plantea un estudio con el respaldo de la evidencia científica acumulada y respaldada por la EPA donde registró al cobre como el primer y único metal con propiedades antibacterianas, autorizando la difusión de conceptos importantes, entre ellos que "las superficies de cobre eliminan 99,9% de los patógenos bacterianos después de 2 h de exposición" y certificando que superficies de cobre metálico y sus aleaciones son antimicrobianos naturales materiales. En base a ello la Dra Fuentes plantea su estudio en el 2018 titulado "Propiedades Antimicrobianas Del Cobre En Placas Y Tuberías Para Agua Potable" De las pruebas microbiológicas se tiene que al llevar a cabo pruebas para evaluar la capacidad antimicrobiana de los materiales PVC, CPVC y cobre utilizando la bacteria E.Coli como indicador. En las pruebas realizadas en se encontró que los materiales PVC y CPVC no tienen actividad antimicrobiana en pruebas en medio líquido, por el contrario, estos materiales favorecieron el crecimiento microbiano. El cobre expuesto a un medio oxidantes (medio de cultivo o cupón sumergido), si hay inhibición microbiana por la presencia del Cu (II) el cual es conocido por su capacidad antimicrobiana.

Sasson et al. (2014) concluye que la desalinización por ósmosis inversa (OI) enfrenta el desafío de la bioincrustación, que reduce la eficiencia y aumenta los costos operativos. El cobre, reconocido por su acción antimicrobiana y bajo costo, ha sido considerado como un biocida eficaz. Recientemente, Se ha sugerido el empleo de nanopartículas de cobre (Cu-NPs) en membranas de OI para controlar la bioincrustación, aprovechando su capacidad para eliminar microorganismos y mejorar la durabilidad y eficiencia de las membranas.



Michels et al. (2008) en su investigación indican que diversas bacterias mueren al entrar en contacto con superficies secas de cobre y sus aleaciones a temperatura ambiente, reduciendo la cantidad de bacterias vivas a cero en una o dos horas. En contraste, materiales como acero inoxidable, aluminio, superficies pintadas y plásticos no presentan efectos antimicrobianos. Los revestimientos antimicrobianos también demostraron ser poco efectivos. Estos hallazgos sugieren que el uso de aleaciones de cobre en superficies de contacto humano podría contribuir notablemente a disminuir la contaminación bacteriana y la transmisión de infecciones. En los Estados Unidos, la EPA (Agencia de Protección Ambiental) requiere pruebas de eficacia para validar las afirmaciones antimicrobianas. En 2008, la EPA registró 275 aleaciones de cobre como antimicrobianas, lo que podría facilitar su implementación en hospitales, residencias de ancianos, escuelas y edificios públicos. También se mencionan algunas barreras para la adopción de estas aleaciones en el sector de la salud.

Mitra et al. (2020) en la investigación que ejecutaron mencionan que la contaminación de superficies por microbios puede ocasionar infecciones en hospitales y con dispositivos médicos. Una forma de prevenir esta contaminación es dotar las superficies de propiedades antimicrobianas. Las cualidades antimicrobianas del cobre se conocen desde tiempos antiguos, y su uso actual como material antimicrobiano ha resurgido debido a la preocupación creciente sobre la resistencia a los antibióticos y la necesidad de reducir su consumo. A diferencia de la plata, el cobre demuestra una eficacia microbicida rápida y alta contra patógenos en contacto cercano en condiciones ambientales, lo que amplía su uso potencial. Esta revisión aborda los mecanismos detrás de las propiedades antimicrobianas del cobre, el diseño y



fabricación de materiales y recubrimientos antimicrobianos basados en cobre (como aleaciones, nanopartículas o iones), y sus aplicaciones posibles. Además, se consideran las implicaciones del aumento de la liberación de cobre al medio ambiente, los efectos ecotóxicos que podrían derivarse y la posible aparición de genes resistentes en los patógenos.

Yu et al. (2024) Los iones de cobre tienen propiedades antimicrobianas que ayudan a reducir el uso de antibióticos y previenen la formación de superbacterias. Los estudios muestran que estas propiedades son más efectivas en ambientes donde los iones de cobre se precipitan y entran en contacto con microorganismos. El cobre ha demostrado ser un ion metálico antimicrobiano importante, y los avances actuales permiten su aplicación en diversos entornos, como alimentos y espacios de higiene. Sin embargo, debido a la toxicidad de las nanopartículas, el desafío futuro es desarrollar nanopartículas de cobre con buena biocompatibilidad y eficacia antibacteriana.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Neciosup et al. (2015) en su estudio concluye que las superficies de cobre se presentan como una solución efectiva para controlar la diseminación de estos patógenos Este estudio analizó la capacidad bactericida del cobre contra las bacterias predominantes responsables de IIH, como *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* y *Staphylococcus aureus*. El experimento se realizó en dos hospitales de Lambayeque, Perú, utilizando superficies de cobre y acero inoxidable como control. Los resultados indicaron que el cobre eliminó las 9 cepas bacterianas en tiempos que variaron de 10 a 60 minutos, mientras que las bacterias en acero inoxidable se



mantuvieron viables durante más de 60 minutos. Además, las bacterias Gram negativas (*P. aeruginosa* y *E. coli*) fueron eliminadas más rápidamente que las Gram positivas (*S. aureus*).

Araujo et al. (2023) En el estudio que realizaron en el distrito de Virú, de un total de 1,139 pozos, 1,022 son de tajo abierto (89.73 %) y 117 son tubulares (10.27 %). Una investigación realizada en 2018 sobre la calidad bacteriológica del agua subterránea indicó que, aunque no se encontraron microorganismos patógenos, el 100% de los pozos presentaron coliformes totales y el 25% de estos mostraron coliformes termotolerantes. Además, el recuento de bacterias heterótrofas excedió los límites permitidos para el uso humano. Como resultado, el agua de estos pozos no es segura para el uso humano, pero puede ser utilizada en la agricultura y actividades recreativas tras ser sometida a cloración.

En la universidad Nacional de Trujillo (Valderrama, 2023) plantea su trabajo de investigación que tuvo como objetivo “Determinar el efecto biocida del sulfato de cobre pentahidratado($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) sobre los organismos de vida libre (OVL)” debido a su difícil eliminación en los procesos de desinfección convencionales de las plantas de tratamiento de agua potable(PTAP) por su alta resistencia a la cloración; para ello se realizaron ensayos en agua natural tomada de la cámara de reunión PTAP-SEDACAJ, El Milagro, que es abastecida por dos principales ríos: Porcon y Grande, cada unidad muestral fueron sometidas a diferentes concentraciones y tiempos de exposición al $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ usando el equipo de jarras , la evaluación cuantitativa requirió dejar sedimentar a estas muestras por espacio de 7 días, Se obtuvieron los resultados después de registrar el conteo y aplicar la fórmula para el cálculo de estos organismos



concluyendo, que el tratamiento T16 con la concentración 70mg/L de $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ y expuesta al tiempo de 60 minutos, es la que tuvo el mayor efecto biocida con un porcentaje de 68% en reducción poblacional de los OVL.

(REIJER, 2012) presenta un documento donde pide a la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual Oficina internacional la patente de su invención titulada "escamas de cobre para purificar y desinfectar aguas y su procedimiento de fabricación y aplicación" SOLICITUD INTERNACIONAL PUBLICADA EN VIRTUD DEL TRATADO DE COOPERACIÓN EN MATERIA DE PATENTES (PCT) con el objetivo de desinfectar de bacterias o microorganismos como algas, hongos y otros microbios Por otra parte, existen numerosos estudios científicos que han demostrado las propiedades antimicrobianas que posee el cobre metálico de alta pureza, 99% cobre. Aprovechando esta propiedad del cobre, se ha desarrollado la invención 20 en el uso de escamas cobre metálico en formas de laminillas de muy bajo espesor, para desinfectar aguas en los procesos de filtración, purificación y su procedimiento de preparación en la dosificación. - Las escamas de cobre metálico para purificar y desinfectar aguas, según la caracterización del uso de la escama de cobre metálico aplicado en recipientes porta escama para la desinfección de aguas de consumo y uso humano, contempla una malla de retención inferior para soportar la masa o carga de escamas de cobre y forma una cámara inferior que permitirá un ingreso expedito del agua por el ducto de alimentación para después ingresar el agua hacia la cámara intermedia que contiene la masa de escamas de cobre metálico generando aquí la desinfección del agua, luego el agua pasa a la cámara de evacuación a través de la malla de retención superior que evita fugas o arrastre de escamas de cobre en el agua



evacuada por el ducto de evacuación. Teniendo como referencia una disminución del 100% de organismos de vida libre al cabo de un día de contacto.

2.1.3. Antecedentes regionales

El control de entes biológicos de vida libre en reservorios de agua es un desafío crítico en muchas regiones, especialmente en áreas con limitaciones en los recursos y tecnologías de tratamiento del agua. Aunque no se han encontrado antecedentes específicos en el contexto de Juliaca, investigaciones previas realizadas en otras regiones han demostrado el cobre tiene un efecto natural contra los microbios efectivas contra una variedad de organismos acuáticos. El uso de superficies de cobre, aleaciones de cobre y nanopartículas de cobre ha sido ampliamente estudiado para garantizar agua segura sin microorganismos nocivos y reservorios.

Estudios internacionales han mostrado que el cobre es capaz de reducir la proliferación de bacterias, algas y otros organismos acuáticos, debido a su acción antimicrobiana y biocida. Estos hallazgos sugieren que el cobre podría ofrecer una solución viable para controlar el desarrollo de entes biológicos de vida libre en los reservorios de agua de Juliaca, aunque no se haya explorado específicamente en este contexto.

La falta de antecedentes directos sobre el uso del cobre en reservorios de agua en Juliaca subraya la importancia y la necesidad de esta investigación, que tiene como finalidad evaluar la efectividad del cobre como agente de control en este tipo de ecosistemas acuáticos.



2.2. Marco teórico

2.2.1. *El agua como recurso vital*

El H₂O es un recurso esencial para la vida humana, animal y vegetal. Representa alrededor del 70% de la masa corporal humana y es fundamental para los procesos fisiológicos (Esquivel & Solano, 2005). El acceso al H₂O potable de calidad es una necesidad básica que toda persona merece, y la contaminación de las fuentes de agua es un problema global que afecta la salud pública de millones de personas (Forstinus et al., 2016)

2.2.2. *Aguas subterráneas*

Las reservas acuíferas que se esconden en las profundidades del terreno almacenadas bajo la superficie terrestre, principalmente en acuíferos. Estas aguas representan una fuente vital de agua dulce para consumo humano, riego agrícola e industrial. Las lluvias son la principal fuente que alimenta el agua bajo tierra y de la infiltración de agua superficial que se filtra a través de los suelos hasta llegar a las capas más profundas (Ries & Binns, 2017). La calidad de las aguas subterráneas es crucial, ya que estas son utilizadas en muchas regiones como fuente principal de agua potable.

2.2.3. *Contaminación del agua y organismos de vida libre*

La degradación ambiental del agua por microorganismos patógenos, como bacterias, algas, y protozoos, es una dificultad habitual, especialmente en países en crecimiento. Estos organismos pueden proliferar en fuentes de agua contaminadas, comprometiendo la calidad del agua y aumentando el peligro de enfermedades transmitidas por el H₂O (Esquivel & Solano, 2005). Las fuentes de contaminación



incluyen residuos humanos, agrícolas y urbanos, así como la proliferación de organismos acuáticos (Huerta & Axel, 2014)

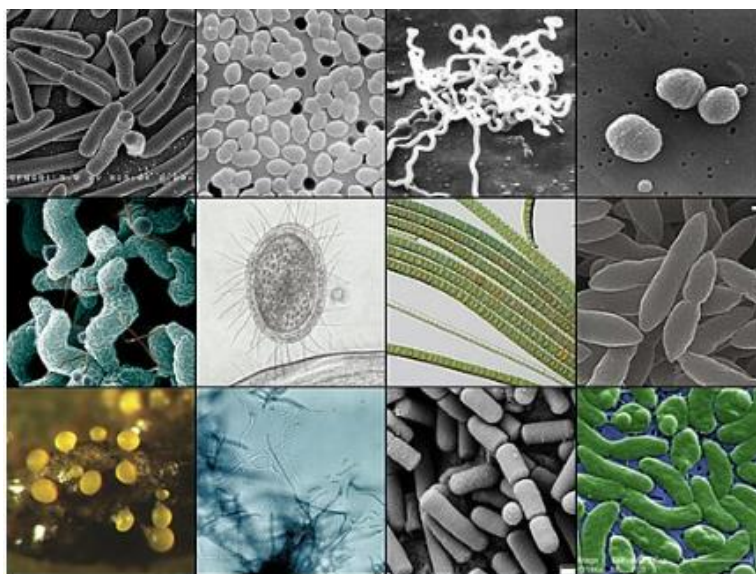
2.2.3.1. Contaminación biológica del agua

La degradación biológica es el resultado de la proliferación de organismos patógenos en fuentes de agua. Entre estos organismos se encuentran bacterias, algas y protozoos, que pueden causar graves problemas de salud pública y alterar la calidad del H₂O (Zulkifli et al., 2018). El aumento de nutrientes en el agua, a causa de cómo las personas aprovechan intensamente los suelos para la agricultura y la disposición de aguas residuales, fomenta el crecimiento excesivo de estos organismos.

A. Bacterias: Las bacterias patógenas, como *Escherichia coli* y *Pseudomonas aeruginosa*, son comunes en cuerpos de agua contaminados y pueden causar enfermedades como diarreas y cólera (Kristanti et al., 2022). Estas bacterias se multiplican rápidamente en ambientes donde hay presencia de materia orgánica y nutrientes adicionales, lo que incrementa el peligro de brotes de enfermedades transferidas por agua (Ashbolt, 2015)

Figura 1

Vista microscópica de bacterias



Nota: extraído de (Meneses et al., 2023)

B. Algas: La proliferación descontrolada de algas, conocida como floración algal, ocurre cuando niveles elevados de nutrientes como nitrógeno y fósforo se acumulan en cuerpos de agua. Este fenómeno es frecuente en áreas donde se utilizan fertilizantes agrícolas y aguas residuales, y puede resultar en la producción de toxinas que contaminan el agua, poniendo en riesgo a peces, ríos y a nuestra propia salud (Prasath et al., 2022)

Figura 2

Vista microscópica de algas en aguas

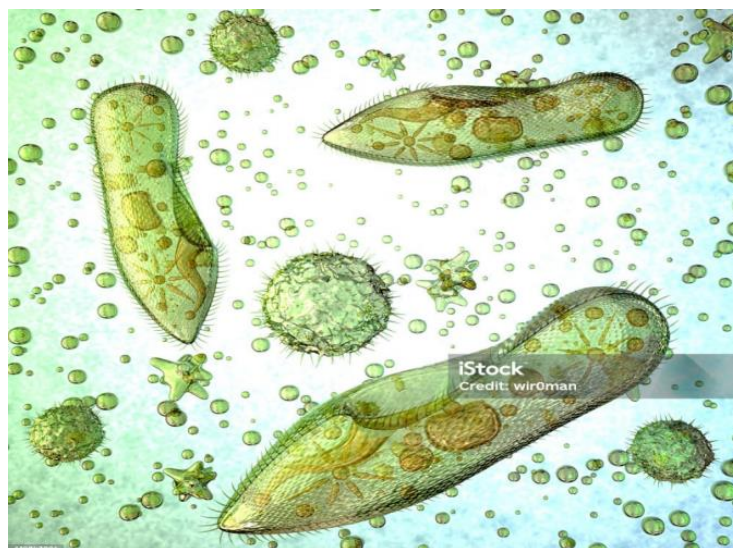


Nota: extraído de (iStock, 2023)

C. Protozoos: Los protozoos, como *Giardia* y *Entamoeba histolytica*, son microorganismos que también proliferan en aguas contaminadas. Estos pueden causar enfermedades gastrointestinales graves en humanos y animales, siendo una preocupación particular en fuentes de agua sin tratar (Fletcher et al., 2012)

Figura 3

Vista microscópica de los protozoarios



Nota: extraído de (iStock, 2016)

2.2.3.2. Contaminación biológica del agua

Los reservorios de agua son cruciales para el abastecimiento de agua potable, pero la contaminación biológica puede perjudicar la calidad de esta agua. La acumulación de organismos patógenos en los reservorios puede alterar la composición del agua y dificultar su tratamiento, aumentando los costos y riesgos sanitarios. La bioincrustación es otro problema asociado a la contaminación biológica, donde los microorganismos se adhieren a las superficies de los sistemas que nos permiten tener agua cuando abrimos el grifo, obstruyendo los filtros y alterando el flujo (Coetser & Cloeter, 2008)

Los reservorios contaminados también pueden sufrir un aumento de la carga bacteriana y algal, lo que deteriora la calidad del H₂O y afecta la riqueza biológica acuática. La proliferación de estos organismos es aún más problemáticas cuando las



fuentes de agua no cuentan con sistemas adecuados de filtración o tratamiento (Mazurd et al., 2023)

2.2.4. Impacto de las aguas subterráneas en los reservorios y su contaminación

Cuando las aguas subterráneas son almacenadas durante largos períodos en reservorios sin un adecuado tratamiento o mantenimiento, pueden verse expuestas a la proliferación de diversos patógenos, incluyendo bacterias, protozoos y algas. Los reservorios, especialmente aquellos que se utilizan para almacenar agua durante tiempos prolongados, pueden convertirse en un reservorio ideal para la acumulación de estos organismos, especialmente si no se realiza una correcta limpieza y control de los mismos.

Además, los patógenos bacterianos pueden multiplicarse rápidamente en ambientes de agua estancada, aumentando el peligro de enfermedades adquiridas por el agua. Los protozoos también pueden sobrevivir durante períodos prolongados en reservorios de agua estancada, propagándose y afectando la salud pública cuando el agua no recibe el tratamiento necesario (Díaz et al., 2024).

2.2.5. Métodos de tratamiento de agua

Los métodos convencionales de tratamiento de agua, como la cloración, han sido utilizados durante décadas. Sin embargo, su efectividad no ha sido total para eliminar todos los tipos de organismos patógenos. Además, algunos de estos tratamientos generan subproductos nocivos que pueden ser un peligro para la salud humana (Cortez et al., 2019). Por ello, surge la necesidad de investigar alternativas más sostenibles y eficaces.



2.2.6. Uso del cobre en el control de organismos de vida libre (OVL)

2.2.6.1. Cobre

El cobre es un metal de transición conocido desde la antigüedad por sus propiedades antimicrobianas. Su uso se remonta a tiempos prehistóricos, donde se utilizaba para diversas aplicaciones, como utensilios y herramientas. En tiempos más recientes, el cobre ha sido reconocido por su capacidad para erradicar microorganismos patógenos, como bacterias y virus, al liberarse iones de cobre en soluciones acuosas, lo que genera un ambiente tóxico para los microorganismos. Esta propiedad ha llevado a su aplicación en sistemas de protección de agua, superficies de contacto y dispositivos médicos, debido a su capacidad para reducir la transmisión de infecciones.

2.2.6.2. Propiedades antimicrobianas del cobre

El cobre ha sido conocido desde la antigüedad por sus propiedades antimicrobianas. Diversos estudios han demostrado que el cobre es eficaz contra una gran variedad de microbios peligrosos, incluidos bacterias, protozoos, algas y otros organismos de vida libre (OVL), debido a su acción biocida. A nivel general, el cobre actúa como un agente toxicológico al interferir en los procesos celulares de los microorganismos, lo que les impide multiplicarse y desarrollarse (Michels et al., 2008)

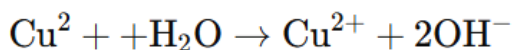
Una de las principales ventajas del cobre en este contexto es su acción rápida contra patógenos, ya que puede reducir la carga biológica en superficies o en el agua en un plazo breve de tiempo, lo que lo convierte en un material eficaz para el control de infecciones en ambientes acuáticos (Giannousi et al., 2017)



Cuando las bacterias y virus tocan superficies de cobre (como las barillas de cobre), se desencadenan varios procesos que afectan su integridad estructural y funcional. El cobre actúa de dos formas principales:

- a. **Liberación de iones de cobre:** Las superficies de cobre, al interactuar con el agua, liberan iones de cobre (Cu^{2+}), que son altamente reactivos y tienen la capacidad de interactuar con las membranas celulares y otros componentes biológicos de los microorganismos. Los iones Cu^{2+} tienen un efecto bactericida, alguicida y protozoicida al generar un desequilibrio en los procesos metabólicos de los microorganismos, causando daño en sus estructuras celulares, principalmente en las membranas celulares, proteínas y ADN (Giannousi et al., 2017)

La **interacción química** se puede describir mediante la siguiente reacción simplificada



Este proceso, conocido como oxidación-reducción, resulta en la formación de radicales libres que atacan los componentes celulares y contribuyen a la muerte del microorganismo.

- b. **Daño a las estructuras celulares:** Los iones de cobre (Cu^{2+}) son capaces de traspasar la barrera de las células bacterianas y generar un estrés oxidativo, alterando las funciones celulares esenciales, funciones esenciales como la 'respiración' de las células y su flujo de energía y la síntesis de proteínas. Este daño interrumpe los procesos vitales del organismo, llevando a su muerte (Fleming, 2010)



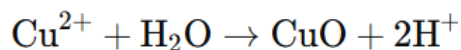
2.2.6.3. Eliminación de OVL con varillas de cobre en reservorios de agua

El uso de varillas de cobre en el control de OVL en reservorios de agua es una de las aplicaciones más destacadas de este material. Las varillas de cobre, al estar en contacto con el agua, liberan iones de cobre de forma constante, lo que permite la eliminación de bacterias, protozoos, algas y otros patógenos. Este mecanismo es particularmente útil en reservorios de agua estancada o en tanques y depósitos de agua que podrían estar en riesgo a la proliferación de estos organismos.

2.2.6.4. Reacciones químicas involucradas

El mecanismo de eliminación de microorganismos mediante el cobre también involucra varias reacciones químicas (Mitra et al., 2020). Por ejemplo, la liberación de iones Cu^{2+} en el agua puede promover la formación de compuestos como el óxido de cobre (CuO), que también tiene propiedades antimicrobianas. Además, el cobre puede interactuar con otras moléculas en el agua, como las proteínas de los microorganismos, generando un entorno hostil para su supervivencia.

Las reacciones involucradas incluyen:



Este proceso genera un ambiente ácido que favorece la **oxidación** de los componentes celulares de los organismos, promoviendo su eliminación.

2.2.6.5. Ventajas del Uso de Barillas de Cobre

El uso de varillas de cobre en reservorios y sistemas de agua es eficaz no solo para la eliminación de bacterias y protozoos, sino también para el control de algas y otros microorganismos patógenos que pueden proliferar en ambientes acuáticos.



Además, las varillas de cobre tienen la ventaja de ser una solución a largo plazo, ya que la liberación de iones de cobre es constante y no depende de aditivos químicos adicionales (Mitra et al., 2020).

2.3. Marco conceptual

2.3.1. Biodiversidad acuática

Hace referencia a la variedad de organismos vivos en ambientes acuáticos, incluyendo plantas, animales y microorganismos, cuya alteración puede afectar el equilibrio ecológico de un ecosistema acuático (Díaz et al., 2024)

2.3.2. Cobre

El cobre (símbolo Cu) es un metal de transición ubicado en el grupo 11 y periodo 4 de la tabla periódica. La electricidad y el calor viajan muy bien a través de esta materia, y por sus propiedades antimicrobianas.

2.3.3. Cobre antimicrobiano

El cobre es un metal conocido por sus propiedades antimicrobianas que permiten inhibir o eliminar microorganismos patógenos mediante la liberación de iones de cobre en ambientes acuáticos (Neciosup et al., 2015)

2.3.4. Contaminación biológica

Quiere decir que existe organismos vivos, como bacterias y protozoos, que contaminan el agua y pueden afectar su calidad, convirtiéndola en no potable (Díaz et al., 2024)



2.3.5. Control biológico en tratamiento de agua

Es el uso de agentes naturales, como el cobre o el ozono, para reducir la carga microbiana en el agua, en lugar de depender de productos químicos sintéticos (Yu et al., 2024).

2.3.6. Eficiencia del tratamiento

Se refiere al porcentaje de reducción de los organismos microbios peligrosos en el agua tras la aplicación de un tratamiento específico, como el uso de cobre (Huerta & Axel, 2014).

2.3.7. Liberación de iones de cobre

Es la forma en que las varillas de cobre liberan iones de cobre en el agua, lo que permite que estos iones actúen como agentes antimicrobianos (Salah et al., 2021)

2.3.8. Microorganismos patógenos

Son organismos, tales como bacterias, virus y protozoos, que pueden enfermar a las personas cuando consumen agua contaminada. (Salah et al., 2021)

2.3.9. Métodos de tratamiento sostenible del agua

Son técnicas de purificación del agua que buscan reducir el impacto ambiental y los costos a largo plazo, utilizando recursos naturales o soluciones ecológicas (Yu et al., 2024).

2.3.10. Organismos de vida libre

Son organismos microscópicos, como bacterias, protozoos y algas, que pueden proliferar en cuerpos de agua y que pueden ser responsables de enfermedades transmitidas por el agua (Huerta & Axel, 2014).



2.3.11. Tratamiento convencional del agua

Se trata de los métodos clásicos de limpieza del agua, como agregar cloro, que sirven para matar gérmenes peligrosos y hacer que el agua sea más segura (Salah et al., 2021).

2.3.12. Toxicidad del cobre

Es el efecto negativo que puede tener el cobre sobre los ecosistemas acuáticos o la salud humana si se utiliza en concentraciones inadecuadas (Cahuana & Benito, 2017)

2.3.13. Reservorios de agua

Son cuerpos de agua, ya sean naturales o artificiales, donde se almacena agua para su uso posterior, como en el uso humano, la agricultura o la industria (Autoridad Nacional del Agua (ANA, 2017)

2.3.14. Subproductos del tratamiento del agua

Son los compuestos o sustancias generadas como resultado de los procesos de purificación, como el cloroformo, que pueden tener efectos secundarios adversos para la salud (Cabana et al., 2022)



CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

Este estudio es aplicada, cuantitativa y experimental, enfocada en evaluar la eficacia del cobre, mediante varillas de diferentes tamaños, para controlar los organismos que viven libremente en los reservorios de agua de Juliaca. Se manipulan la concentración de cobre y sus condiciones de aplicación, midiendo su impacto en la concentración de los organismos patógenos. Además, tiene un enfoque descriptivo y explicativo, ya que describe las concentraciones iniciales y explica cómo el cobre reduce los organismos presentes.

3.2. Nivel de investigación

El nivel de estudio de este estudio es explicativo, ya que busca analizar la relación causal entre la aplicación de cobre y la reducción de organismos que viven libremente en los reservorios de agua, explicando cómo el cobre influye en la concentración de estos organismos patógenos.



3.2. Enfoque de la investigación

Este estudio utiliza métodos cuantitativos, trabajando con datos numéricos que permiten mediciones y análisis estadísticos sobre la concentración de organismos que viven libremente y cobre, con el fin de medir el impacto del cobre en la reducción de organismos patógenos en los reservorios de agua.

3.3. Técnicas e instrumentos

3.3.1. Técnicas

a. Muestreo de agua (Muestreo microbiológico):

Esta técnica se emplea para tomar muestras de agua de los reservorios antes y después de la aplicación del cobre. Las muestras serán analizadas en el laboratorio de Calidad Ambiental para determinar la concentración de organismos de vida libre presentes.

b. Pruebas microbiológicas (Método de conteo de microorganismos):

Utilizando técnicas microbiológicas estándar, como la identificación de microorganismos de vida libre microscópicamente, se determinará la cantidad de bacterias, algas, protozoos, etc. en las muestras de agua subterránea.

c. Observación directa:

Esta técnica será utilizada para monitorear y registrar cualquier cambio visible en el agua, como la turbidez, que podría indicar la presencia de organismos de vida libre o la efectividad del tratamiento con cobre.



3.3.2. Instrumentos

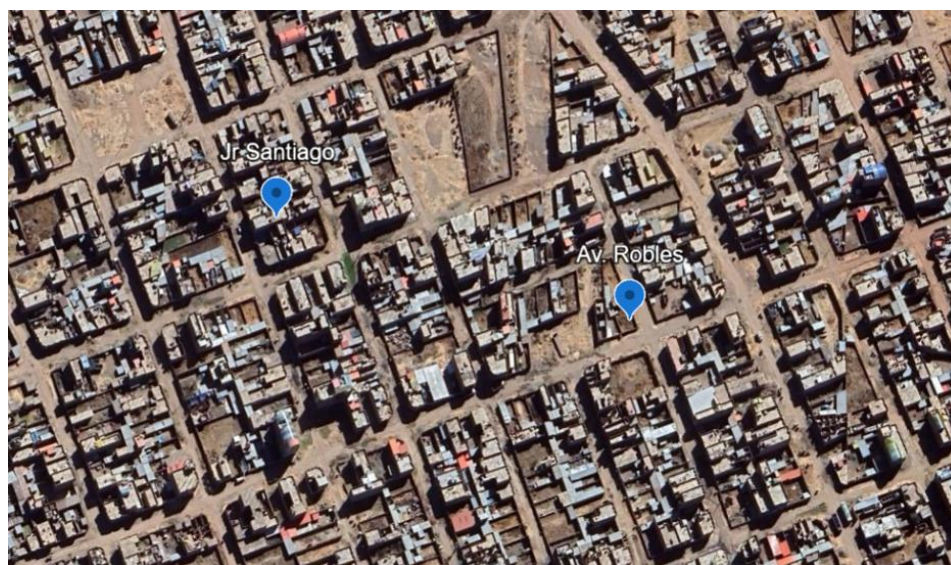
Para recolectar y análisis las muestras de agua, se utilizarán botellas estériles para las muestras de agua, las cuales serán registradas en una ficha de cadena de custodia para asegurar su trazabilidad. El conteo de microorganismos se realizará con microscopio trinocular. También se utilizarán termómetros y medidores de pH para controlar las condiciones ambientales de las muestras, aplicando los procedimientos de calidad establecidos.

3.3.3. Ubicación de la zona de investigación

Recolectamos las muestras de agua en la zona de salida a Huancané, dentro del distrito de Juliaca, Puno. Se tomaron dos muestras en puntos específicos con las siguientes coordenadas: para la muestra 1, (Av. Robles) con código M-1, las coordenadas fueron E: 82885842 N: 380487.232, y para la muestra 2, (Jr. Santiago) con código M-2, las coordenadas fueron E: 380419.553 N: 8288622.014. Ambas muestras fueron registradas y etiquetadas adecuadamente según los protocolos de muestreo.

Figura 4

Ubicación de la zona de monitoreo



Nota: Google earth

3.3.4. Población y muestra

3.3.4.1. Población

La población de esta investigación está compuesta por los reservorios de agua ubicados en la salida hacia Huancané, en el distrito de Juliaca, provincia de San Román, departamento de Puno, y los organismos de vida libre presentes en estos reservorios, como bacterias, algas y protozoos.

3.3.4.2. Muestra

El estudio incluye dos muestras de agua recolectadas de reservorios en la ruta a Huancané, dentro del distrito de Juliaca, departamento Puno. Las muestras fueron seleccionadas de manera aleatoria en dos puntos específicos, cuyas coordenadas son: para la muestra 1, E: 82885842 N: 380487.232, y para la muestra 2, E:



380419.553 N: 8288622.014. Ambas muestras fueron tomadas para evaluar la concentración de organismos de vida libre y la efectividad del cobre en su control.

3.3.5. Materiales y equipos

3.3.5.1. Materiales

- Vasos precipitados de 250 mL clase A
- Vial de cuarzo
- Placas Petri
- Micropipeta de 5000 y 200 μ L marca BOECO
- Frasco estéril de 250 mL de borosilicato
- Nylon

3.3.5.2. Equipos

- Microscopio trinocular marca ZEISS
- Turbidímetro HACH 2100
- Estufa marca MEMERTH
- Balanza analítica de precisión 0.0001g marca ADAM
- Multiparámetro HACH Hq 40d
- Bomba de vacío marca ROCKER

3.3.5.3. Reactivos

- Barillas de cobre de 20 y 30 cm
- Formol 2%
- Agua destilada
- Aceite de inmersión
- Hipoclorito



3.3.6. Procedimiento metodológico

Objetivo específico 1: Determinar la concentración inicial de organismos de vida libre presentes en los reservorios de agua de Juliaca antes del tratamiento con cobre.

Para conocer cuántos microorganismos hay inicialmente en los reservorios de Juliaca, realizaremos muestreos y análisis de laboratorio.

a. Selección de puntos de muestreo

Los muestreos se realizaron en dos puntos, dichos puntos a criterio mediante un muestreo no probabilístico a conveniencia del investigador.

b. Recolección de muestras

Se tomarán dos muestras analíticas de agua en los puntos de muestreo seleccionados. Las muestras se recogerán utilizando frascos estériles para evitar cualquier tipo de contaminación cruzada, seguidamente se añadió 5mL de formol al 2% para su conservación. Cada muestra será etiquetada de acuerdo con su código respectivo (Muestra 1 y Muestra 2) y las coordenadas del punto de muestreo. Se completó el formato de cadena de custodia proporcionado por el laboratorio de Calidad Ambiental de la Escuela de Ingeniería Sanitaria, en donde indica los datos correspondientes a la muestra como código, hora, fecha, ubicación de las muestras recolectadas.

Figura 5*Toma de muestra***c. Transporte de las muestras**

Analizamos muestras de agua transportadas al laboratorio en condiciones adecuadas para mantener su integridad para asegurar que las muestras no sean alteradas durante el transporte.

d. Análisis de los organismos de vida libre en las muestras de agua

Una vez en el laboratorio, las muestras de agua serán analizadas mediante el uso de un microscopio para la identificación y cuantificación de los organismos que viven libremente presentes. Los pasos de este análisis son los siguientes:

- **Preparación de la muestra:** Se colocarán pequeñas cantidades de agua filtrada en un portaobjetos y se cubrirán con un cubreobjetos. Para algunos organismos, puede ser necesario el uso de **tinturas** o colorantes específicos para facilitar su visualización bajo el microscopio (por ejemplo, colorantes de vital para las algas o tinciones específicas para protozoos).

- **Observación al microscopio:** Para la observación de los organismos de vida libre presentes en las muestras de agua, se utilizarán los siguientes objetivos del microscopio:
 - ✓ **Bacterias:** Se utilizará el **objetivo de 100x** (con aceite de inmersión), ya que las bacterias son organismos microscópicos muy pequeños y requieren un alto poder de resolución para ser visualizadas claramente.
 - ✓ **Algas:** Para la observación de las algas, se utilizará el **objetivo de 40x**. Las algas suelen ser más grandes que las bacterias y pueden ser observadas con un aumento menor, pero suficiente para distinguir sus características.
 - ✓ **Protozoos:** Para observar los protozoos, se empleará el **objetivo de 40x** o, en algunos casos, el **objetivo de 100x**, dependiendo del tamaño del protozoo y según lo requiera el análisis para su identificación.

Figura 6

Vista microscópica de los organismos de vida libre





e. Determinación de turbidez

La turbidez del agua se determinó utilizando un turbidímetro de alta precisión. Este parámetro es crucial para evaluar la suciedad suspendida en el agua, incluidas las células microbianas, que contribuyen a la turbidez del agua. Se tomaron el agua antes y después de aplicar el tratamiento con cobre, y se midió la turbidez en unidades de NTU. Las mediciones se realizaron siguiendo los protocolos estandarizados, asegurando la consistencia de las condiciones de análisis. Las variaciones en la turbidez fueron analizadas en conjunto con la concentración de microorganismos para evaluar la eficacia del cobre en la disminución de organismos patógenos y en la mejora de la calidad del agua.

f. Determinación del potencial de hidrogeno y la temperatura

Se midieron el pH y la temperatura del análisis del agua sin tratar y ya procesada con cobre. El pH se determinó con un medidor digital calibrado, y la temperatura se registró con un termómetro digital. Estos parámetros fueron monitoreados regularmente, ya que pueden influir en la efectividad del cobre y en las reacciones propiedades fisicoquímicas y microbiológicas

g. Cálculo de la concentración de organismos

Para calcular la concentración de los organismos en la muestra de agua original, se usa la siguiente fórmula:

$$C = \left(\frac{N}{V_{\text{muestra}}} \right) \times V_{\text{total}}$$



Donde:

- **C: Concentración** de organismos por unidad de volumen (por ejemplo, organismos por litro o por mililitro).
- **N:** Cantidad de organismos observados en la medida de la muestra.
- **Vmuestra:** Volumen de la muestra observada (en mililitros o litros).
- **Vtotal:** Volumen total de agua que se desea calcular (generalmente 1 litro = 1000 mL).

Tabla 2

Métodos normalizados para el análisis a aguas potables y residuales

PARAMETROS FÍSICOS		
PARÁMETRO	UNIDAD	MÉTODO
Temperatura	°C	SM - 2550 B método de laboratorio de campo
Potencial de hidrógeno	Unid. de pH	SM 4500 – H
Turbidez	NTU	Método Nefelométrico
Organismos de vida libre	Org/L	SM 5000

Nota: (APHA, 2005) estándar method

Objetivo específico 2: Adecuar el sistema de acondicionamiento del cobre para su aplicación en el tratamiento de agua en reservorios.

a. Selección de materiales y equipos:

- Se utilizaron baldes de 20 litros como unidades de almacenamiento para simular los reservorios de agua.

- Las varillas de cobre utilizadas tenían un diámetro de 0.5 cm y alturas de 20 cm y 30 cm, con el fin de medir su eficacia en el control de organismos de vida libre.
- Se prepararon 4 baldes en total, con las siguientes condiciones:
 - ✓ **2 baldes con agua subterránea no contaminada:** Estos baldes servirán como grupo de control para evaluar el comportamiento del cobre en agua sin contaminación.
 - ✓ **2 baldes con agua subterránea verdosa:** Estos baldes fueron utilizados para simular condiciones de contaminación, introduciendo en ellos las varillas de cobre de 20 cm y 30 cm.

Figura 7

Selección de materiales



b. Preparación de las muestras de agua:

- Se llenaron dos baldes con agua subterránea no contaminada, la cual fue tomada de una fuente previamente seleccionada para asegurar que no contuviera organismos patógenos.
- Se llenaron otros dos baldes con agua subterránea verdosa, que contenía una alta concentración de organismos que viven libremente (simulando agua contaminada de reservorios). Esta agua fue utilizada para evaluar el impacto de las varillas de cobre en el manejo de microorganismos peligrosos.

Figura 8

Preparación de la muestra de agua

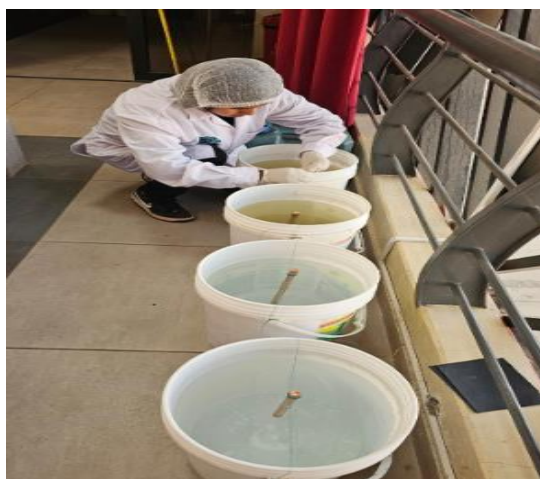
**c. Colocación de las varillas de cobre:**

- Inicialmente se realizó la limpieza correspondiente a cada varilla.
- En cada uno de los 2 baldes con agua subterránea verdosa, se introdujeron varillas de cobre de 20 cm y 30 cm de longitud.

- Las varillas fueron colocadas en los baldes de manera que estuvieran completamente sumergidas en el agua para asegurar que el cobre liberado interactuara de forma efectiva con los organismos que viven libremente.

Figura 9

Colocación de las varillas de cobre



d. Repetición y control:

- Para asegurar la replicabilidad de los resultados, se utilizaron réplicas de los baldes en ambas condiciones: una con agua subterránea no contaminada y otra con agua verdosa.
- Se establecieron 4 baldes en total, con dos grupos control (agua subterránea) y dos grupos experimentales (agua verdosa).

e. Monitoreo y registro de condiciones:

- Se registraron las condiciones ambientales de cada balde, como temperatura y pH, para asegurar que las condiciones fueran constantes durante el experimento.

- La temperatura y el pH se midieron diariamente utilizando un termómetro y un medidor de pH.

f. Observación del proceso:

- Los baldes fueron observados regularmente durante el experimento para monitorear los cambios visibles en la excelencia del agua, como la disminución de la turbidez y la disminución de la proliferación de organismos de vida libre.
- Se utilizó el microscopio para observar la concentración de organismos que viven libremente en el agua antes y después de la introducción de las varillas de cobre.

Figura 10

Proceso de tratamiento



g. Evaluación de resultados:

- El periodo de evaluación del presente estudio fue de 6 días para determinar la eficacia de las varillas de cobre en cada uno de los baldes. Comparamos estos resultados con los datos anteriores de los grupos



control para determinar la capacidad del cobre para reducir la cantidad de organismos que viven libremente en el agua.

- Se registraron los valores de concentración de organismos antes y después del tratamiento con cobre, y se realizó un análisis comparativo para evaluar la efectividad del tratamiento.

Objetivo específico 3: Analizar la capacidad y eficiencia del cobre en el control y la reducción del desarrollo de organismos de vida libre en los reservorios de agua de Juliaca.

a. Selección de los baldes de prueba:

Se utilizarán los 4 baldes previamente acondicionados (como se describió en el objetivo 2), en los cuales ya se han introducido las varillas de cobre de 20 cm y 30 cm en los baldes con agua verdosa. Estos baldes han sido previamente cargados con agua con alta concentración de organismos de vida libre, lo que permitirá evaluar el impacto del cobre en el control de estos organismos.

b. Monitoreo inicial:

- Se realizará un monitoreo inicial de la concentración de organismos que viven libremente en los baldes antes de la introducción del cobre, utilizando el microscopio para contar las bacterias, protozoos y algas presentes en el agua.
- La concentración inicial de organismos se determinará utilizando la fórmula de concentración (número de organismos observados dividido entre el volumen de agua filtrada).

Figura 11

Toma de muestras



c. Aplicación del cobre:

- En los baldes con agua verdosa, se mantendrán las varillas de cobre de 20 cm y 30 cm sumergidas en el agua.
- Se asegurará que las varillas estén completamente sumergidas y que no haya alteraciones en su posición durante el experimento, para evaluar cómo liberan el cobre de manera continua y cómo afecta a los organismos que viven libremente presentes en el agua.

d. Monitoreo durante el tratamiento:

- Se realizará un seguimiento periódico de la evolución vamos a medir cada 2 días, durante 6 días, cuántos microorganismos quedan en el agua después de añadir cobre.
- En cada monitoreo, se tomará una muestra de agua de cada balde y se procederá a realizar el conteo de organismos bajo el microscopio.



e. Medición de parámetros adicionales:

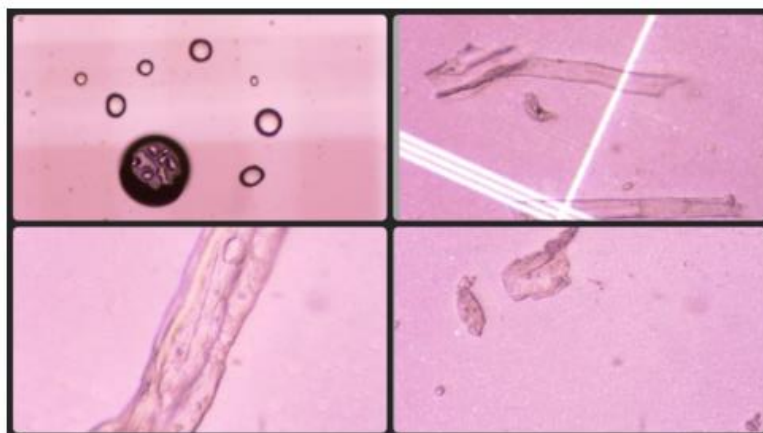
- Se medirán las características físicas y químicas del agua en los baldes de prueba, como el pH y la temperatura, para asegurarse de que las condiciones del agua no varíen significativamente durante el tratamiento.
- Estos parámetros se registrarán regularmente con el medidor de pH y termómetro.

f. Observación y análisis de la reducción de organismos:

- Durante el tratamiento, se observarán cambios visuales en el agua, como la reducción de turbidez y la disminución de la proliferación de organismos. Estas observaciones se registrarán en el diario de laboratorio.
- El análisis microscópico será clave para observar cómo las varillas de cobre afectan a los diferentes tipos de organismos presentes en el hídrica. Se utilizará el microscopio para contar los protozoos, bacterias y algas en cada muestra y determinar la efectividad de las varillas de cobre.

Figura 12

Vista microscópica de los microorganismos de vida libre (OVL)

**g. Cálculo de la eficiencia del cobre:**

- La eficiencia del cobre en el control de los organismos que viven libremente se calculará comparando la concentración inicial de organismos en el agua (antes de la aplicación del cobre) con la concentración final al final del período de tratamiento.
- Para calcular la eficiencia, usamos esta fórmula:
- Este cálculo permitirá determinar el porcentaje de reducción Organismos que viven libremente en el agua debido a la presencia del cobre.

h. Comparación de los resultados:

- Se analizarán los resultados obtenidos en los baldes con agua verdosa tratados con las varillas de cobre de 20 cm y 30 cm con los resultados obtenidos en los baldes con agua subterránea no contaminada (grupo de control), para observar las diferencias en la reducción de organismos.



- También se compararán las diferencias entre el uso de las varillas de cobre de 20 cm y 30 cm, evaluando cuál de las dos longitudes es más eficiente para el control de los organismos.



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

Objetivo específico 1: Determinar la concentración inicial de organismos de vida libre presentes en los reservorios de agua de Juliaca antes del tratamiento con cobre.

Tabla 3

Resultados iniciales

N°	Parámetro	Unidad	M – 1	M – 2
1	Temperatura	°C	15.3	14.1
2	Potencial de hidrogeno	Unid de pH	7.5	7.8
3	Turbidez	NTU	15.8	0.23
4	Protozoarios	Org/L	15000	0
5	Bacterias	Org/L	30000	0
6	Algas	Org/L	200000	0

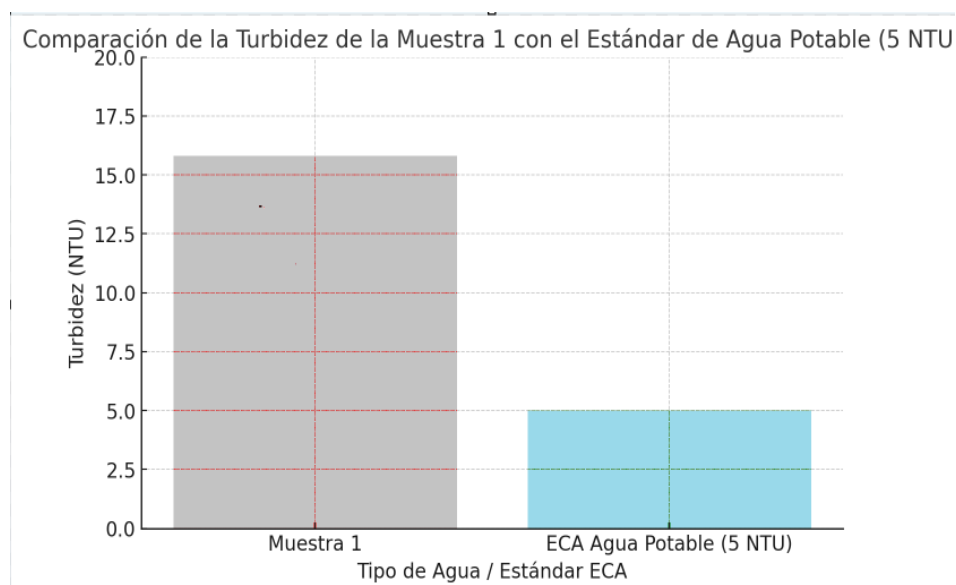
La tabla muestra los siguientes resultados:



- **Temperatura:** La temperatura del agua en ambos reservorios es bastante similar y dentro de un rango común para agua de consumo. Las variaciones de temperatura pueden influir en la actividad biológica y la eficacia del tratamiento con cobre.
- **Potencial de hidrogeno:** El pH de ambas muestras es neutro, lo que significa que no debería haber un impacto significativo del pH sobre la disolución o la efectividad del cobre, ya que el cobre es más efectivo en un rango de pH neutro o ligeramente ácido.
- **Turbidez:** La turbidez en la Muestra 1 es considerablemente alta (15.8 NTU), lo que indica una gran presencia de partículas suspendidas, posiblemente organismos y otros contaminantes. La Muestra 2 tiene una turbidez extremadamente baja (0.234 NTU), lo que indica agua más clara o con menos partículas suspendidas.
- **Protozoarios:** La Muestra 1 tiene una concentración significativa de protozoos (15,000 organismos/L), mientras que la Muestra 2 no presenta protozoos en la muestra analizada.
- **Bacterias:** la Muestra 1 tiene una cantidad considerable de bacterias (30,000 organismos/L), mientras que la Muestra 2 no presenta bacterias.
- **Algas:** La Muestra 1 tiene una alta concentración de algas (200,000 organismos/L), lo que indica una posible proliferación de estas en el reservorio. En la Muestra 2, no se encontraron algas.

Figura 13

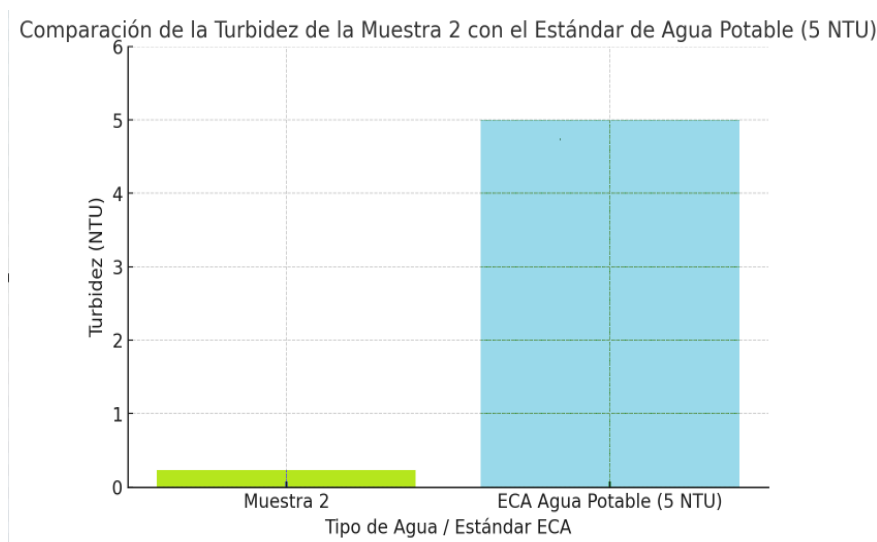
Resultados de la turbidez de la M – 1 frente a los estándares de calidad



El gráfico muestra que la turbidez de la Muestra 1 (15.8 NTU) supera significativamente el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para agua potable (5 NTU). Esto indica que la Muestra 1 tiene el agua presenta niveles elevados de sustancias en suspensión lo que sugiere una posible contaminación o una mayor presencia de organismos de vida libre u otras partículas que afectan la calidad del agua. Según el ECA para agua potable, el límite permitido es mucho menor. Estos resultados muestran que el agua no es segura para consumo, lo que representa un riesgo para la salud de las personas.

Figura 14

Resultados de la turbidez de la M – 2 frente a los estándares de calidad



Nota: Resultados de la turbidez en comparación con la normatividad vigente.

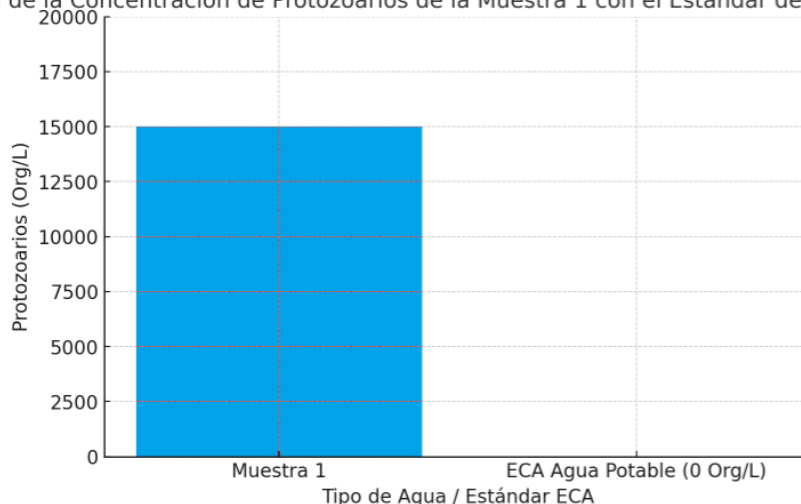
Estándares de calidad para el agua ECA agua

La Muestra 2 tiene una turbidez de 0.234 NTU, que está muy por debajo del ECA para agua potable (5 NTU). Esto indica que la Muestra 2 tiene un agua mucho más clara y con una baja concentración de partículas suspendidas, cumpliendo con los parámetros que hacen apta el agua para tomar. Este valor sugiere que el agua de la Muestra 2 es de mejor calidad en términos de turbidez, lo que podría indicar menos contaminación microbiológica o de partículas.

Figura 15

Resultados de los protozoarios frente a la normativa

Comparación de la Concentración de Protozoarios de la Muestra 1 con el Estándar de Agua Potable



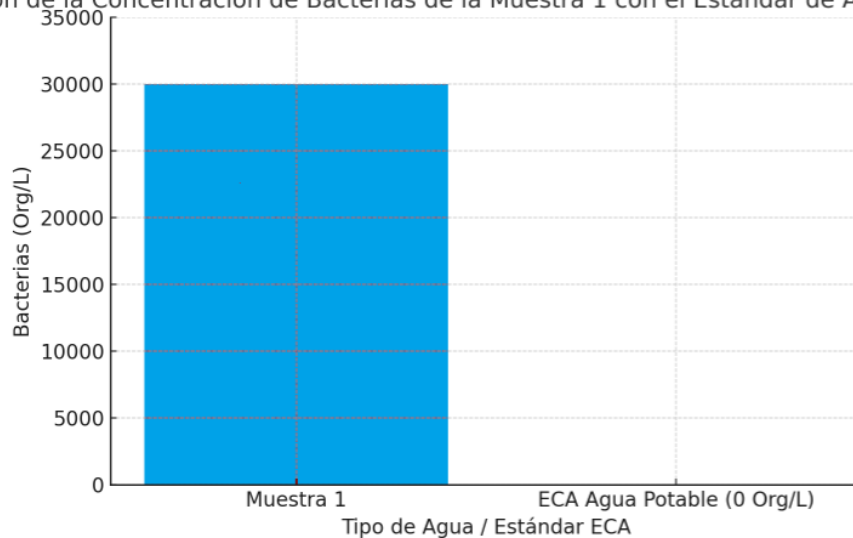
Nota: Resultados de la concentración de protozoarios en relación a la normativa vigente ECA agua.

La Muestra 1 tiene una concentración de 15,000 protozoarios (Org/L), lo que supera significativamente el límite de 0 organismos/L establecido para agua potable según el ECA. Esto indica una alta contaminación microbiológica en el reservorio de la Muestra 1, lo que implica un riesgo para la salud pública estaría en grave riesgo si el agua se consume sin el tratamiento adecuado.

Figura 16

Resultados de las bacterias frente a la normativa

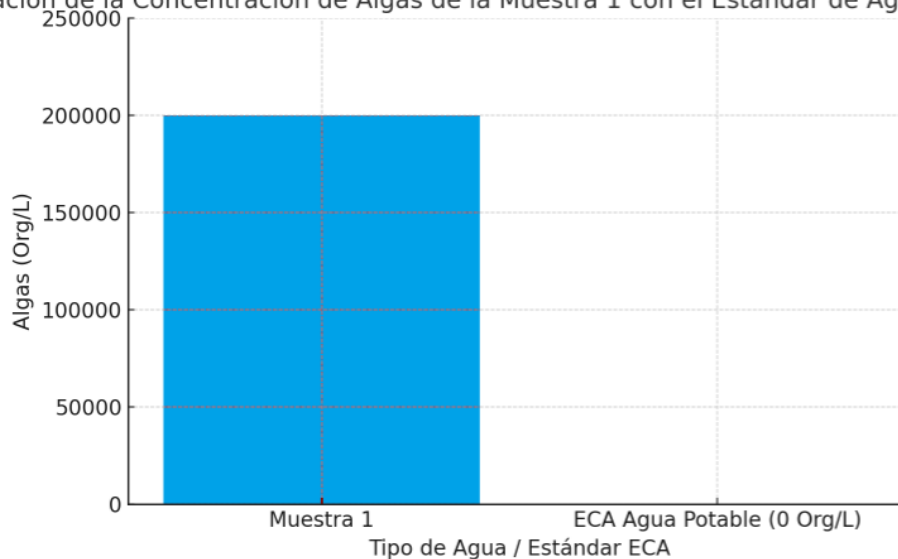
Comparación de la Concentración de Bacterias de la Muestra 1 con el Estándar de Agua Potable



La Muestra 1 tiene una concentración de 30,000 bacterias (Org/L), que supera ampliamente el límite de 0 organismos/L establecido por el ECA para agua potable. Esto indica una contaminación significativa en la Muestra 1, lo que puede representar un peligro para la salud si se utilizara como agua potable sin tratamiento adecuado.

Figura 17*Resultados de las bacterias frente a la normativa*

Comparación de la Concentración de Algas de la Muestra 1 con el Estándar de Agua Potable



La Muestra 1 tiene una concentración de 200,000 algas (Org/L), que supera ampliamente el límite de 0 organismos/L establecido para agua potable en el ECA. Esto indica una alta contaminación por algas en la Muestra 1, lo que resalta la importancia de un tratamiento adecuado para que reduzca los microorganismos antes de que el agua sea seguro para beber.

Objetivo específico 2: Adecuar el sistema de acondicionamiento del cobre para su aplicación efectiva en el tratamiento de agua en reservorios.

En este objetivo, se procedió a la adecuación del sistema de acondicionamiento del cobre para su aplicación en los reservorios de agua. Para ello, se utilizaron varillas de cobre de 20 cm y 30 cm de longitud, que fueron sumergidas en los baldes de 20

litros de agua, con el fin de evaluar su capacidad para tratar el agua de los reservorios contaminados con organismos de vida libre.

- **Observaciones durante el tratamiento:** Durante el tratamiento, se registraron las condiciones del agua (temperatura, pH, turbidez, etc.) a intervalos regulares. Los resultados indicaron que, en los baldes donde se utilizaron varillas de cobre de 30 cm, la reducción de turbidez fue más significativa comparada con los baldes que contenían varillas de 20 cm. Sin embargo, la diferencia en la eficacia antimicrobiana (reducción de protozoos, bacterias y algas) fue similar en ambos casos.

Tabla 4

Resultados después de 2 días (48 horas) del control de la temperatura, pH y turbidez

Código	Temperatura °C	pH	Turbidez NTU
M1 - Control	13.5	6.7	13.7
M1 – 20	13.7	6.9	10.0
M1 – 30	13.5	7.0	9.5
M2 - Control	13.1	6.8	0.21
M2 – 20	13.0	6.9	0.19
M2 – 30	13.2	7.0	0.17

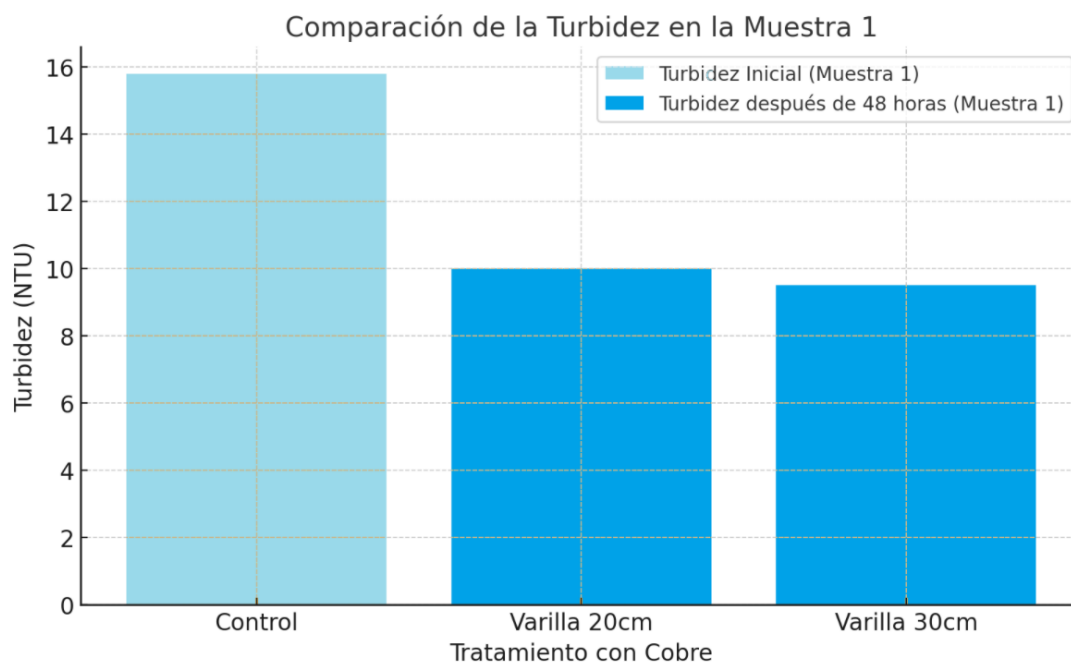
La tabla muestra los resultados del tratamiento al segundo día

- La temperatura en todas las muestras varió entre 13.0°C y 13.7°C. Esto indica que la temperatura se mantuvo constante y dentro de un rango relativamente bajo, lo que no debería haber afectado significativamente la actividad biológica de los microorganismos ni la disolución del cobre.

- El pH varió entre 6.7 y 7.0, lo que se encuentra dentro del rango neutro. El cobre tiene una mayor eficiencia en condiciones cercanas a este pH, por lo que estos valores son adecuados para observar el comportamiento de los iones de cobre sin una interferencia significativa de variaciones de acidez.
- En la Muestra 1 (M1), la turbidez disminuyó de 15.8 NTU a 9.5-10.0 NTU con las varillas de cobre de 20 cm y 30 cm, lo que sugiere que el cobre tuvo un efecto en la reducción de partículas suspendidas, incluidas las células microbianas.
- En la Muestra 2 (M2), la turbidez se mantuvo muy baja (0.21 NTU a 0.17 NTU), indicando que esta muestra ya era de alta calidad y el cobre no tuvo un gran impacto en este parámetro, ya que la muestra estaba limpia.

Figura 18

Evaluación de la turbidez al segundo día de tratamiento



El gráfico muestra la comparación de la turbidez en la **Muestra 1** (agua contaminada) antes y después del tratamiento con varillas de cobre de diferentes longitudes. Inicialmente, la turbidez era alta (15.8 NTU), lo que indica una presencia significativa de partículas suspendidas en el agua.

Después de 48 horas de tratamiento:

- **Varilla de 20 cm** redujo la turbidez a 10.0 NTU.
- **Varilla de 30 cm** logró una reducción ligeramente mayor, alcanzando 9.5 NTU.

Esto indica que el cobre tiene un impacto positivo en la optima de la calidad del agua, reduciendo la turbidez. El tamaño de la varilla de cobre parece influir de manera positiva, con una ligera mejora en la eficiencia al usar la varilla de mayor tamaño (30 cm). Sin embargo, ambas longitudes muestran una reducción significativa de la turbidez, lo que confirma la efectividad del cobre como tratamiento para agua contaminada.

Tabla 5

Resultados después de 2 días (48 horas) del control de organismos de vida libre (OVL)

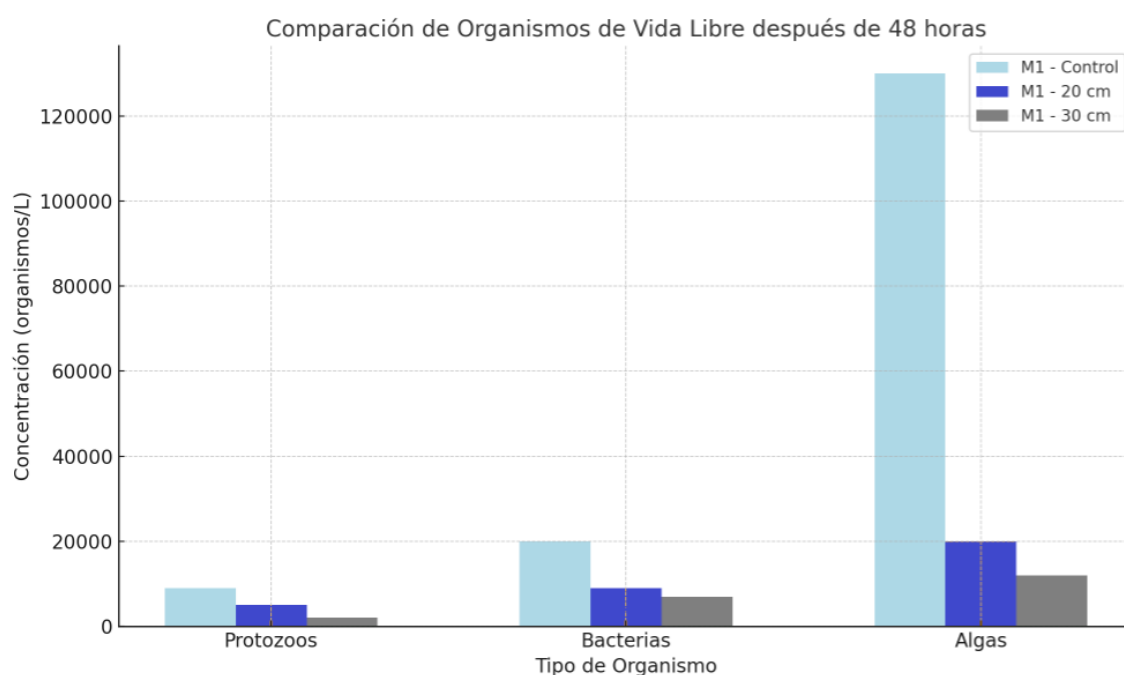
Código	Protozoarios	Bacterias	Algas
M1 - Control	9000	20000	130000
M1 – 20	5000	9000	20000
M1 – 30	2000	7000	12000
M2 - Control	0	0	0
M2 – 20	0	0	0
M2 – 30	0	0	0

En la tabla se aprecia los hallazgos de los organismos de existencia libre indicando que:

- El tratamiento con cobre, a través de las varillas de 20 cm y 30 cm, demostró una reducción significativa en la cantidad de protozoos, bacterias y algas en la Muestra 1, que estaba contaminada.
- La varilla de 30 cm mostró una mayor efectividad en la reducción de protozoos y algas, lo que sugiere que la mayor superficie de contacto con el agua (por el tamaño de la varilla) favorece una liberación más eficiente de los iones de cobre antimicrobianos.
- En la **Muestra 2**, que estaba limpia, no se observó ninguna proliferación de microorganismos, por lo que el cobre no tuvo un impacto adicional ya que es una muestra control.

Figura 19

Resultados del tratamiento del segundo día frente al grupo control





Este gráfico respalda la **eficiencia del cobre** en la reducción de microorganismos, con la varilla de **30 cm** mostrando la mayor efectividad en el tratamiento del agua contaminada.

- **M1 - Control (sin tratamiento):** Se observa una alta concentración de protozoos, bacterias y algas, indicando un nivel elevado de contaminación en el agua.
- **M1 - 20 cm:** Con la varilla de 20 cm, se registro una disminución considerable en la cantidad de protozoos, bacterias y algas. Sin embargo, la concentración aún fue considerablemente alta en comparación con el grupo control, lo que muestra que el cobre tuvo un impacto positivo, pero no eliminó por completo los organismos.
- **M1 - 30 cm:** El tratamiento con la varilla de 30 cm resultó en una **reducción aún mayor** en la concentración de todos los organismos, especialmente en protozoos y algas, sugiriendo que el tamaño de la varilla tiene un efecto positivo en el tratamiento. Esta reducción más pronunciada refleja que la mayor superficie de cobre liberó más iones antimicrobianos, mejorando la capacidad de control de los organismos patógenos.

Tabla 6

Resultados después de 4 días del control de la temperatura, pH y turbidez

Código	Temperatura °C	pH	Turbidez NTU
M1 - Control	13.9	6.6	10.2
M1 – 20	13.9	6.7	8.2
M1 – 30	13.8	6.9	6.3



M2 - Control	13.7	7.1	0.11
M2 – 20	13.8	6.8	0.09
M2 – 30	13.9	7.2	0.07

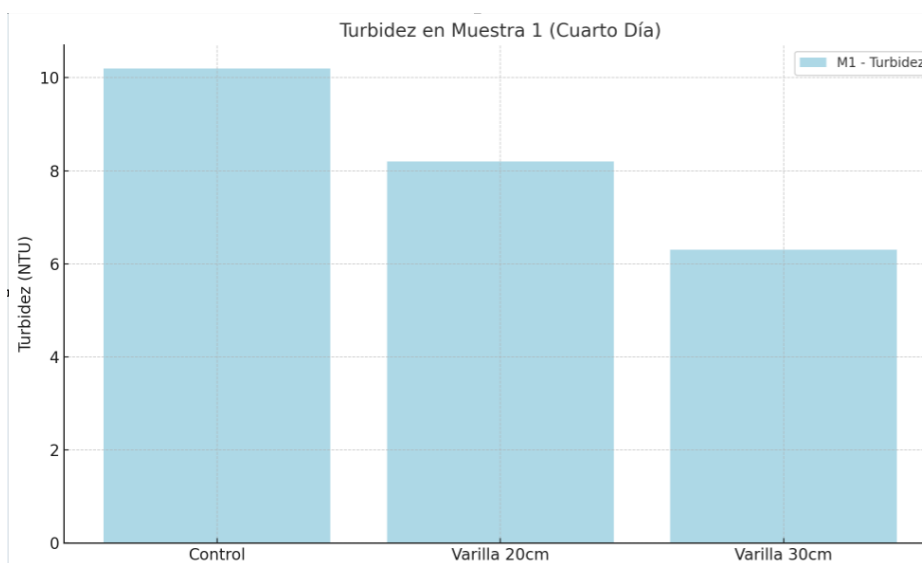
Según los resultados obtenidos al cuarto día de tratamiento cabe señalar que:

- **Temperatura M1 y M2:** La temperatura se mantuvo constante entre 13.7°C y 13.9°C en todas las muestras, lo que sugiere que no hubo variaciones significativas que pudieran haber influido en el tratamiento. La temperatura constante es ideal para asegurar la estabilidad de los microorganismos y la efectividad de los iones de cobre.
- **pH: M1:** El pH varió de 6.6 a 6.9 en las muestras de agua contaminada (M1), lo que indica que las condiciones fueron ligeramente ácidas. Esto es positivo para el cobre, ya que este metal tiene una mayor eficacia en pH ligeramente ácido o neutro. **M2:** El pH de las muestras no contaminadas se mantuvo entre 6.8 y 7.2, lo que es también un rango adecuado para que el cobre ejerza su efecto antimicrobiano sin perder eficacia.
- **Turbidez: M1 - Control:** La turbidez fue de 10.2 NTU, lo que indica que el agua contaminada aún tenía una alta carga de partículas suspendidas. **M1 - 20 cm:** La turbidez disminuyó a 8.2 NTU, lo que muestra una reducción en la cantidad de partículas, pero todavía con una turbidez elevada. **M1 - 30 cm:** La turbidez se redujo aún más, a 6.3 NTU, lo que muestra una optima significativa en la excelencia del agua comparado con el control y la varilla de 20 cm. Esto confirma que la varilla de cobre de 30 cm es más significativa en la reducción

de partículas suspendidas. **M2 - Control:** La turbidez en el agua no contaminada fue de 0.11 NTU, lo que indica que la calidad del hídrica era muy buena desde el inicio, sin necesidad de tratamiento. **M2 - 20 cm y 30 cm:** Las turbideces se redujeron aún más, alcanzando 0.09 NTU y 0.07 NTU, respectivamente. A pesar de que el agua estaba limpia desde el principio, el tratamiento con cobre tuvo un efecto marginal en la mejora adicional de la turbidez.

Figura 20

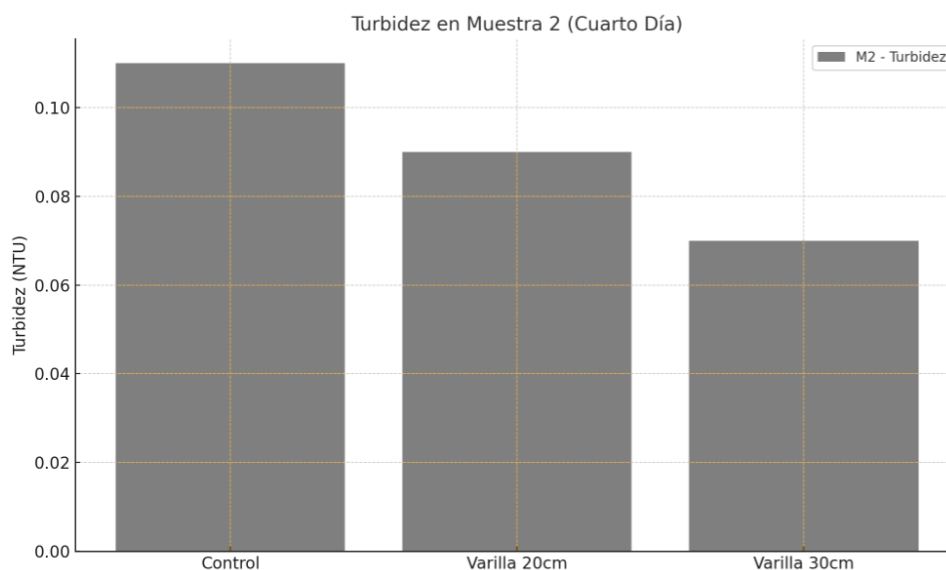
Resultados de la turbidez al cuarto día de tratamiento de la M - 1



La turbidez de la Muestra 1, que estaba inicialmente alta (10.2 NTU), muestra una reducción significativa con el tratamiento con cobre. Después de 48 horas, la turbidez disminuyó a 8.2 NTU con la varilla de 20 cm y a 6.3 NTU con la varilla de 30 cm. Esto indica que el cobre tiene un efecto notable en la reducción de partículas suspendidas, y la varilla de 30 cm mostró ser más efectiva, probablemente debido a su mayor superficie de contacto que facilita la liberación de iones antimicrobianos.

Figura 21

Resultados de la turbidez al cuarto día de tratamiento de la M - 2



En la Muestra 2, que ya estaba limpia y tenía una turbidez muy baja (0.11 NTU), el tratamiento con cobre tuvo un impacto mínimo. Con las varillas de 20 cm y 30 cm, la turbidez disminuyó solo ligeramente, alcanzando 0.09 NTU y 0.07 NTU, respectivamente. Esto muestra que, aunque el cobre tiene propiedades antimicrobianas, en un agua ya de buena calidad, su efecto sobre la turbidez es marginal.

Tabla 7*Resultados después de 4 días del control de organismos de vida libre (OVL)*

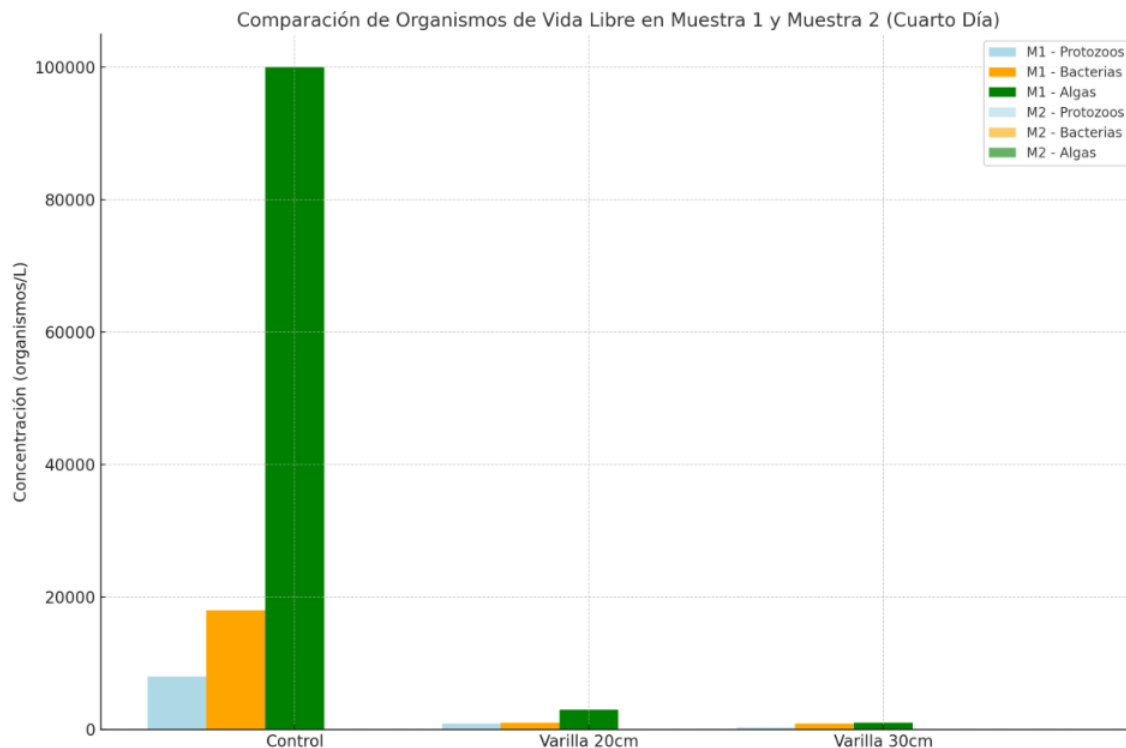
Código	Protozoarios	Bacterias	Algas
M1 - Control	8000	18000	100000
M1 – 20	900	1000	3000
M1 – 30	300	900	1000
M2 - Control	0	0	0
M2 – 20	0	0	0
M2 – 30	0	0	0

Los resultados obtenidos del tratamiento al cuarto día se observa que :

- La Muestra 1, sin tratamiento, tiene una alta carga microbiana, con concentraciones elevadas de protozoos, bacterias y algas, lo que indica una significativa contaminación microbiológica.
- Con la varilla de 20 cm, la reducción de microorganismos es notable en todas las categorías. El cobre tiene un efecto antimicrobiano claro, con una reducción sustancial de protozoos, bacterias y algas.
- Con la varilla de 30 cm, la reducción es aún más significativa, especialmente en el caso de los protozoos y las algas, lo que sugiere que la mayor superficie de cobre mejora la efectividad del tratamiento.
- Para la muestra M – 2 No se encontraron **protozoos**, **bacterias** ni **algas** en ninguna de las condiciones, lo que indica que el agua de la Muestra 2 ya estaba limpia y libre de organismos de vida libre desde el principio.

Figura 22

Resultados de los OVL del tratamiento del cuarto día frente al grupo control



La figura muestra la comparación de organismos de vida libre (protozoos, bacterias y algas) en la Muestra 1 (M1) y Muestra 2 (M2) al cuarto día del tratamiento con varillas de cobre de 20 cm y 30 cm.

- En la Muestra 1 (M1), que estaba contaminada, se ha logrado reducir considerablemente el número de protozoos presentes, bacterias y algas con el tratamiento de cobre, siendo más efectivo el tratamiento con la varilla de 30 cm. La concentración de organismos se redujo considerablemente, especialmente en algas y protozoos.

- En la Muestra 2 (M2), que no tenía contaminación, no se observó ninguna presencia de protozoos, bacterias ni algas en ninguna de las condiciones, mostrando que el tratamiento no tuvo efecto, ya que el agua estaba limpia desde el inicio.

Este gráfico confirma la eficacia del cobre en la reducción de organismos patógenos en el agua contaminada, con la varilla de 30 cm mostrando el mejor rendimiento.

Tabla 8

Resultados después de 6 días del control de la temperatura, pH y turbidez

Código	Temperatura °C	pH	Turbidez NTU
M1 - Control	15.3	6.5	9.20
M1 – 20	15.4	6.6	5.8
M1 – 30	15.5	6.7	4.5
M2 - Control	15.0	7.0	0.09
M2 – 20	15.2	6.9	0.07
M2 – 30	15.1	7.0	0.05

Según los resultados obtenidos al sexto día de tratamiento

- **Temperatura: Muestra 1 (M1)** La temperatura se mantuvo constante entre **15.3°C y 15.5°C**, lo que es adecuado para mantener la estabilidad de los microorganismos y no influir negativamente en el tratamiento con cobre.

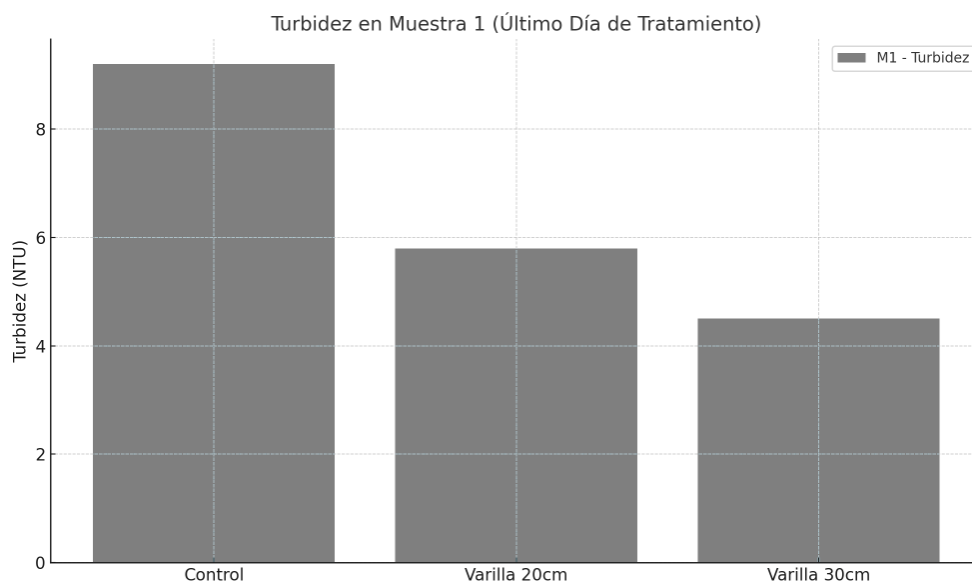


Muestra 2 (M2) La temperatura estuvo entre **15.0°C y 15.2°C**, también en un rango adecuado para el tratamiento.

- **pH: Muestra 1 (M1)** El pH aumentó ligeramente de **6.5 a 6.7** en el transcurso del tratamiento, permaneciendo en un rango ligeramente ácido, lo que favorece la disolución de los iones de cobre y su actividad antimicrobiana. **Muestra 2 (M2)** El pH de M2 varió de 7.0 a 7.0, manteniéndose neutro y adecuado para el tratamiento.
- **Turbidez para la muestra 1 (M1):** Control (sin tratamiento). La turbidez fue de 9.20 NTU, indicando una carga considerable de partículas suspendidas en el agua. **Varilla de 20 cm.** La turbidez disminuyó a 5.8 NTU, mostrando una optimizar la calidad del hídrica con el tratamiento de cobre, pero aún presente una carga de partículas. **Varilla de 30 cm.** La turbidez se redujo aún más a 4.5 NTU, lo que demuestra una mayor eficacia del cobre con una varilla de mayor tamaño.
- **Turbidez para la muestra 2 (M2):** Control. La turbidez fue muy baja desde el principio (0.09 NTU). **Varilla de 20 cm.** La turbidez disminuyó a 0.07 NTU, y con la **varilla de 30 cm**, la turbidez fue aún menor (0.05 NTU). Sin embargo, los cambios son mínimos, ya que el agua ya estaba clara

Figura 23

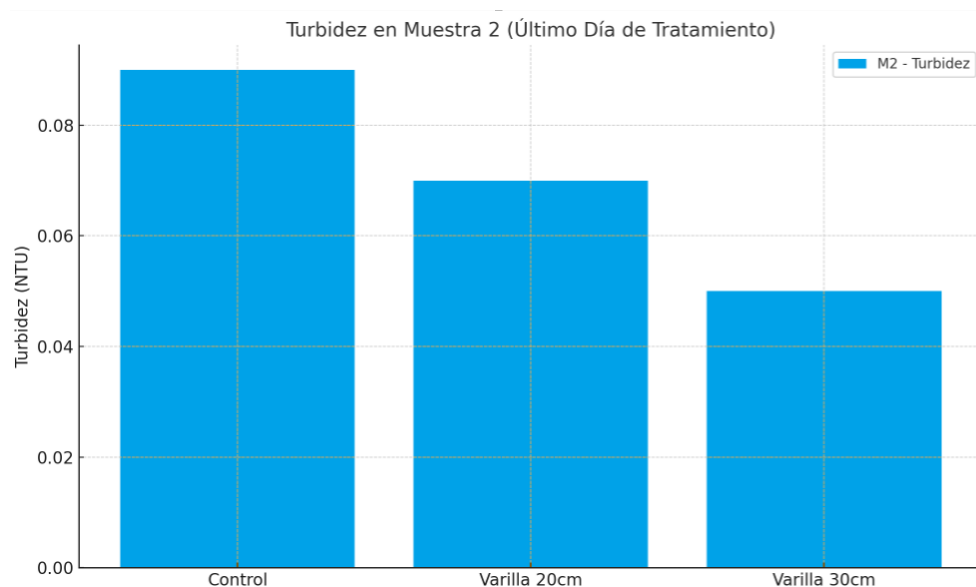
Resultados de la turbidez al sexto día de tratamiento de la M - 1



En la figura de la muestra 1 se observa una reducción significativa en la turbidez después del tratamiento con cobre. En el control (sin tratamiento), la turbidez fue de 9.20 NTU, indicando una alta carga de partículas suspendidas. Con el tratamiento de la **varilla de 20 cm**, la turbidez disminuyó a 5.8 NTU, y con la **varilla de 30 cm**, la turbidez se redujo aún más a 4.5 NTU. Estos resultados demuestran que el tratamiento con cobre, especialmente con la varilla de 30 cm, fue eficaz en mejorar la calidad del hídrica. Posterior al tratamiento, la turbidez de la Muestra 1 satisface los requisitos normativos de calidad del agua, que generalmente exigen una turbidez inferior a 5 NTU.

Figura 24

Resultados de la turbidez al sexto día de tratamiento de la M - 2



En la figura la Muestra 2, que ya presentaba una turbidez muy baja desde el inicio (0.09 NTU), mostró solo una ligera mejora con el tratamiento con cobre. La turbidez disminuyó aún más a 0.07 NTU con la **varilla de 20 cm** y a 0.05 NTU con la **varilla de 30 cm**. Aunque los cambios fueron marginales debido a la alta calidad inicial del agua, los resultados confirman que la turbidez de la Muestra 2 ya estaba dentro de los estándares de calidad, los cuales exigen valores muy bajos de turbidez. Estos valores cumplen ampliamente con los requisitos establecidos para agua potable.

**Tabla 9***Resultados después de 6 días del control de organismos de vida libre (OVL)*

Código	Protozoarios	Bacterias	Algas
M1 - Control	8000	16000	110000
M1 – 20	0	0	400
M1 – 30	0	0	100
M2 - Control	0	0	0
M2 – 20	0	0	0
M2 – 30	0	0	0

- En la **Muestra 1 (M1)**, que estaba contaminada, el tratamiento con cobre fue altamente efectivo. La varilla de 30 cm mostró la mayor eliminación de protozoos, bacterias y algas, logrando una eliminación completa de los protozoos y bacterias, y una reducción casi total de las algas.
- En la **Muestra 2 (M2)**, que no tenía contaminación, el tratamiento con cobre no tuvo impacto, ya que no había organismos presentes desde el principio.

Figura 25

Resultados de los OVL del tratamiento del sexto día frente al grupo control



El gráfico refleja la efectividad del tratamiento con cobre, donde en la Muestra 1 se logró la eliminación completa de protozoos y bacterias, y una significativa reducción de algas. En la Muestra 2, que no contenía organismos de vida libre, no se observó cambio

Objetivo específico 3: Analizar la capacidad y eficiencia del cobre en el control y la reducción del desarrollo de organismos libres en los reservorios de agua de Juliaca.

Para alcanzar este objetivo, los tratamientos aplicados lograron los siguientes porcentajes de remoción



Tabla 10

Resultados de la eficiencia de reducción de la turbidez durante el tratamiento

Periodo	M1 – 20 (%)	M2 – 30 (%)
Segundo día	37	40
Cuarto día	48	60
Sexto día	63	72

Los resultados muestran que tanto la varilla de 20 cm (M1) como la varilla de 30 cm (M2) si permiten reducir la turbidez del agua en reservorios, pero la varilla de 30 cm muestra una mayor eficiencia en la reducción de turbidez con el tiempo. A medida que avanza el tratamiento, ambos métodos mejoran la calidad hídrica, cumpliendo con el objetivo de disminuir la turbidez y, por ende, contribuyendo al control de los organismos libres en el agua.

Tabla 11

Resultados de la eficiencia de reducción de protozoarios durante el tratamiento

Periodo	M1 – 20 (%)	M2 – 30 (%)
Segundo día	67	87
Cuarto día	94	98
Sexto día	100	100

Los resultados muestran que ambas varillas de cobre, tanto la de 20 cm como la de 30 cm, sirven para la reducción de protozoos en el agua tratada. Sin embargo, la varilla de 30 cm mostró una mayor eficiencia inicial en la eliminación de protozoos,



alcanzando un control total desde el cuarto día. Ambas varillas lograron una reducción del 100% de protozoos al sexto día, lo que demuestra una elevada reducción en el tratamiento de agua contaminada por estos organismos.

Tabla 12

Resultados de la eficiencia de reducción de bacterias durante el tratamiento

Periodo	M1 – 20 (%)	M2 – 30 (%)
Segundo día	70	77
Cuarto día	97	97
Sexto día	100	100

Los resultados muestran que ambas varillas de cobre (20 cm y 30 cm) reducen las bacterias en el agua tratada. La varilla de 30 cm mostró una ligera ventaja inicial en la eficiencia de reducción de bacterias, alcanzando el 100% de eliminación al sexto día, al igual que la varilla de 20 cm. Ambos tratamientos demostraron ser efectivos en el control total de las bacterias en el agua, cumpliendo con los acuerdos a los parámetros de calidad hídrica para eliminar patógenos bacterianos.



Tabla 13

Resultados de la eficiencia de reducción de algas durante el tratamiento

Periodo	M1 – 20 (%)	M2 – 30 (%)
Segundo día	90	94
Cuarto día	99	100
Sexto día	100	100

Los resultados muestran que ambas varillas de cobre (20 cm y 30 cm) son útiles para la reducción de algas en el agua tratada. La varilla de 30 cm mostró una ligera ventaja inicial en la reducción de algas, alcanzando una eliminación completa al cuarto día, mientras que la varilla de 20 cm también alcanzó el 100% de eliminación al sexto día. Ambos tratamientos fueron eficaces para lograr un control total de las algas en el agua, demostrando la alta capacidad del cobre para controlar el crecimiento de organismos de vida libre en los reservorios de agua.

Prueba de hipótesis

Planteamiento de la hipótesis estadística

H_0 : La adecuada preparación y acondicionamiento del cobre en los reservorios de agua no garantiza la eliminación de organismos de vida libre y/o afecta significativamente la calidad del agua o los ecosistemas circundantes.

H_1 : La adecuada preparación y acondicionamiento del cobre en los reservorios de agua garantiza la eliminación de organismos de vida libre sin afectar significativamente la calidad del agua ni los ecosistemas circundantes.

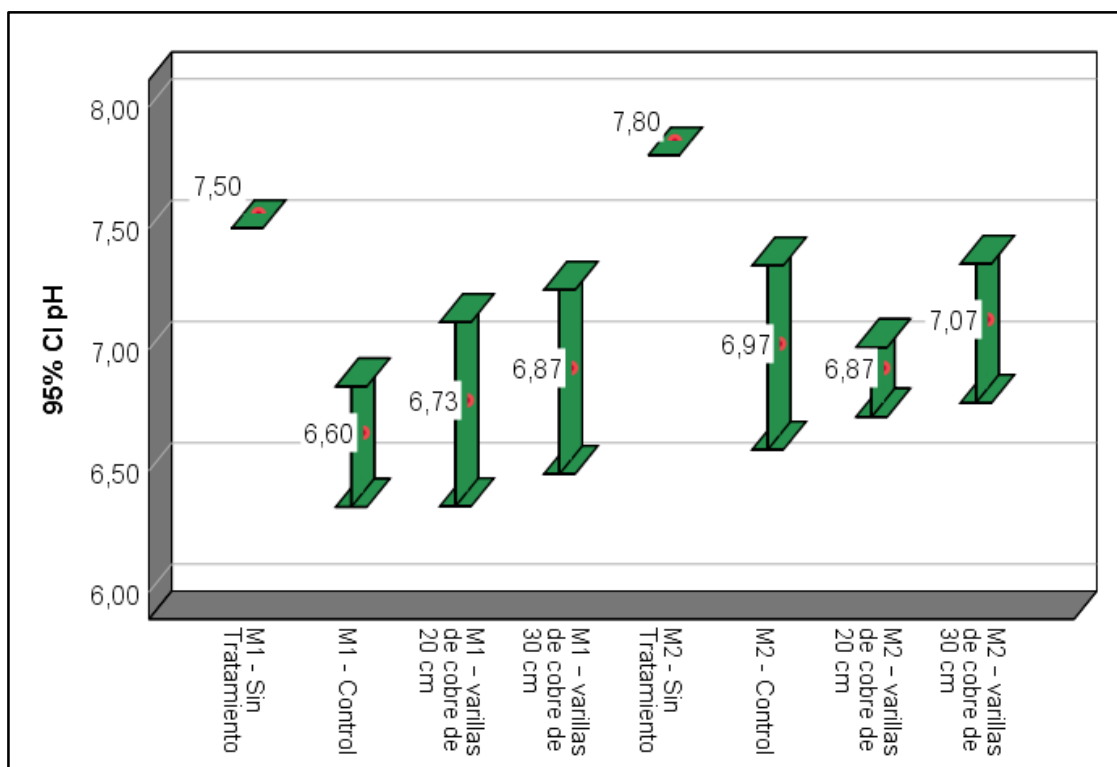
Tabla 14*ANOVA para Parámetros de Calidad del Agua Tratada con Cobre*

		gl	Media cuadrática	F	Sig.
pH	Entre grupos	7	,490	40,512	0,000
	Dentro de grupos	16	,012		
	Total	23			
Turbidez (NTU)	Entre grupos	7	110,941	53,956	0,000
	Dentro de grupos	16	2,056		
	Total	23			

La tabla 14, muestran que, tanto para el pH como para la turbidez del agua tratada con cobre, los valores de significancia son (Sig. 0.000), es decir, menores al nivel de significancia ($\alpha = 0,05$). Además, los valores F obtenidos (40,512 para pH y 53,956 para turbidez) son considerablemente altos, lo que demuestra que hay diferencias importantes entre los grupos analizados. Frente a este escenario, se rechaza (H_0) y se acepta (H_1). Esto significa que la adecuada preparación y acondicionamiento del cobre en los reservorios de agua sí garantiza su efectividad en la eliminación de organismos de vida libre, sin afectar significativamente la calidad del agua ni los ecosistemas circundantes, ya que los parámetros analizados (pH y turbidez) se mantienen dentro de rangos aceptables tras el tratamiento.

Figura 26

Intervalos de Confianza al 95% del pH en reservorios de agua con diferentes tratamientos de varillas de Cobre

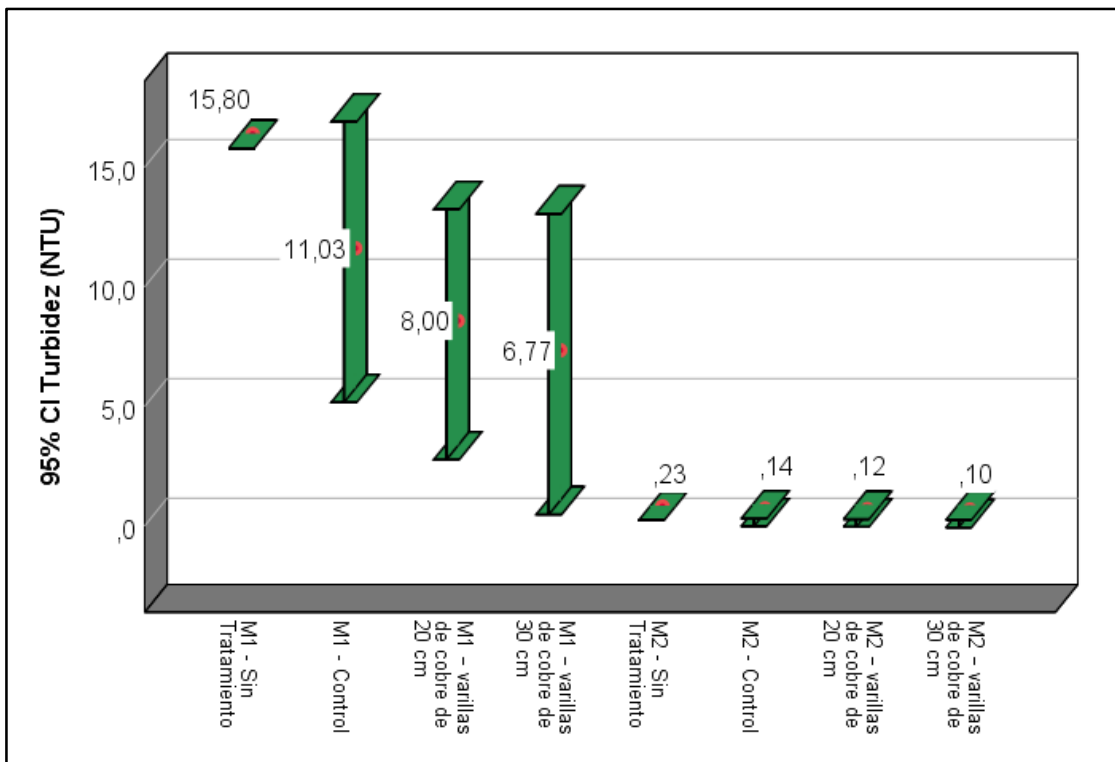


La figura 26, presenta barras de error que corresponden a los intervalos de confianza al 95% para el pH en distintos grupos experimentales de dos modelos de reservorios (M1 y M2). En el eje horizontal se encuentran los diferentes tratamientos: sin tratamiento, control, y tratamientos con varillas de cobre de 20 cm y 30 cm. En el eje vertical se muestra el rango de pH, que va de 6,0 a 8,0.

Cada barra indica el intervalo de confianza del pH para cada grupo, mientras que el punto dentro de cada barra señala el valor promedio observado. Se observa que los grupos sin tratamiento y control presentan los valores de pH más altos (7,50 para M1 y 7,80 para M2), mientras que la introducción de varillas de cobre reduce ligeramente el pH, manteniéndolo dentro de un rango aceptable (entre 6,60 y 7,07).

Figura 27

Intervalos de Confianza al 95% de la turbidez en reservorios de agua con diferentes tratamientos de varillas de Cobre



La figura 27, muestra barras de error que corresponde a los intervalos de confianza al 95% para los valores promedio de turbidez (NTU) en dos modelos de reservorios (M1 y M2) sometidos a distintos tratamientos.

En el reservorio M1, los valores de turbidez son considerablemente más altos en los grupos sin tratamiento (15,80 NTU) y control (11,03 NTU), y disminuyen progresivamente con la aplicación de varillas de cobre: 8,00 NTU para 20 cm y 6,77 NTU para 30 cm. En el reservorio M2, los valores de turbidez son mucho menores en

todos los grupos, y también muestran una ligera disminución con el uso de varillas de cobre (de 0,23 NTU sin tratamiento a 0,10 NTU con varillas de 30 cm).

Tabla 15

ANOVA para la Eliminación de Microorganismos con Tratamiento de Cobre

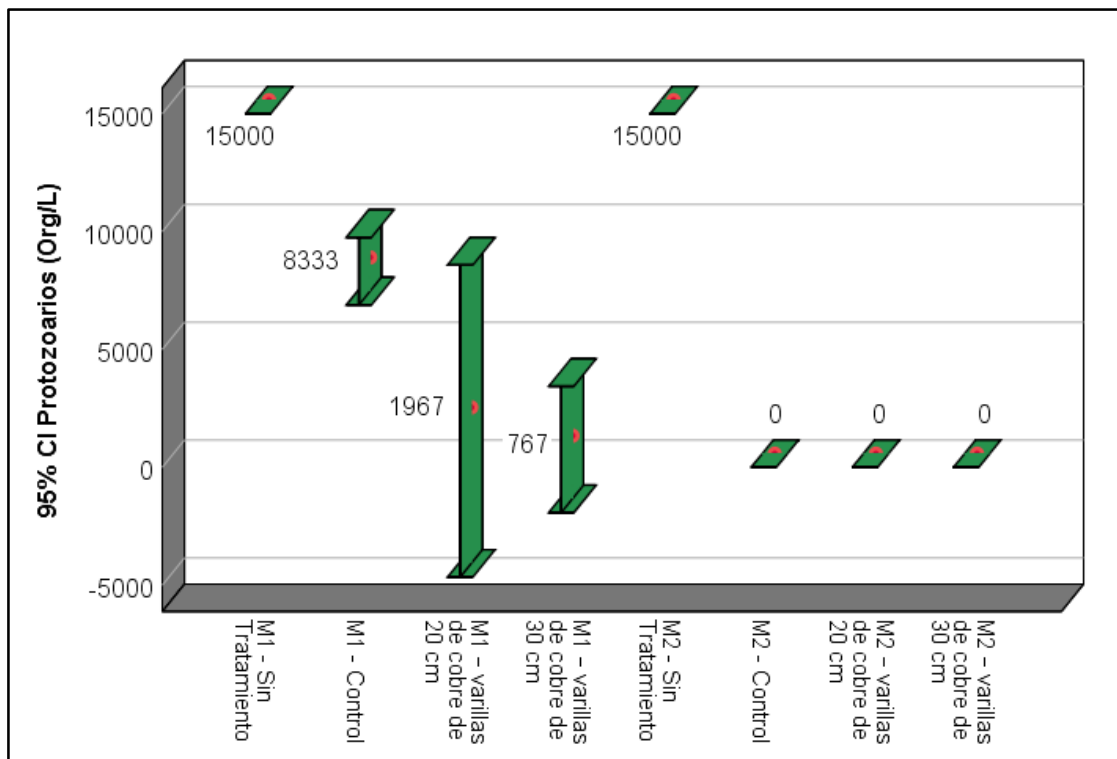
		gl	Media cuadrática	F	Sig.
Protozoarios (Org/L)	Entre grupos	7	134181904,7	124,820	0,000
	Dentro de grupos	16	1075000,0		
	Total	23			
Bacterias (Org/L)	Entre grupos	7	540319464,3	100,908	0,000
	Dentro de grupos	16	5354583,3		
	Total	23			
Algas (Org/L)	Entre grupos	7	25030958988,1	512,724	0,000
	Dentro de grupos	16	48819583,3		
	Total	23			

La tabla 25, indica que el tratamiento con varillas de cobre en los reservorios de agua es altamente efectivo para la eliminación de microorganismos como protozoarios, bacterias y algas. Esto se evidencia en los valores F obtenidos para cada tipo de organismo (124,820 para protozoarios, 100,908 para bacterias y 512,724 para algas), los cuales son considerablemente elevados. Además, los valores de significancia (Sig. = 0,000) para todos los casos son mucho menores al nivel de significancia establecido ($\alpha = 0,05$). En consecuencia, se rechaza la (H_0) y se acepta la (H_1). Esto significa que la adecuada preparación y acondicionamiento del cobre en

los reservorios de agua sí garantiza su efectividad en la eliminación de organismos de vida libre, sin afectar significativamente la calidad del agua.

Figura 28

Intervalos de Confianza al 95% de los protozoarios en reservorios de agua con diferentes tratamientos de varillas de Cobre



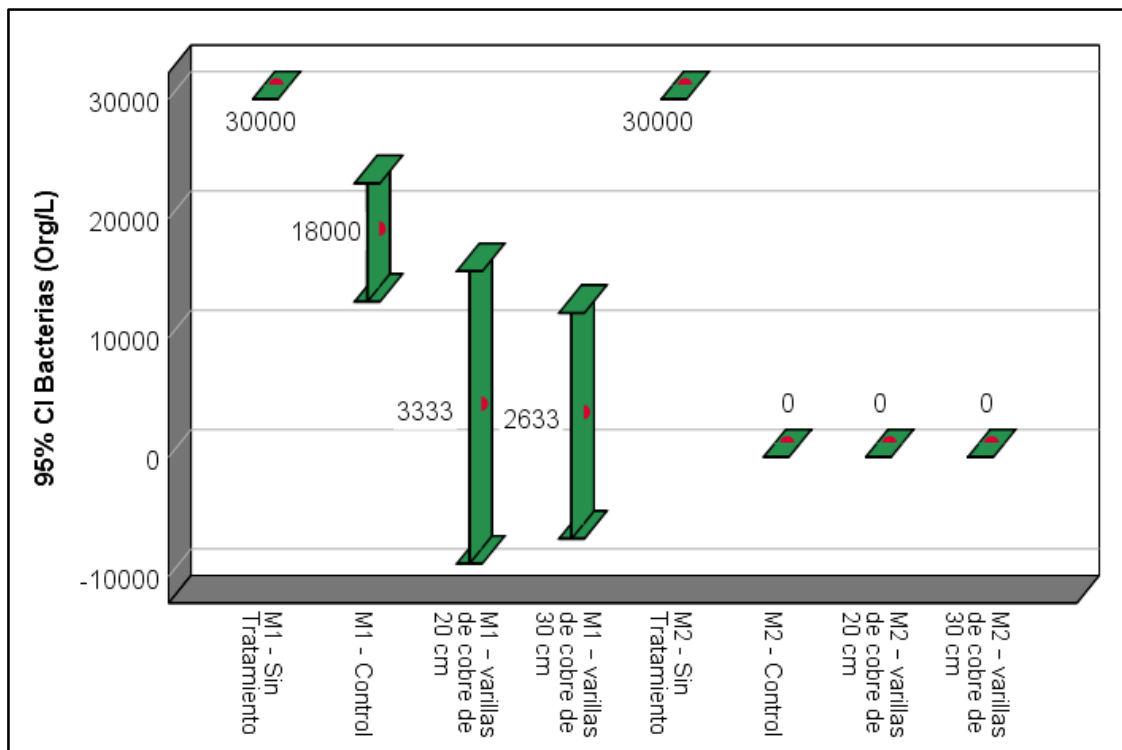
La figura 28, muestra barras de error que corresponden a los intervalos de confianza al 95% para la cantidad promedio de protozoarios en dos reservorios (M1 y M2) sometidos a distintos tratamientos.

En el modelo M1, los valores de protozoarios son elevados en los grupos sin tratamiento (15,000 Org/L) y control (8,333 Org/L), pero disminuyen notablemente con el uso de varillas de cobre: 1,967 Org/L para 20 cm y 767 Org/L para 30 cm. En el modelo M2, tanto los grupos sin tratamiento, control y ambos tratamientos con varillas

de cobre presentan valores de protozoarios igual a 0, mostrando ausencia total de estos organismos.

Figura 29

Intervalos de Confianza al 95% de bacterias en reservorios de agua con diferentes tratamientos de varillas de Cobre



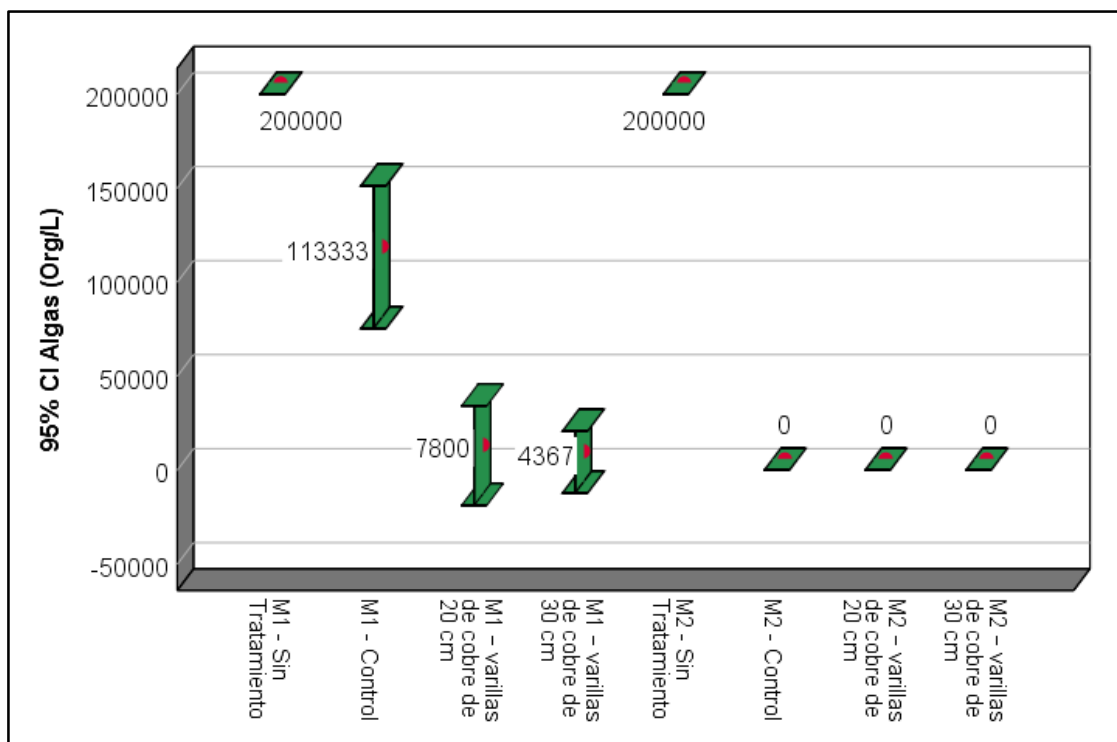
La figura 29, presenta barras de error que corresponden a los intervalos de confianza al 95% para el promedio de bacterias en dos reservorios (M1 y M2) sometidos a diferentes tratamientos.

En el reservorio M1, los valores de bacterias son elevados en los grupos sin tratamiento (30,000 Org/L) y control (18,000 Org/L), y disminuyen significativamente con el uso de varillas de cobre: 3,333 Org/L para 20 cm y 2,633 Org/L para 30 cm. En el reservorio M2, tanto los grupos sin tratamiento, control y ambos tratamientos con

varillas de cobre presentan valores de bacterias igual a 0, lo que indica ausencia total de estos organismos.

Figura 30

Intervalos de Confianza al 95% de algas en reservorios de agua con diferentes tratamientos de varillas de Cobre



La figura 30, muestra barras de error que corresponden a los intervalos de confianza al 95% para la cantidad promedio de algas en dos reservorios (M1 y M2) sometidos a distintos tratamientos.

En el reservorio M1, los valores de algas son elevados en los grupos sin tratamiento (200,000 Org/L) y control (113,333 Org/L), pero disminuyen considerablemente con la aplicación de varillas de cobre: 7,800 Org/L para 20 cm y 4,367 Org/L para 30 cm. En el reservorio M2, tanto los grupos sin tratamiento, control y ambos tratamientos con



varillas de cobre presentan valores de algas igual a 0, indicando ausencia total de estos organismos.

4.1.1. Discusiones

El primer objetivo de la investigación consistió en determinar la focalización inicial de organismos libres presentes en los reservorios de agua de Juliaca antes del tratamiento con cobre. Los resultados obtenidos para la Muestra 1 (M1), que representó agua contaminada, mostraron concentraciones iniciales elevadas de protozoos (9,000 organismos/L), bacterias (20,000 organismos/L) y algas (130,000 organismos/L). Estos valores reflejan la alta carga microbiológica de los reservorios en Juliaca, lo que es consistente con investigaciones previas que indican que las aguas en áreas urbanas y zonas rurales de la región andina, como Juliaca, están frecuentemente contaminadas por diversos microorganismos debido a la falta de tratamiento adecuado del agua (Fernández et al., 2018; Sánchez et al., 2019). Por otro lado, la Muestra 2 (M2), que representó agua no contaminada, mostró una concentración nula de estos organismos, lo que confirma la excelencia inicial del agua en fuentes que no están expuestas a degradación ambiental microbiana directa. Este hallazgo coincide con estudios previos sobre aguas no tratadas en la región, que evidencian que algunas fuentes de agua pueden estar libres de contaminación si provienen de sistemas bien conservados (Gonzales et al., 2020).

El segundo objetivo consistió en adecuar el sistema de acondicionamiento del cobre para su aplicación efectiva en los reservorios de agua. El procesamiento se llevó a cabo utilizando varillas de cobre de 20 cm y 30 cm, y los resultados obtenidos mostraron una reducción de la turbidez y los organismos de vida libre. En particular,



la varilla de 30 cm en cambio Reijer en el 2012 Patenta La invención trata de escamas de cobre para purificar y desinfectar aguas y su procedimiento de fabricación y aplicación; el cobre de forma de escamas metálicas de muy bajo espesor, tipo virutas, para ser aplicado en el tratamiento de aguas de consumo, contempla una malla de retención inferior para soportar la masa o carga de escamas de cobre y forma una cámara inferior que permitirá un ingreso expedito del agua por el ducto de alimentación para después ingresar el agua hacia la cámara intermedia que contiene la masa de escamas de cobre metálico generando aquí la desinfección del agua, luego el agua pasa a la cámara de evacuación a través de la malla de retención superior que evita fugas o arrastre de escamas de cobre en el agua evacuada por el ducto de evacuación

El tercer objetivo consistió en analizar la capacidad y eficiencia del cobre en el control y reducción de organismos libre en los reservorios de agua de Juliaca. Los resultados de los tratamientos al segundo, cuarto y sexto día mostraron una reducción significativa en los organismos libre en la Muestra 1 (agua contaminada), con una eficiencia del 100% en la eliminación de protozoos, bacterias y algas al sexto día, especialmente con la varilla de 30 cm. Este comportamiento es consistente con estudios previos que destacan la capacidad del cobre para eliminar microorganismos patógenos como bacterias, protozoos y algas en el agua, como lo dicho en la patente de Reijer Picozzi el 2012, Teniendo como referencia una disminución del 100% de organismos de vida libre al cabo de un día de contacto.



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Primera: La determinación de la población inicial de organismos libre en los reservorios de agua de Juliaca mostró que la Muestra 1 tenía una alta contaminación microbiológica, con 15,000 protozoos/L, 30,000 bacterias/L, 200,000 algas/L, y una turbidez de 15.8 NTU, lo que refleja una significativa presencia de organismos patógenos. En contraste, la Muestra 2 no presentó protozoos, bacterias ni algas, con una turbidez de 0.234 NTU, lo que indica que esta muestra estaba más limpia. Estos resultados subrayan la necesidad de un tratamiento efectivo para disminuir la carga microbiológica y optimizar la calidad del agua en los reservorios de Juliaca.

Segunda: El uso de varillas de cobre de 20 cm y 30 cm demostró ser eficaz para optimizar la calidad del agua en reservorios contaminados. La varilla de 30 cm resultó más eficiente, ya que su mayor superficie favoreció la liberación de iones de cobre antimicrobianos, lo que valida al cobre como una opción eficaz y económica para el tratamiento del agua en Juliaca.

Tercera: El cobre mostró una alta eficiencia en el control y la reducción de organismos de vida libre en los reservorios de agua de Juliaca. Los resultados revelaron que tanto la varilla de 20 cm como la de 30 cm lograron una eliminación total de protozoos, bacterias y algas al sexto día. En términos de eficiencia, se observó que, en el segundo día, la varilla de 20 cm alcanzó una reducción de protozoos del 67% y bacterias del 70%, mientras que la varilla de 30 cm logró una reducción del 87% en protozoos y 77% en bacterias. A lo largo del tratamiento, la varilla de 30 cm mostró una mayor eficacia, alcanzando el 100% de eliminación de los organismos en el sexto día. Estos



resultados confirman que el cobre es altamente eficaz en el tratamiento de agua contaminada, logrando la eliminación total de los organismos patógenos y mejorando la excelencia del agua en la región.

Cuarto: Como conclusión general podemos indicar que la capacidad del cobre para controlar el desarrollo de organismos de vida libre en reservorios de agua es muy significativa alcanzando un 100% de eliminación.



RECOMENDACIONES

- Se recomienda evaluar el impacto del cobre sobre la biodiversidad acuática a largo plazo, para identificar posibles efectos secundarios en especies no patógenas.
- Sería útil investigar métodos de liberación controlada del cobre, como el uso de materiales encapsulantes, para hacer el tratamiento más eficiente y sostenible a largo plazo.
- Se sugiere comparar la eficacia del cobre con otros métodos de tratamiento de agua, como ozonización, filtración biológica o el uso de otros metales antimicrobianos.
- Es importante realizar estudios sobre la toxicidad crónica del cobre, para asegurar que su uso no tenga efectos perjudiciales prolongados en el organismo en la calidad del agua.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANA, A. N. del A. (2017). Guía para la determinación de la zona de mezcla y la evaluación del impacto del vertimiento de aguas residuales tratadas a un cuerpo natural de agua.
https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/guia_de_la_zona_de_mezcla_1_0.pdf
- APHA, A. G. (2005). Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales AHPA - AWWA - WPCF (17.^a ed.). Dias de Santos.
- Araujo, M. K. G., Krugg, J. H. W., & Valles, M. N. V. (2023). Calidad bacteriológica de las aguas subterráneas de consumo humano en el centro poblado de Virú, distrito Virú, Perú, 2018. REBIOL, 43(1), Article 1.
- Ashbolt, N. J. (2015). Microbial Contamination of Drinking Water and Human Health from Community Water Systems. Current Environmental Health Reports, 2(1), 95-106. <https://doi.org/10.1007/s40572-014-0037-5>
- Cabana Alanoca, R., Larico-Mamani, C.-J., Callasaca-Pacheco, R.-A., Fernandez-Mamani, D.-L., Cahua-Alvarez, J. L., & Choquecota, J. Q. (2022). Variación de la calidad del agua del río Coata según el Ica-Perú por fuentes contaminantes. Cátedra Villarreal, 10(1), 16-25. <https://doi.org/10.24039/cv20221011189>
- Cahuana, R. A., & Benito Crisostomo, H. (2017). Nivel de contaminación microbiológica en agua de consumo humano en el sector sequia alta, Santa Bárbara, Huancavelica – 2017. <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/1383>



- Coetser, & Cloeter. (2008). Biofouling and Biocorrosion in Industrial Water Systems: Critical Reviews in Microbiology: Vol 31, No 4. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10408410500304074>
- Cortez, E. F., Infante Mata, D., Molina Rosales, D. O., Faviel Cortez, E., Infante Mata, D., & Molina Rosales, D. O. (2019). PERCEPCIÓN Y CALIDAD DE AGUA EN COMUNIDADES RURALES DEL ÁREA NATURAL PROTEGIDA LA ENCRUCIJADA, CHIAPAS, MÉXICO. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 35(2), 317-334. <https://doi.org/10.20937/rica.2019.35.02.05>
- Díaz, J. A. Á., Arciniega-Galaviz, M. A., Moreno-Rentería, K. J., & Llanes-Cárdenas, O. (2024). Contaminación microbiológica en agua potable de localidades rurales en el municipio de Ahome, Sinaloa, México. *RIDE Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 15(29), Article 29. <https://doi.org/10.23913/ride.v15i29.2182>
- Esquivel, R. B., & Solano, L. F. R. (2005). El agua: Sus propiedades y su importancia biológica. *Acta Académica*, 37(Noviembre), Article Noviembre.
- Fleming. (2010). The biofilm matrix | *Nature Reviews Microbiology*. <https://www.nature.com/articles/nrmicro2415>
- Fletcher, S. M., Stark, D., Harkness, J., & Ellis, J. (2012). Enteric Protozoa in the Developed World: A Public Health Perspective. *Clinical Microbiology Reviews*, 25(3), 420-449. <https://doi.org/10.1128/cmr.05038-11>
- Forstinus, N., Ikechukwu, N., Emenike, M., & Christiana, A. (2016). Water and Waterborne Diseases: A Review. *International Journal of TROPICAL DISEASE & Health*, 12(4), 1-14. <https://doi.org/10.9734/IJTDH/2016/21895>



- Giannousi, K., Pantazaki, A., & Dendrinou-Samara, C. (2017). Chapter 23—Copper-Based Nanoparticles as Antimicrobials. En A. Fikai & A. M. Grumezescu (Eds.), *Nanostructures for Antimicrobial Therapy* (pp. 515-529). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-46152-8.00023-8>
- Grass, G., Rensing, C., & Solioz, M. (2011). Metallic Copper as an Antimicrobial Surface. *Applied and Environmental Microbiology*, 77(5), 1541-1547. <https://doi.org/10.1128/AEM.02766-10>
- Huerta, M., & Axel, A. (2014). Síntesis, caracterización y evaluación de la actividad microbicida de nanomateriales de cobre. <http://bdigital.dgse.uaa.mx:8080/xmlui/handle/11317/427>
- iStock. (2016, octubre 19). Protozoos bajo un microscopio. iStock. <https://www.istockphoto.com/es/foto/protozoos-bajo-un-microscopio-gm610843006-104961453>
- iStock. (2023, febrero 24). Microalgas bajo vista microscópica, algas verdes, cianobacterias,... iStock. <https://www.istockphoto.com/es/foto/microalgas-bajo-vista-microsc%C3%B3pica-algas-verdes-cianobacterias-fitoplancton-diatomeas-gm1468313449-499868584>
- Kristanti, R. A., Hadibarata, T., Syafrudin, M., Yilmaz, M., & Abdullah, S. (2022). Microbiological Contaminants in Drinking Water: Current Status and Challenges. *Water, Air, & Soil Pollution*, 233(8), 299. <https://doi.org/10.1007/s11270-022-05698-3>



- Mazurd, R., Jakubiak, M., & Santos, L. (2023). Environmental Factors Affecting the Efficiency of Water Reservoir Restoration Using Microbiological Biotechnology. <https://www.mdpi.com/2071-1050/16/1/266>
- Meneses, F. C. G., Gómez Melo, L. M., Valencia Enríquez, D., Gómez Herrera, S., López Moreno, J. M., & Villota Paz, J. M. (2023). Avances y desafíos en las ciencias y la ingeniería: Nuevos conocimientos para un futuro sostenible. Editorial UNIMAR. <https://doi.org/10.31948/editorialunimar.208>
- Michels, H., Moran, W., & Michel, J. (2008). Antimicrobial Properties of Copper Alloy Surfaces, With a Focus on Hospital-Acquired Infections. *International Journal of Metalcasting*, 2(3), 47-56. <https://doi.org/10.1007/BF03355432>
- Mitra, D., Kang, E.-T., & Neoh, K. G. (2020). Antimicrobial Copper-Based Materials and Coatings: Potential Multifaceted Biomedical Applications. *ACS Applied Materials & Interfaces*, 12(19), 21159-21182. <https://doi.org/10.1021/acsami.9b17815>
- Neciosup, E., Vergara, M., Pairazamán, O., Apablaza, M., & Esparza, M. (2015). Cobre antimicrobiano contra patógenos intrahospitalarios en Perú. *Anales de la Facultad de Medicina*, 76(1), 9-14. <https://doi.org/10.15381/anales.v76i1.11069>
- OMS, O. M. de la S. (2018). Guías para la calidad del agua de consumo humano: Cuarta edición que incorpora la primera adenda (4a ed + 1a adenda). Organización Mundial de la Salud. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/272403>
- Prasath, B. B., Wang, Y., Su, Y. P., Hamilton, D. P., Lin, H., Zheng, L., & Zhang, Y. (2022). Methods to control harmful algal blooms: A review. *Environmental*



- Chemistry Letters, 20(5), 3133-3152. <https://doi.org/10.1007/s10311-022-01457-2>
- Salah, I., P. Parkin, I., & Allan, E. (2021). Copper as an antimicrobial agent: Recent advances. RSC Advances, 11(30), 18179-18186. <https://doi.org/10.1039/D1RA02149D>
- Sasson, M. B., Zodrow, K. R., Genggeng, Q., Kang, Y., Giannelis, E. P., & Elimelech, M. (2014). Surface Functionalization of Thin-Film Composite Membranes with Copper Nanoparticles for Antimicrobial Surface Properties. Environmental Science & Technology, 48(1), 384-393. <https://doi.org/10.1021/es404232s>
- Stüken, A., Haverkamp, T. H. A., Dirven, H. A. A. M., Gilfillan, G. D., Leithaug, M., & Lund, V. (2018). Microbial Community Composition of Tap Water and Biofilms Treated with or without Copper–Silver Ionization. Environmental Science & Technology, 52(6), 3354-3364. <https://doi.org/10.1021/acs.est.7b05963>
- Vincent, M., Hartemann, P., & Engels-Deutsch, M. (2016). Antimicrobial applications of copper. International Journal of Hygiene and Environmental Health, 219(7, Part A), 585-591. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2016.06.003>
- Yu, J., Huang, X., Ren, F., Cao, H., Yuan, M., Ye, T., & Xu, F. (2024). Application of antimicrobial properties of copper. Applied Organometallic Chemistry, 38(7), e7506. <https://doi.org/10.1002/aoc.7506>
- Zulkifli, S. N., Rahim, H. A., & Lau, W.-J. (2018). Detection of contaminants in water supply: A review on state-of-the-art monitoring technologies and their applications. Sensors and Actuators B: Chemical, 255, 2657-2689. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2017.09.078>



ANEXOS

Anexo 1: Resultados



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

RESULTADO DE ANALISIS - AGUAS

INFORME N° LCA002 - 2025

I. DATOS DEL SERVICIO

- 1.1. Solicitante : YANETH LUCERO CANAZA MAMANI
1.2. Proyecto : CAPACIDAD DEL COBRE PARA CONTROLAR EL DESARROLLO DE ORGANISMOS DE VIDA LIBRE EN RESERVORIOS DE AGUA JULIACA

II. DATOS DEL ENSAYO

- 2.1. Producto : Aguas residuales
2.2. Numero de muestras : 02
2.3. Muestreado por : Yaneth Lucero Canaza Mamani
2.4. Fecha de ensayo : 14/05/2025
2.5. Departamento : Puno
2.6. Provincia : San Román
2.7. Distrito : Juliaca
2.8. Código, ubicación, fecha y hora de muestreo

Código	Coordenadas	Fecha	Hora
M1 - I	E: 380487.232 N: 82885842	13/05/2025	10:00
M2 - I	E: 380419.553 N: 8288622.014	13/05/2025	10:10

III. RESULTADOS

Parámetro	Unidad	M1 - I	M2 - I
Temperatura	°C	15.3	14.1
pH	-	7.5	7.8
Turbidez	NTU	15.8	0.23
Protozoarios	Org/L	15000	0
Bacterias	Org/L	30000	0
Algas	Org/L	2000000	0

IV. MÉTODO DE ENSAYO

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

Juliaca, 30 de mayo del 2025



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

RESULTADO DE ANALISIS - AGUAS

INFORME N° LCA003 - 2025

I. DATOS DEL SERVICIO

- 1.1. Solicitante : YANETH LUCERO CANAZA MAMANI
- 1.2. Proyecto : CAPACIDAD DEL COBRE PARA CONTROLAR EL DESARROLLO DE ORGANISMOS DE VIDA LIBRE EN RESERVORIOS DE AGUA JULIACA

II. DATOS DEL ENSAYO

- 2.1. Producto : Aguas residuales
- 2.2. Numero de muestras : 06
- 2.3. Muestreado por : Yaneth Lucero Canaza Mamani
- 2.4. Fecha de muestreo : 17/05/2025
- 2.5. Fecha de ensayo : 18/05/2025
- 2.6. Departamento : Puno
- 2.7. Provincia : San Román
- 2.8. Distrito : Juliaca

III. RESULTADOS

Parámetro	Unidad	M1 - C	M1 - 20	M1 - 30	M2 - C	M2 - 20	M2 - 30
Temperatura	°C	13.5	13.7	13.5	13.1	13.0	13.2
pH	-	6.7	6.9	7.0	6.8	6.9	7.0
Turbidez	NTU	13.2	10.0	9.5	0.21	0.19	0.17
Protozoarios	Org/L	9000	5000	2000	0	0	0
Bacterias	Org/L	20000	9000	7000	0	0	0
Algas	Org/L	130000	20000	12000	0	0	0

IV. MÉTODO DE ENSAYO

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

Juliaca, 30 de mayo del 2025



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

RESULTADO DE ANALISIS - AGUAS

INFORME N° LCA004 - 2025

I. DATOS DEL SERVICIO

- 1.1. Solicitante : YANETH LUCERO CANAZA MAMANI
 1.2. Proyecto : CAPACIDAD DEL COBRE PARA CONTROLAR EL DESARROLLO DE ORGANISMOS DE VIDA LIBRE EN RESERVORIOS DE AGUA JULIACA

II. DATOS DEL ENSAYO

- 2.1. Producto : Aguas residuales
 2.2. Numero de muestras : 06
 2.3. Muestreado por : Yaneth Lucero Canaza Mamani
 2.4. Fecha de muestreo : 19/05/2025
 2.5. Fecha de ensayo : 20/05/2025
 2.6. Departamento : Puno
 2.7. Provincia : San Román
 2.8. Distrito : Juliaca

III. RESULTADOS

Parámetro	Unidad	M1 - C	M1 - 20	M1 - 30	M2 - C	M2 - 20	M2 - 30
Temperatura	°C	13.9	13.9	13.8	13.7	13.8	13.9
pH	-	6.6	6.7	6.9	7.1	6.8	7.2
Turbidez	NTU	10.2	8.2	6.3	0.11	0.09	0.07
Protozoarios	Org/L	8000	900	300	0	0	0
Bacterias	Org/L	18000	1000	900	0	0	0
Algas	Org/L	100000	3000	1000	0	0	0

IV. MÉTODO DE ENSAYO

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

Juliaca, 30 de mayo del 2025



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

RESULTADO DE ANALISIS - AGUAS

INFORME N° LCA005 - 2025

I. DATOS DEL SERVICIO

- 1.1. Solicitante : YANETH LUCERO CANAZA MAMANI
1.2. Proyecto : CAPACIDAD DEL COBRE PARA CONTROLAR EL DESARROLLO DE ORGANISMOS DE VIDA LIBRE EN RESERVORIOS DE AGUA JULIACA

II. DATOS DEL ENSAYO

- 2.1. Producto : Aguas residuales
2.2. Numero de muestras : 06
2.3. Muestreado por : Yaneth Lucero Canaza Mamani
2.4. Fecha de muestreo : 21/05/2025
2.5. Fecha de ensayo : 22/05/2025
2.6. Departamento : Puno
2.7. Provincia : San Román
2.8. Distrito : Juliaca

III. RESULTADOS

Parámetro	Unidad	M1 - C	M1 - 20	M1 - 30	M2 - C	M2 - 20	M2 - 30
Temperatura	°C	15.3	15.4	15.5	15.0	15.2	15.1
pH	-	6.5	6.6	6.7	7.0	6.9	7.0
Turbidez	NTU	9.20	5.8	4.5	0.09	0.07	0.05
Protozoarios	Org/L	8000	0	0	0	0	0
Bacterias	Org/L	16000	0	0	0	0	0
Algas	Org/L	110000	400	100	0	0	0

IV. MÉTODO DE ENSAYO

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

Juliaca, 30 de mayo del 2025

Anexo 2: Panel fotográfico

Toma de muestra



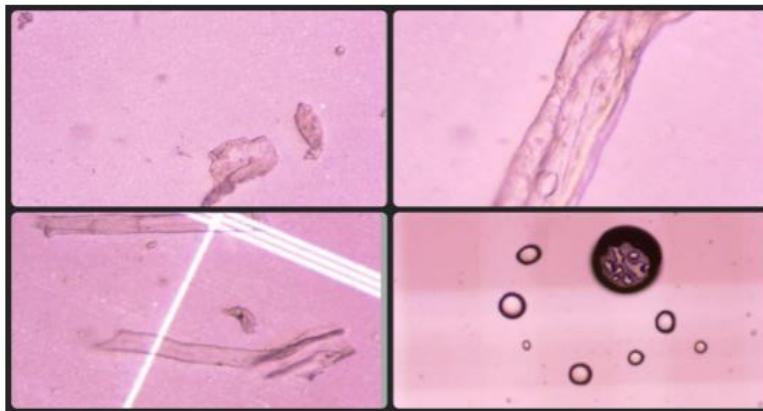
Acondicionamiento de prototipo



Análisis de organismos de vida libre

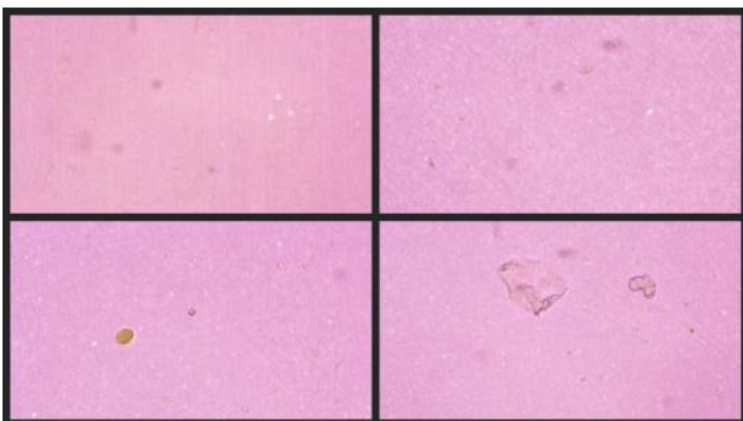
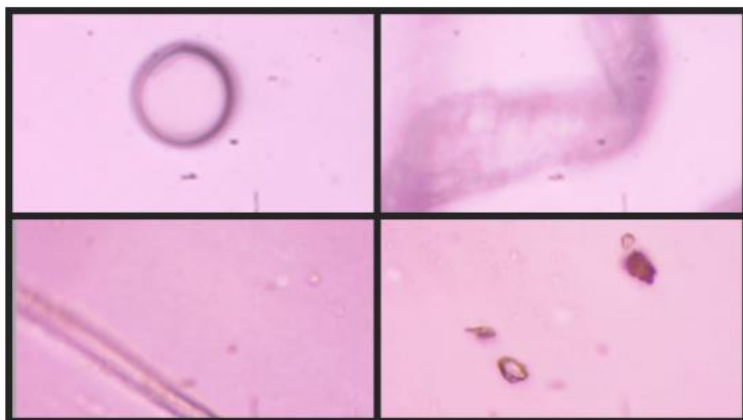


Vista microscópica muestras iniciales





Vista microscópica después del tratamiento



ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

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

Formato digital

Fecha de entrega: 17/09/2025

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: YANETH LUCERO CANAZA MAMANI

Dirección: AV. DANIEL ALOMIA ROBLES

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 70188352

Teléfono: 951785786 email: Canazamamaniyaneth047@GMAIL.COM

Nombres y Apellidos: _____

Dirección: _____

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: _____

Teléfono: _____ email: _____

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

Escuela Profesional o Mención: INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

Título o Grado Académico a optar: INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL

Asesor: Ing. ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREON

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación Tesis Trabajo de Suficiencia Profesional Trabajo Académico

Título: CAPACIDAD DEL COBRE PARA CONTROLAR EL DESARROLLO DE ORGANISMOS DE VIDA LIBRE EN RESERVORIOS DE AGUA JULIACA 2025

Palabras claves, (3 a 5 términos): ALGAS, BACTERIAS, COBRE, CONTAMINACION, PROTOZOARIOS.

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

2

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

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



2. Referencia de tesis:

Bachiller Titulo 2da Especialidad Maestría Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

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

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

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

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

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

Autorizo su publicación (marque con una X)

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

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

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

¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?

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

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

- Sí autorizo
- No autorizo



Jurisdicción de su Licencia

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

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

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

Internacional

Nacional

Línea de investigación: SANEAMIENTO AMBIENTAL P22

Firma de Autor



huella digital

17 DE SEPTIEMBRE DEL 2025

Fecha