

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS

FACULTAD DE INGENIERÍAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

**CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO DEL RÍO RAMIS EN EL
PUNTO DE CAPTACIÓN DE SEDA JULIACA, SAN ROMAN JULIACA, 2025**

PRESENTADA POR:

BRAYHAM ANGEL CUTIPA BARRIALES

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

PUNO – PERÚ

2026





7.91%

SIMILARITY OVERALL

SCANNED ON: 26 FEB 2026, 11:01 PM

Originality & Authorship Report

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

● IDENTICAL
2.8%

● CHANGED TEXT
5.11%

Report #31683347

BRAYHAM ANGEL CUTIPA BARRIALES // CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO D
EL RÍO RAMIS EN EL PUNTO DE CAPTACIÓN DE SEDA JULIACA, SAN ROMAN
JULIACA, 2025 RESUMEN La contaminación por metales pesados en el Altiplano
representa un grave problema ambiental provocado principalmente por la
actividad minera en la cuenca del río Ramis. Este fenómeno altera la
calidad del agua incorporando sustancias tóxicas en la cadena alimentaria,
afectando a la población y los ecosistemas. El objetivo de este estudio
fue evaluar la calidad del agua del río Ramis en el punto de
captación de SEDA Juliaca para consumo humano, conforme a los Estándares
de Calidad Ambiental (ECA) del agua en San Román, Juliaca 2025; para
ello se aplicó una metodología basada en el análisis fisicoquímico de
muestras recolectadas en dos puntos críticos de la cuenca, determinando
concentraciones de metales pesados como As (0.011 mg/L), Cd (0.00145 mg/
L), Cr total (0.0245 mg/L), Hg (0.0003 mg/L) y Pb (0.043 mg/L).
Los resultados evidenciaron que el arsénico y el plomo superan los
límites establecidos por los ECA, lo que refleja el impacto de los
pasivos mineros en la región y confirma que el agua del río Ramis
no cumple con las condiciones de seguridad para consumo humano. En
conclusión, la presencia de estos metales pesados, especialmente arsénico y
plomo por su alta toxicidad, representa un riesgo ambiental y sanitario
significativo, lo que exige la implementación urgente de medidas de

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

**CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO DEL RÍO RAMIS EN EL
PUNTO DE CAPTACIÓN DE SEDA JULIACA, SAN ROMAN JULIACA, 2025**

PRESENTADA POR:

BRAYHAM ANGEL CUTIPA BARRIALES

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE

:


Dra. MARLENE CUSIMONTESINOS

PRIMER MIEMBRO

:


M.Sc. KORINA ASQUI GOMEZ

SEGUNDO MIEMBRO

:


Dra. CELIA VERENISSE ORTIZ DE ORUE ROJAS

ASESOR DE TESIS

:


Mg. JULIO WILFREDO CANO OJEDA

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Ingeniería Ambiental

Línea de investigación: Ciencias Ambientales

Puno, 03 de marzo del 2026.

DEDICATORIA

A Dios quien ha forjado mi camino y me ha dirigido por el sendero correcto, a mis padres por motivarme constantemente para alcanzar mis anhelos, muchos de mis logros se los debo a ustedes. Gracias familia.

A la luz de mis ojos, mi querido hijo Dario. A ti, que has iluminado cada día de este largo camino. Tu sonrisa fue el sol en mis momentos de cansancio, y tu presencia, mi más grande recompensa. Todo el esfuerzo ha valido la pena, porque lo he hecho pensando en ti.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Privada San Carlos, por ser el hogar académico que me abrió sus puertas y me proporcionó un ambiente de excelencia para mi desarrollo profesional. Agradezco la calidad de su plan de estudios, sus recursos de investigación y la infraestructura que hizo posible la realización de este trabajo. En especial, extendiendo mi gratitud a la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, por su invaluable apoyo y por fomentar una cultura de rigor académico que ha sido clave en mi formación.

A los miembros del jurado:

- Dra. MARLENE CUSI MONTESINOS
- M.Sc. KORINA ASQUI GOMEZ
- Dra. CELIA VERENISSE ORTIZ DE ORUE ROJAS

Agradezco sinceramente su dedicación y rigor académico en la revisión de mi tesis. Sus valiosos aportes y sugerencias han sido de gran ayuda para fortalecer esta investigación. Su papel como evaluadores es crucial para la calidad de la ciencia, y me siento honrado de haber contado con su experiencia.

Agradezco a mi asesor de Tesis Mg. JULIO WILFREDO CANO OJEDA por la oportunidad de haber aprendido de su vasto conocimiento. Cada una de sus preguntas y sugerencias no solo mejoró mi tesis, sino que también expandió mi comprensión del tema. Este proceso me ha demostrado que el verdadero aprendizaje continúa más allá de las aulas, y les estoy muy agradecido por haber sido parte de él.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	1
AGRADECIMIENTOS	2
ÍNDICE GENERAL	3
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	7
ÍNDICE DE ANEXOS	8
RESUMEN	9
ABSTRACT	10
INTRODUCCIÓN	11

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
1.1.1. PROBLEMA GENERAL	15
1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	15
1.2. ANTECEDENTES	15
1.2.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES	15
1.2.2. ANTECEDENTES NACIONALES	16
1.2.3. ANTECEDENTES LOCALES	18
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	19
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	19
1.3.2. OBJETIVO ESPECÍFICOS	19

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO	21
2.1.1. EL AGUA.	21

2.1.2. CONTAMINACIÓN DEL AGUA.	21
2.1.3. DÉFICIT HÍDRICO.	22
2.1.4. CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO.	22
2.1.5. IMPORTANCIA DEL AGUA.	22
2.1.6. METALES PESADOS.	23
2.1.7. DEGRADACIÓN QUÍMICA DEL SUSTRATO POR ACUMULACION DE METALES PESADOS.	23
2.1.8. EFECTOS FISIOPATOLÓGICOS Y PERSISTENCIA DE LOS METALES PESADOS CON MAYOR IMPACTO AMBIENTAL	23
2.1.9. ESTÁNDAR DE CALIDAD AMBIENTAL – ECA AGUA	24
2.2. MARCO CONCEPTUAL	24
2.3. MARCO NORMATIVO	26
2.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	27
2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL	27
2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	27
CAPÍTULO III	
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	
3.1. ZONA DE ESTUDIO	28
3.2. TAMAÑO DE MUESTRA	28
3.2.1. POBLACIÓN	28
3.2.2. TAMAÑO DE MUESTRA	29
3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS	30
3.3.1. MÉTODOS	30
3.2.2. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS	34
3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES	36
3.5. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO	36

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. CONCENTRACIÓN DE LOS PARÁMETROS INORGÁNICOS DEL AGUA DEL PUNTO DE CAPTACIÓN SEDA JULIACA CON LOS ECAS SUBCATEGORÍA A	38
4.2. PRUEBA DE HIPÓTESIS	40
CONCLUSIONES	42
RECOMENDACIONES	43
BIBLIOGRAFÍA	44
ANEXOS	48

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 01: Ubicación y codificación de los puntos de muestreo	30
Tabla 02: Protocolos detallados para la recolección de muestras de agua.	31
Tabla 03: Protocolo para muestreo de parámetros Inorgánicos.	33
Tabla 04: Matriz de operacionalización de variables	36
Tabla 05: Concentración de metales pesados y arsénico comparado con los ECA Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable.	38

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 01: Ubicación de la zona de estudio	29
Figura 02: Rotulado de envase para toma de muestra.	52
Figura 03: Toma de muestra punto N° 01	53
Figura 04: Toma de muestra punto N° 02.	54
Figura 05: Recojo de muestras.	55

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 01: Matriz de consistencia	49
Anexo 02: Rótulo de georreferenciación de puntos de muestreo	50
Anexo 03: Categoría 1: Poblacional y Recreacional Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable.	51
Anexo 04: Resultados de los análisis de laboratorio.	51
Anexo 05: Evidencias fotográficas.	53

RESUMEN

La contaminación por metales pesados en el Altiplano representa un grave problema ambiental provocado principalmente por la actividad minera en la cuenca del río Ramis. Este fenómeno altera la calidad del agua incorporando sustancias tóxicas en la cadena alimentaria, afectando a la población y los ecosistemas. El objetivo de este estudio fue evaluar la calidad del agua del río Ramis en el punto de captación de SEDA Juliaca para consumo humano, conforme a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) del agua en San Román, Juliaca 2025; para ello se aplicó una metodología basada en el análisis fisicoquímico de muestras recolectadas en dos puntos críticos de la cuenca, determinando concentraciones de metales pesados como As (0.011 mg/L), Cd (0.00145 mg/L), Cr total (0.0245 mg/L), Hg (0.0003 mg/L) y Pb (0.043 mg/L). Los resultados evidenciaron que el arsénico y el plomo superan los límites establecidos por los ECA, lo que refleja el impacto de los pasivos mineros en la región y confirma que el agua del río Ramis no cumple con las condiciones de seguridad para consumo humano. En conclusión, la presencia de estos metales pesados, especialmente arsénico y plomo por su alta toxicidad, representa un riesgo ambiental y sanitario significativo, lo que exige la implementación urgente de medidas de gestión sostenible y estrategias de remediación para proteger tanto a la población como al ecosistema del Lago Titicaca.

Palabras clave: Calidad de agua, Contaminación, Metales pesados, Minería, Río.

ABSTRACT

Heavy metal contamination in the Altiplano represents a serious environmental problem, mainly caused by mining activities in the Ramis River basin. This phenomenon alters water quality by incorporating toxic substances into the food chain, affecting both the population and ecosystems. The objective of this study was to evaluate the water quality of the Ramis River at the SEDA Juliaca intake point for human consumption, in accordance with the Environmental Quality Standards (ECA) for water in San Román, Juliaca 2025; for this purpose, a methodology based on physicochemical analysis of samples collected at two critical points of the basin was applied, determining concentrations of heavy metals such as As (0.011 mg/L), Cd (0.00145 mg/L), total Cr (0.0245 mg/L), Hg (0.0003 mg/L), and Pb (0.043 mg/L). The results showed that arsenic and lead exceeded the limits established by the ECA, reflecting the impact of mining liabilities in the region and confirming that the water of the Ramis River does not meet safety conditions for human consumption. In conclusion, the presence of these heavy metals, especially arsenic and lead due to their high toxicity, represents a significant environmental and health risk, requiring the urgent implementation of sustainable management measures and remediation strategies to protect both the population and the ecosystem of Lake Titicaca.

Keywords: Water quality, Pollution, Heavy metals, Mining, River.

INTRODUCCIÓN

El río Ramis discurre predominantemente por las provincias de Melgar y Azángaro, en el departamento de Puno. No obstante, su influencia geográfica se extiende de manera parcial hacia las provincias de Sandia, Lampa, Huancané, San Román, San Antonio de Putina y Carabaya. La dinámica de su red hídrica está determinada por la convergencia de sus afluentes principales: los ríos Azángaro, San Antón, Crucero, Ananea y Antauta.

La contaminación hídrica por metales pesados representa un desafío ambiental crítico a escala global. Elementos como el mercurio, plomo, cadmio, arsénico y cromo ingresan a los ecosistemas fluviales derivados de procesos industriales, mineros y agropecuarios. Debido a su naturaleza recalcitrante, estos contaminantes no sufren degradación biológica, favoreciendo su bioacumulación en sedimentos y fauna acuática. Este fenómeno compromete la integridad de la biodiversidad y la seguridad sanitaria de las poblaciones humanas vinculadas al recurso hídrico, lo que hace imperativo investigar su dinámica para diseñar políticas de mitigación y monitoreo eficaces.

En la actualidad, la contaminación natural del agua superficial por metales, debido a la generación de aguas residuales drenajes ácido de roca en cuenca glaciar como una probable consecuencia de la desglaciación, es una preocupación en el Perú debido al impacto negativo en la salud humana y los medios de vida (Zevallos, 2023).

El impacto de los metales pesados en la salud humana está condicionado por su origen principalmente minero, industrial y agropecuario y su naturaleza química. Desde una perspectiva toxicológica, es posible dividirlos en dos grupos: elementos con funciones biológicas específicas y metales estrictamente tóxicos As, Cd, Pb (Pérez et al., 2021).

La estructura del presente estudio se articula en cuatro capítulos fundamentales.

CAPÍTULO I Se centra en el planteamiento y formulación del problema de investigación. Incluye los antecedentes en tres niveles —internacional, nacional y local— que permiten contextualizar el estudio. Además, define los objetivos generales y específicos que guiarán el desarrollo de la investigación.

CAPÍTULO II Desarrolla el marco teórico, conceptual y normativo que sustenta el estudio.

En este apartado se revisan las teorías y conceptos clave, así como las normas aplicables al tema. Finalmente, se formulan las hipótesis que orientan el análisis.

CAPÍTULO III Expone la ruta metodológica de la investigación. Detalla el área de estudio, el diseño de investigación adoptado, la determinación de la muestra y las técnicas de recolección y análisis de datos que se emplearán.

CAPÍTULO IV Presenta el análisis e interpretación de los resultados obtenidos. Este capítulo culmina con las conclusiones derivadas del estudio y las recomendaciones pertinentes, orientadas a la aplicación práctica o a futuras investigaciones.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A nivel global, la degradación ambiental constituye uno de los desafíos más críticos para la sociedad contemporánea, manifestándose en la pérdida sistemática de la calidad del agua, aire y suelo producto de diversas actividades antropogénicas. En este escenario, la presencia de metales pesados en los recursos hídricos destaca como una problemática de especial preocupación debido a su persistencia y toxicidad. Entre los elementos con mayor impacto toxicológico en ecosistemas fluviales se identifican el mercurio (Hg), arsénico (As), cromo (Cr), plomo (Pb), cadmio (Cd), níquel (Ni) y zinc (Zn) (Tuco et al., 2022).

En el contexto peruano, diversas investigaciones sobre cuerpos de agua superficiales han evidenciado niveles críticos de contaminación por metales pesados. Se ha determinado que la mayor carga de estos agentes contaminantes deriva de la intervención humana, identificando a la actividad minera tanto en sus procesos de extracción como de beneficio como la principal fuente de degradación de la calidad hídrica en el país (Choque y Estremadoyro, 2024).

Si bien los metales pesados en concentraciones trazas son esenciales para diversas funciones biológicas, su incremento desmedido a causa de actividades antropogénicas principalmente agrícolas y mineras altera los ciclos biogeoquímicos en ecosistemas acuáticos y terrestres. La complejidad del impacto sobre los seres vivos reside en la especiación del metal; es decir, la forma química en que se encuentra el elemento

determina su interacción con los ligandos de los órganos receptores, condicionando así su biodisponibilidad y potencial neurotóxico o sistémico (Mori, 2021).

La proliferación descontrolada de la minería informal en Puno durante los últimos años se identifica como el principal agente de deterioro ambiental en la región. Esta situación se manifiesta en la destrucción de hábitats naturales y la desaparición de especies de flora y fauna nativa. Asimismo, la contaminación por efluentes y residuos sólidos mineros ha provocado una disminución en la calidad de los recursos hídricos y edáficos, vulnerando la sostenibilidad del entorno y el bienestar social (Coila, 2024).

La hidrografía de la cuenca del río Ramis muestra una vulnerabilidad significativa frente a agentes inorgánicos. En el tramo del río Azángaro, los análisis químicos certificados por BHIOS Laboratorio revelan niveles de plomo que alcanzan los 1.2425 mg/L, superando el umbral permitido por la normativa nacional para aguas superficiales de consumo humano. La génesis de esta polución se localiza en los procesos mineros de la zona alta (San Rafael), cuya descarga de contaminantes orgánicos e inorgánicos impacta finalmente en el lago Titicaca, afectando el equilibrio biótico de este cuerpo lótico (Mamani, 2024).

A nivel nacional, el antecedente fundamental es el marco legal que rige su estudio, complementado con estudios de cuenca. El Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para Agua (D.S. N° 004-2017-MINAM) es el referente normativo. Este decreto establece los valores que definen una fuente de agua superficial como apta para la producción de agua potable (Categoría 1, Subcategoría A2: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional). La comparación de los resultados del río Ramis con este ECA es el núcleo de la investigación, permitiendo determinar si la fuente cumple con las condiciones mínimas exigidas por el Estado peruano para el abastecimiento poblacional (MINAM, 2017).

Formulación del problema

1.1.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cuál es la calidad del agua del río Ramis para consumo humano en el punto de captación de SEDA Juliaca, según los estándares de Calidad Ambiental (ECA) San Roman - Juliaca 2025?

1.1.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Cuál es la concentración de metales pesados del río Ramis en el punto de captación de Seda Juliaca - San Román?
- ¿Cuál es el grado de cumplimiento de los niveles de metales pesados en el curso del río Ramis en relación con los límites máximos permitidos por los ECA para aguas de Categoría 1, Subcategoría A?

1.2. ANTECEDENTES

1.2.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Alvarado et al. (2022), evaluaron la calidad del agua en las fuentes de abastecimiento de Hidalgo del Parral (Chihuahua), empleando un diseño de muestreo basado en la sectorización de la Junta Municipal de Agua y Saneamiento. Mediante Espectrometría de Emisión Óptica de Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-OES) y Espectroscopía de Absorción Atómica (AAS), se determinó la concentración de metales totales (Pb, As, Cr, Cd, Zn, Fe y Ca). Los resultados evidenciaron anomalías significativas en los niveles de hierro (Fe), destacando la 'Planta Potabilizadora Parral' (20.8 mg/L), 'Veta Colorada' (21.225 mg/L) y 'Mezcla Vesper Recompensa' (14.975 mg/L). Asimismo, el calcio (Ca) mostró una presencia ubicua, con excepción de los 'Pozos del Valle del Verano', registrando concentraciones que cuadruplican los límites normativos vigentes.

Cevallos et al. (2023), con el propósito de evaluar la calidad hídrica y la presencia de metales pesados, se cuantifican las concentraciones de Plomo (Pb), Arsénico (As) Mercurio (Hg) y Cadmio (Cd), donde los hallazgos revelaron que los niveles más elevados de As se localizaron en los puntos de muestreo 1 y 2, con valores de 2.3 µg/L-1 y 2.8 µg/L-1, respectivamente. En contraste, las concentraciones de Hg y Cd resultaron

ser inferiores al límite de detección (LD) del método analítico en la totalidad de las estaciones. Respecto al Pb, los puntos 2 y 3 no mostraron niveles detectables, mientras que en los puntos 1 y 4 se registraron valores de 1.8 $\mu\text{g/L}$ -1 y 0.5 $\mu\text{g/L}$ -1.

Mancilla et al. (2023), en la cuenca, se analizaron las concentraciones de metales pesados (As, Cd, Cr, Hg, Pb y Zn) y parámetros fisicoquímicos en agua y macroinvertebrados durante los periodos de lluvia (2015) y estiaje (2016). Los hallazgos revelaron que, en el agua superficial, el mercurio (0,02 mg/L) y el plomo (0,0015 mg/L) excedieron los límites permisibles en la mayoría de los puntos de muestreo. No obstante, el dato más alarmante se registró en los macroinvertebrados, donde los seis metales sobrepasaron los umbrales de seguridad en el 65% de las estaciones, destacando niveles críticos de mercurio (7,07 mg/kg) y arsénico (5,19 mg/kg), lo que evidencia un proceso de bioacumulación en el ecosistema.

Piérola (2023), estudio la carga metálica de los sedimentos de la bahía de Coronel determinó que el As y el Cu presentan niveles de acumulación superiores al fondo natural, clasificados como enriquecimiento moderado tras aplicar índices geoquímicos de control. Se identificó una fluctuación estacional significativa, con picos de concentración en invierno derivados de la interacción entre la escorrentía del río Biobío y la circulación oceánica del Golfo de Arauco. Mediante el uso de herramientas de registro industrial (RETC), se vincularon estas descargas con la actividad local, proporcionando el sustento técnico para la futura implementación de normativas secundarias de calidad que establecerán los umbrales permitidos para sedimentos y aguas en esta zona de sacrificio.

1.2.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Vasquez (2022), analizó la presencia de metales pesados (As, Cd, Cr, Hg y Pb) en la microcuenca urbana del río Ichu, Huancavelica. El estudio se tipificó como una investigación básica de nivel descriptivo, bajo un diseño no experimental transeccional. El muestreo se realizó en cinco puntos estratégicos del cuerpo lótico, obteniendo rangos de concentración para el Arsénico (0.0051 - 0.0066 mg/L) y el Plomo (0.0004 - 0.0048 mg/L) que se sitúan dentro de los umbrales permitidos. No obstante, al contrastar los resultados

con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) Categoría 4-E2 (Ríos), se determinó que el Cadmio, Cromo y Mercurio exceden los límites máximos establecidos, evidenciando un riesgo potencial para la preservación del ecosistema acuático.

Requejo (2023), en su investigación sobre la cuenca media del río Chancay-Lambayeque, determinó que las variables físicas del agua presentan una estabilidad térmica entre 22,1 °C y 24,0 °C, con un pH que oscila entre 7,40 y 8,01, lo que otorga al recurso una naturaleza ligeramente alcalina. En cuanto a la caracterización química, se reportaron concentraciones máximas de arsénico (0,00405 mg/L) y plomo (0,00127 mg/L), mientras que el cadmio y el mercurio se mantuvieron en niveles mínimos. El estudio concluye que, al no exceder los límites establecidos por el D.S. N° 004-2017-MINAM, el recurso hídrico es apto para el consumo humano mediante procesos básicos de desinfección.

León et al. (2025), con el fin de salvaguardar la salud en áreas rurales, se evaluó la presencia de metales en el agua de consumo del distrito de Ongoy. El análisis multielemental de 22 muestras evidenció que la mayor parte de los analitos se encuentran dentro del rango normativo, exceptuando picos de aluminio (0.130 mg/L) y bario (0.135 mg/L). Cabe destacar que, ante la inexistencia de cadmio y cromo detectables, el sodio presenta niveles significativos (1183 mg/L), lo que posiciona a este elemento como un factor de interés para el monitoreo sanitario y la gestión de recursos hídricos en la zona de Apurímac.

Panduro y Pizangoi (2024), durante su investigación se centraron en cuantificar los niveles de metales pesados (Cd, Cr, Fe, Pb, Hg y As) en el río Neshuya, identificando paralelamente sus fuentes de emisión. El diseño experimental contempló un monitoreo bimodal en seis estaciones distribuidas desde la naciente hasta la desembocadura, abarcando las temporadas de estiaje (junio) y lluvia (marzo). Los resultados analíticos revelaron que la mayoría de los elementos se mantuvieron por debajo de los límites de detección; no obstante, el hierro (Fe) presentó una dinámica estacional marcada, con un incremento de 0.0060 mg/L en época de lluvias a 0.011 mg/L en la estación seca. Estos

hallazgos se vinculan directamente con actividades antropogénicas locales, aunque los valores finales no exceden los límites normativos.

1.2.3. ANTECEDENTES LOCALES

Choque (2023), a través de un estudio descriptivo y no experimental, caracterizó la presencia de elementos metálicos en las aguas de la playa San Juan, en la ciudad de Juli. El protocolo de muestreo, que comprendió diez unidades analíticas distribuidas en cinco estaciones, permitió identificar que el manganeso (0.570 mg/L) y el hierro (0.4 mg/L) son los elementos con mayor presencia. No obstante, al realizar la comparación normativa, se concluyó que las concentraciones de Zn, Ni y Cu no exceden los límites establecidos por los ECA para agua, situándose dentro de los rangos permitidos por la legislación ambiental vigente en el Perú.

Choquecota (2023), con el objetivo de evaluar los niveles de metales pesados (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Ni y Zn) en los sedimentos de diversos afluentes de la cuenca. Siguiendo el protocolo de muestreo Sediment Sampling de la EPA en 26 estaciones, se determinaron concentraciones medias de 105.5 mg/kg para As, 0.88 mg/kg para Cd, 11.60 mg/kg para Cr, 42.89 mg/kg para Cu, 1.17 mg/kg para Hg, 22.58 mg/kg para Pb, 10.29 mg/kg para Ni y 119.80 mg/kg para Zn. El análisis de calidad revela que el ecosistema enfrenta riesgos ecotoxicológicos significativos, principalmente por las concentraciones de arsénico y mercurio. Asimismo, el estudio de distribución espacial permitió identificar zonas críticas con altas acumulaciones de As, Cd, Cr y Cu.

Mamani (2024), en el ecosistema del Altiplano, el río Azángaro, perteneciente a la cuenca del Ramis, evidencia una crítica degradación hídrica por la presencia de metales pesados. Según el informe de ensayo N° 7380-2023 del laboratorio acreditado BHIOS (INACAL), se detectó una concentración de plomo (Pb) de 1.2425 mg/L, cifra que excede significativamente los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para la Categoría 1, subcategoría A (aguas destinadas a la potabilización). Esta polución, vinculada a las operaciones mineras en la cabecera de la cuenca específicamente la unidad San Rafael,

representa un riesgo latente para el Lago Titicaca, dado que este río es uno de sus principales tributarios de carga orgánica e inorgánica.

Nina (2025), evaluó la carga de metales pesados en el río Cuchumbaya Moquegua, 2024, tomando como marco de referencia el D.S. N° 004-2017-MINAM. Los análisis químicos reportaron concentraciones de Cd (0.00003 mg/L), Hg (0.0001 mg/L), Pb (0.0002 mg/L), Mn (0.1681 mg/L), Zn (0.0180 mg/L), Ni (0.0022 mg/L) y Cr total (0.0003 mg/L). Al contrastar estos hallazgos con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) de la Categoría 1, se determinó que la mayoría de los parámetros se encuentran dentro de los límites permisibles; no obstante, el arsénico (As), con un valor de 0.06648 mg/L, excede los umbrales establecidos para las subcategorías A1 y A2, evidenciando una condición crítica para el consumo humano.

Núñez (2024), realizó la evaluación de metales pesados en la cuenca baja del río Coata. Metodológicamente, se empleó un diseño descriptivo no experimental para determinar las concentraciones de Cd, Cu y As. Los resultados indicaron valores de 0,002 mg/L, 0,015 mg/L y 0,027 mg/L, respectivamente. Al confrontar estos datos con el D.S. N°004-2017-MINAM (Categoría 4), se evidenció que el cadmio sobrepasa los estándares de calidad ambiental, a diferencia del cobre y el arsénico que se mantienen en niveles aceptables. Esto permite concluir que la cuenca presenta una contaminación selectiva por cadmio.

1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la calidad del agua del río Ramis para consumo humano en el punto de captación de SEDA Juliaca, según los estándares de Calidad Ambiental (ECAs) del agua San Roman Juliaca 2025.

1.3.2. OBJETIVO ESPECÍFICOS

- Determinar la calidad del agua según concentración de metales pesados del río Ramis en el punto de captación de Seda Juliaca - San Roman.

- Comparar la concentración de metales pesados del río Ramis con los ECA para aguas de Categoría 1, Subcategoría A.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO

2.1.1. EL AGUA.

La creciente dificultad para acceder a agua verdaderamente natural está impulsando un cambio en los hábitos de consumo: la población está optando cada vez más por agua embotellada para beber, mientras reserva el agua del grifo para otros usos. Esta tendencia se debe a la falta de confianza que los ciudadanos tienen en el agua de distribución pública, más allá de problemas como el sabor a cloro. No obstante, la salubridad del consumo constante de agua embotellada también es cuestionable, especialmente cuando se usan envases de plástico de dudosa calidad. Estos recipientes no solo contribuyen a la contaminación ambiental, sino que, potencialmente, podrían contaminar el organismo humano. (Berdonces, 2008).

2.1.2. CONTAMINACIÓN DEL AGUA.

El agua de consumo puede transmitir numerosas enfermedades producidas por agentes microbiológicos y químicos. En nuestro país los brotes de enfermedades hídricas que se relacionan con abastecimientos de agua no apta para el consumo son de declaración obligatoria. La media de notificación anual es de 74 brotes. El problema emergente en nuestro entorno son las enfermedades causadas por contaminantes químicos, ya sea por contaminación del agua en origen o bien debido a las características químicas del abastecimiento, por los materiales instalados en contacto con el agua de consumo, por las sustancias formadas como subproductos de reacción por la utilización de tratamientos

químicos necesarios para la potabilización del agua, o por el mal mantenimiento o diseño de las instalaciones (Marcos, 2005).

2.1.3. DÉFICIT HÍDRICO.

Hoy en día el agua es sin duda un recurso disputado. Múltiples intereses, a menudo contrapuestos, giran alrededor del control del agua y de la forma como esta debería distribuirse y asignarse. Las controversias y conflictos que surgen por la distribución del agua son generalmente precedidos por una serie de discursos acerca de la cantidad de agua existente en una cuenca. Los discursos no sólo imaginan la oferta de agua en la cuenca, sino también moldean y deciden qué intereses deberían prevalecer y, por ende, cómo debería distribuirse el agua (Urteaga, 2013).

2.1.4. CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO.

La calidad del agua para consumo humano es un factor determinante en las condiciones de la salud de las poblaciones, sus características pueden favorecer tanto la prevención como la transmisión de agentes que causan enfermedades, tales como: eda, hepatitis A, polio y parasitosis por protozoarios y helmintos; entre estas, amebiasis, giardiasis, criptosporidiosis y helmintiasis. La diferencia entre prevenir o transmitir este tipo de enfermedades de origen hídrico depende de varios factores, los principales son: la calidad y la continuidad del servicio de suministro de agua (Briñez et al., 2012).

2.1.5. IMPORTANCIA DEL AGUA.

El agua constituye el solvente universal predominante en la anatomía humana, aunque su proporción relativa presenta una marcada variabilidad supeditada a factores biológicos y ambientales. La distribución hídrica se encuentra intrínsecamente ligada a la composición tisular y el género representando aproximadamente el 66 % de la masa corporal en varones y el 50 % en mujeres, además de manifestar una tendencia decreciente con la senescencia, pasando de niveles cercanos al 80 % en la etapa neonatal hasta un promedio del 55 % en la senectud. (Martínez García et al., 2022). En el contexto de la agricultura contemporánea, tanto en México como en el ámbito internacional, el agua representa un insumo estratégico de carácter crítico. Este recurso no solo facilita los

procesos de crecimiento y diferenciación celular en los cultivos, sino que es el medio principal de transporte de solutos esenciales desde la rizósfera, asegurando la supervivencia del ejemplar y la estabilidad de la producción agroalimentaria (Rodríguez et al., 2024),

2.1.6. METALES PESADOS.

Si bien los metales pesados pueden ser componentes intrínsecos de la pedogénesis natural, las actividades de origen antrópico han exacerbado sus concentraciones a niveles críticos. Este fenómeno representa una de las principales problemáticas ambientales contemporáneas, al inducir estados de estrés abiótico en los ecosistemas edáficos debido a la toxicidad derivada de la acumulación de dichos elementos. (Hernández y Hernández, 2022)

2.1.7. DEGRADACIÓN QUÍMICA DEL SUSTRATO POR ACUMULACION DE METALES PESADOS.

El deterioro de la calidad química del agua está estrechamente vinculado a las descargas industriales, las cuales constituyen el vector antropogénico de mayor incidencia en la dispersión de metales pesados. La persistencia y el aumento de las concentraciones de estos analitos en las fuentes hídricas producto de la demanda industrial constante intensifican el riesgo de toxicidad aguda y crónica, comprometiendo la integridad de la biota y la seguridad sanitaria de las poblaciones humanas. (Pabón et al., 2020)

2.1.8. EFECTOS FISIOPATOLÓGICOS Y PERSISTENCIA DE LOS METALES PESADOS CON MAYOR IMPACTO AMBIENTAL

Plomo

El escalamiento global de la polución por metales pesados ha alterado la composición biológica del ser humano, incrementando significativamente la carga de plomo en el esqueleto respecto a siglos anteriores. Este escenario de riesgo, condicionado por la transgresión constante de las normativas de calidad del aire y del agua, genera una crisis de salud pública de carácter transgeneracional. La literatura científica subraya que la exposición a concentraciones supra-umbrales desencadena daños orgánicos

irreversibles, identificando a la infancia como el grupo etario de mayor riesgo epidemiológico (Polo y Sulca, 2019)

Arsénico

A pesar de los avances en la mitigación de la exposición al arsénico mediante el suministro de agua que cumple con los estándares internacionales, el impacto de este metaloide en la salud pública permanece como una línea de investigación prioritaria a nivel global. Históricamente, la Organización Mundial de la Salud (OMS) estableció un límite máximo permisible de 50 µg/L; no obstante, ante la evidencia científica sobre su toxicidad, dicho valor orientador ha sido ajustado de manera más restrictiva a 10 µg/L, reflejando una tendencia hacia la minimización de riesgos en el consumo humano. (Carabantes y Fernicola, 2003)

2.1.9. ESTÁNDAR DE CALIDAD AMBIENTAL – ECA AGUA

En el ordenamiento jurídico peruano, la gestión y vigilancia de los recursos hídricos se rigen por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, ratificados por el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM. Esta normativa establece un marco referencial de concentraciones máximas para indicadores fisicoquímicos y biológicos, estratificados según la categoría de uso asignada al cuerpo de agua. De este modo, el marco legal actúa como un instrumento técnico-normativo indispensable para diagnosticar la aptitud del recurso y garantizar la sostenibilidad de los ecosistemas y la salud de la población (MINAM, 2017).

2.2. MARCO CONCEPTUAL

- **Agua:** El agua es una molécula triatómica compuesta por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno (H₂O), unidos mediante enlaces covalentes polares que forman un ángulo de inclinación aproximado de 104.5°. Físicamente, se caracteriza por ser una sustancia incolora, inodora e insípida en volúmenes reducidos, adquiriendo tonalidades azuladas en grandes masas debido a la absorción selectiva de la luz. Destaca por su alta capacidad como solvente universal y su comportamiento anómalo: a

diferencia de la mayoría de los líquidos, el agua disminuye su densidad al solidificarse (congelación), lo que permite su expansión en estado sólido (Torres, 2022).

- **Muestreo:** El monitoreo de la calidad hídrica constituye el conjunto de operaciones sistemáticas orientadas a la obtención de muestras representativas para su posterior análisis analítico. Este proceso técnico permite la cuantificación de indicadores físicos, químicos y microbiológicos, cuya finalidad primordial es la contrastación de los hallazgos frente a los marcos normativos vigentes (como los ECA), facilitando así un diagnóstico objetivo sobre el estado del cuerpo de agua (D.S N°031, 2010).
- **Aguas superficiales:** Representan acumulaciones de agua superficial, ya sea en estado dinámico o estático, que se originan por eventos de precipitación. Su rasgo distintivo es la permanencia temporal sobre el sustrato, evitando el retorno directo al ciclo atmosférico por vía evaporativa (Torres, 2022).
- **Contaminación del agua:** Se entiende por contaminación hídrica al fenómeno de degradación química y orgánica que sufren los cuerpos de agua dulce y marina debido a la acumulación de solutos tóxicos y sedimentos. Dicha alteración de la matriz hídrica genera un desequilibrio en la biodiversidad local y establece un vector de riesgo epidemiológico para el ser humano, al invalidar el uso del recurso para actividades vitales y productivas (D.S N°031, 2010).
- **Metal pesado:** Se definen como elementos de elevada masa atómica cuya persistencia en el entorno puede generar impactos adversos. Si bien algunos están presentes de forma natural, su incremento por actividades antropogénicas resulta en niveles de toxicidad que comprometen la estabilidad ambiental y el bienestar de los organismos vivos (Nuñez, 2024).
- **Río:** Los ríos se definen como sistemas lóticos de flujo unidireccional que transitan de forma continua sobre la corteza terrestre. Estas corrientes son alimentadas por diversas fuentes meteorológicas y geológicas, tales como la precipitación pluvial, la fusión nival, la escorrentía superficial y la descarga de acuíferos (Nina, 2025).

- **Toxicidad:** La toxicidad se define como el potencial intrínseco de un agente químico para inducir alteraciones fisiopatológicas en un organismo. Este fenómeno es una función multivariada que depende de la dosis administrada, la ruta de ingreso (ingesta, inhalación o dérmica) y la cronología de la exposición. En el ámbito ecotoxicológico, este concepto adquiere una dimensión crítica al considerar la capacidad de persistencia y el efecto acumulativo de los contaminantes, los cuales tienden a concentrarse progresivamente a través de los niveles tróficos (D.S N°031, 2010).
- **Estándar de calidad ambiental:** El Estándar de Calidad Ambiental establece valores de referencia reguladores para las concentraciones de parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el medio (agua, aire, suelo). Al definir estos límites máximos, el ECA busca salvaguardar la salud y conservar el entorno natural (MINAN, 2017).

2.3. MARCO NORMATIVO

- Ley N° 29338, “Ley de Recursos Hídricos” del 31 de marzo de 2009, faculta a la Autoridad máxima del Sistema Nacional de Gestión.
- El Decreto Supremo N° 031-2010-SA contiene las regulaciones generales relativas a la gestión de la calidad del agua potable. Su propósito es asegurar la inocuidad del agua, prevenir riesgos sanitarios y, en última instancia, proteger la salud y el bienestar de la población
- Decreto Supremo N° 001-2010-AG del 24 de marzo de 2010, aprueba el Reglamento de la Ley N°29338 “Ley de Recursos Hídricos
- Reglamento de Organización y Funciones de la ANA - D.S. N° 006-2010-AG (08.07.2010), define la estructura y funciones de la Autoridad Nacional del Agua (ANA) para la gestión de los recursos hídricos.
- D.S. N° 023-2009-MINAM (19.12.2009), establece disposiciones para aplicar los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua en el país.

- Ley General del Ambiente - Ley N° 28611 (15.10.2005), norma base del sistema legal ambiental peruano, que establece principios y deberes generales para la protección del ambiente y el desarrollo sostenible.

2.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

La calidad del agua del río Ramis para consumo humano en el punto de captación de SEDA Juliaca, excede los parámetros del ECA San Roman Juliaca 2025

2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- La calidad de agua según concentración de metales pesados excede en el punto de captación de Seda Juliaca - San Roman.
- La concentración de metales pesados del río Ramis cumplen con los ECA para aguas de la Categoría 1, Subcategoría A.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. ZONA DE ESTUDIO

La zona analizada está ubicada en el distrito de Juliaca, provincia de San Román, que forma parte del departamento de Puno, al sur de Perú. Sus límites son: la provincia de Azángaro (norte), Huancané (este), Cabana (sur) y Lampa (oeste). De acuerdo con el censo de 2017, su población asciende a 307,417 habitantes.

Los habitantes de Juliaca, particularmente quienes residen cerca del río Ramis, enfrentan riesgos sanitarios debido a la polución hídrica, manifestada en afecciones digestivas, cutáneas y respiratorias. Dado que las medidas de limpieza actuales han sido paliativas y carecen de un plan de control integral, resulta imperativo realizar un diagnóstico fisicoquímico del río Ramis. Dicha evaluación proporcionará el sustento técnico necesario para implementar estrategias de gestión ambiental efectivas.

3.2. TAMAÑO DE MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

Rio Ramis:

La zona de estudio está ubicada en el Distrito de Juliaca, perteneciente al Provincia de San Román, con coordenadas geográficas WGS84 zona 19 S, por el Este 499999 y por el Norte 8295100 a una altitud de 3821 msnm, donde tiene una ubicación dentro de los 72° y 66° oeste.



Figura 01: Ubicación de la zona de estudio

Fuente: Google Earth

3.2.2. TAMAÑO DE MUESTRA

La investigación empleó un muestreo no probabilístico por conveniencia, estableciendo dos puntos estratégicos en el cauce urbano del río Ramis en Juliaca. La ubicación de estos puntos responde a la necesidad de captar el impacto de vertimientos domésticos, comerciales e industriales. Al mantener una separación de 50 metros entre estaciones, el diseño permite detectar variaciones espaciales en los parámetros fisicoquímicos, aportando una mayor robustez técnica al contraste con los Estándares de Calidad Ambiental (D.S. N.º 004-2017-MINAM).

Tabla 01: Ubicación y codificación de los puntos de muestreo

Punto de Muestreo	Coordenadas geográficas	Codificación
Muestreo 01	19S 549676 1708554	P1
Muestreo 02	19S 443360 8294500	P2

La población y la muestra está constituida por el cuerpo de agua del río de 50 metros aguas arriba y 50 metros aguas abajo teniendo como referencia la captación de agua de SEDA Juliaca.

3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS

3.3.1. MÉTODOS

Protocolo ECA para Muestreo de Agua (Fuente)

El protocolo de muestreo para evaluar el cumplimiento de los ECA de Agua en Perú se guía principalmente por el Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad de los Cuerpos Naturales de Agua Superficial de la Autoridad Nacional del Agua (ANA), en concordancia con el (MINAM, 2017) que aprueba los ECA para Agua.

Procedimiento Específico para Físicoquímicos (Fuente)

El procedimiento general de toma, preservación y transporte sigue las directrices del MINSA/DIGESA, pero con las siguientes consideraciones específicas para cuerpos de agua superficiales:

Tabla 02: Protocolos detallados para la recolección de muestras de agua.

Parámetro	Envase	Preservación	Medición
Fisicoquímico	Requerido	Típica	
pH, Conductividad	Frasco de plástico (Polipropileno)	Refrigeración 4°C	Obligatorio In Situ
Temperatura	N/A (Termómetro Calibrado)	N/A	Obligatorio In Situ
Sólidos Totales Suspendidos	Frasco de plástico	Refrigeración 4°C	En laboratorio, máx. 7 días.
Metales Pesados (As, Cd, Pb, etc.)	Frasco de plástico (1 L o 500 mL)	Acidificación (HNO ₃ hasta pH < 2) y Refrigeración	En laboratorio.
Nitratos, Fosfatos	Frasco de plástico	Refrigeración 4°C	En laboratorio.
DBO/DQO	Frasco de vidrio ámbar	Refrigeración 4°C	En laboratorio, máx. 48 horas (DBO).

Criterios de Muestreo en la Fuente (Protocolo ANA)

- Toma de Muestra: Para ríos o cuerpos lóticos, la muestra se toma generalmente en el punto central del cuerpo de agua o en el punto de mayor turbulencia, a una profundidad representativa (generalmente 20-30 cm bajo la superficie), evitando el fondo y la superficie inmediata.

- Registro de Campo: Es fundamental registrar las condiciones ambientales al momento del muestreo: estado del tiempo, caudal, presencia de vertimientos no registrados y características organolépticas del agua (color, olor).
- Integridad y Custodia: Se debe mantener la Cadena de Custodia rigurosa, documentando la hora de preservación (sobre todo la acidificación) y la temperatura de transporte, que debe ser constante ($\approx 4^{\circ}\text{C}$).

Protocolo ECA para Muestreo de Parámetros Inorgánicos

Planificación y Puntos de Muestreo

- Puntos de Control (ECA): Los puntos se definen en la fuente natural de agua, usualmente aguas arriba (punto de referencia) y aguas abajo (punto de control) de cualquier vertimiento, asegurando que el muestreo se realice fuera de la zona de mezcla.
- Identificación de Analitos: Los parámetros inorgánicos críticos según el ECA para la Subcategoría A incluyen:
 - Metales pesados y semi metales: Arsénico (As), Cadmio (Cd), Plomo (Pb), Cromo (Cr), Mercurio (Hg), entre otros.
 - Compuestos inorgánicos: Cianuro, Fluoruros, Nitratos, Nitritos, Sulfatos, Cloruros.
- Localización: Registrar el punto con precisión utilizando coordenadas UTM (WGS 84).

Requerimientos de Muestreo para Inorgánicos

- La tabla resume los requisitos esenciales para la toma de muestras de los principales parámetros inorgánicos, vitales para el cumplimiento del ECA en la fuente:

Tabla 03: Protocolo para muestreo de parámetros Inorgánicos.

Parámetro Inorgánico	Tipo de Envase	Preservación	Temperatura de Conservación	Tiempo Máx. de Retención
Metales Totales (As, Pb, Cd, etc.)	Plástico HDPE o Polipropileno (1 L o 500mL), tapa rosca	Acidificación inmediata con HNO ₃ concentrado a pH < 2	4 °C	6 meses
Nitratos (NO ₃) y Nitritos (NO ₂)	Plástico o Vidrio	Refrigeración	4 °C	48 horas (Críticos)
Cianuro Total (CN)	Plástico o Vidrio ámbar	NaOH o KOH a pH > 12 y Refrigeración	4 °C	14 días (si está sulfurado)
Fluoruros (F) y Cloruros (Cl)	Plástico	Ninguna (Solo Refrigeración)	4 °C	28 días
Sulfatos (SO)	Plástico	Refrigeración	4 °C	28 días

Cadena de Custodia y Etiquetado

- Etiquetado: La etiqueta debe adherirse al frasco antes de la toma y debe incluir:
 - Nombre del muestreador.
 - Identificación/Código de la muestra.
 - Punto exacto de muestreo (ej. Latitud/Longitud o Coordenadas UTM).

- Fecha y hora exacta de la toma de muestra (crítico para el control del tiempo de retención).

Procedimiento de Toma y Preservación

❖ **Aseguramiento del Envase:** Se utilizó envases limpios, de primer uso, y que cumplan con los requisitos del laboratorio acreditado. No enjuagar el frasco para metales (pues contienen el volumen exacto de preservante).

❖ **Toma de Muestra (Cuerpo de Agua):**

➤ Sumergir el envase boca abajo hasta la profundidad requerida (generalmente 20-30 cm).

➤ Girar el envase para que se llene, evitando la incorporación de sedimentos del fondo o material flotante de la superficie.

➤ **Llenado:** Llenar el envase hasta el hombro o nivel indicado, dejando un espacio de cabeza mínimo para permitir la adición del preservante y/o la mezcla posterior.

● **Enfoque de la investigación:** La presente investigación estuvo dirigida bajo un enfoque cuantitativo, debido a que los datos para analizar tendrán resultados en valores numéricos, para su posterior comparación con los ECA para el agua.

● **Tipo de investigación:** Se realizó una investigación de tipo descriptivo, cuya finalidad será analizar cuidadosamente los datos a recopilarse en los diferentes puntos de muestreo, de esta forma poder interpretar los resultados finales.

● **Diseño de investigación:** Esta investigación tuvo la finalidad de evaluar y analizar las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas del manantial, reservorio y los demás puntos de muestreo en el distrito de Tiquillaca. Asimismo se aplicará un diseño no experimental, respaldado y justificado teóricamente.

3.2.2. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

● **Técnica:** Registro.

● **Instrumento:** Ficha de Registro de campo (anexo 2)

Materiales a utilizar

- Mascarilla

- Guantes
- Chaleco (distintivo personal)
- Casco
- Cooler
- Wincha
- Cámara Fotográfica y/o filmadora
- Documento - Cadena de Custodia

Diseño metodológico por objetivos específicos

Objetivo específico 01: Se determinó la calidad del agua según concentración de metales pesados del río Ramis en el punto de captación de Seda Juliaca - San Roman.

- El frasco debe ser de plástico (polipropileno) de 1 litro de capacidad, de primer uso, con tapa rosca de boca ancha.
- Antes de tomar la muestra definitiva, se debe enjuagar el frasco tres veces con el mismo tipo de agua que se va a recoger, con el fin de eliminar cualquier contaminante interno. Se debe agitar ligeramente y desechar el líquido de cada enjuague.
- Llenar hasta el límite del frasco, luego de tomada la muestra y cerrar herméticamente.
- Rotular la muestra.
- Llevar al laboratorio.

Objetivo específico 02: Se comparó la concentración de metales pesados del río Ramis con los ECA para aguas de Categoría 1, Subcategoría A.

Con el propósito de cumplir dicho objetivo, se contrastaron los resultados analíticos de forma independiente frente a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) estipulados en el D.S. N° 004-2017-MINAM. Específicamente, se evaluó la correspondencia con la Categoría 1, subcategoría A, procediendo posteriormente con una discusión crítica fundamentada en el análisis comparativo con la literatura académica previa.

3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

Tabla 04: Matriz de operacionalización de variables

VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADOR	ESCALA DE MEDICIÓN
VI:			Alto
Calidad del agua del río Ramis	Inorgánicos	Magnesio, arsénico, cadmio, cromo total, mercurio, plomo.	Medio
			Bajo
VD:	Normativa	ECA DS 004-2017	
Consumo humano		MINAM	Cumple
			No cumple

3.5. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO

El procesamiento de la información se efectuó mediante un análisis de contrastación normativa, fundamentado en la comparación de los resultados analíticos de laboratorio frente a los umbrales de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua. Específicamente, se evaluaron los parámetros bajo los criterios de la Categoría 1, Subcategoría A, conforme al D.S. N.º 004-2017-MINAM, empleando para ello una matriz de consolidación que detalla lo siguiente:

- Valor obtenido en el análisis de laboratorio.
- Valor máximo permitido según el ECA.
- Criterio de cumplimiento: Cumple / No cumple.

Subsiguientemente, se realizó el procesamiento estadístico-descriptivo de los hallazgos mediante el software Microsoft Excel. Esta etapa permitió la sistematización de la información a través de histogramas comparativos y diagramas de conformidad, herramientas que facilitaron la visualización de las brechas entre los valores

experimentales y los niveles permisibles, permitiendo así determinar el nivel de observancia de los parámetros analizados observancia parámetros analizados.

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. CONCENTRACIÓN DE LOS PARÁMETROS INORGÁNICOS DEL AGUA DEL PUNTO DE CAPTACIÓN SEDA JULIACA CON LOS ECAS SUBCATEGORÍA A

Tabla 05: Concentración de metales pesados y arsénico comparado con los ECA Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable.

METALES PESADOS	M1	M2	ECA A1	ECA A2	ECA A3	S	NS
Concentración en mg/L							
Magnesio (Mg)	18,34	15,58	**	**	**		x
Arsénico (As)	0,012	0,010	0,01	0,01	0,15	x	
Cadmio (Cd)	0,0015	0,0014	0,003	0,005	0,01		x
Cromo total (Cr)	0,028	0,021	0,05	0,05	0,05		x
Mercurio (Hg)	0,0003	0,0003	0,001	0,002	0,002		x
Plomo (Pb)	0,045	0,041	0,01	0,01	0,05	x	

M1 - M2 = Muestra N° 01 y Muestra N°02

A1= Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección.

A2= Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional.

A3= Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado.

** = No aplica S = Supera, NS = No supera

De acuerdo con los datos de la Tabla 05, los niveles de magnesio, cadmio, cromo y mercurio en el río Ramis en el punto de captación de Seda Juliaca se mantienen por debajo de los umbrales definidos por el D.S. 2004-2017-MINAM para la Categoría 1. No obstante, se identificó un incumplimiento en los parámetros de arsénico (0,012 mg/L) y plomo (0,045 mg/L), los cuales sobrepasan los límites de las subcategorías A1 y A2. Cabe precisar que, en el caso del plomo, la concentración aún es admisible bajo los estándares de la subcategoría A3 (tratamiento avanzado). El arsénico (As) es un metaloide inorgánico con una elevada biodisponibilidad, capaz de inducir cuadros de toxicidad aguda tras la ingesta de dosis críticas superiores a los 70 mg. A nivel sistémico, la intoxicación progresa hacia un compromiso gastrointestinal severo caracterizado por dolor abdominal, náuseas, diarrea y hematemesis, afectando finalmente las funciones cardiovasculares y neurológicas, lo que puede derivar en un desenlace fatal. (Octavio y Olmos, 2022). Estudios realizados por Suasaca (2025), determinación del grado de contaminación de mercurio (Hg), cromo (Cr) y plomo (Pb) en la cuenca baja del río Coata - Puno 2024” Los resultados analíticos identificaron al plomo (Pb) como el metal pesado con mayor índice de excedencia respecto a los estándares normativos. Con una concentración promedio de 0,017 mg/L, este valor sobrepasa los límites establecidos en los ECA-Agua.

Ticona (2025), evaluó la concentración de metales pesados en el sector Crucero-Ananea reveló una calidad de agua deficiente según el D.S. 004-2017-MINAM. Los excedentes en cadmio (0,0070 mg/L), mercurio (0,0017 mg/L) y plomo(0,018) indican un nivel de degradación ambiental significativo, lo cual es determinante para entender la calidad del agua que llega finalmente al punto de captación de Seda Juliaca.

Al contrastar los hallazgos con el estudio de Choque y Estremadoyro (2024), en el río Piñog Condesuyos - Arequipa, se observa una diferencia significativa en el perfil de contaminación. Mientras que en Condesuyos la mayoría de los metales pesados se mantuvieron dentro de los límites de los ECA, con excepción del arsénico (0,04 mg/L), los

resultados en el río Ramis evidencian una vulnerabilidad mayor, sugiriendo que las presiones antrópicas en Juliaca son más complejas que las registradas en el sur de Arequipa en 2022.

4.2. PRUEBA DE HIPÓTESIS

Comparación de la hipótesis general

Se realizó el contraste entre la hipótesis nula H_0 y la alternativa H_a para validar o refutar las suposiciones planteadas inicialmente, basándose en los datos recolectados.

Comprobación de la hipótesis específica 1

Hipótesis nula (H_0): De acuerdo con los análisis realizados, el punto de captación de Seda Juliaca en el río Ramis presenta niveles de metales pesados que se alinean con los ECA de la subcategoría A3, lo que permite su aprovechamiento para consumo humano mediante procesos de tratamiento avanzado.

Hipótesis alterna (H_a): Los niveles de metales pesados detectados en el punto de captación de Seda Juliaca (Río Ramis) superan los límites permitidos por los ECA para Agua, específicamente en la subcategoría A1 y A2 para potabilización.

Realizando el análisis: De acuerdo con los hallazgos sistematizados en la Tabla 05, se determinó que las concentraciones de metales pesados y arsénico se encuentran dentro de los límites permisibles de la Categoría 1, Subcategoría A3 (Aguas tratadas con procesos avanzados). En consecuencia, al no existir evidencia de transgresión normativa bajo estos parámetros específicos, se procede a la aceptación de la hipótesis nula (H_0) y al consecuente rechazo de la hipótesis alterna (H_a).

Comprobación de la hipótesis específica 2

Hipótesis nula (H_0): El análisis de las aguas superficiales del río Ramis determinó que las concentraciones de metales pesados, no es apta para la Subcategoría A de los ECA. Por consiguiente, el agua superficial en esta zona de estudio no cumple con los estándares mínimos de seguridad ambiental para ser procesada como agua de consumo poblacional.

Hipótesis alterna (Ha): El análisis de las aguas superficiales del río Ramis determinó que las concentraciones de metales pesados se encuentran dentro de los límites permisibles establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA). Específicamente, el recurso cumple con los requisitos de la Categoría 1, Subcategoría A, consolidándose como una fuente apta para la producción de agua potable.

Realizando el análisis: Debido a que las concentraciones de arsénico y plomo superan los niveles permitidos para tratamientos simples o convencionales, el agua del río Ramis se clasifica bajo la subcategoría A3. Por lo tanto, se acepta la Ho, concluyendo que el cuerpo de agua es apto para el abastecimiento poblacional únicamente a través de procesos de purificación avanzada, descartando riesgos por metales pesados bajo esta modalidad.

CONCLUSIONES

PRIMERA: Dado que el agua captada presenta concentraciones de arsénico (0.012 mg/L) y plomo (0.043 mg/L) superiores a los límites de los ECA, se requiere implementar procesos de tratamiento avanzados que reduzcan la carga de estos metales pesados.

SEGUNDA: La presencia de metales pesados como arsénico (0.012 mg/L), cadmio (0.00145 mg/L), cromo total (0.0245 mg/L), mercurio (0.0003 mg/L) y plomo (0.045 mg/L) refleja la influencia de actividades mineras en la región. Aunque algunos valores se encuentran dentro de los límites establecidos, las concentraciones elevadas de arsénico y plomo evidencian la contaminación derivada de pasivos ambientales mineros, comprometiendo la calidad del recurso hídrico y representando un riesgo para la salud de la población.

TERCERA: Tras realizar el análisis comparativo se evidenció que las concentraciones de Cadmio (Cd), Cromo total (Cr), Mercurio (Hg) cumplen con los estándares de calidad ambiental (ECA) mientras que el arsénico (0.012 mg/L) y plomo (0.045 mg/L) superan los límites establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para aguas de Categoría 1, Subcategoría A1 y A2. Esto confirma que el agua del río Ramis en el punto de captación de SEDA Juliaca no cumple con las condiciones de seguridad requeridas para consumo humano.

RECOMENDACIONES

PRIMERA: A SEDA Juliaca incorpore tecnologías avanzadas de potabilización orientadas a la remoción de metales pesados, particularmente arsénico (0.012 mg/L) y plomo (0.045 mg/L), cuyas concentraciones superan los límites establecidos por los ECA para aguas de Categoría 1, Subcategoría A1 y A2. Procesos como adsorción con carbón activado, intercambio iónico o filtración por membranas podrían contribuir a garantizar la seguridad del agua destinada al consumo humano.

SEGUNDA: La presencia de metales como As, Cd, Cr, Hg y Pb en el río Ramis refleja la influencia de actividades mineras en la cuenca. Por ello, se recomienda que las autoridades competentes intensifiquen la fiscalización de las operaciones mineras, promuevan planes de cierre y remediación de pasivos ambientales, y establezcan programas de monitoreo permanente de la calidad del agua. Estas acciones permitirán reducir la carga contaminante y prevenir riesgos para la salud pública.

TERCERA: Dado que el agua captada presenta concentraciones de arsénico y plomo superiores a los ECA, se recomienda desarrollar campañas de sensibilización dirigidas a la población sobre los riesgos asociados al consumo de agua contaminada. Asimismo, se debe fomentar la participación comunitaria en la vigilancia ambiental y promover alternativas seguras de abastecimiento mientras se ejecutan las acciones de remediación y tratamiento, asegurando así la sostenibilidad del recurso hídrico y la protección de la salud colectiva.

BIBLIOGRAFÍA

- Alvarado, D. A. C., Vázquez, L. M. R., Méndez, M. Á. S., Palacios, L. C., Ríos, G. S. A. D. los, Terrazas, E. Y., Peraza, E. F. H., y Talamantes, M. del C. A. (2022). Determinación de metales pesados en agua para uso y consumo humano: Caracterización de las principales fuentes de abastecimiento en Hidalgo del Parral, Chihuahua. *South Florida Journal of Development*, 3(1), 1007-1029. <https://doi.org/10.46932/sfjdv3n1-078>
- Berdonces, J. L. (2008). *LA Problemática del Tratamiento del Agua Potable—Actividad 6*. <https://www.studocu.com/es-mx/document/universidad-la-concordia-mexico/administracion/la-problematica-del-tratamiento-del-agua-potable/17601843>
- Briñez, K. J., G, J. C. G., y V, S. A. A. (2012). Calidad del agua para consumo humano en el departamento del Tolima. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, 30(2), 175-182. (Tolima, Colombia). <https://doi.org/10.17533/udea.rfnsp.11679>
- Carabantes, A. G., y Fernicola, N. A. G. G. D. (2003). Arsénico en el agua de bebida: Un problema de salud pública. *Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas*, 39(4), 365-372. <https://doi.org/10.1590/S1516-93322003000400003>
- Cevallos-Mina, M., Luaces-Alberto, M. D., y Cuello-Pérez, M. (2023). Determinación de metales pesados (pb, cd, hg, as) en aguas del río teaone, ecuador. *Journal of Energy, Engineering Optimization and Sustainability*, 7(3), 173-188. <https://doi.org/10.19136/jeeos.a7n3.5692>
- Choque Cruz, A. G. (2023, mayo 17). *Evaluación del grado de contaminación por metales pesados del agua en la playa turística san juan de la ciudad Juli, 2022*. https://repositorio.upsc.edu.pe/bitstream/handle/UPSC/537/Alicia_Gilda_CHOQUE_CRUZ.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- Choque Taco, Y., y Estremadoyro Carpio, M. B. (2024). *Contaminación ambiental por metales pesados en el río Piñog Condesuyos—Arequipa, 2022*. <https://repositorio.utp.edu.pe/item/7bfe8d98-0a0c-4fe5-ad53-330770947b0f>
- Choquecota Riva, A. (2023, octubre 31). *Variación espacial de la concentración de*

- metales pesados en sedimentos en los afluentes de la cuenca del río Ramis—Puno.*
<https://repositorio.unap.edu.pe/items/345b9b63-cd31-4c47-a054-20fc3360b955>
- Coila, J. (2024, mayo 22). *Evaluación del nivel de contaminación por metales pesados en agua para riego y suelo agrícola en el distrito de Llalli provincia de Melgar—Puno.*
<https://repositorio.unap.edu.pe/items/27f239b9-3b4e-4601-8dda-541e287abdb2>
- D.S N°031. (2010). *Decreto Supremo N.° 031-2010-SA.*
<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/273650/reglamento-de-la-calidad-d-el-agua-para-consumo-humano.pdf?v=1561937448>
- Hernández, M. E. L., y Hernández, O. E. M. (2022). Fitorremediación de suelos contaminados por metales pesados: Una revisión. *Revista Ciencia y Tecnología El Higo*, 12(2), 15-28. <https://doi.org/10.5377/elhigo.v12i2.15197>
- León, J. R. H., Joaquin, J. W. S., Serrano, G. C., Chinchay, M. L. G., Cárdenas, A. E. Q., y Siesquen, J. S. (2025). Determinación de metales en agua potable en Apurímac, Perú. *Revista Cubana de Medicina Militar*, 54(2), e025064722-e025064722.
- Mamani Adco, J. R. (2024). *Adsorción del plomo (Pb) empleando biomasa de Musa paradisiaca, en aguas procedentes de la cuenca del río Ramis – Azángaro, 2023.*
<https://hdl.handle.net/20.500.14845/88>
- Mancilla-Villa, O. R., Gómez-Villaseñor, L., Palomera-García, C., Hernández-Vargas, O., Guevara-Gutiérrez, R. D., Ortega-Escobar, H. M., Flores-Magdaleno, H., Can-Chulim, Á., Sánchez-Bernal, E. I., Avelar-Roblero, J. U., y Cruz-Crespo, E. (2023). Metales pesados en agua y macroinvertebrados de la cuenca del río Ayuquila-Armería (México) y sus afluentes. *Revista terra latinoamericana*, 41. <https://doi.org/10.28940/terra.v41i0.1603>
- Marcos, F. V. (2005). *La contaminación ambiental como factor determinante de la salud.*
- Martínez García, R. M., Jiménez Ortega, A. I., Lorenzo-Mora, A. M., y Bermejo, L. M. (2022). Importance of hydration in cardiovascular health and cognitive function. *Nutrición Hospitalaria*. <https://doi.org/10.20960/nh.04304>

- MINAM. (2017). *Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua disposiciones complementarias*. *El Peruano*, 6–9.
<https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/DS-004-2017-MINAM.pdf>
- Mori, C. E. A. (2021). *Mención: Salud ocupacional y ambiental*.
- Nina Acero, J. (2025). *Concentración de metales pesados en aguas del río cuchumbaya distrito cuchumbaya - moquegua, 2024* [privada san carlos - puno].
https://repositorio.upsc.edu.pe/bitstream/handle/upsc/1556/jaime_nina_acero.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Núñez Acrota, D. L. (2024). *Evaluación de las concentraciones de cadmio, cobre y arsénico cuenca baja – río coata puno, 2024*.
- Octavio-Aguilar, P., y Olmos-Palma, D. A. (2022). Efectos sobre la salud del agua contaminada por metales pesados. *Herreriana*, 4(1), 43-47.
<https://doi.org/10.29057/h.v4i1.8630>
- Pabón Guerrero, S. E., Benítez Benítez, R., Sarria Villa, R. A., y Gallo Corredor, J. A. (2020). Contaminación del agua por metales pesados, métodos de análisis y tecnologías de remoción. Una revisión. *Entre Ciencia e Ingeniería*, 14(27), 9-18.
<https://doi.org/10.31908/19098367.1734>
- Panduro Sanchez, Z. M., y Pizango Reategui, B. M. (2024). *Determinación de los Niveles de Concentración de Metales Pesados (Cd, Cr, Fe, Pb, Hg y As) en las Aguas del Río Neshuya, Ucayali Perú*. <https://hdl.handle.net/20.500.14621/7174>
- Pérez, L. C., Tumialan, C. E., y Tumialan, G. E. (2021). Determinación de metales pesados en agua para consumo humano de la ciudad de Junín. *Prospectiva Universitaria en Ingeniería y Tecnología*, 18(1), 53-58.
<https://doi.org/10.26490/uncp.prospectivauniversitaria.2021.18.1416>
- Piérola, M. R. T. (2023). *Evaluación de la contaminación con metales pesados en la bahía de Coronel mediante el análisis de sedimentos*.
- Polo Bravo, C., y Sulca Quispe, L. (2019). Metales pesados: fuentes y su toxicidad sobre la salud humana. *Ciencias*, 2(1), 20-36.

<https://doi.org/10.33326/27066320.2018.1.842>

- Requejo, R. F. V. (2023). *Determinación y Cuantificación de Metales Pesados (As, Cd, Hg, Pb) en la Cuenca Media del Río Chancay – Lambayeque 2022.*
- Rodríguez-Monterrosa, I., Reséndiz-Résendiz, C. A., Salgado-López, F. J., y Hernández-Chávez, D. (2024). La importancia del agua en la agricultura. *XAHNI Boletín Científico de la Escuela Preparatoria No. 6, 2(3), 36-40.*
<https://doi.org/10.29057/xahni.v2i3.13001>
- Suasaca Benavente, B. (2025). *Determinación del grado de contaminación de mercurio(hg), cromo(cr) y plomo(pb) en la cuenca baja del río Coata - Puno 2024.*
- Ticona Quispe, M. D. (2025). *Concentración de metales pesados y parámetros microbiológicos del río crucero distrito de ananea - 2025.*
- Torres Valeriano, R. O. (2022). Determinación de la contaminación por arsénico (AS) en agua de pozos tipo caisson para consumo humano, sector Pacochuma distrito de Umachiri—2022. *Universidad Privada San Carlos.*
<http://repositorio.upsc.edu.pe:8080/handle/UPSC/395>
- Tucto, M. A. B., Zambrano, P. V. M., Barba, R. A. A., y Vinueza, X. R. C. (2022). Evaluación de la contaminación por metales pesados del Río Cuchipamba, Morona Santiago. *Polo del Conocimiento, 7(7), 1987-2013.*
<https://doi.org/10.23857/pc.v7i7.4328>
- Urteaga Crovetto, P. (2013). *Entre la abundancia y la escasez de agua: Discursos, poder y biocombustibles en Piura, Perú.*
- Vasquez Huaman, J. P. (2022). *Contaminación por metales pesados en la microcuenca urbana del Río Ichu en la ciudad de Huancavelica, 2022.*
<https://hdl.handle.net/20.500.14597/4708>
- Zevallos, W. A. B. (2023). *Evaluación de los índices de riesgo para la salud humana por contaminación de metales en aguas superficiales de la subcuenca del río Negro, Áncash.* <https://hdl.handle.net/20.500.12748/555>

ANEXOS

Anexo 01: Matriz de consistencia

Anexo 01: Matriz de consistencia.

TITULO: Calidad del agua para consumo humano del río Ramis en el punto de captación de Seda Juliaca – San Román, 2025

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA
<p>GENERAL ¿Cuál es la calidad del agua del río Ramis para consumo humano en el punto de captación de SEDA Juliaca, según los estándares de Calidad Ambiental (ECA) del agua San Román Juliaca 2025?</p> <p>Problemas específicos ¿Cuál es la concentración de metales pesados del río Ramis en el punto de captación de Seda Juliaca - San Román?</p> <p>¿Cuál es el grado de cumplimiento de los niveles de metales pesados en el curso del río Ramis en relación con los límites máximos permitidos por los ECA para aguas de Categoría 1, Subcategoría A?</p>	<p>GENERAL Determinar la calidad del agua del río Ramis para consumo humano en el punto de captación de SEDA Juliaca, según los estándares de Calidad Ambiental (ECAs) del agua San Román Juliaca 2025.</p> <p>Objetivos específicos Determinar la calidad del agua según concentración de metales pesados del río Ramis en el punto de captación de Seda Juliaca - San Román.</p> <p>Comparar la concentración de metales pesados del río Ramis con los ECA para aguas de Categoría 1, Subcategoría A.</p>	<p>GENERAL La calidad del agua del río Ramis para consumo humano en el punto de captación de SEDA Juliaca, excede los parámetros del ECA San Román Juliaca 2025</p> <p>Hipótesis específicos La calidad de agua según concentración de metales pesados excede en el punto de captación de Seda Juliaca - San Román.</p> <p>La concentración de metales pesados del río Ramis no cumplen con los ECA para aguas de Categoría 1, Subcategoría A.</p>	<p>Variable Independiente: Calidad de agua del río Ramis</p> <p>Variable Dependiente: Consumo humano</p>	<p>Inorgánicos</p> <p>Estándar de calidad agua</p>	<p>Arsénico (Ar), Cadmio (Cd), Cromo total (Cr), Mercurio (Hg), Plomo (Pb)</p> <p>Estándares de Calidad Ambiental (ECA) DS 004-2017 MINAM</p>	<p>DISEÑO DE INVESTIGACION: No experimental</p> <p>TIPO: Descriptivo transversal</p> <p>MUESTRA: 01 Litro de agua</p> <p>POBLACION: Punto de captación de agua (SEDA Juliaca) 50 m río arriba y 50 m río abajo</p>

Anexo 02: Rótulo de georreferenciación de puntos de muestreo


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

ROTULO DE TOMA DE MUESTRAS DE AGUA	
	ORDEN DE TRABAJO:
N° DE MUESTRA:	TIPO DE MUESTRA:
	COORDENADAS UTM:
HORA:	PUNTO DE MUESTREO:
FECHA:	DISTRITO / PROVINCIA:
PRESERVA:	
RESPONSABLE:	

Anexo 03: Categoría 1: Poblacional y Recreacional Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable.

INORGÁNICOS				
Aluminio	mg/L	0,9	5	5
Antimonio	mg/L	0,02	0,02	**
Arsénico	mg/L	0,01	0,01	0,15
Bario	mg/L	0,7	1	**
Berilio	mg/L	0,012	0,04	0,1
Boro	mg/L	2,4	2,4	2,4
Cadmio	mg/L	0,003	0,005	0,01
Cobre	mg/L	2	2	2
Cromo Total	mg/L	0,05	0,05	0,05
Hierro	mg/L	0,3	1	5
Manganeso	mg/L	0,4	0,4	0,5
Mercurio	mg/L	0,001	0,002	0,002
Molibdeno	mg/L	0,07	**	**
Níquel	mg/L	0,07	**	**
Plomo	mg/L	0,01	0,05	0,05
Selenio	mg/L	0,04	0,04	0,05
Uranio	mg/L	0,02	0,02	0,02
Zinc	mg/L	3	5	5

Anexo 04: Resultados de los análisis de laboratorio.



MEGALABORATORIOS QUÍMICOS DE LOS ANDES S.A.C

MEGALABORATORIOS QUÍMICOS DE LOS ANDES S.A.C
AGUAS – SUELOS – MINERALES Y OTROS.
CON EQUIPOS CALIBRADOS Y CERTIFICADOS POR
COMPARACIÓN DE TRAZABILIDAD DIRECTA DE INACAL.
RUC: 20612800741.

INFORME DE ENSAYO /MQA
RESULTADO DE ANÁLISIS

ASUNTO: ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DE AGUA.

PROCEDENCIA: RIO RAMIS - JULIACA - SAN ROMAN - PUNO.
 INTERESADO: BRAYHAM ANGEL CUTIPA BARRIALES
 FECHA DE MUESTREO: 28/11/2025 (por el interesado)
 FECHA DE ANÁLISIS: 29/11/2025.

CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS:


PARAMETROS	UNIDAD	M - 01	M - 02	METODOLOGÍA
pH		8.37	8.18	Potenciómetro
CE	µS/cm	1184.00	1167.00	Conductímetro
Salinidad	%	0.13	0.12	Conductímetro
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	562.20	558.60	Conductímetro
Dureza Total (como CaCO ₃)	mg/L	260.00	268.00	Volumétrico
Alcalinidad (como CaHCO ₃)	mg/L	22.27	23.68	Volumétrico
Cloruros (como Cl ⁻)	mg/L	399.87	399.87	Método Mohr
Sulfatos (como SO ₄ ²⁻)	mg/L	31.80	46.60	Turbidimetría
Nitratos (como NO ₃ ⁻)	mg/L	2.10	1.80	Espectrofotometría
Calcio (como Ca ⁺⁺)	mg/L	72.00	80.00	Volumétrico
Magnesio (como Mg ⁺⁺)	mg/L	18.34	15.58	AAS / EDTA
Arsénico (como As)	mg/L	0.012	0.010	ICP-MS / HG-AAS
Cadmio (como Cd)	mg/L	0.0015	0.0014	ICP-MS / AAS
Cromo total (como Cr)	mg/L	0.028	0.021	ICP-MS / AAS
Mercurio (como Hg)	mg/L	<0.0003	<0.0003	CV-AAS / ICP-MS
Plomo (como Pb)	mg/L	0.045	0.041	ICP-MS / AAS

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO:


Coliformes totales	NMP/100ml	28	26	NMP 3-tubos (APHA 9221B)
Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	3	3	NMP 3-tubos (APHA 9222D)

INTERPRETACION:

- la muestra se recibió en el laboratorio.



Gerente



Ingeniero Químico
ANALISTA DE LABORATORIO

Jr. Esmeralda N°193 URB - Villa Florida - a una cuadra del local Pégola - Puno
 Cel. 973296546 - 983003185

Figura 02: Rotulado de envase para toma de muestra.

Anexo 05: Evidencias fotográficas.



Figura 03: Toma de muestra punto N° 01



Figura 04: Toma de muestra punto N° 02.



Figura 05: Recojo de muestras.