

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS

FACULTAD DE INGENIERÍAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RIACHUELO DE LA
MICROCUENCA SALCEDO, PUNO, 2024**

PRESENTADA POR:

JESÚS QUISPE TORRES

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

PUNO – PERÚ

2024



Repositorio Institucional ALCIRA by [Universidad Privada San Carlos](https://www.upsc.edu.pe/) is licensed under a [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)



9.7%

SIMILARITY OVERALL

SCANNED ON: 19 DEC 2024, 3:54 PM

Similarity report

Your text is highlighted according to the matched content in the results above.

● IDENTICAL
0.68%

● CHANGED TEXT
9.01%

Report #24233617

JESÚS QUISPE TORRES // EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RIACHUELO DE LA MICROCUENCA SALCEDO, PUNO, 2024 RESUMEN Esta investigación se realiza en un riachuelo contaminado por aguas residuales con la interrogante ¿cuál es la calidad de agua en el riachuelo de la microcuenca Salcedo, Puno, 2024?, para evaluar sus parámetros físico químicos y microbiológicos, en cumplimiento del D. ²⁷ S.N°004-2017-MINAM, Estándares de Calidad Ambiental ECA para agua categoría 4, conservación del ambiente acuático. La investigación es cuantitativa, no experimental, tipo descriptivo. Se utilizó la técnica cuantitativa de análisis de agua in situ/ex situ, instrumento ficha de registro de datos en campo. ²⁶ Se seleccionaron muestras según el Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos de la Autoridad Nacional de Agua. De acuerdo a los resultados obtenidos, los indicadores de parámetros físico químicos de las tres muestras, E-01, E-02 y E-03, están dentro de lo permisible por la norma, que señala que el potencial de hidrógeno (pH) debe estar en un rango de 6,5 a 9,0, la temperatura debe tener una variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada, la conductividad de 1000 uS/cm, oxígeno disuelto de ≥ 5 mg/L, turbiedad de 100 NTU; sin embargo, para los parámetros microbiológicos, las tres muestras evaluadas indican la presencia de coliformes termotolerantes, ya que tienen un rango menor a 3000 NMP

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS
FACULTAD DE INGENIERÍAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL
TESIS

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RIACHUELO DE LA
MICROCUENCA SALCEDO, PUNO, 2024**

PRESENTADA POR:

JESÚS QUISPE TORRES

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE

:



Mg. JULIO WILFREDO CANO OJEDA

PRIMER MIEMBRO

:



Dra. MARLENE CUSI MONTESINOS

SEGUNDO MIEMBRO

:



M.Sc. JOSÉ ELADIO NUÑEZ QUIROGA

ASESOR DE TESIS

:



Mg. ELVIRA ANANI DURAND GOYZUETA

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub Área: Ingeniería Ambiental

Líneas de Investigación: Ciencias Ambientales

Puno, 30 de diciembre del 2024.

DEDICATORIA

A todos mis seres queridos, familiares, amigos, quienes de cerca o lejos han motivado a que esta tesis pueda ejecutarse con resultados, quienes además son mi inspiración en la búsqueda de nuevas metas y objetivos de vida, quienes representan parte de todas mis motivaciones y anhelos.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Privada San Carlos y a los docentes de Ingeniería Ambiental, quienes han encaminado esta tesis y hacerla posible, por supuesto, también por los años de formación profesional y su vocación de enseñanza. Gracias.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	1
AGRADECIMIENTO	2
ÍNDICE GENERAL	3
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	8
INDICE DE ANEXOS	10
ACRÓNIMOS	11
RESUMEN	12
ABSTRACT	13
INTRODUCCIÓN	14

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
1.2. ANTECEDENTES	18
1.2.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES	18
1.2.2. ANTECEDENTES NACIONALES	20
1.2.3. ANTECEDENTES LOCALES	21
1.3. OBJETIVOS	24
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	24
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	24

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO	25
2.1.1. AGUAS SUPERFICIALES CONTINENTALES	25

2.1.2. MICROCUENCA	26
2.1.3. CALIDAD DE AGUA	29
2.1.4. PARÁMETROS DEL AGUA	31
2.1.5. ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL (ECA) PARA AGUA	36
2.1.6. CONSERVACIÓN DEL AMBIENTE ACUÁTICO	38
2.1.7. RIACHUELO DE LA MICROCUENCA SALCEDO	38
2.2. MARCO CONCEPTUAL	39
2.2.1. AFLUENTE	39
2.2.2. AGUAS RESIDUALES	39
2.2.3. ARROYO O RIACHUELO	40
2.2.4. BIOTA	40
2.2.5. CUENCA	40
2.2.6. ESTÁNDAR NACIONAL DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUA (ECA-AGUA)	40
2.2.7. EFLUENTE	41
2.2.8. EUTROFIZACIÓN	41
2.2.9. LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE (LMP)	41
2.2.10. RESIDUOS DE RECURSOS HIDROBIOLÓGICOS	41
2.2.11. RESIDUOS SÓLIDOS	42
2.2.12. VECTORES	42
2.3. HIPÓTESIS	42
CAPÍTULO III	
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	
3.1. ZONA DE ESTUDIO	43
3.1.1. ZONA DE ESTUDIO	43
3.1.2. UBICACIÓN GEOREFERENCIADA	45
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA	46

3.2.1. POBLACIÓN	46
3.2.2. MUESTRA	46
3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS	48
3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES	49
3.5. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO	50

CAPÍTULO IV

EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.1. CALIDAD DE AGUA EN EL RIACHUELO DE LA MICROCUENCA SALCEDO, PUNO, 2024	52
4.1.1. PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICOS	53
4.1.2. PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS	54
4.2. PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICOS DEL RIACHUELO DE LA MICROCUENCA SALCEDO	56
4.2.1. TURBIEDAD (NTU)	57
4.2.2. TEMPERATURA (°C)	58
4.2.3. POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH)	60
4.2.4. CONDUCTIVIDAD ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	62
4.2.5. OXÍGENO DISUELTO (mg/L)	64
4.3. PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS DEL RIACHUELO DE LA MICROCUENCA SALCEDO	65
4.3.1. COLIFORMES TERMOTOLERANTES (NMP/100ml)	66
4.3.2. COLIFORMES TOTALES (NMP)	68
4.4. REGISTRO DE INDICADORES DE CONTAMINACIÓN EN LA ZONA DE ESTUDIO	70
4.4.1. AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA	71
4.4.2. BIOTA	72
4.4.3. EUTROFIZACIÓN	73

4.4.4. RESIDUOS SÓLIDOS	75
4.4.5. VECTORES DE CONTAMINACIÓN	76
4.4.6. LIXIVIADOS	77
4.5. PRUEBA DE HIPÓTESIS	78
4.5.1. HIPÓTESIS GENERAL	78
4.5.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICA 1	79
4.5.3. HIPÓTESIS ESPECÍFICA 2	80
CONCLUSIONES	81
RECOMENDACIONES	83
BIBLIOGRAFÍA	85
ANEXOS	92

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 01: Coordenadas de la ubicación georreferenciada de la zona de estudio	45
Tabla 02: Operacionalización de variables	50
Tabla 03: Parámetros físico químicos del riachuelo de la microcuenca Salcedo, Puno, 2024	54
Tabla 04: Parámetros microbiológicos del riachuelo de la microcuenca Salcedo, Puno, 2024	55
Tabla 05: Turbiedad (NTU) del riachuelo de la microcuenca Salcedo, Puno, 2024.	57
Tabla 06: Temperatura (°C) del riachuelo de la microcuenca Salcedo, Puno, 2024	59
Tabla 07: Potencial de hidrógeno (pH) del riachuelo de la microcuenca Salcedo, Puno, 2024	61
Tabla 08: Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$) del riachuelo de la microcuenca Salcedo, Puno, 2024	63
Tabla 09: Oxígeno disuelto (mg/L) del riachuelo de la microcuenca Salcedo, Puno, 2024	64
Tabla 10: Coliformes termotolerantes (NMP/100ml) del riachuelo de la microcuenca Salcedo, Puno, 2024	67
Tabla 11: Coliformes totales (NMP/100ml) del riachuelo de la microcuenca Salcedo, Puno, 2024	69

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 01: Visualización de la zona de estudio, riachuelo de la microcuenca de Salcedo que atraviesa el centro poblado del mismo nombre.	44
Figura 02: Microcuenca de Salcedo	45
Figura 03: Puntos de muestreo en el riachuelo de la microcuenca Salcedo	47
Figura 04: Parámetros microbiológicos del riachuelo de la microcuenca Salcedo, Puno, 2024	56
Figura 05: Turbiedad (NTU) del riachuelo de la microcuenca Salcedo, Puno, 2024	58
Figura 06: Temperatura (°C) del riachuelo de la microcuenca Salcedo, Puno, 2024	60
Figura 07: Potencial de hidrógeno (pH) del riachuelo de la microcuenca Salcedo, Puno, 2024	62
Figura 08: Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$) del riachuelo de la microcuenca Salcedo, Puno, 2024	63
Figura 09: Oxígeno disuelto (mg/L) del riachuelo de la microcuenca Salcedo, Puno, 2024	65
Figura 10: Coliformes termotolerantes (NMP/100ml) del riachuelo de la microcuenca Salcedo, Puno, 2024	68
Figura 11: Coliformes totales (NMP/100ml) del riachuelo de la microcuenca Salcedo, Puno, 2024	70
Figura 12: Conexión de desagüe clandestino para drenar agua residual doméstica	72
Figura 13: Biota del riachuelo de la microcuenca Salcedo	73
Figura 14: Eutrofización del agua del riachuelo de la microcuenca Salcedo	74
Figura 15: Residuos sólidos	76
Figura 16: Vectores de contaminación	77
Figura 17: Lixiviados de actividades industriales informales	78
Figura 18: Toma de muestras en los puntos de la zona de estudio	102

Figura 19: Etiquetado y rotulado de muestras	103
Figura 20: Llenado de la cadena de custodia	104
Figura 21: Resguardo para traslado de muestras a laboratorio	105

INDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 01: Matriz de consistencia	93
Anexo 02: Instrumento de investigación: Ficha de registro de datos en campo para parámetro físico y químico	95
Anexo 03: Instrumento de investigación: Ficha de resultados de análisis microbiológicos	96
Anexo 04: Instrumento de investigación: Ficha de registro de agentes de contaminación	97
Anexo 05: Instrumento de investigación: Cadena de custodia	98
Anexo 06: Certificado de análisis de parámetros físico químicos y microbiológicos	99
Anexo 07: Panel fotográfico	102
Anexo 08: Parámetros de los estándares de calidad ambiental de acuerdo al D.S. N° 004-2017-MINAM, ECA para agua, categoría 4 - conservación del ambiente acuático.	106
Anexo 09: Parámetros de los estándares de calidad ambiental de acuerdo al D.S. N° 004-2017-MINAM, ECA para agua, categoría 1 – agua de uso poblacional y recreacional.	107

ACRÓNIMOS

ANA	: Autoridad Nacional del Agua
ECA	: Estándar de calidad ambiental
mg	: Miligramo
mg/l	: Miligramo por litro
µg/l	: Microgramo por litro
µS/cm	: Microsiemens por centímetro
NMP/100ml	: Número más probable en 100 mililitros
NTU	: Unidad Nefelométrica de Turbidez
Ppm	: Partes por Millón
pH	: Potencial de Hidrógeno
UTM	: Universal Transverse Mercator
°C	: Grado Celsius
Δ 3	: Variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada

RESUMEN

Esta investigación se realiza en un riachuelo contaminado por aguas residuales con la interrogante ¿cuál es la calidad de agua en el riachuelo de la microcuenca Salcedo, Puno, 2024?, para evaluar sus parámetros físico químicos y microbiológicos, en cumplimiento del D.S. N°004-2017-MINAM, Estándares de Calidad Ambiental ECA para agua categoría 4, conservación del ambiente acuático. La investigación es cuantitativa, no experimental, tipo descriptivo. Se utilizó la técnica cuantitativa de análisis de agua in situ/ex situ, instrumento ficha de registro de datos en campo. Se seleccionaron muestras según el Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos de la Autoridad Nacional de Agua. De acuerdo a los resultados obtenidos, los indicadores de parámetros físico químicos de las tres muestras, E-01, E-02 y E-03, están dentro de lo permisible por la norma, que señala que el potencial de hidrógeno (pH) debe estar en un rango de 6,5 a 9,0, la temperatura debe tener una variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada, la conductividad de 1000 uS/cm, oxígeno disuelto de ≥ 5 mg/L, turbiedad de 100 NTU; sin embargo, para los parámetros microbiológicos, las tres muestras evaluadas indican la presencia de coliformes termotolerantes, ya que tienen un rango menor a 3000 NMP/100ml y de acuerdo a la norma éstos no deben exceder los 2000 NMP/100ml, esto evidencia la presencia de residuos fecales en la zona de estudio. Además en esta investigación se ha registrado y descrito la contaminación por aguas servidas, residuos sólidos y lixiviados de actividades industriales.

Palabras clave: Agua residual, Coliforme termotolerante, Contaminación antropogénica, Parámetro de agua, Riachuelo.

ABSTRACT

This research is carried out in a stream contaminated by wastewater with the question: What is the quality of water in the stream of the Salcedo micro-basin, Puno, 2024?, to evaluate its physical, chemical and microbiological parameters, in compliance with D.S. N°004-2017-MINAM, Estándares de Calidad Ambiental ECA for category 4 water, conservation of the aquatic environment. The research is quantitative, non-experimental, descriptive. The quantitative technique of in situ/ex situ water analysis was used, a field data recording instrument. Samples were selected according to the Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos de la Autoridad Nacional de Agua. According to the results obtained, the indicators of physical and chemical parameters of the three samples, E-01, E-02 and E-03, are within what is permissible by the standard, which indicates that the hydrogen potential (pH) must be in a range of 6.5 to 9.0, the temperature must have a variation of 3 degrees Celsius with respect to the multi-year monthly average of the evaluated area, the conductivity of 1000 uS/cm, dissolved oxygen of ≥ 5 mg/L, turbidity 100 NTU; However, for the microbiological parameters, the three samples evaluated indicate the presence of thermotolerant coliforms, since they have a range of less than 3000 NMP/100 ml and according to the standard these should not exceed 2000 NMP/100ml, this shows the presence of fecal waste in the study area. Furthermore, in this research, contamination by sewage, solid waste and leachate from industrial activities has been recorded and described.

Keywords: Wastewater, Thermotolerant coliform, Anthropogenic pollution, Water parameter, Stream.

INTRODUCCIÓN

El presente informe de investigación “Evaluación de la calidad del agua del riachuelo de la microcuenca Salcedo, Puno, 2024” se realizó de acuerdo a manual de presentación de proyecto de investigación e informe final de la Universidad Privada San Carlos Puno. Esta investigación es del área ingeniería, tecnología, línea de Investigación: ingeniería ambiental, especialidad ciencias ambientales (recursos hídricos, ciencias atmosféricas y contaminación medioambiental). Lo importante de esta investigación es evidenciar la contaminación por actividades antropogénicas de desagües a través de los indicadores estudiados.

La investigación se originó de la observación realizada al mencionado recurso hídrico, que en el periodo de investigación se ha registrado y descrito como contaminado heces de los desagües clandestinos, los cuales exceden la normativa peruana ECA para agua, categoría 4, conservación del ambiente acuático en ríos de la costa y sierra. Adicionalmente se observó la contaminación del riachuelo por residuos sólidos, aguas servidas domiciliarias y lixiviados de actividades industriales, y ello se refleja en la alteración del ecosistema acuático, por lo tanto, contaminación del riachuelo por actividades antropogénicas.

Por lo señalado anteriormente es que en el capítulo I: planteamiento del problema, se detalla la problemática identificada en la zona de estudio, las características de ésta y las probables causas, para esto, se corroboró con fuentes de información para sustentar el planteamiento del proyecto de investigación. El eje principal de este primer capítulo es dar sustento al origen de esta investigación en el riachuelo de la microcuenca Salcedo.

El capítulo II: marco teórico y conceptual, se citan a diferentes fuentes de información para reforzar el proyecto de investigación, fuentes de investigaciones y antecedentes relacionados a la contaminación de ecosistemas acuáticos a nivel internacional, nacional y local.

En el siguiente capítulo III, se describe el método de investigación, que tuvo técnicas e instrumentos de investigación acordes a la normativa vigente del monitoreo y estándares de calidad ambiental para agua. Se utilizó fichas de campo para los parámetros físico químicos y microbiológicos y ficha de registro de agentes de contaminación para explicar los resultados de las anteriores fichas, ya que esta investigación es cuantitativa descriptiva por aplicar técnicas cuantitativas.

Por último, en el capítulo V: exposición y análisis de resultados, se analiza e interpreta los resultados de la aplicación del proyecto de investigación propuesto. La investigación permitió conocer que el mencionado recurso hídrico está contaminado por coliformes termotolerantes, de acuerdo a los ECA para agua categoría 4, conservación del ambiente acuático, abriéndose así un debate para el interés de futuras investigaciones sobre otros indicadores en otros parámetros de la calidad de agua en el riachuelo de la microcuenca Salcedo, así como también en los sedimentos en estiaje.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La calidad del agua superficial tiende a ser modificada por diferentes causas generadas en la contaminación de este recurso hídrico, sean antropogénicas o naturales, lo que conlleva a disminuir la disponibilidad hídrica a nivel mundial. En el mundo, las causas antropogénicas de contaminación de agua continental varían desde actividades cotidianas de las personas, hasta actividades industriales.

La contaminación ambiental a nivel global y a gran escala se dio seguido de la revolución industrial, cuando evidentemente aumentaron los indicadores de contaminación del aire por gases de efecto invernadero, en suelo por lixiviados, el agua por relaves mineros, aguas servidas, aguas de uso industrial, etc., distribuyéndose esa misma dinámica en todos los países del mundo.

La calidad del agua en la naturaleza influye en el estado de los ecosistemas y en la vida de los seres vivos. Al mismo tiempo, la gente utiliza los cuerpos de agua como un medio conveniente para eliminar las aguas residuales domésticas, industriales y agrícolas; Esto afecta la calidad de estas aguas (Gil et al., 2018).

En el Perú, de acuerdo a la huella hídrica, las actividades que más contaminan el agua son industriales, agropecuarias y mineras; las primeras actividades debido a que son numerosas, además que en el proceso de producción requieren de mayores volúmenes

de agua; mientras que la segunda, al ser de menor número de actividades, utiliza menor volumen de agua en el proceso de extracción de minerales.

De acuerdo al SINEACE (2018) la región de Puno se caracteriza por contar mayormente con actividades de agricultura, caza y silvicultura, seguido de comercio, administración pública, construcción, minería y actividad acuícola, estas actividades generan niveles de contaminación en el ambiente, dado que el impacto ambiental generado es considerado como relevante.

En la región de Puno existen empresas formalizadas para la actividad acuícola, dedicadas a diferentes etapas del proceso productivo, algunas de éstas operan cerca al riachuelo ubicado en el Jr. Javier Francisco Cáceres, perteneciente a la microcuenca Salcedo. Se tiene conocimiento que esta zona, antes de urbanizarse, tenía espacios destinados a ser una zona industrial.

En la periferia del centro poblado Salcedo y cabecera del riachuelo de la microcuenca se observan poblaciones asentadas, además del Instituto de Educación Superior Tecnológico Público José Antonio Encinas, ladrilleras artesanales, crianza de ganado vacuno, ovino porcino entre otros, cultivos agrícolas, etc.; los mismos que influyen en la modificación de ecosistemas y por ende el ecosistema acuático de la microcuenca de Salcedo, poblaciones que arrojan residuos sólidos y en tiempos de lluvia provocan estancamientos del riachuelo, pero lo más perjudicial de dichos residuos es que se desconoce del grado de contaminación que pueden provocar en el afluente del Lago Titicaca.

Antiguamente esta zona tenía únicamente desagües clandestinos, actualmente cuenta con la implementación de sistema de desagüe; sin embargo, las instalaciones antiguas permanecieron ahí ya que no cuenta con asfaltado de vías y el asentamiento de la población continuó creciendo, específicamente el Jr. Javier Francisco Cáceres.

Los diferentes agentes de contaminación presentes en el riachuelo de la microcuenca de Salcedo conllevan a la necesidad de conocer las características físico químicas y microbiológicas del riachuelo, considerando la conservación del ambiente acuático, de

acuerdo a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA para agua - categoría 4), ya que el riachuelo mencionado es un afluente del Lago Titicaca, lugar que alberga a múltiples especies oriundas y endémicas de flora y fauna que necesitan de calidad de agua acorde al D.S. N° 004-2017-MINAM.

Por lo expuesto es que se planteó las siguientes interrogantes:

PROBLEMA GENERAL

¿Cuál es la calidad de agua en el riachuelo de la microcuenca Salcedo, Puno, 2024?

PROBLEMAS ESPECÍFICAS

- ¿Cuál es la concentración de parámetros físicos y químicos del agua del riachuelo de la microcuenca Salcedo, según los ECAs, categoría 4?
- ¿Cuáles son los indicadores microbiológicos del riachuelo de la microcuenca Salcedo según los ECAs, categoría 4?

1.2. ANTECEDENTES

1.2.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

De acuerdo a la investigación “Evaluación de la calidad del agua de los ríos de la ciudad de Cuenca, Ecuador”, la calidad del agua de los ríos Tarqui, Yanuncay, Machángara y Tomebamba, afluentes del río Paute, donde los resultados de la investigación mostraron que en general los recursos hídricos de la cuenca fluvial son aptos para diferentes tipo de uso, pero paulatinamente a medida que avanzan aguas abajo su calidad disminuye debido al vertimiento de aguas residuales sanitarias, factores industriales y naturales como escorrentías o sedimentos debidos a la erosión (Pauta et al., 2019).

Hernández et al. (2020) en su investigación “Evaluación de la calidad del agua y de la ribera en dos cuencas tributarias del Río Tuxcacuesco, Jalisco, México” tuvo el objetivo de determinar la calidad de los ecosistemas acuáticos de dos cuencas tributarias (Tonaya y Apulco) del Río Tuxcacuesco, Jalisco, México por medio de la utilización de dos índices. El primer índice fue de integridad biótica basado en la presencia o ausencia de familias de macroinvertebrados acuáticos y el segundo un índice fue de valoración del estado

ecológico y la calidad de las riberas fluviales, el índice de calidad de riberas (RQI, por sus siglas en inglés). En dicha investigación se menciona que la situación ecológica de las riberas de la zona de estudio está empobrecida en las dos cuencas tributarias y la concentración de nitrógeno sobrepasa los límites permisibles para uso potable y riego agrícola. Finalmente, de acuerdo a los resultados de la aplicación del índice de integridad biótica, se encontró contaminación orgánica en la mayor parte de los puntos de muestreo. López et al. (2021) realiza la investigación “Calidad de agua del Arroyo Guazú del Departamento Central evaluada mediante indicadores biológicos, parámetros fisicoquímicos y ecotoxicológicos”, donde establece la determinación de las características fisicoquímicas, biológicas y ecotoxicológicas del agua para compararlo con la vigente legislación nacional de Uruguay. Para ello colectaron muestras de agua en cinco puntos diferentes entre los meses de julio y noviembre del año 2017. Los resultados de los parámetros fisicoquímicos indican que algunos parámetros tales como nitrato, nitrógeno total, fósforo total, oxígeno disuelto, DBO5 y coliformes fecales presentaron valores fuera de los límites permitidos para la Clase II. El Índice de Calidad de Agua (ICA) otorgó calificaciones regular y mala. Por tanto, los resultados mostraron un aumento de la contaminación acuática del Arroyo Guazú.

Arévalo (2023) realizó el “Estudio de la diversidad de microalgas y cianobacterias en ecosistemas acuáticos continentales del Ecuador, para establecer la calidad del agua”, para determinar la diversidad de microalgas y cianobacterias en ecosistemas acuáticos continentales como bioindicadores de calidad de agua, donde estudió la riqueza de microalgas y cianobacterias en 18 ecosistemas lénticos y lóticos, de acuerdo al índice de contaminación orgánica de Palmer sugiere que 5 de las 9 lagunas estudiadas presentan procesos de eutrofización debido a actividades antrópicas que se realizan en las zonas litorales o en sus cuencas, lo que provoca aumento de nutrientes y de la biomasa de cianobacterias. Lo mismo sucede con 3 de los 9 ríos estudiados, los cuales reciben

descargas de aguas residuales o industriales, causantes del cambio en la calidad del agua.

1.2.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Tingal & Gil (2019) en su tesis “Determinación de la contaminación orgánica del río Llaucano – Cajamarca Perú, aplicando macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de la calidad del ecosistema acuático 2018”, estudiaron las comunidades de macroinvertebrados presentes en el río Llaucano, y las variables fisicoquímicas para analizar la calidad de agua, para ello utilizaron métodos biológicos (los índices BMWP/col, BMWP/bol, CERA, EPT, ABI) fisicoquímicos y biológicos (DBO, DQO, nitratos, fosfatos, coliformes termotolerantes, pH, turbidez, conductividad, oxígeno disuelto y caudal.); seleccionaron 8 puntos de muestreo. En la investigación se encontró cambios estructurales en las comunidades de macroinvertebrados a medida que la calidad del agua disminuyó, mientras que los indicadores fisicoquímicos también presentaron cambios antrópicos que se generan sobre la cuenca. La conductividad y oxígeno disuelto guardan una relación directa con los resultados de los índices BMWP´COL, BMWP´BOL, ABI, EPT y CERA.

La investigación “Contaminación por aguas residuales e indicadores de calidad en la reserva nacional ‘Lago Junín’, Perú”, tuvo el propósito de investigar el efecto del agua residual en ecosistemas y su área de influencia, indicando el nivel de calidad del agua. Para ello, se implementaron dos periodos de muestreo (lluvia y estiaje) para el estudio fisicoquímico y microbiológico del agua. Los hallazgos indican que la necesidad bioquímica de oxígeno (DBO5) excede los límites máximos tolerables y durante la temporada de estiaje se trata de aguas de baja calidad. La emisión de aguas residuales representan elementos contaminantes que son tóxicos para la vida acuática del lago, impactando especies de flora y fauna endémica y en su totalidad el ecosistema (Cusiche et al., 2019).

En la investigación de Huanaco (2019) “Diagnóstico de la presencia de microplásticos en sedimentos laterales en la cuenca baja del Río Rímac”, se resalta que los residuos de plásticos están estrechamente relacionados a la inadecuada gestión de los residuos sólidos en las actividades de producción, la falta de su recojo e inadecuados hábitos de las poblaciones aledañas al cauce del río Rímac. Además de ello, otras de las fuentes son las descargas de efluentes industriales, las mismas que son producidas por actividades industriales informales, lo cual fue corroborado con concentraciones elevadas de microplásticos encontrados en la quebrada Huaycoloro. Las descargas de efluentes domésticos también se asocian a los microplásticos, ya que se identificaron partículas de microplástico en forma de filamentos.

Cerna et al. (2022), en su tesis “Calidad de agua para riego en la cuenca Huallaga, Perú” midió el Índice Peruano de Calidad del Agua (ICA – PE) con fines de riego, tomando como referencia los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, categoría 4, que superó al ECA en más de 606 y 288 veces, respectivamente, superados y en 53,4% (1029/1927) y 38,9% (701/1803). En esta investigación se confirmó la contaminación por plaguicidas organoclorados como clordano y endrín, aldrín y DDT; El potencial de hidrógeno pH estuvo fuera del rango propenso a la alcalinidad; el manganeso, el hierro y el aluminio sobrepasaron los valores de los ECA establecidos; con ello, en la investigación se concluyó que las aguas residuales agrícolas y municipales y la presencia de sitios críticos de desechos sólidos son los agentes de contaminación de agua para riego en la cuenca Huallaga.

1.2.3. ANTECEDENTES LOCALES

Mamani (2020) realiza su tesis “Determinación de la calidad de agua del Río llave, sector Chijichaya – Puno durante la elaboración de la tunta, 2018”, donde encontró que el nivel de pH era ligeramente superior a 8.5, el nivel de fosfato era relativamente alto en comparación con el rango permitido. de 0,05 mg/l, y para Escherichia Coli el resultado es relativamente alto en comparación con lo permitido en el TCE, además menciona que,

aunque la mayoría de los parámetros físicos del agua analizada en el río Ilawa no cumplen con los estándares de calidad ambiental (ECA), existen cambios en los parámetros físicos, químicos y microbiológicos.

Mestas (2022) desarrolla su tesis “Evaluación de parámetros físicos de agua del río Illpa - hito puente Illpa - Puno, 2021”, con el objeto de evaluar la calidad del agua del río Illpa de acuerdo a los parámetros físicos para la conservación del ambiente acuático, ECA - categoría 4, D.S. 04-2017-MINAM, a través de los parámetros físicos temperatura, sólidos totales disueltos y conductividad eléctrica. En dicha investigación recolectaron 30-60 ml de muestra y se concluyó que los parámetros físicos de temperatura y sólidos totales tanto en campo como en laboratorio para ambos puntos no sobrepasaron los ECA – categoría 4 - conservación del ambiente acuático; no obstante, el parámetro de conductividad eléctrica sí superó los ECA.

Sucapuca (2022) evalúa 5 puntos (P) de monitoreo en su investigación “Evaluación de la calidad del agua del río Crucero, aplicando el ICA-PE y CCME-WQI en proximidades de la zona urbana del distrito de Crucero, Carabaya, Puno (Perú)”, en donde la calidad del agua en el río Crucero arrojó resultados del ICA-PE de la siguiente manera: para P1 y P2 en la época seca la calidad del agua es “muy buena”, la calidad del agua en la época seca y de inundaciones en P3 es la punto más crítico “malo”, y para los puntos P4 y P5 para ambas temporadas (bajamar e inundación) la calidad es “habitual”; sin embargo, con la metodología CCME-WQI en la temporada de estiaje en los puntos P4 y P5 la calificación es "marginal", P3 es el punto más crítico "pobre"; no obstante, durante la temporada de inundaciones en los puntos P1 y P2 la calidad del agua es "marginal", y para P3, P4 y P5 estos puntos son los puntos más críticos con una calificación de "pobre". El autor en esta investigación concluyó que la descarga de aguas residuales directamente a las fuentes hídricas tuvo un efecto negativo en la calidad del agua del río Crucero

La tesis de Manrique (2023), “Evaluación de la calidad del agua del río Torococha y la percepción de los pobladores sobre los efectos en la salud en el distrito de Juliaca-2023”, tuvo como objetivo evaluar la calidad del agua del río Torococha a través del análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, además de conocer la percepción de los pobladores aledaños a la ribera del río sobre los efectos en la salud, en el Distrito de Juliaca, donde extrajo 03 muestras de agua de puntos estratégicos en el río Torococha y determinó que la calidad de agua del río Torococha se encuentra alterada por los parámetros físicoquímicos, ya que los sólidos suspendidos totales en los tres puntos de muestreo, los parámetros DQO y DBO5 superaron lo establecido por el ECA para agua, categoría 4; conservación del ambiente acuático, de acuerdo al D.S. N° 004-2017-MINAM. Los participantes en la encuesta de su estudio manifestaron que posiblemente han padecido dolor de cabeza, pérdida de memoria, dolor en las articulaciones. El 74% manifestó que sí han padecido enfermedades relacionadas con el sistema digestivo, mientras que el 33% indicó que posiblemente han padecido enfermedades transmitidas por mosquitos, y el 43% que sí ha experimentado enfermedades gastrointestinales, impactado de manera directa e indirecta por la polución del río Torococha.

Tarapa (2023), en su investigación “Calidad ambiental del agua en la bahía interior de Puno - Lago Titicaca 2021”, señala que la concentración de parámetros microbiológicos en las aguas de la “bahía interior de Puno”, comparados con los ECA establecidos en el Decreto Supremo N°004-2017-MINAM, categoría 4 para lagunas y lagos; concluye que el parámetro de coliformes termotolerantes muestra valores menores a los parámetros establecidos en los ECA; sin embargo, según Tarapa, la concentración de los parámetros microbiológicos de las aguas en la “bahía interior de la ciudad de Puno”, llegan a superar los estándares establecidos.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la calidad del agua en el riachuelo de la microcuenca Salcedo, distrito de Puno, 2024, en cumplimiento del D.S. N° 004-2017-MINAM.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar los indicadores físicos y químicos en el riachuelo de la microcuenca Salcedo según los ECAs, categoría 4, en cumplimiento del D.S. N° 004-2017-MINAM.
- Determinar los indicadores microbiológicos en el riachuelo de la microcuenca Salcedo según los ECAs, categoría 4 en cumplimiento del D.S. N° 004-2017-MINAM.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO

2.1.1. AGUAS SUPERFICIALES CONTINENTALES

Las aguas superficiales que forman parte del sistema hídrico continental se distribuyen entre ríos, lagos y embalses, y éstas pueden provenir de precipitaciones, deshielo o escorrentía de acuíferos. además de ello, algunas de estas aguas superficiales pueden ser explotadas y por tanto representan un recurso hídrico (Barceló et al., 2008).

Continuando con la literatura citada anteriormente, las aguas superficiales tienen características específicas, las mismas que se pueden resumir en:

1. La distribución espacial es discontinua y jerárquica, se concentra en determinados puntos y recibe agua de toda la cuenca.
2. La distribución de las cantidades de recursos está muy influenciada por el clima y, por lo tanto, tiene cambios estacionales muy significativos.
3. Los recursos en los ríos son altamente móviles y se deben implementar proyectos (embalses) de mayor impacto ambiental para preservar los recursos y evitar que lleguen al mar.
4. Sólo cuando los ríos están conectados y recargados a través de embalses subterráneos de gran capacidad (acuíferos) su flujo de agua puede ser estable.

Los ecosistemas fluviales se ven afectados por varias perturbaciones naturales, sean hidrológicas (sequías, inundaciones) como físicas (deslizamientos de tierra, incendios), y exhiben importantes respuestas dinámicas. No obstante, algunas perturbaciones, sobre

todo las antropogénicas, son persistentes y eventualmente tienen efectos irreversibles en los ecosistemas fluviales. Earl B. Fels, un ingeniero de recuperación de ríos, señaló en 1944 que un río es más que una característica geográfica, una línea en un mapa o un terreno fijo, no se puede pensar simplemente en términos de geografía y topografía (Elosegi & Sabater, 2009).

Gran parte de la contaminación difusa de las aguas superficiales está asociada con una variedad de actividades que ocurren en grandes áreas, particularmente la agricultura y la ganadería, que contaminan las aguas superficiales a través de la escorrentía hacia y desde las aguas superficiales arrastra y disuelve el material depositado en el suelo. Las sustancias más frecuentes en el agua asociadas a esta contaminación difusa son los fertilizantes y productos fitosanitarios utilizados en la agricultura, las sustancias orgánicas y tóxicas relacionadas a la ganadería y los vertederos, las ciudades o determinadas actividades industriales (Ministerio de Medio Ambiente de España, 2000).

2.1.2. MICROCUENCA

Una microcuenca se define como una pequeña unidad geográfica donde muchos hogares viven y utilizan y administran los recursos disponibles, principalmente tierra, agua y vegetación (Tobar, 2011).

Una cuenca es un sistema compuesto por varias subcuencas o microcuencas. Subcuenca es un grupo de microcuencas que drenan a un solo cauce con caudal fluctuante y permanente. Asimismo una microcuenca está conformada por la zona en la que su drenaje va al principal cauce de una subcuenca; dicho de otro modo, una subcuenca se divide en microcuencas, mientras que una quebrada es el área que drena al cauce principal de una microcuenca (Ordoñez, 2011).

Una cuenca hidrológica, también llamada cuenca de drenaje o colectora, es una unidad geográfica formada por un gran río y toda el área comprendida entre el nacimiento y la desembocadura de ese río. Esto incluye todos los ríos interiores y pequeños que suministran agua a ríos más grandes, así como las zonas costeras donde el agua

desemboca en el mar (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza –UICN, 2009).

Por otro lado, las microcuencas existen presentan interacciones indivisibles entre las dimensiones económicas (bienes y servicios), sociales (comportamiento de personas de uso directo e indirecto de recursos) y la dimensión ambiental (comportamiento o reacción de los recursos naturales hacia las anteriores dimensiones) (Tobar, 2011).

2.1.2.1. DIMENSIÓN DE LA MICROCUENCA

El tamaño de una microcuenca está determinado por la naturaleza. Sin embargo, en ocasiones se requieren ciertos ajustes operativos en función de las competencias de la institución en términos de su gestión y desarrollo. En El Salvador, debido al terreno accidentado y fragmentado del terreno, una cuenca microhidrológica no puede exceder las 700 hectáreas o 100 viviendas si se planifica con recursos locales. Se recomienda como sitio ideal un área de 250 a 350 hectáreas y/o una población de 50 a 70 familias (Tobar, 2011).

Una microcuenca es una zona que fluye sus aguas a un curso principal de una subcuenca. Es decir, la cuenca se divide en subcuencas, y la subcuenca se divide en microcuencas. La subcuenca se refiere al área que desemboca en el cauce principal de la cuenca y está formada por un grupo de microcuencas (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza –UICN, 2009).

Para entender sobre los límites de una cuenca hidrográfica, se debe comprender que está delimitada por la divisoria de aguas o divortium aquarum, la cual es una línea invisible que marca colindancias entre cuencas hidrográficas y vecinas, es decir son líneas conformadas por los picos más altos de las montañas que dividen a las cuencas hidrográficas. El agua que se precipita por los lados de la línea imaginaria desemboca, por lo general, en distintos ríos, a los que se les llama parteaguas (Ordoñez, 2011).

Una microcuenca es un dominio geográfico, hidrológico, económico, social y ambiental que complementa otros dominios. Internamente, existen fincas (fincas) y comunidades

(estructuras sociales) que se complementan superficialmente, complementadas por territorios naturales (como cuencas y cuencas) o territorios político-administrativos (como municipios y departamentos) (Tobar, 2011).

Las microcuencas pueden rebasar los límites administrativos del municipio, del departamento o del país. Una microcuenca es un área delimitada por partes altas (parte aguas) con aguas superficiales que se drenan por el mismo recorrido, con una superficie inferior a 5000 hectáreas (50 km²) y con una población total, actual o futura proyectada de no más de 20 comunidades (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza –UICN, 2009).

Una cuenca puede ser delimitada a partir de fotografías aéreas, sin embargo, lo más común es el uso de mapas topográficos (escala 1:100.000). Consiste en trazar una línea divisoria denominada cuenca hidrográfica y situada en las elevaciones más altas, dividiendo el curso del flujo hacia una cuenca u otra (Ordoñez, 2011).

2.1.2.2. SUBSISTEMAS EN UNA CUENCA HIDROGRÁFICA

De acuerdo a la (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza –UICN, 2009) el sistema de cuencas hidrológicas consta de los siguientes subsistemas:

- Subsistema biológico, que lo integran la flora, la fauna y otros elementos cultivados por el ser humano.
- Subsistema físico, que está conformado por el suelo, subsuelo, geología, recursos hídricos y clima (temperatura, radiación, evaporación entre otros).
- Subsistema económico, que engloba todas las actividades productivas que realiza el ser humano en agricultura, recursos naturales, ganadería, industria, servicios (caminos, carreteras, energía, asentamientos y ciudades).
- Subsistema social, que integra los elementos demográficos, institucionales, tenencia de la tierra, salud, educación, vivienda y legales.
- Subsistema cultural, que se relaciona con las costumbres de la población que habita en la cuenca.

- Subsistema político, implica los diferentes niveles de organización y participación de las personas en la toma de decisiones.
- Subsistema tecnológico, referido a la tecnología empleada por las comunidades de la cuenca.

La intensiva actividad agropecuaria y el asentamiento de la población aledaña a lo largo de las subcuencas de los ríos son las principales fuentes de contaminación, por lo que la obtención de agua con buena calidad resulta escasa para algunos segmentos de la población que las utilizan como fuentes de abastecimiento (Pauta et al., 2019).

El crecimiento de la densidad demográfica junto al desarrollo de actividades económicas en las cuencas hidrográficas influyen en los recursos hídricos por el uso incontrolado del agua, la generación e inadecuado manejo de aguas residuales, residuos sólidos y además de los que proceden de los pasivos ambientales, la minería informal, entre otros, al terminar en los cuerpos de agua modifican su calidad y esto afecta su debido uso, así como también a los ecosistemas acuáticos (Autoridad Nacional del Agua, 2013).

2.1.3. CALIDAD DE AGUA

Desde un punto de vista funcional, la calidad podría comprenderse como la capacidad del agua para responder a su uso, o desde otra perspectiva medioambiental, las condiciones que deben darse en el agua para conservar un ecosistema equilibrado y alcanzar determinados objetivos de calidad (...) o el conjunto de propiedades físicas, químicas, microbianas que lo definen, etc. (Ministerio de Medio Ambiente de España, 2000).

La calidad del agua es, sin duda alguna, un tema prioritario hoy en día, impulsado en parte por el gran crecimiento de la población mundial y la expansión y desarrollo de las ciudades; Las zonas rurales también exacerban los problemas con la calidad del agua. Las aguas superficiales y subterráneas tienden a contaminarse por un exceso de nitrógeno y fósforo por la desmesurada utilización de fertilizantes artificiales en la actividad agrícola. Este exceso de sustancias químicas se denomina nutrientes porque

son alimento para las plantas y existen probabilidades de degradar la calidad del agua (U.S. Geological Survey, 2017).

La calidad del agua, así como se encuentra naturalmente, también tiene dependencia trascendentalmente de las características de la cuenca hidrográfica, esencialmente del suelo y geología, pero las actividades antropogénicas son las que más contaminan los ríos (Pauta et al., 2019).

La calidad del agua tiende a ser modificada debido a factores naturales y externos. Cuando los factores externos que hacen que la calidad natural del agua decaiga no tienen nada que ver con el ciclo hidrológico, a eso lo llamamos contaminación. La prevención, control y resolución de la contaminación de los cuerpos de agua son el horizonte de todas las políticas progresivas de gestión de recursos hídricos (Ministerio de Medio Ambiente de España, 2000).

En la calidad agua, la concentración de sus parámetros debe fundamentarse en aspectos físicos, químicos y biológicos, considerando la dinámica de los procesos y componentes que los impactan, además de la capacidad del recurso o ecosistema para tolerar tensiones y su resistencia. Estos parámetros de calidad se conceptualizan de diferente forma en función de los distintos usos del recurso (consumo humano, riego, industria, ganadería, recreación, biota acuática etc.) (Dirección de Recursos Hídricos - Gobierno de Tucumán, 2017).

Para determinar la calidad del agua se debe comparar las propiedades físicas y químicas de las muestras de agua con lineamientos o estándares de calidad del agua (...). Estas normas (ECA para agua) se fundamentan en grados tolerables de toxicidad para las personas y los organismos de ecosistemas acuáticos (Pradillo, 2016).

El crecimiento poblacional y la actividad económica en las cuencas hidrológicas afectan los recursos hídricos mediante el uso descontrolado del agua, generación y mal manejo de aguas residuales y residuos sólidos, responsabilidad ambiental, minería informal, etc.,

si se deposita en un cuerpo de agua cambia su calidad, afecta diferentes usos e impactos en los ecosistemas acuáticos (Autoridad Nacional del Agua, 2013).

2.1.4. PARÁMETROS DEL AGUA

El agua es un líquido que tiene ciertas propiedades consideradas físicas porque son percibibles por los sentidos (vista, olfato o gusto) y además de ello influyen directamente en las condiciones de estética y aceptable del agua (Pradillo, 2016).

Uno de los métodos más simples y prácticos de evaluación de la calidad del agua implica la definición de índices de medición o correlaciones entre ciertos parámetros físicos, químicos o biológicos en condiciones reales y otras condiciones que se consideran aceptables o ideales y determinadas por alguna norma o directriz. El cálculo de valores límite permite clasificar la calidad del agua de forma diferente según la aplicación específica (Dirección de Recursos Hídricos - Gobierno de Tucumán, 2017).

2.1.4.1. PARÁMETRO FÍSICO QUÍMICO DEL AGUA

Los parámetros físicos del agua no son índices absolutos de contaminación, por lo que las desviaciones de los estándares se deben medir en cada caso individual. Entre los parámetros microbiológicos más comunes son los coliformes totales, estreptococos fecales y coliformes fecales. Los parámetros químicos del agua son los más importantes para determinar la calidad del agua. Si el agua en estudio no recibe descargas municipales o industriales, la prueba debe incluir la determinación de los siguientes parámetros: iones mayoritarios (bicarbonato, cloruro, sulfato, calcio, magnesio y sodio); oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, carbono orgánico. Si además se requiere un estudio más detallado, también se pueden incluir otros grupos de parámetros químicos: compuestos nitrogenados, fosfatos, hierro, demanda bioquímica de oxígeno; fenoles, derivados del petróleo, detergentes, pesticidas; fósforo orgánico e inorgánico, metales pesados, fluoruros (Dirección de Recursos Hídricos - Gobierno de Tucumán, 2017).

El agua tiene ciertas propiedades que se consideran físicas porque éstas pueden ser percibidas por los sentidos (vista, olfato o gusto) e inciden directamente en las condiciones estéticas y aceptables del agua. Los diferentes compuestos disueltos en el agua pueden ser de origen natural o industrial y pueden resultar beneficiosos o perjudiciales según su composición y concentración (Pradillo, 2016).

2.1.4.1.1. TURBIDEZ

La turbidez es de origen inorgánico (arcillas, arenas), como cuando la turbidez es aportada por la erosión del suelo hasta acumular un alto grado de material orgánico (limo, microorganismos) originado por actividades antrópicas (Bonilla, 2015).

2.1.4.1.2. TEMPERATURA

Es un parámetro físico del agua muy importante porque influye en el rápido o lento desarrollo de la actividad biológica, absorción del oxígeno del agua, la precipitación de compuestos, la formación de depósitos y procesos de mezcla, floculación, sedimentación y por último en la filtración (Bonilla, 2015).

La temperatura y la humedad del aire acondicionan la presión de vapor del mismo, actuando por lo tanto como factores ligados a la gradiente de vapor entre la superficie y el aire vecino. La elevación de la temperatura aumenta el valor de la presión de saturación del vapor del agua, permitiendo que mayores cantidades de vapor de agua puedan estar presentes en el mismo volumen de aire, para el estado de saturación (Mejía M., 2006).

2.1.4.1.3. POTENCIAL DE HIDRÓGENO pH

El pH es un término utilizado para referirse a la intensidad de las condiciones ácidas o básicas del agua. Por lo general el agua con pH menor a 6.0 se considera agresiva y corrosiva para metales. El pH con tendencia ácida en el agua podría significar que algunas sales, por ejemplo de aluminio, generan pH 4 debido a la hidrólisis y con ello no se indica precisamente la presencia de ácidos. Por otro lado se destaca que el pH tiene relevancia en el tratamiento del agua, trascendentalmente en la coagulación, desinfección y estabilización del recurso hídrico (Bonilla, 2015).

2.1.4.1.4. CONDUCTIVIDAD

La conductividad es un indicador de la presencia de sales disueltas en el agua y mide la cantidad de iones esencialmente de Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{+} , fosfatos, bicarbonatos, cloruros, sulfatos. Es así que el agua con altas concentraciones de conductividad es corrosiva (Sierra R., 2011).

2.1.4.1.5. OXÍGENO DISUELTO

Se considera al oxígeno disuelto como uno de los parámetros más trascendentales a la hora de estudiar la evaluación de la calidad del agua, ya que está relacionado a la contaminación orgánica. Su concentración aumenta al disminuir la temperatura y la salinidad y posee una relación directa con la pendiente y la aireación del cauce. La presencia de condiciones aeróbicas causa una mineralización que consume oxígeno y produce gas carbónico, nitratos y fosfatos. Una vez que se consume todo el oxígeno comienza la descomposición anaeróbica que produce metano, amonio, sulfuro de hidrógeno y mercaptanos (Mejía, 2005)

La concentración de oxígeno disuelto en la superficie del mar está estrechamente relacionada a la presencia de las algas y condiciones ambientales, que se repiten en los meses de cada año, debido al hecho que éste muestra las variaciones de oxígeno dentro del agua, ya que el oxígeno en el agua es un parámetro influenciado a las características más importantes del agua, ya sea de uso doméstico, recreativo o de crianza (Roca, 2019).

2.1.4.2. PARÁMETRO MICROBIOLÓGICO DE AGUA

Hace referencia a la existencia de varios tipos de microorganismos dañinos, tales como bacterias, virus, protozoos y otros microorganismos que podrían propagar enfermedades como por ejemplo el cólera, fiebre tifoidea, gastroenteritis variadas, hepatitis, entre otros. Las enfermedades causadas por estos patógenos se encuentran entre las principales causas de muerte prematura, especialmente entre los niños de los países en desarrollo (Dirección de Recursos Hídricos - Gobierno de Tucumán, 2017).

El agua contiene diferentes elementos biológicos, desde microorganismos hasta peces. La fuente de los microorganismos puede ser natural, la contaminación por emisiones industriales o la exposición al agua de lluvia que elimina los microorganismos del suelo. Las poblaciones microbianas siguen las propiedades físicas y químicas del agua porque cuando el agua tiene temperaturas cálidas y hay materia orgánica a su disposición, las poblaciones microbianas tienden a crecer y diversificarse (Pradillo, 2016).

Hablar de coliforme implica hacer referencia a la bacteria principal del grupo, la cual es la *Escherichia coli*, descubierta y dada a conocer por Theodor von Escherich, bacteriólogo alemán, en 1860. Este grupo de coliformes engloba a las bacterias entéricas, que tienen características bioquímicas de ser aerobias o anaerobias facultativas; ser bacilos Gram negativos; ser oxidasa negativos; no ser esporógenas; y también de fermentar la lactosa a 35°C en 48 horas, de esta manera producir ácido láctico y gas. se debe mencionar también que el grupo coliforme está comprendido por especies de los géneros *Escherichia*, *Klebsiella*, *Enterobacter* y *Citrobacter* y en él se incluye a *E. coli* (Forsythe, 2003).

El ambiente puede afectar significativamente las capacidades metabólicas de las comunidades microbianas naturales y por tanto su desarrollo, independientemente de su relación interespecífica. Los factores más importantes que influyen son: temperatura, pH, disponibilidad de agua, oxígeno. La temperatura es uno de los factores ambientales más importantes que afectan al crecimiento y a la supervivencia de los microorganismos. Puede afectarles de dos formas muy diferentes: A medida que la temperatura sube, las reacciones enzimáticas son más rápidas y el crecimiento se hace más rápido; sin embargo, por encima de una cierta temperatura, las proteínas, ácidos nucleicos y otros componentes celulares pueden dañarse irreversiblemente, pero más allá de este punto las funciones celulares se paralizan (Francisco, 2003)

Según (Forsythe, 2003), el ciclo de crecimiento microbiano consta de seis fases:

- 1) Fase de latencia: En ésta, las bacterias solamente sintetizan enzimas idóneas para su entorno o medio ambiente, sin embargo no se multiplican. El desarrollo de una población microbiana por lo general comienza luego de un lapso de tiempo y no es inmediato a la inoculación de en medio fresco.
- 2) Fase de aceleración: Aquí aumenta una proporción creciente de bacterias.
- 3) Fase logarítmica o exponencial: El número de bacterias aumenta por duplicación (1-2-4-8-16-32-64, etc.). La población bacteriana aumenta rápidamente, tanto que su escalada se representa con valores exponenciales (logaritmos).
- 4) Fase de desaceleración: Aquí, existe una cantidad creciente de células bacterianas que ya no se multiplican.
- 5) Fase estacionaria: En esta fase, la multiplicación y muerte de bacterias son iguales, lo cual implica que en todo momento existe la misma cantidad de bacterias. Las bacterias mueren por escasez de nutrientes, acumulación de productos finales tóxicos y/o también se deben a cambios del medio, como cambios del pH del agua. La perduración de esta fase se debe a ciertos factores como por ejemplo las condiciones de los microorganismos y del medio (temperatura, etc.). Debido a dichas condiciones que son estresantes para las bacterias esporógenas, éstas producen esporas.
- 6) Fase de muerte: Es la última fase, en la que las bacterias que mueren son mayores a las que se multiplican. De esta manera las bacterias no producen esporas son las que viven menos tiempo que las bacterias esporógenas.

El mismo microorganismo y las condiciones ambientales en la que se desarrolla, temperatura, pH y actividad de agua determinarán la duración de cada fase (Forsythe, 2003). Las bacterias crecen de forma limitada mientras se agotan los nutrientes disponibles y además crean productos tóxicos (Morales, 2007).

Debido a que los alimentos son complejos químicamente hablando, es difícil predecir cuándo y cómo crecerán los microorganismos en un alimento. La mayoría de los alimentos contienen suficientes nutrientes para favorecer el crecimiento microbiano. Hay

muchos factores en los alimentos que inhiben o limitan el crecimiento de microorganismos, siendo los más importantes la temperatura, el pH y la humedad (Forsythe, 2003).

Al igual que otras bacterias Gram-negativas no patógenas, las bacterias coliformes crecen bien en una variedad de medios y alimentos. Se dice que pueden crecer a temperaturas que van desde -2°C a 50°C , en alimentos es raro o raro a 5°C , y muchos autores han reportado que el crecimiento de coliformes a $3-6^{\circ}\text{C}$ también se reporta a pH. 4,4-9,0 (Jay, 2012).

Los coliformes de sangre caliente son contaminantes frecuentes del tracto intestinal en humanos y animales de sangre caliente y, al igual que los patógenos dañinos, abundan en el tracto intestinal y viven extensamente en el agua. Los coliformes fecales se clasifican como termotolerantes debido a su capacidad para sobrevivir a altas temperaturas. Materia orgánica, humedad, pH, etc. favorecen la reproducción en condiciones óptimas (Díaz et al., 2003).

Una bacteria llamada E. coli fecal es capaz de producir oxígeno (en las superficies) a altas temperaturas ($44,5\pm 0,2^{\circ}\text{C}$ durante 24 ± 2 horas) (Metcalf, 1995).

2.1.5. ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL (ECA) PARA AGUA

La ley de aguas de Perú, que antes regulaba el uso y desarrollo de los recursos hídricos, se originó en el siglo XIX como una herramienta que permitió a los grandes terratenientes consolidar el control sobre la agricultura. La aprobación de la Ley General de Aguas trajo cambios, ya que se aprobó en julio de 1969 con el D.L. N° 17752 provocó cambios acerca del aprovechamiento y uso del agua hasta la creación del MINAM y posterior aprobación del MINAM (Autoridad Nacional del Agua, 2013).

Los valores permisibles de contaminantes en el ambiente están determinados por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidos en el MINAM. El principal objetivo es garantizar y asegurar la protección de la calidad ambiental a través de técnicas

avanzadas de gestión ambiental y evaluaciones detalladas (Ministerio del Ambiente de Perú, s. f.).

El aseguramiento de la calidad ambiental (ACE) es una medida que determina la concentración o volumen de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos que están presentes en el aire, el agua o el suelo como objeto receptor y que no suponen un riesgo significativo para la salud humana. Así como también, el inciso 31.2 del artículo 31 de la Ley establece que el ERP es obligatorio en la formulación de leyes, reglamentos y políticas estatales y tiene una referencia obligatoria en la formulación y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental (DS-004-2017-MINAM, 2017).

Los ECA se utilizan en las herramientas de gestión ambiental aprobadas para el agua, las mismas que tienen un carácter estrictamente preventivo, en el marco de la normativa vigente del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) ha actualizando o modificando estas herramientas. Por otro lado, para instrumentos calibrados, la aplicación del ECA para agua se realiza de acuerdo con la normativa ambiental sectorial (DS-004-2017-MINAM, 2017).

Para el agua, los ECA se utilizan en los instrumentos de gestión ambiental aprobados, los cuales tienen estrictamente un carácter preventivo, en el marco de la normativa vigente del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), actualizando o modificando estos instrumentos. Por otra parte, para instrumentos calibrados, la aplicación de ECA para agua se realiza de acuerdo con la normativa ambiental sectorial (DS-004-2017-MINAM, 2017).

El nitrógeno que está en las aguas residuales, normalmente en forma reducida, influye en los cauces de varias formas. Como nitrógeno amoniacal causa un consumo de oxígeno en las aguas, ya que da lugar a procesos biológicos de oxidación a nitritos o nitratos. Esto, si el vertido es importante frente al caudal circulante por el cauce, puede dar lugar a concentraciones de oxígeno disuelto perjudiciales para la vida de la fauna acuática (Francisco, 2003).

2.1.6. CONSERVACIÓN DEL AMBIENTE ACUÁTICO

Los Estándares de Calidad Ambiental ECA para agua, Categoría 4: Conservación del ambiente acuático, es una norma direccionada a la conservación de los aguas superficiales, cuerpos de agua de los ecosistemas frágiles, áreas naturales protegidas, así como también zonas de amortiguamiento, que necesitan ser protegidas por su vulnerabilidad (DS-004-2017-MINAM, 2017).

Los impactos de las actividades antropogénicas en los sistemas acuíferos crean problemas de control de la calidad del agua. Las bacterias y los microorganismos han irrumpido los suministros de agua potable, algunas veces causando enfermedades graves a la población. En los arroyos se han encontrado contaminantes químicos que perjudican la vida vegetal y animal; otra vez ha sucedido; filtraciones a las aguas residuales, lo que obliga a la gente a hervir el agua potable; pesticidas y otros químicos que se filtran al suelo y contaminan los acuíferos; La escorrentía contaminada de carreteras y estacionamientos afecta la calidad del agua en los arroyos de la ciudad (U.S. Geological Survey, 2017).

La desigualdad de la cantidad de agua que fluye a través del ecosistema y la calidad química y biológica del agua determina la calidad ecológica de los ecosistemas de aguas superficiales. Los cambios temporales y el curso del río moldean la forma topografía y estructura del hábitat fluvial, por otro lado el tipo y número de sustancias que llegan al sistema determinan sus propiedades químicas, de esta manera responde la biota ante las dos primeras características e historia de la cuenca (a veces muy remota) (Barceló et al., 2008).

2.1.7. RIACHUELO DE LA MICROCUENCA SALCEDO

El riachuelo de la microcuenca Salcedo, Puno, es parte de la cuenca hidrográfica del Titicaca, ya que sus aguas afluyen hacia el Lago Titicaca, lugar que se caracteriza por albergar múltiples especies oriundas y endémicas de flora y fauna, aunque en los últimos

años se ha observado su contaminación, influida por sus afluentes, de acuerdo a investigaciones revisadas en la literatura.

Los ríos son ecosistemas complejos, sus características geológicas y el clima determinan su variación en diferentes latitudes y biomas. La densidad y el tipo de vegetación, la meteorización y el desarrollo del suelo, la pendiente y la circulación de la cuenca son parámetros que caracterizan a las cuencas que dependen de la geología y el clima. Para los sistemas fluviales en sentido literal, los patrones de flujo, las diferencias en la química del agua y las comunidades biológicas, y el funcionamiento general de los ecosistemas no pueden explicarse únicamente por las características litológicas y el clima (Barceló et al., 2008).

Otro concepto socialmente aceptado es que un río es un curso de agua y mientras lo sea, no importa en qué estado se encuentre, es así que en esta perspectiva se olvida que los ríos no son sólo canales, sino también zonas fluviales, bahías, llanuras aluviales y los organismos que viven en todas estas zonas (Barceló et al., 2008).

2.2. MARCO CONCEPTUAL

2.2.1. AFLUENTE

Un afluente es un curso de agua que desemboca en un curso de agua mayor o en un lago, también conocido como tributario (Autoridad Nacional del Agua, 2019).

2.2.2. AGUAS RESIDUALES

Las aguas residuales son aguas que tienen sus propiedades primarias alteradas por actividades antropogénicas y requieren de un tratamiento previo para ser reusadas antes de su vertimiento a las aguas superficiales o descargar a los alcantarillados (OEFA, 2014)

De acuerdo al OEFA (2014), las aguas residuales se clasifican las siguientes: a) domésticas, las que implican desechos fisiológicos y otros relacionados a ello, tienen procedencia humana y deben tener una adecuada disposición, se originan en zonas residenciales y comerciales; b) industriales, éstas son el resultado de procedimientos

productivos, como actividades agrícolas, mineras, agroindustriales, energéticas y otros; c) municipales, son aguas residuales domésticas que tienen la probabilidad de haberse mezclado con aguas de la lluvia o drenaje pluvial, también son aguas residuales industriales previamente tratadas pero con el fin de que estén aptas para su descarga a los sistemas de alcantarillado.

2.2.3. ARROYO O RIACHUELO

Los riachuelos son cuerpos de agua más pequeños y poco profundos con poca profundidad y flujo. En algunas estaciones, por ejemplo el verano, pueden estar secas por la falta de lluvias. A pesar de su tamaño, los ríos pueden desembocar en masas más grandes de agua dulce o en el mar. En otras partes de América, los arroyos también pueden conocerse como arroyos, recodos o cañones (Cushman, 2014).

2.2.4. BIOTA

La biota se compone de diversas especies de animales, plantas y otros seres vivos que habitan en una zona o región específica. Leonhard Hess Stejneger, un zoólogo de Noruega, empleó la palabra biota para propósitos científicos, derivada del griego Biotn, que se traduce como vida (Neyra, 2023).

2.2.5. CUENCA

Se refiere a la zona fisiográfica superficial que conduce sus aguas, sedimentos y materiales disueltos hacia una corriente en un lugar y momento específicos; circundada por una frontera o separación de aguas que divide la superficie una de otra, por donde discurren las corrientes de escorrentía superficial y subterránea hacia un punto en común (Autoridad Nacional del Agua, 2019).

2.2.6. ESTÁNDAR NACIONAL DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUA (ECA-AGUA)

Es una norma referida al máximo grado de concentración de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos en los cuerpos de agua que no sean un peligro considerable para la salud de las personas ni para el medio ambiente. Dichos estándares son aplicables a los cuerpos de agua del Perú en su estado natural y son indispensables

en la elaboración de normas y políticas públicas, y es un patrón obligatorio en la creación y uso de los instrumentos de gestión ambiental (Autoridad Nacional del Agua, 2019).

2.2.7. EFLUENTE

Es la presencia de líquidos o aguas residuales generadas por actividades antropogénicas que puedan ser vertidas a un recurso hídrico o reusadas (Autoridad Nacional del Agua, 2019).

2.2.8. EUTROFIZACIÓN

La eutrofización es considerada como un proceso biológico donde se producen incrementos exorbitantes de productores primarios producto del enriquecimiento de las aguas. Al ser incontrolado este crecimiento, produce problemas o alteraciones en la calidad de las aguas (Barceló et al., 2008).

2.2.9. LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE (LMP)

Es la cuantificación de la cantidad o nivel de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos que definen un efluente o una emisión, que si se supera puede provocar o puede provocar perjuicios a la salud, al bienestar de las personas y al entorno natural. El Ministerio del Ambiente tiene la responsabilidad de tomar decisiones sobre los Límites Máximos Permisibles (LMP), junto a las entidades que componen el Sistema Nacional de Gestión Ambiental tienen la obligación legal de asegurar su ejecución. (Autoridad Nacional del Agua, 2019).

2.2.10. RESIDUOS DE RECURSOS HIDROBIOLÓGICOS

Estas son las mermas o pérdidas producidas durante los procesos de pesca enlatados, congelados y curados, que incluyen cabezas, vísceras, colas, aletas, tentáculos y otros componentes de especies en su estado crudo o cocido (Ministerio de la Producción, 2011).

2.2.11. RESIDUOS SÓLIDOS

Son los materiales que las personas en una región ya no quieren porque están rotos, descompuestos o no tienen otro uso o valor, como desechos domésticos, de negocios, instituciones y de algunas fuentes industriales (Smith & Enger, 2006).

2.2.12. VECTORES

Los vectores son seres vivos con la habilidad de propagar enfermedades a individuos o animales. La mayoría de estos vectores son insectos hematófagos, que succionan los microorganismos dañinos junto a la sangre de un individuo infectado, ya sea humano o animal y después de que es reproducido el patógeno los pasan a un nuevo transmisor. Cuando el transmisor ya es infeccioso, el patógeno tiene la capacidad de propagar el resto de su existencia en cada contacto o ingestión de sangre posterior. (Organización Mundial de la Salud, 2020).

2.3. HIPÓTESIS

2.3.1. HIPÓTESIS GENERAL

La calidad de agua en el riachuelo de la microcuenca Salcedo, Puno, 2024, está alterada ya que excede los ECA para agua en la Categoría 4, de acuerdo al D.S. N° 004-2017-MINAM.

2.3.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- Los indicadores físicos y químicos de la calidad de agua en el riachuelo de la microcuenca Salcedo exceden los ECA para agua, categoría 4, de acuerdo al D.S. N° 004-2017-MINAM.
- Los indicadores microbiológicos de la calidad de agua en el riachuelo de la microcuenca Salcedo exceden los ECA para agua, categoría 4, en cumplimiento del D.S. N° 004-2017-MINAM.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. ZONA DE ESTUDIO

3.1.1. ZONA DE ESTUDIO

El ámbito de estudio fue el riachuelo de la microcuenca Salcedo, distrito, provincia y región de Puno, cuyas aguas provienen de la quebrada Rancho Punco, ubicada en las coordenadas UTM: 393014 E y 8245287 N, a una altitud de 3822.34 m.s.n.m., como se muestra en la figura 1.

Se ha considerado estudiar el riachuelo en el tramo del Jr. Javier Francisco Cácderes, ya que es una zona donde evidentemente se muestra contaminación antropogénica, además de contar con plantas truchicolas, aguas residuales domésticas y residuos sólidos, lo que conlleva a una modificación de la calidad del agua.

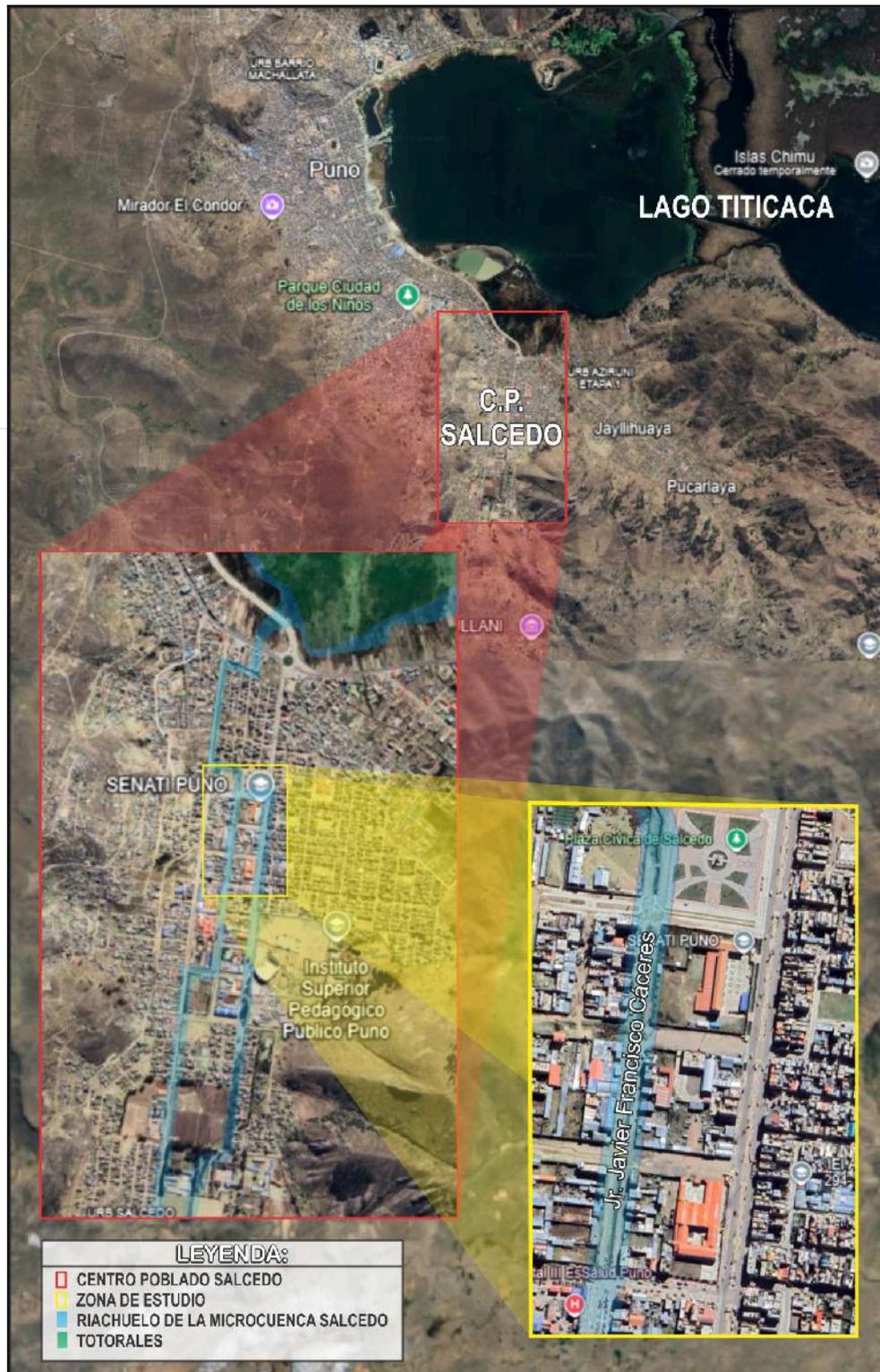


Figura 01: Visualización de la zona de estudio, riachuelo de la microcuenca de Salcedo que atraviesa el centro poblado del mismo nombre.

Fuente: Google earth

3.1.2. UBICACIÓN GEOREFERENCIADA

Tabla 01: Coordenadas de la ubicación georreferenciada de la zona de estudio

COORDENADAS	S	W
Grados decimales (DD): -15.870930,-69.999497	15° 52' 15.348"	69° 59' 58.189"

Fuente: Google maps

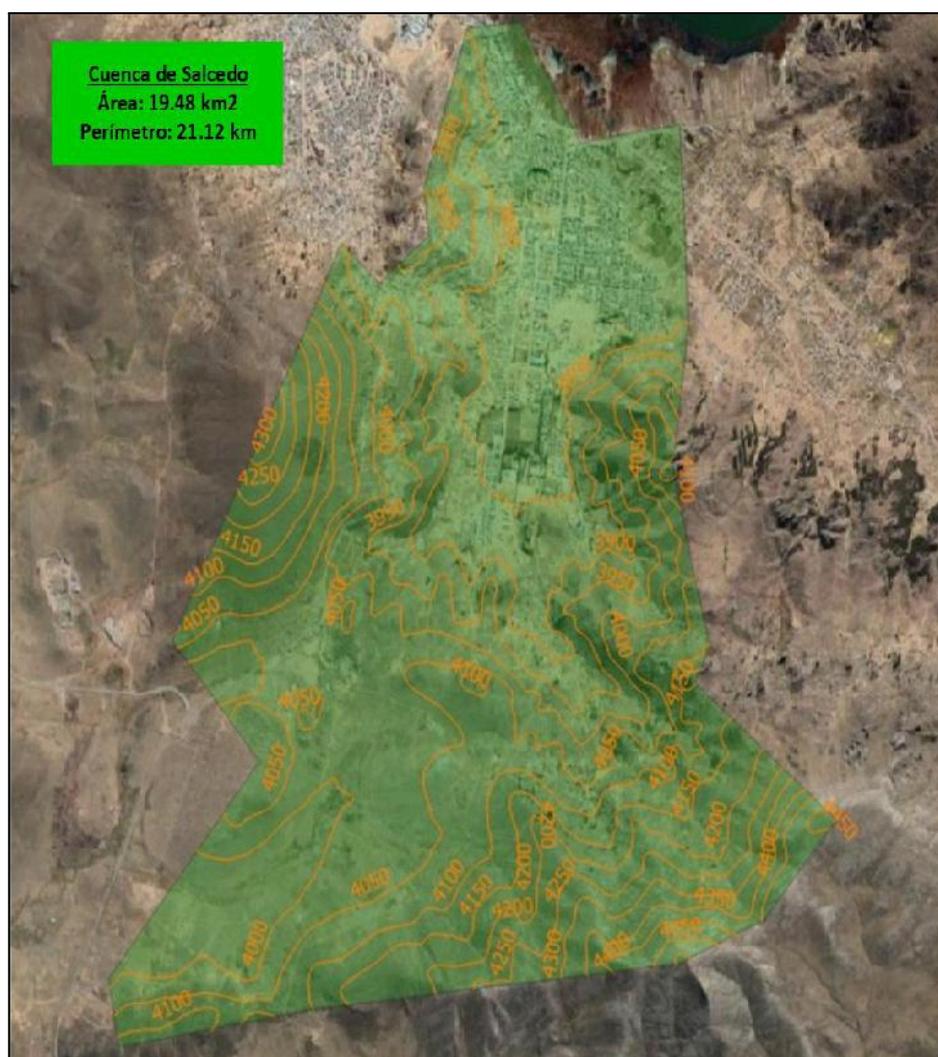


Figura 02: Microcuenca de Salcedo

Fuente: Foraquita & Arriaga (2020)

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

La población está conformada por el riachuelo que atraviesa el centro poblado de Salcedo, aproximadamente 5 km, desde la quebrada Rancho Punco, pasando por el Jr. Javier Francisco Cáceres, que atraviesa la parte delantera de EsSalud Puno, empresas acuícolas, posteriormente desviada por la Av. Industrial y finalmente desembocar en el lago Titicaca.

3.2.2. MUESTRA

La muestra es el riachuelo de la microcuenca Salcedo, que atraviesa el Jr. Javier Francisco Cáceres del centro poblado de Salcedo. El tipo de muestras a utilizar es instantáneo e integrado. Instantánea porque la muestra representa las condiciones del agua en el momento en que se recolecta, e integrada por que se tomaron muestras en 3 puntos. El primer punto de muestreo es en el mismo lugar donde se encuentran los efluentes de aguas servidas, el segundo punto a 50 metros del primero en dirección a la corriente del riachuelo, finalmente el tercer punto a 200 metros en la misma dirección desde el primer punto de muestreo.

El recojo de muestras se realizó de acuerdo a las recomendaciones realizadas en el Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos (Autoridad Nacional de Agua, 2016).

Los puntos de muestreo en el riachuelo de la microcuenca Salcedo se visualizan en la figura 3 a continuación.



Figura 03: Puntos de muestreo en el riachuelo de la microcuenca Salcedo

Fuente: Google earth

3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS

Para el muestreo en esta investigación se tomó como referencia el decreto supremo D.S. N° 004-2017-MINAM, Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, categoría 4: Conservación del ambiente acuático, para compararlos con el análisis de las muestras de agua de la microcuenca Salcedo.

a) Visita Exploratoria I

La primera visita exploratoria consistió en la identificación de puntos de muestreo en el riachuelo de la microcuenca de Salcedo.

b) Visita Exploratoria II

En esta visita se identificó 03 puntos de muestreo y en cada punto se tomó 1 muestra representativa de 1.5 L, de esa forma se obtuvieron 03 muestras de agua y en cada punto se identificó las coordenadas en el GPS.

TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

- **Técnica** : Análisis de agua in situ /ex situ
- Instrumento** : Ficha de registro de datos en campo
- Instrumento** : Ficha de registro de agentes de contaminación visibles.
- **Tipo de Investigación** : Descriptiva
- **Diseño de Investigación** : No experimental descriptiva
- **Método** : Cuantitativo
- **Materiales** : Equipos de laboratorio privado, ficha de campo según anexos.

METODOLOGÍA POR OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para el objetivo específico 1: Determinar los indicadores físicos y químicos en el riachuelo de la microcuenca Salcedo según los ECAs, categoría 4, en cumplimiento del D.S. N° 004-2017-MINAM.

Analizar los indicadores físicos y químicos en la zona de estudio, que indicarán la presencia de contaminantes del agua por residuos sólidos e hidrobiológicos en el área determinada para el monitoreo de las aguas superficiales

- Medición con equipo multiparámetro (in-situ)
- Extracción directa, de acuerdo al Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales

Para el objetivo específico 2: Determinar los indicadores microbiológicos en el riachuelo de la microcuenca Salcedo según los ECAs, categoría 4 en cumplimiento del D.S. N° 004-2017-MINAM.

- Analizar los indicadores microbiológicos en la zona de estudio, que indicarán la presencia de contaminantes del agua por residuos sólidos e hidrobiológicos en el área determinada para el monitoreo de las aguas superficiales.
- Realizar acciones de la custodia de la muestra de acuerdo a la extracción directa, de acuerdo al Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales

3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

Título de la tesis: Evaluación de la calidad del agua del riachuelo de la microcuenca Salcedo, Puno, 2024

Variable independiente: Parámetros físico químicos y microbiológicos de agua del riachuelo de la microcuenca Salcedo

Variable dependiente: Calidad del agua

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES:

Tabla 02: Operacionalización de variables

VARIABLE	DIMENSIÓN DE ANÁLISIS	INDICADOR	ÍNDICE
<u>VARIABLE DEPENDIENTE</u> : Calidad del agua	Agua superficial	Contaminación por actividades antrópicas	<ul style="list-style-type: none"> • Descargas de efluentes • Residuos sólidos • Residuos hidrobiológicos • Vectores • Biota
<u>VARIABLE INDEPENDIENTE</u> <u>TE:</u> Parámetros físico químicos y microbiológicos en el riachuelo de la microcuenca Salcedo	Agua superficial	Parámetro físico químico	<p><u>Físicas</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Color • Temperatura • Turbiedad • Conductividad • Sólidos suspendidos <p><u>Químicas</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Cloruros • Dureza total y calcio • Nitratos • Nitritos • pH • Sulfatos • OD <p><u>Microbiológico</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Coliformes termotolerantes • Coliformes totales

Fuente: Elaboración propia

3.5. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO

Por las características de los datos obtenidos y el propósito de la investigación, se hizo un análisis estadístico descriptivo, con las muestras en diferentes estaciones, el cual consistió en determinar las medidas referenciales, además se utilizó instrumentos estadísticos como son:

- Tablas de distribución de frecuencias con datos de los resultados de análisis de laboratorio expresados en sus respectivas unidades de medida y comparados con la normativa vigente, DECRETO SUPREMO N° 004-2017-MINAM.
- Gráficos estadísticos combinados de barras y líneas para visualizar los indicadores de los parámetros investigados y su comparación con la normativa vigente, DECRETO SUPREMO N° 004-2017-MINAM.
- La investigación no utilizó la prueba de hipótesis ya que esta investigación tiene datos de muestras pequeñas y se aplicó la estadística descriptiva.
- Se validó la prueba de hipótesis para corroborar si son nula o alterna de acuerdo a los resultados obtenidos de la investigación a nivel descriptiva, si las hipótesis se aceptan o rechazan.

CAPÍTULO IV

EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.1. CALIDAD DE AGUA EN EL RIACHUELO DE LA MICROCUENCA SALCEDO, PUNO, 2024

Los distintos parámetros de agua de las tres muestras (E01, E02 y E03) del riachuelo de la microcuenca de Salcedo, fueron analizadas en el Laboratorio de Calidad de Agua de la Universidad Nacional del Altiplano (anexo 6) y se evaluaron de acuerdo al proyecto de investigación.

Según los instrumentos de investigación aplicados (anexo 2 y 3) en el riachuelo de la microcuenca Salcedo, las fichas de evaluación de parámetros físico químicos y microbiológico, se evidencia que dicho riachuelo no tiene parámetros físico químicos por encima de los ECA para agua - categoría 4 conservación del ambiente acuático, subcategoría E2 ríos (anexo 8), pero sí de parámetros microbiológicos, en coliformes termotolerantes y totales, cuya causa es la contaminación por aguas servidas de desagües clandestinos.

Para determinar la calidad de agua del riachuelo de la microcuenca Salcedo, no solo se evaluó muestras analizadas en laboratorio, sino también se corroboró con la revisión de literatura en el capítulo II, que permitió identificar y describir la presencia de otros agentes de contaminación en el riachuelo de la microcuenca Salcedo, como por ejemplo residuos sólidos, biota, vectores, aguas residuales. Este registro ayudó a describir la alteración de los parámetros microbiológicos que sobrepasan los ECA para agua - categoría 4, de acuerdo al DECRETO SUPREMO N° 004-2017-MINAM.

Pradillo (2016) sugiere que para determinar la calidad del agua se debe comparar las propiedades (parámetros) de las muestras de agua con lineamientos o estándares de calidad del agua (...). Estos estándares se basan en niveles aceptables de toxicidad para los seres humanos y los organismos acuáticos, entender, se realizó las comparaciones correspondientes de los mencionados parámetros.

4.1.1. PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICOS

Como se mencionó anteriormente, los parámetros físico químicos del riachuelo de la microcuenca Salcedo no están por encima de los ECA para agua - categoría 4 conservación del ambiente acuático, a pesar de que existe contaminación por aguas residuales domiciliarias, de acuerdo al registro de agentes de contaminación (anexo 4), dicho registro explicaría la variación en otro parámetro que no es físico químico el cual es expuesto más adelante en los parámetros microbiológicos.

La tabla 3 muestra el resumen de los parámetros físico químicos obtenidos del análisis de muestras de la zona de estudio. Los parámetros analizados fueron: potencial de hidrógeno, conductividad, oxígeno disuelto temperatura y turbiedad (único indicador comparado con el ECA para agua – categoría 1 uso poblacional y recreacional – Anexo 9), los mismos que se detallan posteriormente de la tabla 5 al 9. Dichos parámetros no exceden los ECA para agua - categoría 4 - conservación del ambiente acuático (anexo 8), a pesar de que existen indicadores de contaminación, el factor que influye es el caudal del riachuelo de la microcuenca Salcedo, el mismo que al estar en constante movimiento, por escorrentía lleva consigo los agentes contaminantes.

Como se recuerda la revisión de literatura, para la Dirección de Recursos Hídricos - Gobierno de Tucumán (2017), los parámetros físicos del agua no son índices absolutos de contaminación, por lo que las desviaciones de los estándares se deben medir en cada caso individual.

Tabla 03: Parámetros físico químicos del riachuelo de la microcuenca Salcedo, Puno, 2024

PARÁMETRO FÍSICO QUÍMICO	MÉTODO ANALÍTICO	UNIDA D	PUNTO DE MEDICIÓN			ACA	ACA	
			E-01	E-02	E-03	AGUA	AGUA	
						CAT.	CAT.	
						4	1	
Potencial de hidrógeno	Electrométrico	Ph	7.45	7.50	7.59	6,5 a 9,0	-	
Temperatura	Termómetro	C°	16.30	16.80	16.75	Δ 3	-	
RESUL TADOS	Conductividad eléctrica	Conductimetría	uS/cm	234.00	17.46	18.74	1000	-
	Oxígeno disuelto	Multiparámetro	mg/L	6.58	6.98	7.15	≥5	-
	Turbiedad	Turbidímetro	NTU	10.72	1.68	0.36	-	100.00

4.1.2. PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS

En las muestras levantadas en la zona de estudio se analizó los parámetros microbiológicos y de acuerdo a los resultados obtenidos, según a la tabla 4, se determinó que dichos parámetros en coliformes termotolerantes sí sobrepasan la normativa, ya que de acuerdo al DECRETO SUPREMO N° 004-2017-MINAM, éstos no deben exceder los 2000 NMP/100 ml, pero en los resultados del análisis de laboratorio de las tres muestras, E-01, E-02 y E-03, indican que están en un rango menor a 3000 NMP/100 ml.

Según Pradillo (2016), la fuente de los microorganismos puede ser natural, la contaminación por emisiones industriales o la exposición al agua de lluvia que elimina los microorganismos del suelo. Las poblaciones microbianas siguen las propiedades físicas y

químicas del agua porque cuando el agua tiene temperaturas cálidas y hay materia orgánica a su disposición, las poblaciones microbianas tienden a crecer y diversificarse.

Tabla 04: Parámetros microbiológicos del riachuelo de la microcuenca Salcedo, Puno, 2024

PARÁMETRO MICROBIOLÓGICO	UNIDAD	PUNTO DE MEDICIÓN			ECA	ECA
		E-01	E-02	E-03	AGUA - CAT. 4 NTP/100 ml	AGUA - CAT. 1 NTP/100 ml
COLIFORMES						
RESULTA ANTES	TERMOTOLER NTP/100ml	<3000	<3000	<3000	2000	-
DOS	COLIFORMES NTP/100ml	<3000	<3000	<3000	-	50
TOTALES						

Como se muestra en la figura 4, en el caso de los coliformes totales, la norma señala que este parámetro se evalúa solo en la categoría 1, poblacional y recreacional, subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable, no habiendo un parámetro establecido para aguas de conservación del ambiente acuático u otros usos del agua, el cual es motivo de esta investigación, si fuera un parámetro de esta investigación estaría muy por encima de los ECA para agua de uso poblacional y recreacional, ya que la norma en esta categoría exige que no estén por encima de los 50 NMP/100ml, tal como se muestra en la figura 4.

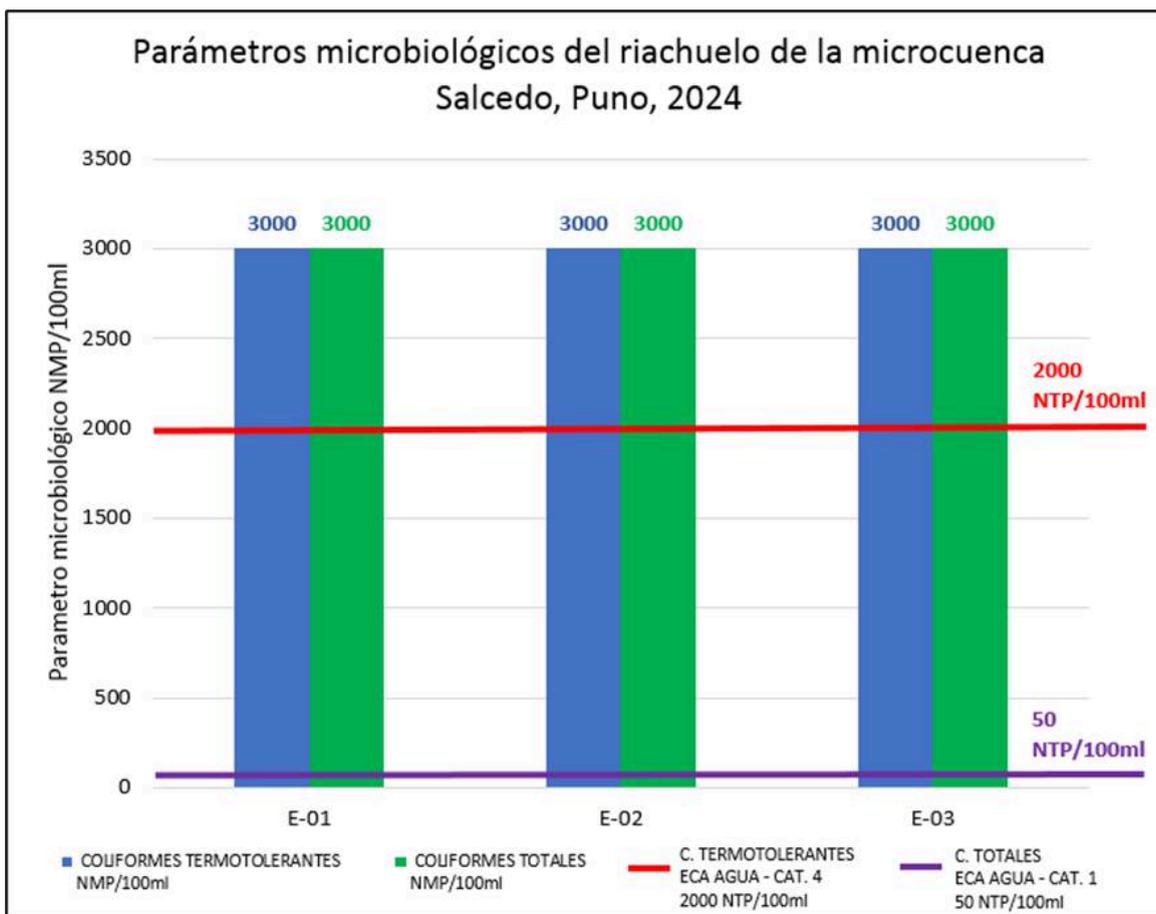


Figura 04: Parámetros microbiológicos del riachuelo de la microcuenca Salcedo, Puno, 2024

4.2. PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICOS DEL RIACHUELO DE LA MICROCUENCA SALCEDO

De acuerdo al análisis de muestras de los 3 puntos de muestreo, se obtuvieron parámetros físico químicos que no sobrepasan los ECA para agua categoría 4 - conservación del ambiente acuático sub categoría E2 ríos; sin embargo, los análisis nos permiten entender el comportamiento de dichos parámetros del agua, en cuanto a su turbiedad, temperatura, potencial de hidrógeno, conductividad y oxígeno disuelto individualmente.

4.2.1. TURBIEDAD (NTU)

En la tabla 5 se muestra la turbiedad del agua del riachuelo de la microcuenca Salcedo. En los 3 puntos de monitoreo E-01, E-02 y E-03, los resultados de la turbiedad fueron de

10.72 NTU, 1.68 NTU y 0.36 NTU respectivamente, los mismos que no sobrepasan los ECA para agua – categoría 1, norma que señala que la turbiedad del agua para el uso poblacional y recreacional no debe sobrepasar los 100 NTU.

De acuerdo a Bonilla (2015), la turbidez es de origen inorgánico (arcillas, arenas), como cuando la turbidez es aportada por la erosión del suelo hasta acumular un alto grado de material orgánico (limo, microorganismos) originado por actividades antrópicas.

La turbiedad es un indicador que está considerado solamente en la categoría 1 de los ECA para agua de uso poblacional y recreacional, es por ello que, en esta investigación, este indicador es el único que no se compara con la categoría 4 porque el DECRETO SUPREMO N° 004-2017-MINAM no lo consigna.

Tabla 05: Turbiedad (NTU) del riachuelo de la microcuenca Salcedo, Puno, 2024.

PUNTO DE MEDICIÓN	MÉTODO ANALÍTICO	TURBIEDAD (NTU)	ACA AGUA
			CATEGORÍA 1 (NTU)
E-01	Turbidímetro	10.72	100.00
E-02	Turbidímetro	1.68	100.00
E-03	Turbidímetro	0.36	100.00

Como se muestra en la figura 5, la turbiedad en el riachuelo de la microcuenca de Salcedo está muy por debajo de lo señalado por la norma y de acuerdo a lo observado se debe a que la mencionada fuente de agua tiene fluidez permanente por su caudal.

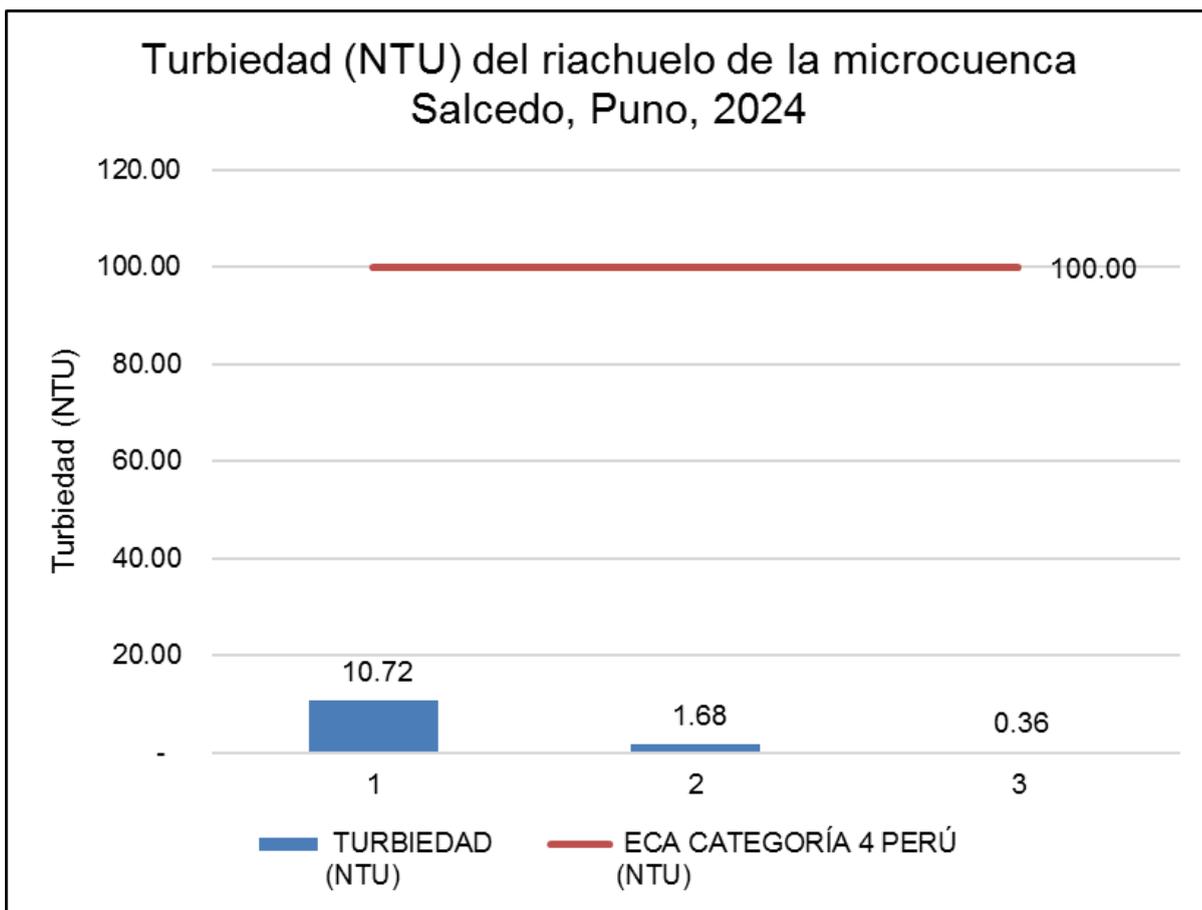


Figura 05: Turbiedad (NTU) del riachuelo de la microcuenca Salcedo, Puno, 2024

4.2.2. TEMPERATURA (°C)

Podría considerarse la temperatura del agua en la microcuenca de Salcedo ambigua en el desarrollo de la carga microbiana, pero de acuerdo a las fuentes de información citadas, los resultados de las muestras de agua analizados tienen temperaturas que indican que sí podrían desarrollarse en tales condiciones, las mismas que son de 6.30°C, 16.80°C y 16.75°C en los puntos E01, E02 y E03 respectivamente (tabla 6).

La temperatura del agua de la zona de estudio, según los ECA para agua - categoría 4, sólo debería tener una variación de 3 grados Celsius (3°C) respecto al promedio mensual multianual del área evaluada; sin embargo, la literatura actual solo tiene una historia del registro de la temperatura superficial del agua de mar en la costa, mientras que del agua dulce se tienen una historia anual de otros parámetros en agua dulce destinada a su

tratamiento para el consumo humano, más no de aguas para la conservación del ambiente acuático en el Perú.

De acuerdo a Bonilla (2015), en la revisión de la literatura se vio que la temperatura es influyente en lento o rápido desarrollo de la actividad biológica, absorción del oxígeno, precipitación de compuestos, formación de depósitos y procesos de mezcla, floculación, sedimentación y filtración.

Tabla 06: Temperatura (°C) del riachuelo de la microcuenca Salcedo, Puno, 2024

PUNTO DE MEDICIÓN	MÉTODO ANALÍTICO	TEMPERATURA (°C)	ACA AGUA
			CATEGORÍA 4 (°C)
E-01	Termómetro	16.30	Δ 3
E-02	Termómetro	16.80	Δ 3
E-03	Termómetro	16.75	Δ 3

En la figura 6 se muestra que la temperatura del riachuelo de la microcuenca Salcedo se mantiene casi constante y no tiene una variación significativa de las muestras tomadas E01, E02 y E03, ninguna de las muestras es menor que 16.3°C ni mayor que 17.8 °C.

De acuerdo a las citas bibliográficas, se ha reportado que los coliformes pueden crecer a tan bajas temperaturas como -2°C y tan altas como 50°C y además muchos autores han reportado el crecimiento de coliformes a 3-6°C, se ha reportado también el crecimiento de coliformes en el rango de pH de 4.4-9.0 (Jay, 2012).

La temperatura puede afectar el crecimiento y supervivencia de los microorganismos de dos formas: A medida que la temperatura sube, las reacciones enzimáticas son más rápidas y el crecimiento se hace más rápido; sin embargo, por encima de una cierta temperatura, las proteínas, ácidos nucleicos y otros componentes celulares pueden

dañarse irreversiblemente. Por encima de este punto las funciones celulares se paralizan (Francisco, 2003).

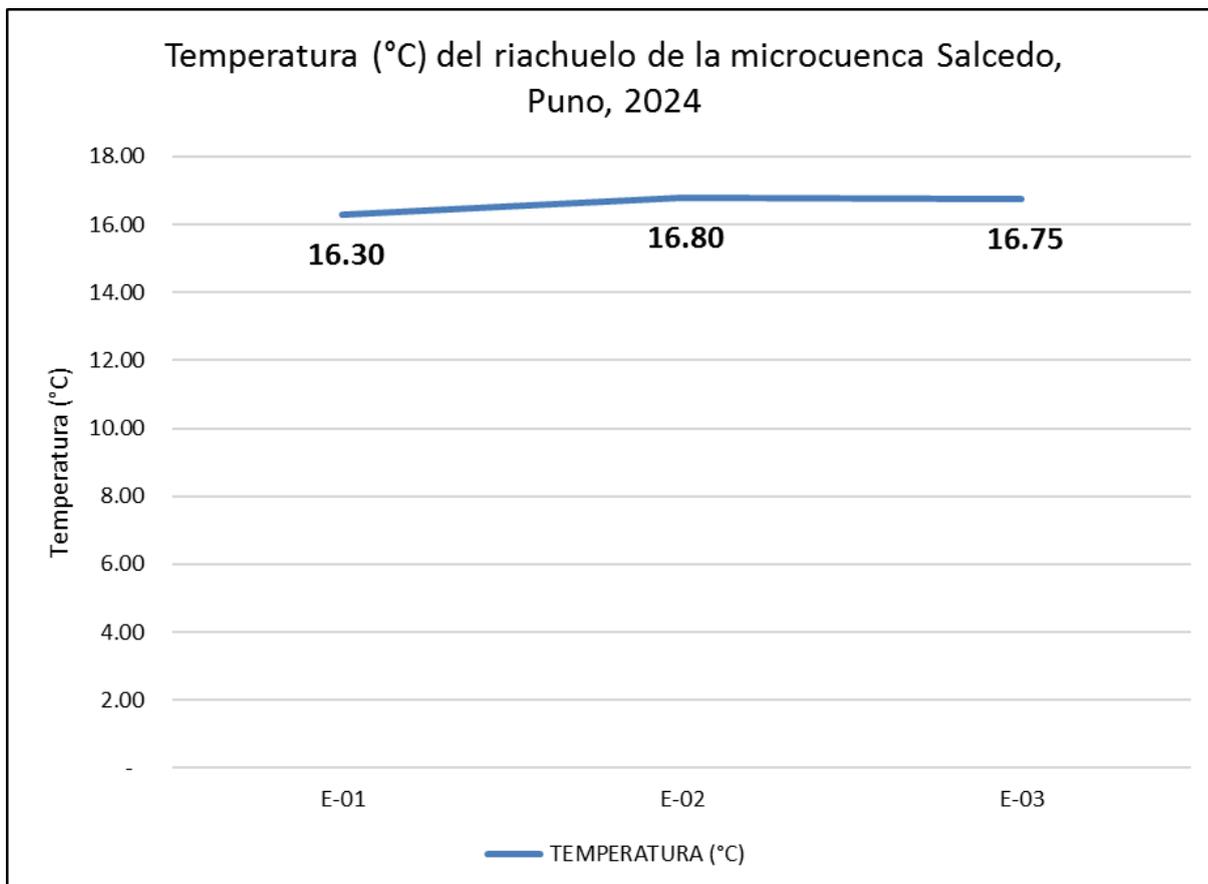


Figura 06: Temperatura (°C) del riachuelo de la microcuenca Salcedo, Puno, 2024

4.2.3. POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH)

En la tabla 7 se muestra el pH del agua del riachuelo de la microcuenca Salcedo. En los 3 puntos de monitoreo E-01, E-02 y E-03, los resultados del pH fueron de 7.45, 7.50 y 7.59 respectivamente, los mismos que no sobrepasan los ECA para agua - categoría 4, norma que señala que el pH del agua para la conservación del ambiente acuático en ríos de la costa y sierra debe estar en un rango de 6,5 a 9,0 de pH.

Por lo general el agua con pH inferior a 6,0 es considerada agresiva y corrosiva para los metales (Bonilla, 2015); pero el pH en el agua del riachuelo de la microcuenca de Salcedo tiene una tendencia alcalina; sin embargo, estos resultados son permisibles para los ECA para agua - categoría 4.

Tabla 07: Potencial de hidrógeno (pH) del riachuelo de la microcuenca Salcedo, Puno, 2024

PUNTO DE MEDICIÓN	MÉTODO ANALÍTICO	Potencial de hidrógeno (pH)	ACA AGUA
			CATEGORÍA 4 (pH)
E-01	Electrométrico	7.45	6,5 a 9,0
E-02	Electrométrico	7.50	6,5 a 9,0
E-03	Electrométrico	7.59	6,5 a 9,0

En la figura 7 se muestra el área amarilla, que es el rango del pH permisible por la normativa para la conservación del ambiente acuático, entre 6.5 y 9 de pH. Según (Francisco, 2003) el pH en el ambiente es uno de los factores más importantes que pueden afectar las capacidades metabólicas de las comunidades microbianas naturales y por tanto su desarrollo, independientemente de su relación interespecífica.

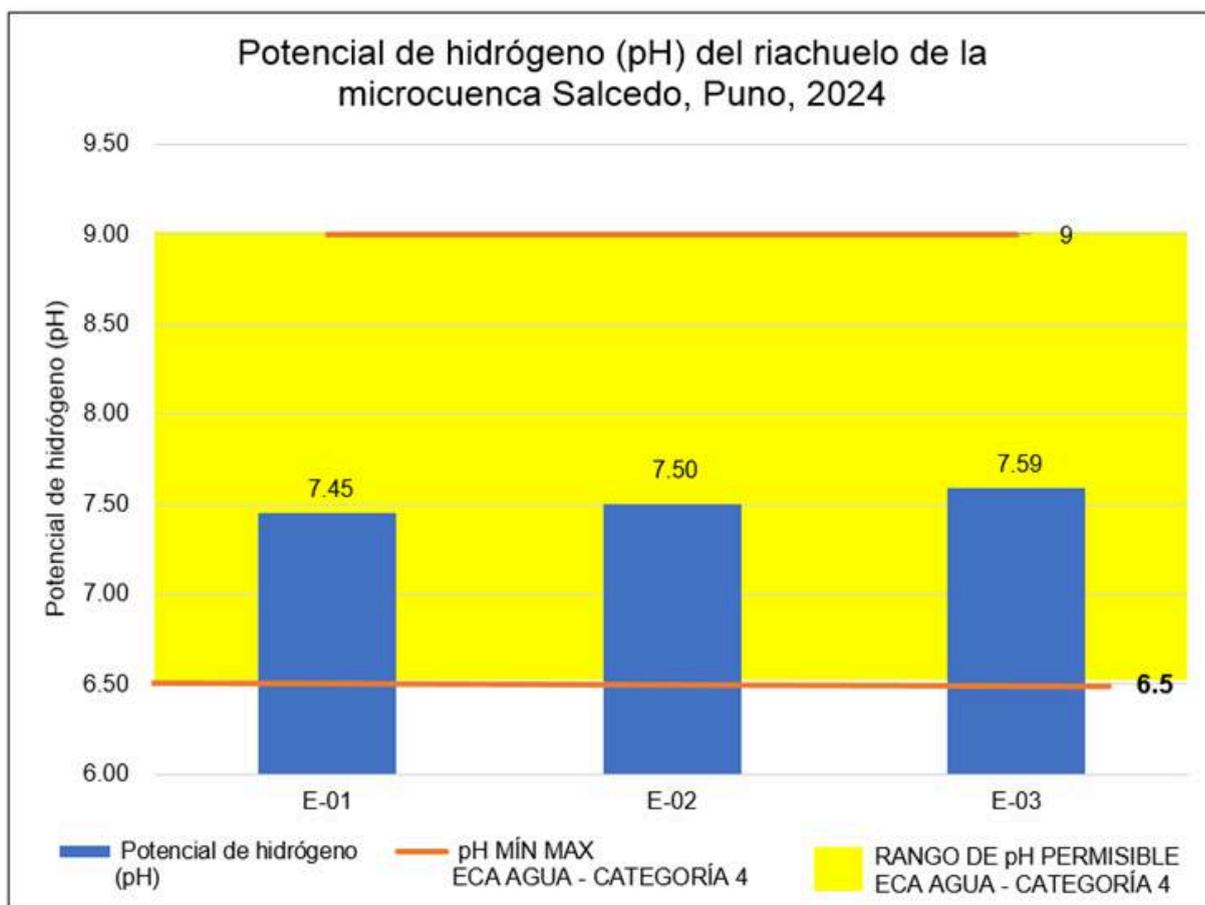


Figura 07: Potencial de hidrógeno (pH) del riachuelo de la microcuenca Salcedo, Puno, 2024

4.2.4. CONDUCTIVIDAD ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

En la tabla 8 se muestra la conductividad del agua del riachuelo de la microcuenca Salcedo. En los 3 puntos de monitoreo E-01, E-02 y E-03, los resultados de la conductividad fueron de $234.00 \mu\text{S}/\text{cm}$, $17.46 \mu\text{S}/\text{cm}$ y $18.74 \mu\text{S}/\text{cm}$ respectivamente, los mismos que no sobrepasan los ECA para agua – categoría 4, norma que señala que la conductividad del agua en la conservación del ambiente acuático en ríos de la costa y sierra no debe sobrepasar de los $1000 \mu\text{S}/\text{cm}$.

De acuerdo a las fuentes de información, la conductividad es un indicador de la presencia de sales disueltas en el agua y mide la cantidad de iones esencialmente de Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{+} , fosfatos, bicarbonatos, cloruros, sulfatos. Es así que el agua con altas concentraciones de conductividad es corrosiva (Sierra R., 2011).

Tabla 08: Conductividad ($\mu\text{S/cm}$) del riachuelo de la microcuenca Salcedo, Puno, 2024

PUNTO DE MEDICIÓN	MÉTODO ANALÍTICO	CONDUCTIVIDAD	ACA AGUA
		ELÉCTRICA ($\mu\text{S/cm}$)	CATEGORÍA 4 ($\mu\text{S/cm}$)
E-01	Conductimetría	234.00	1 000
E-02	Conductimetría	17.46	1 000
E-03	Conductimetría	18.74	1 000

En la figura 8 la línea que define el rango permisible de la conductividad por los ECA para agua – categoría 4 se encuentra lejos de los indicadores obtenidos en las muestras E-01, E-02 y E-03.

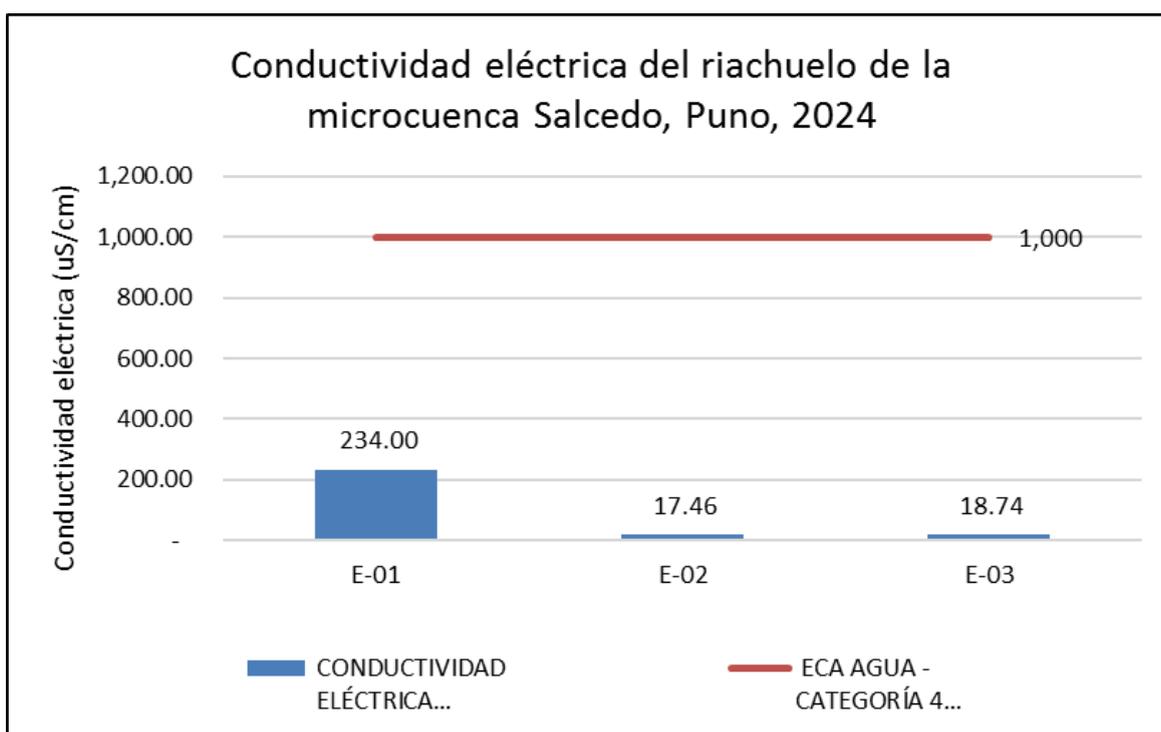


Figura 08: Conductividad ($\mu\text{S/cm}$) del riachuelo de la microcuenca Salcedo, Puno, 2024

4.2.5. OXÍGENO DISUELTO (mg/L)

En la tabla 9 se muestra el oxígeno disuelto del riachuelo de la microcuenca Salcedo. En los 3 puntos de monitoreo E-01, E-02 y E-03, cuyos resultados fueron de 6.58 mg/L, 6.98 mg/L y 7.15 mg/L respectivamente, los mismos que no sobrepasan los ECA para agua - categoría 4, norma que señala el oxígeno disuelto del agua en la conservación del ambiente acuático de ríos de la costa y sierra debe ser ≥ 5 mg/L.

Según Roca (2019), la concentración de oxígeno disuelto en la superficie del mar está estrechamente relacionada a la presencia de las algas y condiciones ambientales, que se repiten en los meses de cada año, debido al hecho que éste muestra las variaciones de oxígeno dentro del agua, ya que el oxígeno en el agua es un parámetro influenciado por las características más importantes del agua, ya sea de uso doméstico, recreativo o de crianza.

Para Mejía (2005) el oxígeno disuelto está relacionado a la contaminación orgánica, su concentración aumenta al disminuir la temperatura y la salinidad y posee una relación directa con la pendiente y la aireación del cauce. La presencia de condiciones aeróbicas causa una mineralización que consume oxígeno y produce gas carbónico, nitratos y fosfatos.

Tabla 09: Oxígeno disuelto (mg/L) del riachuelo de la microcuenca Salcedo, Puno, 2024

PUNTO DE MEDICIÓN	MÉTODO ANALÍTICO	OXÍGENO DISUELTO (mg/L)	ACA AGUA
			CATEGORÍA 4 (mg/L)
E-01	Multiparámetro	6.58	≥ 5
E-02	Multiparámetro	6.98	≥ 5
E-03	Multiparámetro	7.15	≥ 5

En la figura 9 el área amarilla indica que los indicadores del oxígeno disuelto permisible por la normativa para la conservación del ambiente acuático deben ser mayores o iguales a 5 mg/L.

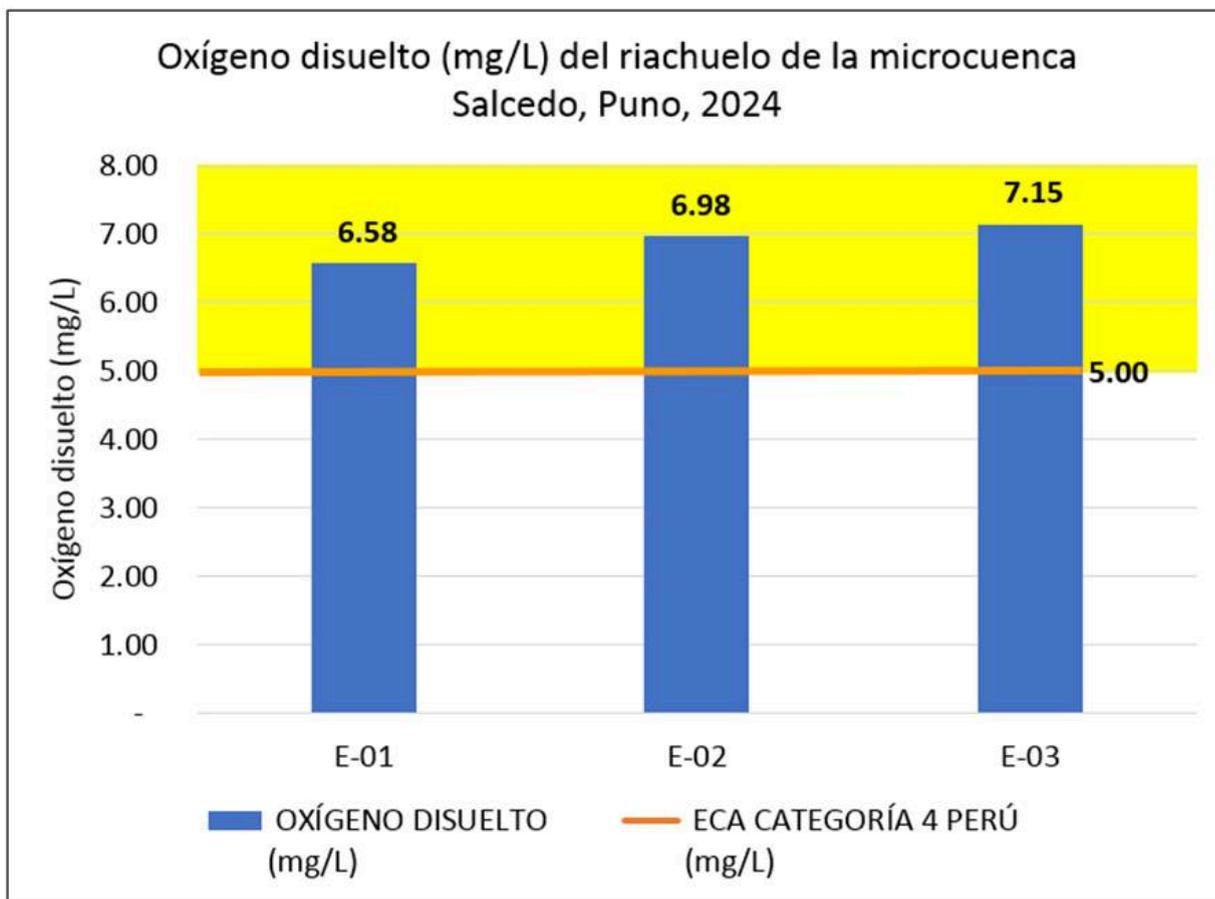


Figura 09: Oxígeno disuelto (mg/L) del riachuelo de la microcuenca Salcedo, Puno, 2024

4.3. PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS DEL RIACHUELO DE LA MICROCUENCA SALCEDO

Las tres muestras analizadas en el Laboratorio de Calidad de Agua de la Universidad Nacional del Altiplano dieron resultados de parámetros termotolerantes y totales. Los resultados de los coliformes termotolerantes fueron comparados con los parámetros establecidos en los ECA para agua - categoría 4; sin embargo, los parámetros de coliformes totales, de acuerdo a la normativa, solo pueden ser comparados en la categoría 1, agua de uso poblacional y recreacional.

4.3.1. COLIFORMES TERMOTOLERANTES (NMP/100ml)

De acuerdo al análisis de laboratorio de las tres muestras de agua E-01, E-02 y E-03, se determina que el riachuelo de la microcuenca Salcedo presenta coliformes termotolerantes por encima de los ECA para agua - categoría 4, los cuales están en un intervalo <3000 NMP/100ml lo que indica que estas muestras sobrepasan los ECA para agua – categoría 4, norma que señala que coliformes termotolerantes del agua en la conservación del ambiente acuático de ríos de la costa y sierra no deben exceder los 2000 NMP/100ml.

De acuerdo a Pradillo (2016) la fuente de los microorganismos puede ser natural, por contaminación de emisiones industriales o la exposición al agua de lluvia que elimina los microorganismos del suelo y las poblaciones microbianas siguen las propiedades físicas y químicas del agua porque cuando el agua tiene temperaturas cálidas y hay materia orgánica a su disposición, las poblaciones microbianas tienden a crecer y diversificarse.

Hay que recordar que cuando se habla de coliforme se habla también del grupo coliformes que congregan a todas las bacterias entéricas que se caracterizan por tener propiedades bioquímicas de ser aerobias o anaerobias facultativas, es decir de la E. Coli (Forsythe, 2003).

Tabla 10: Coliformes termotolerantes (NMP/100ml) del riachuelo de la microcuenca Salcedo, Puno, 2024

PARÁMETRO		COLIFORMES	ECA AGUA
MICROBIOLÓGIC	MUESTRA	TERMOTOLERANTES	CATEGORÍA 4
O		NMP/100ml	NMP/100ml
COLIFORMES	E-01	<3000	2000
TERMOTOLERAN	E-02	<3000	2000
	E-03	<3000	2000

En la figura 10 el área amarilla señala que los indicadores de coliformes termotolerantes permisibles por la normativa para la conservación del ambiente acuático deben ser menores a 2000 NMP/100ml, pero las tres muestras indican que están en un rango menos que lo 3000 NMP/100ml.

Sin embargo, de acuerdo al registro de agentes de contaminación de la zona de estudio y a la literatura consultada, se determina que la principal causa de la alteración del parámetro microbiológico coliformes termotolerantes son las aguas servidas domiciliarias con residuos fecales propias de las actividades antropogénicas.

De acuerdo a la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza –UICN (2009), la cuenca hidrográfica tiene interacciones y la degradación de un recurso, por ejemplo el agua, que interactúa con la escasez de educación ambiental, con la ausencia de aplicación de leyes y tecnologías idóneas, etc. Lo propio ocurre en la cabecera de la zona de estudio, ya que en la cabecera la microcuenca existen poblaciones asentadas sin acceso a servicios básicos de saneamiento.

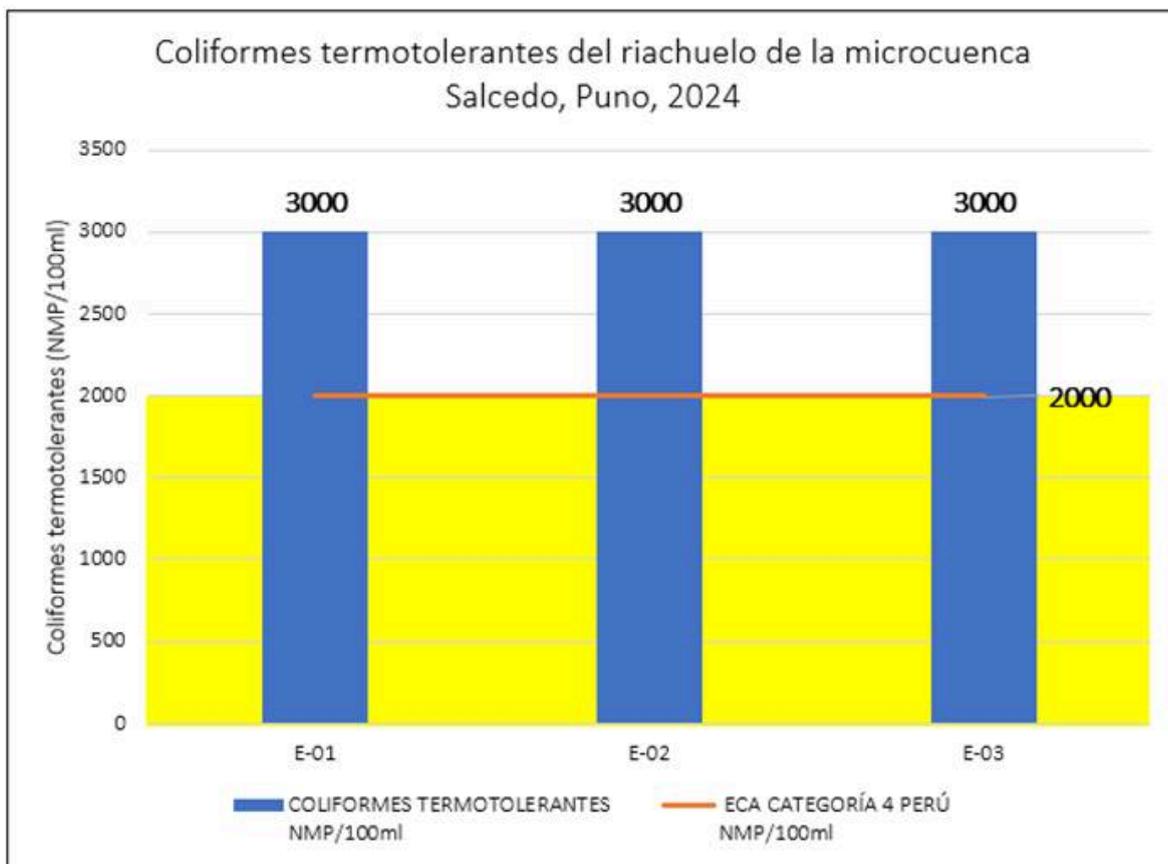


Figura 10: Coliformes termotolerantes (NMP/100ml) del riachuelo de la microcuenca Salcedo, Puno, 2024

4.3.2. COLIFORMES TOTALES (NMP)

Como se mencionó anteriormente, el parámetro microbiológico coliformes totales solo puede ser comparados en la categoría 1, agua de uso poblacional y recreacional, de acuerdo a la normativa; sin embargo, al obtener resultados del mencionado indicador microbiológico realizamos su comparación con la normativa.

En las tres muestras de agua E-01, E-02 y E-03, analizadas en laboratorio hubo presencia de este indicador, por ello se determina que el riachuelo de la microcuenca Salcedo tiene presencia de coliformes totales por encima de los ECA para agua categoría 1, los cuales están en un intervalo <3000 NMP/100ml lo que indica que estas muestras sobrepasan los ECA para agua – categoría 4, norma que señala que coliformes totales del agua de uso poblacional y recreacional debe estar en un intervalo <50 NMP/100ml, el rango de tolerancia es más estricto para esta categoría, ya que se estima, bajo la

normatividad, que el agua es susceptible de ser tratada para el consumo humano o contacto directo con las personas.

Tabla 11: Coliformes totales (NMP/100ml) del riachuelo de la microcuenca Salcedo, Puno, 2024

PARÁMETRO MICROBIOLÓGICO	MUESTRA	ZONA DE MUESTREO NMP/100ml	ACA AGUA CATEGORÍA 1 NMP/100ml
COLIFORMES TOTALES	E-01	3000	<50
	E-02	3000	<50
	E-03	3000	<50

En la figura 11 el área amarilla señala que los indicadores de coliformes totales permisibles por la normativa para agua de uso recreacional y poblacional deben ser menores a 50 NMP/100ml, pero las tres muestras indican que están en un rango menor a los 3000 NMP/100ml, lo cual está muy lejos de lo indicado por la normatividad.

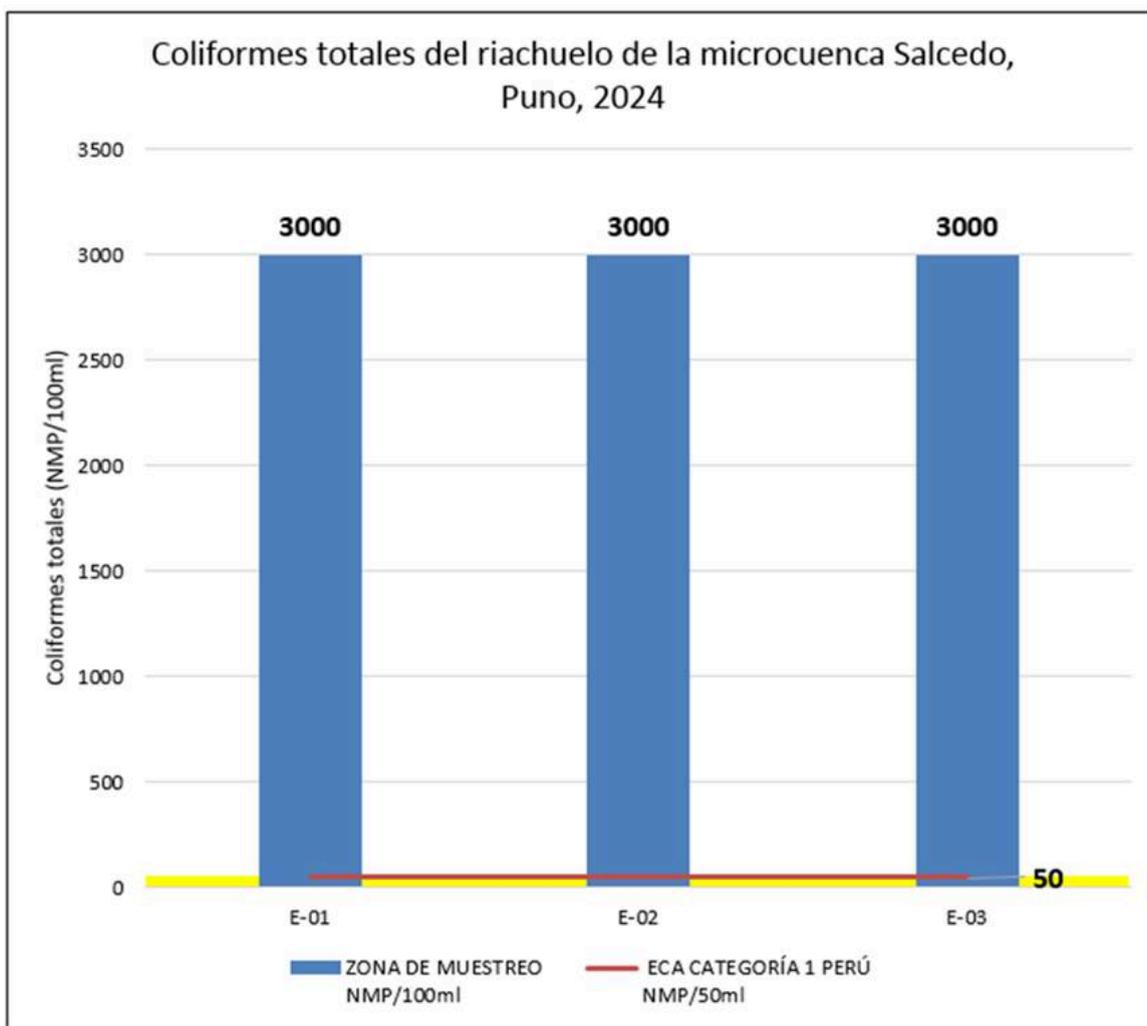


Figura 11: Coliformes totales (NMP/100ml) del riachuelo de la microcuenca Salcedo, Puno, 2024

4.4. REGISTRO DE INDICADORES DE CONTAMINACIÓN EN LA ZONA DE ESTUDIO

De acuerdo a la ficha de registro de agentes de contaminación, en la zona de estudio del riachuelo de la microcuenca Salcedo existe contaminación antropogénica por residuos sólidos, no existe visiblemente residuos hidrobiológicos, pero sí eutrofización en el agua, ya que están cubiertas de vegetación acuática, existen moscas y otros insectos en el riachuelo. También se observó regularmente la presencia de aves y canes en busca de alimentos, además de la descarga de aguas servidas

4.4.1. AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA

En la figura 12 se muestra una conexión de desagüe clandestino a través de una tubería para la descarga de aguas residuales domésticas hacia el cauce del riachuelo de la microcuenca Salcedo, la misma que fue observada en el punto de muestreo E-02 y E03.

Como se recuerda, de acuerdo a la Autoridad Nacional del Agua (2019), se conoce a las aguas residuales como la presencia de líquidos o aguas generadas por actividades antropogénicas que puedan ser vertidas a un recurso hídrico o reusadas. Según el OEFA (2014), las aguas residuales consideradas domésticas están conformadas por desechos fisiológicos de procedencia humana y deben tener una adecuada disposición, se originan en zona residencial y comercial.

Pauta et al., (2019) en su investigación sobre la calidad del agua, manifiesta que generalmente los recursos hídricos de la cuenca fluvial son aptos para diferentes tipos de uso, pero paulatinamente a medida que avanzan aguas abajo su calidad disminuye debido al vertimiento de aguas residuales sanitarias, factores industriales y naturales como escorrentías o sedimentos debidos a la erosión.

La afirmación de Pauta et al., (2019) refuerza el registro de agua residual doméstica descrito en la presente investigación, ya que el riachuelo de la microcuenca de Salcedo conforme avanza desde la cabecera hasta la zona urbana, aguas abajo su calidad disminuye por el vertimiento de aguas residuales y consigo los agentes de contaminación.



Figura 12: Conexión de desagüe clandestino para drenar agua residual doméstica

4.4.2. BIOTA

Neyra (2023) señala que la biota está compuesta por animales, plantas y otros organismos que residen en una determinada área o región. En la figura 13 se visualiza parte la biota del riachuelo de la microcuenca Salcedo, donde se ha observado que fueron aves en busca de alimento, esto debido a que los residuos sólidos arrojados en el riachuelo tienen desechos de alimentos, al no estar clasificados, seleccionados ni separados de los residuos municipales y al no existir una adecuada clasificación de los mismos es un foco de atracción de animales.

En la zona de estudio también existen adecuadas condiciones para el crecimiento de plantas silvestres, las mismas que son persistentes a la contaminación; sin embargo, al tener un crecimiento excesivo también reducen el parámetro del agua oxígeno disuelto para el ambiente acuático, que de acuerdo a los ECA deben ser iguales o mayores a 5 mg/L, pero a mayor cantidad de especies de flora y fauna acuática en menor cantidad de agua, este parámetro se reduce, tal como menciona Roca (2019), la concentración de

oxígeno disuelto en el agua está estrechamente relacionada a la presencia de las algas y condiciones ambientales, ya que el oxígeno en el agua es un parámetro influenciado por las características más importantes del agua.



Figura 13: Biota del riachuelo de la microcuenca Salcedo

4.4.3. EUTROFIZACIÓN

De acuerdo a la figura 14, el agua del riachuelo de la microcuenca Salcedo está eutrofizada por el crecimiento de plantas acuáticas alimentadas por el exceso de nutrientes de los residuos sólidos y descarga de efluentes.

Según la literatura consultada, de acuerdo a Barceló et al. (2008) la eutrofización es un proceso biológico donde se producen productores primarios de forma incontrolada y desmesurada como resultado del exceso de nutrientes en los cuerpos de agua, lo cual produce alteraciones en la calidad del agua.

Los impactos de las actividades antropogénicas en los sistemas acuíferos crean problemas de control de la calidad del agua. (U.S. Geological Survey, 2017).



Figura 14: Eutrofización del agua del riachuelo de la microcuenca Salcedo

4.4.4. RESIDUOS SÓLIDOS

Según Smith & Enger (2006) los residuos sólidos son los materiales que las personas ya no quieren porque están rotos, descompuestos o no tienen otro uso o valor, como desechos domésticos, de negocios, instituciones y de algunas fuentes industriales.

En la figura 15 se evidencia residuos sólidos arrojados al cauce del río por la población aledaña a la zona de estudio. Se registra principalmente la presencia de bolsas de un solo uso, botellas de Tereftalato de polietileno (PET), residuos de tecnopor o poliestireno expandido (EPS), entre otros agentes de contaminación, los cuales están presentes en los tres puntos de muestreo, E-01, E02 y E03 y su proceso de degradación general microplásticos.

Según la investigación de Huanaco (2019) los microplásticos producto de la contaminación en los ecosistemas de agua dulce, específicamente en el río Rímac son preocupantes para la salud de las personas y el ecosistema acuático de agua dulce debido a que podrían ser consumidos por especies acuáticas e ingresar a la cadena trófica.

El riachuelo de la microcuenca Salcedo está contaminado por residuos sólidos y de confirmarse la presencia de micloplásticos en la zona de estudio, que afluye al lago Titicaca, también existiría una bioacumulación del mismo en cuerpos del ambiente acuático del lago.



Figura 15: Residuos sólidos

4.4.5. VECTORES DE CONTAMINACIÓN

En la figura 16 se muestra la presencia de insectos y arácnidos, principalmente moscas y arañas; no obstante, la mosca es el vector de contaminación más común en el riachuelo de la microcuenca Salcedo.

De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (2020), los vectores son seres vivos con la capacidad de transmitir patógenos a personas o animales. En su mayoría son insectos hematófagos que succionan microorganismos patógenos junto a la sangre de un

portador infectado, luego de que el ventores infeccioso, el patógeno tiene la capacidad de transmitir el resto de su vida en cada picadura o ingestión de sangre posterior.



Figura 16: Vectores de contaminación

4.4.6. LIXIVIADOS

En la figura 17 se observan lixiviados de actividades industriales que por escorrentía están siendo arrastrados hacia el riachuelo de la microcuenca Salcedo, son provocadas por algunas empresas informales de carpintería metálica y de madera, trabajadores de construcción y en menor escala las empresas acuícolas en la zona de estudio.

Según la revisión de literatura, en los arroyos se han encontrado contaminantes químicos que perjudican la vida vegetal y animal; pesticidas y otros químicos que se filtran al suelo y contaminan los acuíferos; La escorrentía contaminada de carreteras y estacionamientos afecta la calidad del agua en los arroyos de la ciudad (U.S. Geological Survey, 2017).



Figura 17: Lixiviados de actividades industriales informales

4.5. PRUEBA DE HIPÓTESIS

4.5.1. HIPÓTESIS GENERAL

Hipótesis alterna H_a : La calidad de agua en el riachuelo de la microcuenca Salcedo, Puno, 2024, está alterada ya que excede los ECA para agua, categoría 4, de acuerdo al D.S. N° 004-2017-MINAM.

- $H_a \neq$ ECA para agua, conservación del ambiente acuático
- La hipótesis alterna sí es aceptada de acuerdo a los resultados obtenidos

Hipótesis nula H_0 : La calidad de agua en el riachuelo de la microcuenca Salcedo, Puno, 2024, no está alterada porque no excede los ECA para agua, categoría 4, de acuerdo al D.S. N° 004-2017-MINAM.

- $H_0 =$ ECA para agua, conservación del ambiente acuático

- La hipótesis nula no se acepta, según los resultados obtenidos

De esta manera, se acepta la hipótesis general, ya que en la Tabla 4, los parámetros microbiológicos del riachuelo de la microcuenca Salcedo sobrepasan los ECA para agua, conservación del ambiente acuático. En la figura 4 se muestra cómo los coliformes totales y termotolerantes están por encima de lo establecido en la normativa.

4.5.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICA 1

Hipótesis alterna H_a : Los indicadores físico químicos de la calidad de agua en el riachuelo de la microcuenca Salcedo exceden los ECA para agua, categoría 4, de acuerdo al D.S. N° 004-2017-MINAM.

- $H_a > \text{ECA}$ para agua, conservación del ambiente acuático
- La hipótesis alterna no es aceptada de acuerdo a los resultados obtenidos

Hipótesis nula H_0 : Los indicadores físico químicos de la calidad de agua en el riachuelo de la microcuenca Salcedo no exceden los ECA para agua, categoría 4, de acuerdo al D.S. N° 004-2017-MINAM.

- $H_0 = \text{ECA}$ para agua, conservación del ambiente acuático
- Según los resultados obtenidos, sí se acepta la hipótesis nula

Al aceptarse la hipótesis nula, no se acepta la hipótesis específica 1, porque de acuerdo a los resultados obtenidos, los parámetros físico químicos del riachuelo de la microcuenca Salcedo no sobrepasan los ECA para agua, conservación del ambiente acuático, esto según la tabla 6: temperatura ($^{\circ}\text{C}$), tabla 7: potencial de hidrógeno (pH), tabla 8: conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$) y tabla 9: oxígeno disuelto (mg/L).

4.5.3. HIPÓTESIS ESPECÍFICA 2

Hipótesis alterna H_a : Los indicadores microbiológicos de la calidad de agua en el riachuelo de la microcuenca Salcedo exceden los ECA, categoría 4, en cumplimiento del D.S. N° 004-2017-MINAM.

- $H_a > \text{ECA}$ para agua, conservación del ambiente acuático
- La hipótesis alterna sí es aceptada de acuerdo a los resultados

Hipótesis nula H_0 : Los indicadores microbiológicos de la calidad de agua en el riachuelo de la microcuenca Salcedo no exceden los ECA, categoría 4, en cumplimiento del D.S. N° 004-2017-MINAM.

- H_0 = ECA para agua, conservación de ecosistemas acuáticos
- De acuerdo al análisis realizado no se acepta la hipótesis nula

Al aceptarse la hipótesis alterna, se acepta la hipótesis específica 1, ya que en la Tabla 11, el parámetro microbiológico, los coliformes termotolerantes del riachuelo de la microcuenca Salcedo sobrepasan los ECA para agua, conservación del ambiente acuático. En la Figura 11 se muestra cómo los coliformes termotolerantes están por encima de lo establecido en la normativa.

CONCLUSIONES

PRIMERA

La calidad del agua en el riachuelo de la microcuenca Salcedo, distrito de Puno, 2024, en cumplimiento del D.S. N° 004-2017-MINAM, no está alterada en los parámetros físico químicos pero si en los parámetros microbiológicos, de acuerdo a los instrumentos de investigación aplicados en el riachuelo. Los parámetros microbiológicos del mencionado riachuelo superan los ECA para agua – categoría 4 conservación del ambiente acuático, en coliformes termotolerantes, cuya causa es la contaminación por aguas residuales domésticas de desagües clandestinos, ello indica la presencia de residuos fecales. Aparte de ello, en la zona de estudio se ha registrado y descrito contaminación por residuos sólidos domiciliarios e industriales, bolsas de un solo uso, botellas de tereftalato de polietileno (PET), residuos de tecnopor o poliestireno expandido (EPS), vectores de contaminación y crecimiento de la biota en las orillas de la zona de estudio, los mismos que también alteran la calidad del agua al generar microplásticos que podrían bioacumularse en cuerpos de la cadena trófica.

SEGUNDA

Los indicadores físicos y químicos en el riachuelo de la microcuenca Salcedo según los ECA para agua - categoría 4 conservación del ambiente acuático, en cumplimiento del D.S. N° 004-2017-MINAM, en las tres muestras de la zona de estudio, E-01, E-02 y E-03, están dentro de lo permisible por la norma, que señala que el potencial de hidrógeno (pH) debe estar en un rango de 6.5 a 9.0 de pH, la temperatura debe tener una variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada, la

conductividad de 1000 uS/cm, oxígeno disuelto de ≥ 5 mg/L, turbiedad de 100 NTU. Dichos parámetros no sobrepasan los estándares de calidad ambiental para agua - categoría 4, conservación del ambiente acuático, a pesar de que existen indicadores de contaminación, de acuerdo al registro de agentes de contaminación descritos, el factor que influye es el caudal del riachuelo de la microcuenca Salcedo, el mismo que al estar en constante movimiento, por escorrentía lleva consigo los agentes de contaminación.

TERCERA

En los indicadores microbiológicos en el riachuelo de la microcuenca Salcedo, según los ECA para agua - categoría 4 conservación del ambiente acuático, en cumplimiento del D.S. N° 004-2017-MINAM, el parámetro coliformes termotolerantes en los tres puntos de muestreo, E-01, E-02 y E-03, sobrepasa lo permisible por la norma, ya que éstos no deben exceder los 2000 NMP/100ml; no obstante, en los resultados del análisis de laboratorio de las tres muestras, E-01, E-02 y E-03, se evidencia que están en un rango menor a 3000 NMP/100ml, lo cual es un indicador de presencia de residuos fecales en los puntos de muestreo de la zona de estudio. Tal como se ha registrado y descrito en los agentes de contaminación visibles en el riachuelo, el parámetro microbiológico de los coliformes termotolerantes provienen de desagües clandestinos y la falta de servicios de saneamiento en la cabecera de la microcuenca.

RECOMENDACIONES

PRIMERA

A la población aledaña en la zona de estudio,, desde la cabecera de la microcuenca hasta el Jr. Javier Francisco Cáceres y Av. Industrial que atraviesa el riachuelo en el centro poblado de Salcedo, tomar conciencia del efecto causado por actividades antropogénicas, que repercute en la alteración de la calidad del agua en los parámetros microbiológicos, coliformes termotolerantes, que afectan a los ecosistemas acuáticos del Lago Titicaca, la flora y fauna endémica y por ende la cadena trófica, tomar acciones de buenas prácticas medioambientales, como evitar conexiones de desagües clandestinos, reducir el consumo de productos con bolsas de plástico, evitar el arrojado de residuos sólidos al riachuelo, para de esta manera contribuir con el desarrollo y mejoramiento de las condiciones del ambiente acuático del lago Titicaca.

SEGUNDA

A las autoridades del gobierno local, regional y central, antes de monitoreo, fiscalización y sanción, en cumplimiento de sus funciones, salvaguardar los ecosistemas acuáticos a través de sus planes de monitoreo, mitigación y conservación, y así aminorar el impacto negativo de las actividades antropogénicas, las mismas que se ven reflejadas en los agentes de contaminación del agua en la microcuenca Salcedo. A las autoridades del centro poblado Salcedo, incorporar en sus políticas públicas la gestión proyectos medioambientales que incluyan la implementación de un plan de manejo de microcuenca, sistemas de alcantarillado, mejoramiento de sistemas de agua y desagüe, la

sensibilización y capacitación a la población para la adecuada disposición final de residuos sólidos municipales.

TERCERA

A los investigadores, se abre la brecha de investigación cuantitativa para analizar el otros parámetros en el riachuelo de la microcuenca Salcedo, ya que en esta investigación no se vio las causas de contaminación de residuos sólidos y lixiviados que fueron descritos en el registro de agentes de contaminación en la zona de estudio, posibilitando otras técnicas e instrumentos de investigación, es así que se apertura la posibilidad de investigar lixiviados por actividades industriales de carpintería metálica y de madera, microplásticos o metales pesados en sedimentos, caracterización de residuos sólidos e industriales, entre otros.

BIBLIOGRAFÍA

- Arévalo, A. (2023). Estudio de la diversidad de microalgas y cianobacterias en ecosistemas acuáticos continentales del Ecuador, para establecer la calidad del agua. [Master Thesis, Quito: Universidad Tecnológica Indoamérica]. <https://repositorio.uti.edu.ec//handle/123456789/6200>
- Autoridad Nacional del Agua. (2013). Metodología para la Determinación del Índice de Calidad de Agua de los Recursos Hídricos Superficiales en el Perú (ICA-PE). Ministerio de Agricultura y Riego Perú. https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/propuesta_metodologia_ica-pe.pdf
- Autoridad Nacional del Agua. (2019). Resolución Jefatural 300-2019-ANA. https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.ana.gob.pe%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2Fnormatividad%2Ffiles%2FRJ%2520300-2019-ANA.pdf&psig=AOvVaw01U8iVM8Y_klw7mmslcEju&ust=1719970294861000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CacQr5oMahcKEwjlvZzstleHAXUAAAAHQAAAAAQGQ
- Barceló, D., Ayora, C., Carrera, J., Castaño, S., Folch, M., García Calvo, E., Gómez-Alday, J. J., Guasch, H., Jofre, J., Lema, J. M., López de Alda, M., Lucena, F., Moreno-Amich, R., Muñoz, I., Nieto, J. M., Omil, F., Ortiz, I., Romani, A., Sabater, S., ... Torrens, A. (2008). Aguas continentales. Gestión de recursos hídricos, tratamiento y calidad del agua. <https://digital.csic.es/handle/10261/22637>
- Bonilla, B. (2015). Diagnóstico de la calidad de los recursos hídricos y diseño de una propuesta para su manejo y sostenibilidad en las cuencas El Jute y San Antonio, La Libertad, El Salvador [Tesis de maestría, Universidad de El Salvador]. <https://hdl.handle.net/20.500.14492/2948>

- Cerna, A., Aguirre, C., Wong, B., Tello, J., & Pinchi, W. (2022). Calidad de agua para riego en la cuenca Huallaga, Perú. *Scientia Agropecuaria*, 13(3), Article 3. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2022.022>
- Cushman, R. (2014). Ríos y riachuelos. En *Mecánica de fluidos ambientales* (p. 115). New Hampshire (USA): Thayer School of Engineering at Dartmouth. https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/CUSHMAN-ROISIN%20%282014%29.%20Rivers%20and%20streams.pdf
- Cusiche, L., Miranda, G., Cusiche, L., & Miranda, G. (2019). Contaminación por aguas residuales e indicadores de calidad en la reserva nacional 'Lago Junín', Perú. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 10(6), 1433-1447. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i6.1870>
- Díaz, C., García, D., & Solís, C. (2003). Agua potable para pequeñas comunidades rurales a través de un sistema de colección y almacenamiento de lluvia y planta potabilizadora. *Agua potable para comunidades rurales, reuso y tratamientos avanzados de aguas residuales domésticas*, 269.
- Dirección de Recursos Hídricos - Gobierno de Tucumán. (2017). Calidad de Agua [Gestión de recursos hídricos]. Dirección de Recursos Hídricos. <http://www.recursohidricos.gov.ar/webback/index.php/nuestra-funcion/2017-03-23-14-12-06/calidad-de-agua>
- DS-004-2017-MINAM. (2017). Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua. El Peruano. <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/DS-004-2017-MINAM.pdf>
- Elosegi, A., & Sabater, S. (2009). Conceptos y técnicas en ecología fluvial. Fundación BBVA. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=376923>
- Foraquita, J., & Arriaga, A. (2020). Proponer un sistema sostenible sectorizado de drenaje pluvial urbano para los centros poblados de Salcedo y Jayllihuaya de la ciudad

- de Puno-2019. Universidad Nacional del Altiplano.
<https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/13929>
- Forsythe, S. (2003). Alimentos seguros: Microbiología (1.^a ed.). Editorial Acribia, S.A.
https://www.editorialacribia.com/libro/alimentos-seguros-microbiologia_54023/,
https://www.editorialacribia.com/libro/alimentos-seguros-microbiologia_54023/
- Francisco, J. (2003). Investigación sobre el efecto de la temperatura en los procesos biológicos por fangos activos [Phd, E.T.S.I. Caminos, Canales y Puertos (UPM)].
<https://oa.upm.es/1685/>
- Gil, J., Vizcaino, C., & Montaña, N. J. (2018). Evaluación de la calidad del agua superficial utilizando el índice de calidad del agua (ICA). Caso de estudio: Cuenca del Río Guarapiche, Monagas, Venezuela. *Anales Científicos*, 79(1), 111.
<https://doi.org/10.21704/ac.v79i1.1146>
- Hernández, O., Mancilla, Ó., Palomera, C., Olgún, J., Flores, H., Can, Á., Ortega, H., & Sánchez, E. (2020). Evaluación de la calidad del agua y de la ribera en dos cuencas tributarias del Río Tuxcacuesco, Jalisco, México. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 36(3), 689-701. <https://doi.org/10.20937/rica.53595>
- Huanaco, R. (2019). Diagnóstico de la presencia de microplásticos en sedimentos laterales en la cuenca baja del Río Rímac [Master Thesis, Pontificia Universidad Católica del Perú].
<https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio//handle/20.500.12404/19416>
- Jay, J. (2012). *Modern Food Microbiology* (Fifht edition). Springer Science & Business Media.
https://books.google.com.pe/books?id=qv_jBwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false
- López, T., Villalba, G., Policani, M., Bogarín, B., & Mendoza, A. (2021). Calidad de agua del Arroyo Guazú del Departamento Central evaluada mediante indicadores

biológicos, parámetros fisicoquímicos y ecotoxicológicos.

<https://revistascientificas.una.py/index.php/rdgic/article/view/964>

Mamani, K. (2020). Determinación de la calidad de agua del Río llave, sector Chijichaya – Puno durante la elaboración de la tunta, 2018.

<http://repositorio.upsc.edu.pe/handle/UPSC/4572>

Manrique, H. (2023). Evaluación de la calidad del agua del río Torococha y la percepción de los pobladores sobre los efectos en la salud en el distrito de Juliaca-2023.

Universidad Privada San Carlos. <http://repositorio.upsc.edu.pe/handle/UPSC/595>

Mejía, M. (2005). Análisis de la calidad del agua para consumo humano y percepción local de las tecnologías apropiadas para su desinfección a escala domiciliaria, en la microcuenca El Limón, San Jerónimo, Honduras.

<https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/4434>

Mejía M., J. A. (2006). Hidrología Aplicada. Universidad Nacional Agraria La Molina.

<https://es.scribd.com/document/437388964/Abel-Mejia-Hidrologia-Aplicada-pdf>

Mestas, T. (2022). Evaluación de parámetros físicos de agua del río illpa—Hito puente illpa—Puno, 2021. Universidad Privada San Carlos.

<http://repositorio.upsc.edu.pe/handle/UPSC S.A.C./358>

Metcalf, E. (1995). Ingeniería de aguas residuales: Tratamiento, vertido y reutilización.: Vol. I (Tercera). McGraw-Hill.

<https://es.scribd.com/document/290416625/Ingenieria-de-Aguas-Residuales-Completo>

Ministerio de la Producción. (2011). Decreto Supremo 005-2011-produce.

<https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww2.produce.gob.pe%2Fdispositivos%2Fpublicaciones%2F2011%2F Abril%2Fds005-2011-produce.pdf>

https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww2.produce.gob.pe%2Fdispositivos%2Fpublicaciones%2F2011%2F Abril%2Fds005-2011-produce.pdf&psig=AOvVaw08wZw5il_bFlroljh6s6CO&ust=1720049379694000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CAQQn5wMahcKEwiw8--uwYmHAXUAAAAHQAAAAAQBA

HQAAAAAQBA

- Ministerio de Medio Ambiente de España. (2000). Libro Blanco del Agua en España.
<https://hispagua.cedex.es/node/66958>
- Ministerio del Ambiente de Perú. (s. f.). Estándares de calidad ambiental. Dirección General de Calidad Ambiental. Recuperado 29 de octubre de 2023, de <https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/estandares-de-calidad-ambiental/>
- Morales, A. (2007). Evaluación de cambios microbiológicos, pH, actividad de agua y color de tallarines instantáneos con vegetales y sabor a pollo bajo temperatura de deterioro acelerado [Universidad Samorano].
<https://bdigital.zamorano.edu/bitstreams/48f64d17-6517-4a03-b3c1-08cf5f0e4369/download>
- Neyra, P. (2023). Recursos naturales y desarrollo turístico distrito de Santa Ana, Quillabamba, Cusco 2022. Repositorio Institucional - UCV.
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/115879>
- OEFA, O. de E. y F. A. (2014). Aguas residuales (1-700). Cyclus Print Matt.
https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827http://www.usil.edu.pe/sites/default/files/revista-saber-y-hacer-v2n2.2-1-19set16-aguas-residuales.pdf
- Ordoñez, J. (2011). ¿Qué es una cuenca hidrologica? (Primera). Sociedad Geográfica de Lima - Foro Peruano para el Agua - GWP Perú.
- Organización Mundial de la Salud. (2020). Enfermedades transmitidas por vectores.
<https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/vector-borne-diseases>
- Pauta, G., Velazco, M., Gutierrez, D., Vázquez, G., Rivera, S., Morales, O., & Abril, A. (2019). Evaluación de la calidad del agua de los ríos de la ciudad de Cuenca, Ecuador. *Maskana*, 10(2), 76-88.
- Pradillo, B. (2016). Parámetros de control del agua potable.
<https://www.iagua.es/blogs/beatriz-pradillo/parametros-control-agua-potable>
- Roca, E. (2019). Variación de oxígeno disuelto y su influencia como indicador de calidad de agua en la Bahía de Paracas (2013 – 2015) – Pisco [Tesis de maestría,

- Universidad Nacional José Faustino Sanchez Carrión].
<https://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/20.500.14067/3670>
- Sierra R., C. A. (2011). Calidad del agua: Evaluación y diagnóstico (Primera). Ediciones de la U.
https://www.google.com.pe/books/edition/Calidad_del_agua/2fAYEAAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=1&printsec=frontcover
- SINEACE. (2018). Caracterización de Puno.
<https://www.sineace.gob.pe/wp-content/uploads/2017/08/PERFIL-PUNO.pdf>
- Smith, B., & Enger, E. (2006). Ciencia Ambiental—Un estudio de interrelaciones (10.^a ed.). McGraw-Hill.
https://www.ingebook.com/ib/NPcd/IB_BooksVis?cod_primaria=1000187&codigo_libro=4281
- Sucapuca, R. (2022). Evaluación de la calidad del agua del río Crucero, aplicando el ICA-PE y CCME-WQI en proximidades de la zona urbana del distrito de Crucero, Carabaya, Puno (Perú).
<https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/5313>
- Tarapa, W. (2023). Calidad ambiental del agua en la bahía interior de Puno—Lago Titicaca 2021. Universidad Privada San Carlos.
<http://repositorio.upsc.edu.pe/handle/UPSC/523>
- Tingal, D., & Gil, A. (2019). Determinación de la Contaminación Orgánica del Río Llaucano – Cajamarca Perú Aplicando Macroinvertebrados Bentónicos como Bioindicadores de la Calidad del Ecosistema Acuático 2018. Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo. <http://repositorio.upagu.edu.pe/handle/UPAGU/881>
- Tobar, J. (2011). La Microcuenca como ámbito de planificación de los recursos naturales. Food and Agriculture Organization of the United Nations - FAO.
<https://www.fao.org/climatechange/30329-07fbeat2365b50c707fe5ed283868f23d.pdf>

Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza –UICN. (2009). Guía para la Elaboración de Planes de Manejo de Microcuencas (Primera).

U.S. Geological Survey. (2017). La Ciencia del Agua para Escuelas: Calidad del Agua.
<https://water.usgs.gov/gotita/waterquality.html>

ANEXOS

Anexo 01: Matriz de consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA: "EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA EN EL RIACHUELO DE LA MICROCUENCA SALCEDO, PUNO, 2024"							
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLE	DIMENSIÓN DE ANÁLISIS	INDICADOR	ÍNDICE	MÉTODO
<p>PROBLEMA GENERAL: ¿Cuál es la calidad del agua en el riachuelo de la microcuenca Salcedo, Puno, 2024?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL: Evaluar la calidad del agua en el riachuelo de la microcuenca Salcedo, distrito de Puno, 2024, en cumplimiento del D.S. N° 004-2017-MINAM.</p>	<p>HIPÓTESIS GENERAL: La calidad de agua en el riachuelo de la microcuenca Salcedo, Puno, 2024, está alterada ya que excede los ECA para agua, categoría 4, de acuerdo al D.S. N° 004-2017-MINAM.</p>	<p>VARIABLE DEPENDIENTE: Calidad del agua</p>	<p>Agua superficial</p>	<p>Contaminación por actividades antrópicas</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Descargas de efluentes • Residuos sólidos • Residuos hidrobiológicos • Vectores • Biota 	<p>CUANTITATIVO: Extracción directa de muestras de acuerdo al Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales</p>

<p>PROBLEMA ESPECÍFICO 1:</p> <p>¿Cuáles son los indicadores físicos y químicos del riachuelo de la microcuenca Salcedo, según los ECAs, categoría 4?</p>	<p>OBJETIVO ESPECÍFICO 1:</p> <p>Determinar los indicadores físicos y químicos en el riachuelo de la microcuenca Salcedo según los ECAs, categoría 4, en cumplimiento del D.S. N° 004-2017-MINAM.</p>	<p>HIPÓTESIS ESPECÍFICA 1:</p> <p>Los indicadores físicos y químicos de la calidad de agua en el riachuelo de la microcuenca Salcedo exceden los ECA para agua, categoría 4, de acuerdo al D.S. N° 004-2017-MINAM.</p>	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE</p> <p>Parámetros físico y químicos microbiológicos en el riachuelo de la microcuenca Salcedo</p>	<p>Agua superficial</p>	<p>Parámetro físico químico</p>	<p><u>Físicas</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Color • Temperatura • Turbiedad • Conductividad • Sólidos suspendidos <p><u>Químicas</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Cloruros • Dureza total y calcio • Nitratos • Nitritos • pH • Sulfatos • OD 	<p>CUANTITATIVO:</p> <p>Medición con equipo multiparámetro (in-situ)</p>
<p>PROBLEMA ESPECÍFICO 2:</p> <p>¿Cuáles son los indicadores microbiológicos del riachuelo de la microcuenca Salcedo según los ECAs, categoría 4?</p>	<p>OBJETIVO ESPECÍFICO 2:</p> <p>Determinar los indicadores microbiológicos en el riachuelo de la microcuenca Salcedo según los ECAs, categoría 4, en cumplimiento del D.S. N° 004-2017-MINAM.</p>	<p>HIPÓTESIS ESPECÍFICA 2:</p> <p>Los indicadores microbiológicos de la calidad de agua en el riachuelo de la microcuenca Salcedo que exceden los ECA para agua, categoría 4, en cumplimiento del D.S. N° 004-2017-MINAM.</p>		<p>Agua superficial</p>	<p>Parámetro microbiológico</p>	<p><u>Microbiológico</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Coliformes termotolerantes • Coliformes totales 	

Anexo 02: Instrumento de investigación: Ficha de registro de datos en campo para parámetro físico y químico

FICHA DE REGISTRO DE DATOS EN CAMPO: PARÁMETRO FÍSICO Y QUÍMICO DEL RIACHUELO DE LA MICROCUENCA SALCEDO, PUNO, 2024										
Estación de Muestra/Muestra	Fecha	Hora	pH	T °C	Turbidez	OD ml/L	Conductividad	Altura (m)	Coordenadas	
									Este	Norte
E-01	2024									
E-02	2024									
E-03	2024									

Anexo 03: Instrumento de investigación: Ficha de resultados de análisis microbiológicos

FICHA DE ANÁLISIS PARA PARÁMETRO MICROBIOLÓGICO				
Estación	Muestra	Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	Coliformes Totales (NMP/100mL)	
E-01	1			
E-02	2			
E-03	3			

Anexo 04: Instrumento de investigación: Ficha de registro de agentes de contaminación

FICHA DE REGISTRO: EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA EN EL RIACHUELO DE LA MICROCUENCA SALCEDO, PUNO, 2024						
Estación de Muestreo	E-01		E-02		E-03	
	Coordenadas		Coordenadas		Coordenadas	
ÍTEM	Este	Norte	Este	Norte	Este	Norte
Residuos sólidos	Existen residuos sólidos evidentemente por contaminación antropogénica		Existen residuos sólidos evidentemente por contaminación antropogénica		Existen residuos sólidos evidentemente por contaminación antropogénica	
Residuos hidrobiológicos	No existe visiblemente existencia de residuos hidrobiológicos		No existe visiblemente existencia de residuos hidrobiológicos		No existe visiblemente existencia de residuos hidrobiológicos	
Eutrofización	Existe eutrofización evidente en las aguas del riachuelo, ya que están cubiertas algas de agua		Existe eutrofización evidente en las aguas del riachuelo, ya que están cubiertas algas de agua		Existe eutrofización evidente en las aguas del riachuelo, ya que están cubiertas algas de agua	
Vectores	Existen moscas y otros insectos en el riachuelo		Existen moscas y otros insectos en el riachuelo		Existen moscas y otros insectos en el riachuelo	
Biota	Regularmente se observó la presencia de aves y canes en busca de alimentos		Regularmente se observó la presencia de aves y canes en busca de alimentos		Regularmente se observó la presencia de aves y canes en busca de alimentos	
Descargas de efluentes	Se observó descarga de aguas utilizadas de la empresa truchicola privada, Piscifactorías		Se observó descarga de aguas servidas aparentemente domiciliarias		No se observó descarga de aguas servidas aparentemente domiciliarias	
Otros:	Se observan lixiviados		Se observan lixiviados		No se observó lixiviados	

Anexo 05: Instrumento de investigación: Cadena de custodia

CADENA DE CUSTODIA: EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA EN EL RIACHUELO DE LA MICROCUENCA SALCEDO, PUNO, 2024														
NOMBRE DEL PROGRAMA DE MONITOREO	EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RIACHUELO DE LA MICROCUENCA SALCEDO, PUNO, 2024		NOMBRE DEL EFLENTE		NOMBRE DEL RIACHUELO		POBLACIÓN SERVIDA							
	ES RESIDUAL	AGUA	SI	NO										
DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO	LOCALIDAD		FECHA DE REPORTE (mm, dd,aa)									
MUESTREADOR	DNI		FIRMA											
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA			PARÁMETROS DE CAMPO				PARÁMETROS DE ENSAYO		TIPO DE FUENTE HÍDRICA APROVECHADA		COORDENADAS DEL PUNTO DE MUESTREO ZONA UTM			
FECHA DE MUESTREO (dd,mm,aa)	HORA DE MUESTREO (hh,mm,ss)	MATRIZ	ORIGEN DE LA MUESTRA	PUNTO DE MUESTREO	pH	T °C	CONDUCTIVIDAD μ S/cm	TURBIDIDAD (UNT)	OD ml/L	Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	Coliformes Totales (NMP/100mL)	ESTE	NORTE	ALTITUD
1														
2														
3														
4														
5														
OBSERVACIONES :														

Anexo 06: Certificado de análisis de parámetros físico químicos y microbiológicos



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA QUÍMICA
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD



N.º 003014

Certificado de Análisis

ASUNTO : ANALISIS FISICO QUIMICO DE RIACHUELO
PROCEDENCIA : RIACHUELO DE MICROCUENCA SALCEDO, DISTRITO DE PUNO
PROYECTO : EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RIACHUELO DE LA MICROCUENCA SALCEDO, PUNO 2024
INTERESADO : JESUS QUISPE TORRES
MOTIVO : TESIS
MUESTREO : 02/09/2024, por el interesado
FECH. DE RECEP. : 02/09/2024
ANÁLISIS : 02/09/2024
COD. MUESTRA : B0009-000623

CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS

ASPECTO : Líquido
COLOR : Incoloro

CARACTERÍSTICAS FISICO - QUÍMICAS

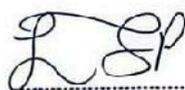
PARAMETROS FISICO QUIMICOS	UNIDAD	MUESTRA 01	METODO ANALITICO
Potencial de Hidrogeno	pH	7.45	Electrométrico
Temperatura	°C	16.30	Termómetro
Conductividad Electrica	uS/cm	234.00	Conductimetria
Oxigeno Disuelto	mg/L	6.58	Multiparametro
Turbiedad	NTU	10.72	Turbidimetro

CARACTERISTICAS MICROBIOLÓGICO

PARAMETROS FISICO QUIMICOS	UNIDAD	MUESTRA 01	METODO ANALITICO
Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	<3000	NMP/100ml
Coliformes Total	NMP/100ml	<3000	NMP/100ml

Puno, C.U. 28/09/2024

VºBº



ING. LUZ MARINA TEVES PONCE
ANALISTA DE LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD
F.I.Q. - UNA - CIP - 182393



Dr. Teófilo Donaires Flores
DECANO DE LA F.I.Q.
UNA - PUNO

Ciudad Universitaria Av. Floral N° 1153, Facultad de Ingeniería Química – Cel.: 951755420



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA QUÍMICA
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD



N.º 003015

Certificado de Análisis

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE RIACHUELO

PROCEDENCIA : RIACHUELO DE MICROCUENCA SALCEDO, DISTRITO DE PUNO
 PROYECTO : EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RIACHUELO DE LA MICROCUENCA SALCEDO, PUNO 2024
 INTERESADO : JESUS QUISPE TORRES
 MOTIVO : TESIS
 MUESTREO : 02/09/2024, por el interesado
 FECH. DE RECEP. : 02/09/2024
 ANÁLISIS : 02/09/2024
 COD. MUESTRA : B0009-000623

CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS

ASPECTO : Líquido
 COLOR : Incoloro

CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS

PARAMETROS FÍSICO QUÍMICOS	UNIDAD	MUESTRA 02	METODO ANALITICO
Potencial de Hidrogeno	pH	7.50	Electrométrico
Temperatura	°C	16.80	Termómetro
Conductividad Eléctrica	uS/cm	17.46	Conductimetría
Oxígeno Disuelto	mg/L	6.98	Multiparametro
Turbiedad	NTU	1.68	Turbidímetro

CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICO

PARAMETROS FÍSICO QUÍMICOS	UNIDAD	MUESTRA 02	METODO ANALITICO
Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	<3000	NMP/100ml
Coliformes Total	NMP/100ml	<3000	NMP/100ml

Puno, C.U. 28/09/2024
 VºBº


 ING. LUZ MARINA TEVES PONCE
 MAESTRA LABORATORISTA DE CONTROL DE CALIDAD
 FIG - UNA - C.P. - 102393


 DR. Edilio Domínguez Flores
 DECANO DE LA F.I.Q.
 UNA - PUNO

Ciudad Universitaria Av. Floral N° 1153, Facultad de Ingeniería Química – Cel.: 951755420



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA QUÍMICA
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD



N.º 003016

Certificado de Análisis

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE RIACHUELO

PROCEDENCIA : RIACHUELO DE MICROCUENCA SALCEDO, DISTRITO DE PUNO
 PROYECTO : EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RIACHUELO DE LA
 MICROCUENCA SALCEDO, PUNO 2024
 INTERESADO : JESUS QUISPE TORRES
 MOTIVO : TESIS
 MUESTREO : 02/09/2024, por el interesado
 FECH. DE RECEP. : 02/09/2024
 ANÁLISIS : 02/09/2024
 COD. MUESTRA : B0009-000623

CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS

ASPECTO : Líquido
 COLOR : Incoloro

CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS

PARAMETROS FÍSICO QUÍMICOS	UNIDAD	MUESTRA 03	METODO ANALITICO
Potencial de Hidrogeno	pH	7.59	Electrométrico
Temperatura	°C	16.75	Termómetro
Conductividad Eléctrica	uS/cm	18.74	Conductimetría
Oxígeno Disuelto	mg/L	7.15	Multiparametro
Turbiedad	NTU	0.36	Turbidímetro

CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICO

PARAMETROS FÍSICO QUÍMICOS	UNIDAD	MUESTRA 03	METODO ANALITICO
Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	<3000	NMP/100ml
Coliformes Total	NMP/100ml	<3000	NMP/100ml

Puno, C.U. 28/09/2024
 vºBº



ING. LUZ MARINA TEVES PONCE
 ANALISTA DE LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD
 F.Q. - UNA - CIP - 162393




Dr. Teófilo Domínguez Flores
 DECANO DE LA F.I.Q.
 UNA - PUNO

Ciudad Universitaria Av. Floral N° 1153, Facultad de Ingeniería Química - Cel.: 951755420

Anexo 07: Panel fotográfico



Figura 18: Toma de muestras en los puntos de la zona de estudio



Figura 19: Etiquetado y rotulado de muestras



Figura 20: Llenado de la cadena de custodia



Figura 21: Resguardo para traslado de muestras a laboratorio

Anexo 08: Parámetros de los estándares de calidad ambiental de acuerdo al D.S. N° 004-2017-MINAM, ECA para agua, categoría 4 - conservación del ambiente acuático.

**ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL (ECA) PARA AGUA, CATEGORÍA 4:
CONSERVACIÓN DEL AMBIENTE ACUÁTICO**

Parámetros	Unidad de medida	E1: Lagunas y lagos	E2: Ríos		E3: Ecosistemas costeros y marinos	
			Costa y sierra	Selva	Estuarios	Marinos
FÍSICOS- QUÍMICOS						
Aceites y Grasas (MEH)	mg/L	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Cianuro Libre	mg/L	0,0052	0,0052	0,0052	0,001	0,001
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	20 (a)	20 (a)	20 (a)	**	**
Clorofila A	mg/L	0,008	**	**	**	**
Conductividad	(μ S/cm)	1 000	1 000	1 000	**	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	5	10	10	15	10
Fenoles	mg/L	2,56	2,56	2,56	5,8	5,8
Fósforo total	mg/L	0,035	0,05	0,05	0,124	0,062
Nitratos (NO ₃ ⁻) (c)	mg/L	13	13	13	200	200
Amoniaco Total (NH ₃)	mg/L	(1)	(1)	(1)	(2)	(2)
Nitrógeno Total	mg/L	0,315	**	**	**	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 5	≥ 5	≥ 5	≥ 4	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,8 – 8,5	6,8 – 8,5
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	≤ 25	≤ 100	≤ 400	≤ 100	≤ 30
Sulfuros	mg/L	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	Δ 3	Δ 2	Δ 2
Carbamato						
Heptacloro Epóxido	mg/L	0,000038	0,000038	0,000038	0,000036	0,000036
Lindano	mg/L	0,00095	0,00095	0,00095	**	**
Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Aldicarb	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,00015	0,00015
MICROBIOLÓGICO						
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	1 000	2 000	2 000	1 000	2 000

FUENTE: DECRETO SUPREMO D.S. N° 004-2017-MINAM, ECA para agua, categoría 4

Anexo 09: Parámetros de los estándares de calidad ambiental de acuerdo al D.S. N° 004-2017-MINAM, ECA para agua, categoría 1 – agua de uso poblacional y recreacional.

**ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL (ECA) PARA AGUA, CATEGORÍA 1:
POBLACIONAL Y RECREACIONAL**

Categoría 1: Poblacional y Recreacional

Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable

Parámetros	Unidad de medida	A1	A2	A3
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
FÍSICOS- QUÍMICOS				
Aceites y Grasas	mg/L	0,5	1,7	1,7
Cianuro Total	mg/L	0,07	**	**
Cianuro Libre	mg/L	**	0,2	0,2
Cloruros	mg/L	250	250	250
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	15	100 (a)	**
Conductividad	(μ S/cm)	1 500	1 600	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	3	5	10
Dureza	mg/L	500	**	**
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	10	20	30
Fenoles	mg/L	0,003	**	**
Fluoruros	mg/L	1,5	**	**
Fósforo Total	mg/L	0,1	0,15	0,15
Materiales Flotantes de Origen Antropogénico		Ausencia de material flotante de origen antrópico	Ausencia de material flotante de origen antrópico	Ausencia de material flotante de origen antrópico
Nitratos (NO ₃ ⁻) (c)	mg/L	50	50	50
Nitritos (NO ₂ ⁻) (d)	mg/L	3	3	**
Amoníaco- N	mg/L	1,5	1,5	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 6	≥ 5	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5	5,5 – 9,0	5,5 - 9,0
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	1 000	1 000	1 500
Sulfatos	mg/L	250	500	**
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	**
Turbiedad	UNT	5	100	**

Parámetros	Unidad de medida	A1	A2	A3
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS				
Coliformes Totales	NMP/100 ml	50	**	**
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	20	2 000	20 000
Formas Parasitarias	N° Organismo/L	0	**	**
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml	0	**	**
<i>Vibrio cholerae</i>	Presencia/100 ml	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Organismos de vida libre (algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nemátodos, en todos sus estadios evolutivos) (f)	N° Organismo/L	0	<5x10 ⁶	<5x10 ⁶

FUENTE: DECRETO SUPREMO D.S. N° 004-2017-MINAM, ECA para agua, categoría 1