

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS

FACULTAD DE INGENIERÍAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

**CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS DEL AGUA DE
LLUVIA Y SU POTENCIAL USO PARA CONSUMO HUMANO EN LA CIUDAD**

DE ILAVE, PUNO - 2025

PRESENTADA POR:

YOBE MARCOS ALANOCA LAYME

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

PUNO – PERÚ

2026



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



8.58%

SIMILARITY OVERALL

SCANNED ON: 22 DEC 2025, 5:21 PM

Originality & Authorship Report

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

● IDENTICAL 0.18% ● CHANGED TEXT 8.4%

Report #30783175

YOBE MARCOS ALANOCA LAYME // CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS DEL AGUA DE LLUVIA Y SU POTENCIAL USO PARA CONSUMO HUMANO EN LA CIUDAD DE ILAVE, PUNO - 2025 RESUMEN La presente investigación tuvo como objetivo general analizar las características físicas, químicas y microbiológicas del agua de lluvia y su potencial uso para consumo humano en la ciudad de Ilave, provincia de El Collao, Puno, en el año 2025. El estudio se enmarcó en un enfoque cuantitativo, con un diseño no experimental de tipo descriptivo-transaccional. La muestra consistió en agua de lluvia recolectada en tres puntos estratégicos de la ciudad (Barrio Ciudad Nueva, Plaza de Armas y Mercado Central), analizada en laboratorio bajo métodos estandarizados. Los resultados se contrastaron con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, Categoría 1 - Subcategoría A1, establecidos en el D.S. N° 004-2017-MINAM. Los resultados físico químicos demostraron una excelente calidad del recurso: el pH se mantuvo en un rango neutro (7.18 – 7.70), la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) fue baja (<2.4 mg/L) y no se detectaron concentraciones de metales pesados tóxicos (Arsénico <0.005 mg/L y Plomo <0.003 mg/L), lo que descarta contaminación atmosférica o geológica en la precipitación. En cuanto a los parámetros microbiológicos, se identificó la presencia de Coliformes Totales en un rango de 9 a 15 NMP/100mL, valores que se encuentran por debajo del Límite Máximo Permisible (50 NMP/100 mL),

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

TESIS

**CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS DEL AGUA DE
LLUVIA Y SU POTENCIAL USO PARA CONSUMO HUMANO EN LA CIUDAD
DE ILAVE, PUNO - 2025**

PRESENTADA POR:

YOBE MARCOS ALANOCA LAYME

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:


INGENIERO AMBIENTAL

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE

: 
Mg. JULIO WILFREDO CANO OJEDA

PRIMER MIEMBRO

: 
M.Sc. KORINA ASQUI GOMEZ

SEGUNDO MIEMBRO

: 
Mtra. NATALY SILVIA GARCIA VILCA

ASESOR DE TESIS

: 
Dra. MARLENE CUSI MONTESINOS

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Ingeniería Ambiental

Línea de investigación: Ciencias Ambientales

Puno, 29 de diciembre del 2025.

DEDICATORIA

A Dios, por ser mi guía espiritual, por darme la vida y la fortaleza necesaria para superar cada obstáculo en este camino y permitirme alcanzar este gran anhelo profesional.

A mis padres, por su amor incondicional y sacrificio. Gracias por sembrar en mí valores, por creer en mi capacidad y por ser el motor que me impulsa a seguir adelante; este logro es tan mío como de ustedes.

A mi pareja, por su apoyo constante, su paciencia en mis horas de estudio y por ser mi fuente de motivación y aliento para no rendirme nunca.

AGRADECIMIENTOS

- A la Universidad Privada San Carlos, por brindarme una formación profesional para el desarrollo de mi región.
- A la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, por haberme acogido en sus aulas y brindarme las herramientas necesarias para mi formación académica.
- A los miembros del jurado calificador, por su tiempo, disposición y por ser parte fundamental de la evaluación de esta investigación.
- A mi asesor, por brindarme el apoyo, la paciencia y la orientación necesaria para la culminación satisfactoria de esta investigación.

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	14
1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	14
1.2. ANTECEDENTES	14
1.2.1. INTERNACIONAL	14
1.2.2. NACIONAL	16
1.2.3. LOCAL	18
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	20
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	20
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO	21
2.1.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL AGUA DE LLUVIA	21
2.1.2. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DEL AGUA DE LLUVIA	22
2.1.3. CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS DEL AGUA DE LLUVIA	22
2.1.4. USO DEL AGUA DE LLUVIA PARA CONSUMO HUMANO	23
2.1.5. POTENCIAL DE CAPTACIÓN Y USO DEL AGUA DE LLUVIA EN EL COLLAO, ILAVE	23
2.1.6. PERSPECTIVAS DE MANEJO DEL AGUA DE LLUVIA EN EL COLLAO, ILAVE	24
2.2. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	24
2.2.1. HIPÓTESIS GENERAL	24
2.2.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	24

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. ZONA DE ESTUDIO	25
3.2. TAMAÑO DE MUESTRA	26
3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS	27
3.4. METODOLOGÍA DE OBJETIVOS ESPECÍFICOS	27
3.5. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES	28
3.6. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO	29

CAPÍTULO IV

EXPOSICION Y ANALISIS DE LOS RESULTADOS

4.3. PROCESO DE LA PRUEBA DE HIPÓTESIS	39
CONCLUSIONES	42

RECOMENDACIONES	43
BIBLIOGRAFÍA	44
ANEXOS	47

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 01: Georreferencia de los puntos de muestreo de la zona de estudio	26
Tabla 02: Operacionalización de variables	28
Tabla 03: Parametros fisicos-quimicos	30
Tabla 04: Parametros inorganicos	34
Tabla 05: Parámetros microbiológicos	37

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 01: Georreferencia la Zona de estudio el Distrito de Ilave y sus puntos de muestreo.	25
Figura 02: Resultados de pH en los puntos de muestreo	31
Figura 03: Relación de Oxígeno Disuelto y DBO	32
Figura 04: Concentración de Sulfatos	33
Figura 05: Resultados de Metales Traza (Zinc y Cobre)	35
Figura 06: Resultados de Arsénico y Plomo vs LMP	36
Figura 07: Resultados de Coliformes Totales	38
Figura 08: Resultados de Coliformes Termotolerantes	39
Figura 09: Recolectando la primera muestra	52
Figura 10: Recolectando la segunda muestra	52
Figura 11: Recolectando la tercera muestra	53

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 01: Matriz de consistencia	48
Anexo 02: Resultados del laboratorio	49
Anexo 03: Panel fotográfico	52

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo general analizar las características físicas, químicas y microbiológicas del agua de lluvia y su potencial uso para consumo humano en la ciudad de Ilave, provincia de El Collao, Puno, en el año 2025. El estudio se enmarcó en un enfoque cuantitativo, con un diseño no experimental de tipo descriptivo-transaccional. La muestra consistió en agua de lluvia recolectada en tres puntos estratégicos de la ciudad (Barrio Ciudad Nueva, Plaza de Armas y Mercado Central), analizada en laboratorio bajo métodos estandarizados. Los resultados se contrastaron con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, Categoría 1 - Subcategoría A1, establecidos en el D.S. N° 004-2017-MINAM. Los resultados físico químicos demostraron una excelente calidad del recurso: el pH se mantuvo en un rango neutro (7.18 – 7.70), la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) fue baja (<2.4 mg/L) y no se detectaron concentraciones de metales pesados tóxicos (Arsénico <0.005 mg/L y Plomo <0.003 mg/L), lo que descarta contaminación atmosférica o geológica en la precipitación. En cuanto a los parámetros microbiológicos, se identificó la presencia de Coliformes Totales en un rango de 9 a 15 NMP/100mL, valores que se encuentran por debajo del Límite Máximo Permisible (50 NMP/100 mL), mientras que los Coliformes Termotolerantes fueron inferiores a 3 NMP/100mL. Se concluye que, si bien el agua de lluvia en Ilave cumple con la normativa vigente y es apta para consumo humano, la presencia de carga bacteriana ambiental exige la aplicación obligatoria de un proceso de desinfección (cloración o ebullición) antes de su ingesta directa.

Palabras clave: Agua de lluvia, Calidad del agua, Consumo humano, Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.

ABSTRACT

The general objective of this research was to analyze the physical, chemical, and microbiological characteristics of rainwater and its potential use for human consumption in the city of Ilave, El Collao province, Puno, in the year 2025. The study was framed within a quantitative approach, with a non-experimental, descriptive-transactional design. The sample consisted of rainwater collected at three strategic points in the city (Ciudad Nueva Neighborhood, Main Square, and Central Market), analyzed in the laboratory using standardized methods. The results were contrasted with the Environmental Quality Standards (ECA) for Water, Category 1 - Subcategory A1, established in Supreme Decree No. 004-2017-MINAM. The physicochemical results demonstrated excellent resource quality: pH remained in a neutral range (7.18 – 7.70), Biochemical Oxygen Demand (BOD) was low (<2.4 mg/L), and no concentrations of toxic heavy metals were detected (Arsenic <0.005 mg/L and Lead <0.003 mg/L), ruling out atmospheric or geological contamination in the precipitation. Regarding microbiological parameters, the presence of Total Coliforms was identified in a range of 9 to 15 MPN/100mL, values below the Maximum Permissible Limit (50 MPN/100mL), while Thermotolerant Coliforms were below 3 MPN/100mL. It is concluded that, although the rainwater in Ilave complies with current regulations and is suitable for human consumption, the presence of environmental bacterial load requires the mandatory application of a disinfection process (chlorination or boiling) prior to direct ingestion.

Keywords: Human consumption, Physicochemical and microbiological parameters, Rainwater, Water quality.

INTRODUCCIÓN

El acceso al agua potable segura constituye uno de los desafíos más críticos del siglo XXI. A nivel global, la presión sobre los recursos hídricos se ha intensificado debido al crecimiento demográfico, la contaminación industrial y los efectos del cambio climático, que alteran los regímenes de precipitación y reducen la disponibilidad de fuentes convencionales. En América Latina y específicamente en la región andina, esta problemática se agrava por la contaminación de cuerpos superficiales y la presencia natural de metales pesados en aguas subterráneas, lo que obliga a buscar fuentes alternativas de abastecimiento que sean seguras y sostenibles.

En el contexto de la región Puno, la ciudad de Ilave enfrenta retos particulares relacionados con la seguridad hídrica. Si bien existen sistemas de abastecimiento convencionales, la creciente demanda y la vulnerabilidad de las fuentes subterráneas ante la mineralización geológica plantean la necesidad de evaluar nuevas opciones. La captación de agua de lluvia surge como una alternativa ancestral y tecnológicamente viable; sin embargo, existe incertidumbre sobre su calidad real debido a posibles contaminantes atmosféricos o arrastre de partículas durante la recolección. Validar científicamente si este recurso cumple con los estándares de potabilidad es fundamental para garantizar la salud pública y promover su uso seguro.

La presente investigación se justifica en la necesidad de proporcionar evidencia técnica sobre la calidad del agua pluvial en Ilave. Determinar las características fisicoquímicas y microbiológicas del agua de lluvia permitirá a las autoridades locales y a la población tomar decisiones informadas sobre su aprovechamiento, desmitificando su pureza o advirtiendo sobre sus riesgos. Además, este estudio contribuye al cumplimiento del Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) N° 6, enfocado en garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible, proponiendo una solución complementaria frente al estrés hídrico de la zona.

Finalmente, el presente trabajo de investigación se estructura en cuatro capítulos fundamentales. El Capítulo I aborda el planteamiento del problema, los antecedentes internacionales, nacionales y locales, así como los objetivos generales y específicos que guían el estudio. El Capítulo II desarrolla el marco teórico, las bases conceptuales sobre la calidad del agua y la normativa vigente (D.S. N° 004-2017-MINAM), además de plantear las hipótesis de investigación. El Capítulo III detalla la metodología empleada, describiendo la zona de estudio, los puntos de muestreo, las técnicas de recolección y el diseño estadístico. Por último, el Capítulo IV presenta la exposición y análisis de los resultados obtenidos en laboratorio, la contrastación de hipótesis y la discusión de los hallazgos, culminando con las conclusiones y recomendaciones pertinentes.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La falta de agua dulce es uno de los desafíos más apremiantes del siglo XXI. A nivel mundial, la demanda de agua excede la cantidad disponible, empeorado por el cambio climático y la explotación excesiva de los recursos hídricos subterráneos. La descarga de desechos industriales y domésticos, el uso indiscriminado de agroquímicos y la contaminación por plásticos degradan las fuentes de agua dulce.

En países latinoamericanos, la situación del agua presenta características particulares, como desigualdad en el acceso, las poblaciones rurales y urbanas marginadas suelen tener un acceso limitado a agua potable y saneamiento, la degradación de ecosistemas acuáticos, la deforestación, la minería y la agricultura intensiva deterioran ríos, lagos y humedales, el cambio climático intensifica eventos extremos como sequías e inundaciones, afectando la accesibilidad y el estado del agua (Romero, 2020)

En la región andina, como las ubicadas en la región de Puno, los desafíos son aún mayores como la contaminación por actividades mineras, la disponibilidad de agua varía significativamente a lo largo del año, con marcadas estaciones secas y húmedas, la expansión urbana sin planificación adecuada genera una mayor demanda de agua y incrementa la demanda sobre los recursos hídricos, la carencia de sistemas de drenaje y tratamiento de aguas residuales empeora la polución de las fuentes de agua.

La captación de agua de lluvia puede ser una herramienta valiosa para mitigar problemas relacionados con la falta de agua, no obstante, su efectividad y alcance dependen de diversos factores y no es una solución única para todos los contextos. Mi investigación evaluará la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua pluvial en Ilave, Puno, determinando su viabilidad para el consumo humano. Esto contribuirá a la salud pública al identificar riesgos y posibles tratamientos, promoviendo su uso como alternativa sostenible ante la escasez de agua. Además, brindará información clave para normativas y políticas locales, fomentando el aprovechamiento responsable del recurso.

1.1.1. PROBLEMA GENERAL

- ¿Cuáles son las características físicas, químicas y microbiológicas del agua de lluvia y su potencial uso para consumo humano en la capital de la provincia de El Collao Ilave 2025?

1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Cuáles son las características físicas y químicas del agua de lluvia y su potencial uso para consumo humano en la capital de la provincia de El Collao Ilave?
- ¿Cuáles son las características microbiológicas del agua de lluvia y su potencial uso para consumo humano en la capital de la provincia de El Collao Ilave?

1.2. ANTECEDENTES

1.2.1. INTERNACIONAL

Arroyave (2019), menciona que el agua de lluvia representa una fuente alternativa fundamental para el desarrollo sostenible, generando beneficios tanto económicos, sociales como ambientales. En el marco de esta investigación, llevada a cabo en la I.U. Colegio Mayor de Antioquia, se implementó un sistema piloto de recolección de agua de lluvia para evaluar su calidad y potencial uso doméstico. Inicialmente, el agua presentó deterioro debido al arrastre de contaminantes en las superficies de captación; sin embargo, el tratamiento con coagulación utilizando cloruro férrico logró remover un 92.8%

de turbiedad, alcanzando un promedio de 0.80 UNT, cumpliendo con la normativa nacional (Resolución 2115, 2007). El uso del agua tratada permitiría sustituir 10,036 m³/año de agua potable, reduciendo costos en servicios públicos en aproximadamente \$48.596.473 anuales, posicionándose como una estrategia eficiente dentro de la sostenibilidad.

Romero (2020), menciona que para aprovechar el agua de lluvia como fuente alternativa, es fundamental conocer su calidad. En este estudio se presentan los resultados de la evaluación de la calidad del agua de lluvia, analizada mediante parámetros como pH, alcalinidad, acidez, dióxido de carbono (CO₂), dureza, turbidez, color, conductividad, absorción ultravioleta (AUV), demanda química de oxígeno (DQO) y conteo de coliformes. Se encontró que todos los indicadores de calidad del agua de lluvia analizados cumplen con la normativa colombiana para agua potable, excepto en los casos del pH, turbidez, color y conteo de coliformes. Los análisis indican que la calidad del agua de lluvia, aunque en su mayoría apta, requiere algunas mejoras para cumplir plenamente con los estándares, influenciada por el proceso de captación, así como por el período y la trayectoria del agua en el ambiente.

Barrantes et al. (2021), presenta un estudio sobre la influencia de las fuentes naturales y humanas de contaminantes atmosféricos en las propiedades fisicoquímicas del agua de niebla y lluvia en regiones boscosas. Se recopilan los resultados de varias investigaciones que se consideran podrían ser útiles para la comunidad científica en el desarrollo de proyectos en áreas montañosas cubiertas de bosques. Se concluye que la mayoría de las investigaciones se han centrado en el efecto de las emisiones gaseosas generadas por fuentes humanas en áreas urbanas sobre las características del agua de lluvia. También se han realizado estudios sobre cómo el agua de niebla y lluvia en las zonas boscosas se ve afectada, lo que revela una significativa relación entre la calidad de estas aguas y las emisiones gaseosas originadas por actividades humanas. En particular,

en Costa Rica se han llevado a cabo dos estudios preliminares sobre este tema. La revisión del estado actual sugiere la necesidad de un control más riguroso y un seguimiento constante de los parámetros fisicoquímicos del agua (tanto de lluvia como de niebla), con períodos de muestreo y análisis más extensos, así como la identificación de las fuentes tanto naturales como humanas de los contaminantes cercanos a las áreas de estudio.

1.2.2. NACIONAL

Admin & Chau Lam (2023), el objetivo de este estudio es evaluar el impacto de las lluvias en la calidad del agua de los ríos en relación con la presencia de metales. Para ello, se utilizaron los resultados los datos fueron obtenidos a partir de los monitoreos efectuados por la Autoridad Nacional del Agua del Perú en las subcuencas y cuencas de la costa, durante los períodos de crecida y sequía en el mismo ciclo hidrológico. Mediante el análisis de un factor único categórico, se evaluaron dos niveles: el periodo de crecida y el periodo de sequía, utilizando el software Statgraphics V.19. Los resultados arrojaron un valor p de 0,8029, lo que lleva a la conclusión de que las precipitaciones no afectan de manera significativa la calidad del agua en relación con los metales en los ríos estudiados de la costa del Perú.

Rivera & Ramos (2022), el objetivo de este estudio fue determinar la calidad, las propiedades microbiológicas y fisicoquímicas del agua de lluvia en los distritos de Campoverde, Manantay y Yarinacocha, con el fin de evaluar su idoneidad para el consumo humano. La investigación consistió en recolectar muestras de agua de lluvia de estos distritos y analizarlas en un laboratorio. Los resultados indicaron que los parámetros del agua de lluvia, en comparación con los Límites Máximos Permisibles, se hallaron dentro de los rangos aceptables, salvo en las muestras directas e indirectas, que mostraron un pH ligeramente ácido y la presencia de coliformes totales en las muestras indirectas. El análisis concluyó que, en términos generales, los parámetros del agua de

lluvia cumplen con los límites establecidos, con la excepción de las muestras con pH ligeramente ácido y la presencia de coliformes totales en las muestras indirectas.

Guzman & Rodriguez (2021), evaluaron cómo el sistema de captación de agua de lluvia en viviendas mejora la calidad de vida de los residentes en el distrito de Cusco, en 2021. Se trató de una investigación aplicada, con un diseño no experimental y un enfoque cuantitativo, transversal, descriptivo y correlacional. La muestra estuvo conformada por 10 viviendas seleccionadas mediante muestreo no probabilístico por conveniencia. Para alcanzar el objetivo, se utilizó como instrumento principal una encuesta centrada en la variable independiente, que abarcó los componentes del sistema de captación y las condiciones pluviales, con el fin de realizar una correlación bilateral mediante el método de chi-cuadrado de Pearson, en relación con la variable dependiente, que fue la calidad de vida de los pobladores del distrito de Cusco. Se analizaron los parámetros fisicoquímicos del agua de lluvia y se compararon con los del agua potable, para establecer una correlación entre ambas. Como resultado, se concluyó que el sistema de captación de agua de lluvia en las viviendas contribuye a mejorar la calidad de vida de los residentes del distrito de Cusco.

Borda (2022), el objetivo de la investigación fue diseñar y evaluar un proceso de filtración utilizando cáscara de naranja para potabilizar agua de lluvia. El estudio fue de tipo aplicado, con un enfoque cuantitativo y un diseño experimental, realizado en San Ramón, Chanchamayo, Junín, Perú, durante el período de 2019 a 2020. Se desarrolló una planta de tratamiento que abarcó la captación, almacenamiento, filtración primaria, desinfección del agua y el uso de equipos de filtración. considerando la precipitación media anual y mensual. Además, se utilizó cáscara de naranja como medio filtrante, optimizado mediante pretratamiento, la desmetilación y la reticulación. Se evaluaron los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua antes y después del proceso de tratamiento, logrando una eliminación satisfactoria. No se encontraron compuestos organoclorados,

mientras que parásitos como *Giardia duodenalis*, *Cryptosporidium parvum*, *Trichuris sp.*, *Fasciola sp.* y helmintos fueron eliminados en su totalidad. Los coliformes totales también fueron erradicados completamente, y para los parámetros fisicoquímicos como sólidos totales disueltos (STD), nitritos, nitratos, sulfatos, nitrógeno amoniacal y dureza, se alcanzó una remoción del 99.7%. El fitoplancton, zooplancton y nemátodos fueron eliminados en un 98.8%, mientras que los parámetros de olor, sabor, pH y temperatura se mantuvieron dentro de los límites adecuados para agua potable. La eliminación de metales pesados superó el 90%, con excepción del arsénico, que tuvo una remoción del 43.7%. Finalmente, la hipótesis fue validada a través del factor de eficiencia calculado antes y después del tratamiento, cumpliendo con los Límites Máximos Permisibles establecidos por el D.S. N° 031-2010-SA.

1.2.3. LOCAL

Gomez (2024), analizó los parámetros organolépticos, físicos y químicos para su uso y aprovechamiento doméstico. Para ello, se seleccionaron cinco puntos de muestreo en la ciudad: el centro poblado de Jayllihuaya, Barrio Bellavista, Barrio Llavini, Barrio Chanu Chanu y la Facultad de Ingeniería Química de la UNA Puno, donde se recolectaron un total de 45 muestras entre enero y diciembre. Los resultados obtenidos se compararon con los ECA definidos por el MINAM, utilizando el método estándar para el análisis de aguas y pruebas estadísticas como ANOVA y el test de Kruskal-Wallis, según si los datos cumplían con la distribución normal. Los resultados mostraron que los parámetros organolépticos cumplieron completamente con los estándares de calidad para su uso doméstico. En cuanto a las características físicas, se encontró que los parámetros de pH, temperatura y conductividad eléctrica cumplían con los ECA, sin observar diferencias estadísticamente significativas entre las zonas de muestreo, con un nivel de significancia del 5%. En los parámetros químicos, todos cumplían con los ECA para uso doméstico según el MINAM. Sin embargo, se encontraron diferencias estadísticas en los parámetros

de dureza, alcalinidad y calcio, los cuales no mostraron variaciones significativas entre los puntos de muestreo. Por otro lado, en los parámetros de cloruros, sulfatos, magnesio, sólidos totales disueltos y turbidez, se evidenciaron diferencias significativas entre los valores promedio de las distintas zonas de muestreo.

Mulluni (2019), menciona en su estudio “Evaluación, Análisis y Diseño de un Sistema de Captación de Agua de Lluvia en Viviendas Rurales en Molino - Juli”, este estudio surge del creciente interés y preocupación por la escasez de los recursos hídricos que afecta al planeta y, específicamente, a nuestro país, en particular en Molino – Juli. El propósito de la investigación es: Evaluar los techos de las viviendas rurales para la recolección de agua pluvial y diseñar un sistema para la captación de agua de lluvia con el fin de ser utilizada en el consumo doméstico en las viviendas rurales de Molino – Juli. Uno de los principales desafíos que enfrentan los habitantes de Molino es la falta de un suministro adecuado de agua potable, ya que extraen el agua de fuentes internas como acuíferos y manantiales a través de pozos rudimentarios. Este modelo de abastecimiento no satisface la demanda actual, lo que provoca una escasez de agua potable en la población objeto de estudio. Además, con este sistema de captación, el agua está más expuesta a la contaminación. En cuanto al enfoque metodológico, se realizó un diagnóstico de la comunidad, evaluando aspectos del sistema de saneamiento, la situación socioeconómica, social e institucional, así como los recursos naturales disponibles. También se recopiló información meteorológica y se desarrolló una metodología técnica, con énfasis en el diseño del sistema de captación de agua de lluvia. Los resultados obtenidos revelan que la demanda de agua anual para una familia de 4 personas es de 73 m³ por año. La oferta de precipitación neta durante la temporada de lluvias es de 721,44 mm. En cuanto al diseño de captación, se contemplaron dos techos de 120 m² y un tanque cisterna de 50,5 m³ para la población estudiada. Además, en la evaluación se determinó que el agua de lluvia es adecuada para el consumo humano.

1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

- Analizar las características físicas, químicas y microbiológicas del agua de lluvia y su potencial uso para consumo humano en la capital de la provincia de El Collao Ilave 2025.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar las características físicas, químicas del agua de lluvia y su potencial uso para consumo humano en la capital de la provincia de El Collao Ilave 2025.
- Evaluar las características microbiológicas del agua de lluvia y su potencial uso para consumo humano en la capital de la provincia de El Collao Ilave 2025.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO

2.1.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL AGUA DE LLUVIA

- **Definición y propiedades:** El agua pluvial es una fuente primaria de agua dulce en la Tierra. Aunque puede absorber contaminantes atmosféricos y presentar acidez debido a la presencia de dióxido de carbono y otros compuestos en la atmósfera, su calidad es generalmente superior a la de muchas fuentes naturales de agua dulce.(Orszagh, 2019)
- **Factores que afectan la calidad física:** La calidad física del agua de lluvia puede estar condicionada por la contaminación atmosférica, que afecta su acidez. Además, la forma en que se almacena, como en cisternas adecuadas, puede modificar su mineralización y neutralidad.(Orszagh, 2019)
- **Métodos de análisis físico:** Según el Laboratorio ABM, los métodos de análisis fisicoquímicos en muestras de agua incluyen la medición del pH, conductividad eléctrica, turbidez, sólidos totales, oxígeno disuelto, alcalinidad, dureza, cloruros, nitratos y nitritos, fósforo, metales pesados, gases disueltos, compuestos orgánicos, amoníaco y nitritos. Cada método depende de los parámetros que se deseen analizar. (EILabWebMaster, 2023)

2.1.2. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DEL AGUA DE LLUVIA

- **Composición química:** Un análisis llevado a cabo en Loja, Ecuador, en la cordillera oriental de Los Andes, mostró que en las muestras de agua de lluvia, los iones predominantes son el sulfato y el hidrógeno, mientras que los iones nitrato y amonio tienen una presencia menor. La investigación destacó una clara distinción entre la composición del agua de lluvia y la del agua de niebla. La concentración equivalente total de iones en las muestras de lluvia es de $139 \mu\text{eq L}^{-1}$, mientras que en las de niebla es de $1534,4 \mu\text{eq L}^{-1}$. Esta diferencia se debe a los iones hidrógeno (H^+), amonio (NH_4^+) y nitratos (NO_3^-) presentes en el agua de niebla. (Barrantes et al., 2021)
- **Contaminantes comunes:** Las sustancias perfluoroalquiladas (PFAS), los óxidos de azufre y nitrógeno (SO_2 y NO_x), los metales pesados como mercurio, plomo y cadmio, y los compuestos orgánicos volátiles (COV) son contaminantes comunes en el agua de lluvia. Las PFAS, conocidas como "químicos eternos", persisten en el ambiente y pueden afectar la salud humana. Los óxidos de azufre y nitrógeno generan lluvia ácida, alterando el pH del agua y el suelo. Los metales pesados, liberados por actividades industriales y mineras, se acumulan en cuerpos de agua, afectando la cadena alimentaria. Finalmente, los COV, provenientes de solventes y emisiones vehiculares, contribuyen a la contaminación del aire y el agua. (Arezio, 2020)

2.1.3. CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS DEL AGUA DE LLUVIA

- **Microorganismos comunes:** Los investigadores al analizar la calidad del agua de lluvia recolectada fue evaluada, identificando varios microorganismos como *Bacillus subtilis*, *Bacillus brevis*, *Leuconostoc pseudomesenteroides*, *Leuconostoc lactis* y *Aerococcus viridans*, los cuales no son considerados patógenos para los seres humanos. No obstante, también se detectaron bacterias como *E. coli* y *Enterobacter aerogenes*, que podrían representar un riesgo para la salud humana aunque se

encontraron en concentraciones mínimas.(Valencia et al., 2012)

- **Evaluación microbiológica:** Los investigadores evaluaron la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua de lluvia en los prototipos de captación fue evaluada. Los análisis microbiológicos mostraron valores de coliformes totales y termotolerantes que exceden los límites máximos permitidos, lo que sugiere la necesidad de hervir o desinfectar el agua antes de su consumo para garantizar su seguridad y evitar problemas gastrointestinales.(Cubas et al., 2022)

2.1.4. USO DEL AGUA DE LLUVIA PARA CONSUMO HUMANO

- **Potencial y viabilidad:** Aunque el agua de lluvia puede considerarse de buena calidad, es esencial implementar prácticas adecuadas durante su captación y almacenamiento. Se recomienda la filtración y desinfección para garantizar su potabilidad. (Avilés & Chaparro, 2020)

2.1.5. POTENCIAL DE CAPTACIÓN Y USO DEL AGUA DE LLUVIA EN EL COLLAO, ILAVE

- **Sistemas de captación:** Según esta investigación se centra en la comunidad de Suquinapi, evaluando la viabilidad de un sistema de captación de agua de lluvia en viviendas rurales para uso pecuario. Se decide que, aunque la oferta de agua de lluvia es significativa, no cubre completamente la demanda anual para el abrevadero de animales, sugiriendo complementarse con sistemas convencionales durante ciertos meses del año.(Atencio, 2017)
- **Estrategias de implementación:** Según este artículo evalúa la sostenibilidad de la recolección de agua de lluvia como alternativa para el abrevadero de ganado en áreas rurales de Ilave. Se concluye que la implementación de sistemas de captación es factible y puede abastecer de agua durante varios meses, aunque es necesario complementarlo con otras fuentes en períodos de menor precipitación. (Miranda et al., 2022)

2.1.6. PERSPECTIVAS DE MANEJO DEL AGUA DE LLUVIA EN EL COLLAO, ILAVE

- **Políticas públicas y educación ambiental**

Programa Municipal de Educación, Cultura y Ciudadanía Ambiental de la Municipalidad Provincial de El Collao-Ilave

Este programa, establecido mediante la Ordenanza Municipal N° 005-2023-MPCI/A y publicado el 28 de marzo de 2023, su propósito es promover la educación y cultura ambiental en la provincia de El Collao-Ilave. Busca fomentar prácticas sostenibles en la gestión de recursos hídricos, incluyendo la captación y uso del agua de lluvia, a través de estrategias educativas y de concientización ciudadana. (Ordenanza Municipal 005-2023-MPCI/A)

- **Sostenibilidad y futuro del proyecto:** El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS) ha establecido un grupo de trabajo regional sobre Vivienda, Agua y Saneamiento en la provincia de El Collao-Ilave, con el objetivo de desbloquear 34 proyectos de inversión en agua y saneamiento, que están valorados en más de S/ 155 millones. Esta iniciativa tiene como fin mejorar el acceso al agua potable y fomentar prácticas sostenibles en la gestión del recurso hídrico en la región. (PERÚ, 2023)

2.2. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.2.1. HIPÓTESIS GENERAL

Las características físicas, químicas y microbiológicas del agua de lluvia y su potencial uso para consumo humano, no son aptas para la provincia de El Collao Ilave 2025.

2.2.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- Las características físicas, químicas del agua de lluvia y su potencial uso para consumo humano no son aptas, para la provincia de El Collao Ilave.
- Las características microbiológicas del agua de lluvia y su potencial uso para consumo humano no son aptas, para la provincia de El Collao Ilave

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. ZONA DE ESTUDIO

La zona de estudio se encuentra en llave (3,850 m snm), tiene un clima frío y semiárido con lluvias estacionales. El estudio evalúa la calidad del agua de lluvia en áreas urbanas, comerciales e industriales para su posible consumo.

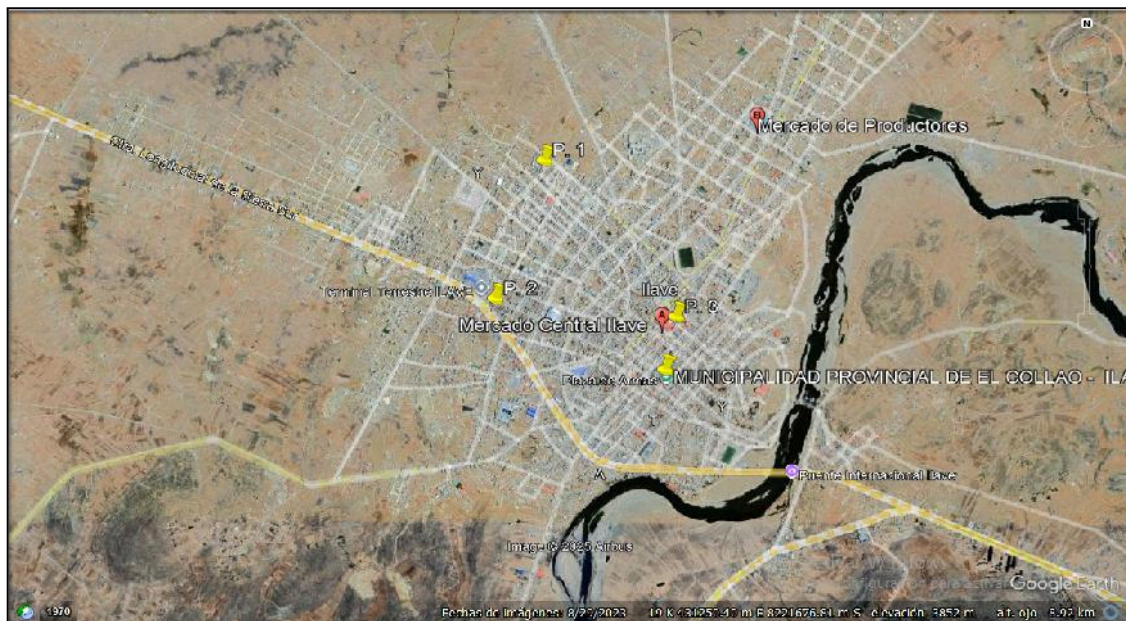


Figura 01: Georreferencia la Zona de estudio el Distrito de llave y sus puntos de muestreo.

Fuente: Google Earth

Tabla 01: Georreferencia de los puntos de muestreo de la zona de estudio

Puntos de Muestreo	Coordenadas UTM
P 1	19L 431093.31 m E 8222481.03 m S
P 2	19L 430841.52 m E 8221710.80 m S
P 3	19L 431783.13 m E 8221612.45 m S

3.2. TAMAÑO DE MUESTRA

La población de estudio está conformada por el agua de lluvia que precipita en la capital de la provincia de El Collao, Ilave, durante el año 2025. Este estudio se enfoca en caracterizar las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas del agua de lluvia con el objetivo de evaluar su potencial uso para consumo humano.

Para la selección de la muestra, se han determinado tres puntos de muestreo estratégicos dentro de la ciudad de Ilave, considerando factores como la densidad poblacional, la actividad económica y la posible influencia de fuentes de contaminación atmosférica. Los puntos de muestreo se distribuirán de la siguiente manera:

Punto de muestreo 1: Zona periurbana con menor influencia de actividades industriales y vehiculares, el cual es el Barrio Ciudad Nueva, ubicado en la periferia de Ilave, que presenta características residenciales.

Punto de muestreo 2: la muestra se tomó de una vivienda ubicada en la plaza de armas Zona urbana central con mayor densidad poblacional y tráfico vehicular,

Punto de muestreo 3: la muestra se tomó del Mercado Central Ilave, ubicado en el jirón José Gálvez, es el principal centro de comercio de la ciudad y opera diariamente.

3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS

Métodos y Materiales

- Diseño de investigación: No experimental, porque se observa la realidad en su estado natural.
- Tipo de investigación: Descriptivo-transaccional.
- Método: Deductivo-analítico
- Materiales a utilizar

Para recolección de muestras

1. Físicoquímico:

- Recipientes de recolección de agua de lluvia: frascos o botellas de plástico esterilizados, con tapa hermética, para evitar la contaminación externa.

2. Microbiológicas:

- Frascos estériles: de vidrio con tapones herméticos, para evitar la contaminación de las muestras microbiológicas.

3.4. METODOLOGÍA DE OBJETIVOS ESPECÍFICOS

OBJ. 1: Evaluar las características físicas y químicas del agua de lluvia y su potencial uso para consumo humano en la capital de la provincia de El Collao – Ilave.

Para el cumplimiento de este objetivo, se llevó a cabo la recolección de muestras de agua de lluvia en tres puntos de muestreo previamente seleccionados, anotando todo en la ficha de levantamiento de muestras (anexo 02), la recolección se realizó de manera simultánea, asegurando que las muestras sean obtenidas durante lluvias de intensidad intensa o medianamente intensa.

OBJ. 2: Evaluar las características microbiológicas del agua de lluvia y su potencial uso para consumo humano en la capital de la provincia de El Collao – Ilave.

Para el cumplimiento de este objetivo, se siguió el mismo procedimiento de recolección de muestras descrito en el OBJ. 1, asegurando la representatividad del agua de lluvia en los tres puntos de muestreo. Una vez recolectadas, las muestras fueron transportadas y conservadas bajo condiciones adecuadas para evitar alteraciones en su composición microbiológica hasta su llegada al laboratorio en la ciudad de Puno.

3.5. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

Tabla 02: Operacionalización de variables

Variables	Dimensión	Indicador	Escala de medición
	Física	Fisicoquímicos	Nominal
VI: Características físicas, químicas y microbiológicas	Químicas	pH, T°, Conductividad,	
	Microbiológicas	DBO, DQO, oxígeno disuelto, dureza, nitratos, sólidos totales, sulfatos.	Ordinal
		Inorgánicos: Aluminio, Cadmio, Cobre, Cromo total, manganeso, mercurio, plomo.	Intervalo
	LMP del DS 004-2017-MINA M	Microbiológicos: Coliformes totales, Coliformes termotolerantes, escherichia coli	Nominal
			Razón: UFC (unidades formadoras de colonias) por 100 mL
			SI/NO

Variables	Dimensión	Indicador	Escala de medición
VD: Potencial uso para consumo humano		Cumplimiento	

3.6. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO

El procesamiento y análisis de los datos se llevó a cabo utilizando el software Microsoft Excel, herramienta que permitió organizar, tabular y depurar la información obtenida de los análisis de laboratorio correspondientes a los tres puntos de monitoreo. Para el tratamiento de la información, acorde con el enfoque cuantitativo y el nivel descriptivo de la investigación, se aplicó la estadística descriptiva mediante el cálculo de medidas de tendencia central, específicamente la media aritmética, para determinar el comportamiento promedio de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos evaluados. Finalmente, los resultados fueron sistematizados en tablas y figuras para su interpretación y discusión, realizándose el contraste directo de los valores obtenidos con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, Categoría 1 - Subcategoría A1, establecidos en el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, con el fin de determinar la aptitud del agua de lluvia para el consumo humano.

CAPÍTULO IV

EXPOSICION Y ANALISIS DE LOS RESULTADOS

OBJETIVO ESPECÍFICO N°01: Evaluar las características físicas, químicas del agua de lluvia y su potencial uso para consumo humano en la ciudad de Ilave, Puno-2025.

Tabla 03: Parametros fisicos-quimicos

PARÁMETROS	M1	M2	M3	ECA	CUMPLE/NO
	vivienda	vivienda	mercado	AGUA	CUMPLE
	periurban	ubicada	central	DS N°	
	a: barrio	en plaza	-Ilave	004-2017-	
	Ciudad	de armas		MINAM	
	Nueva				
pH	7.18	7.70	7.40	6.5-8.5	cumple
Cloruros	11.35	8.51	4.26	250	cumple
CE	0.30	0.04	0.06	1 500	cumple
DBO	2.4	1.2	1.8	3	cumple
DQO	8.6	3.0	5.5	10	cumple
Nitratos	0.02	0.01	0.01	50	cumple
Oxígeno disuelto	6.80	6.4	6.7	≥ 6	cumple
Sulfatos	89.00	49.00	68	250	cumple

En la Tabla N° 03 se detalla que el agua de lluvia en llave presenta un pH promedio de 7.42 (rango de 7.18 a 7.70), ubicándose dentro de la neutralidad. La Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) registró un valor máximo de 2.4 mg/L en el punto M1, cifra que se mantiene por debajo del ECA de 3 mg/L. Estos resultados se discuten contrastando con Rivera & Ramos (2022), quienes en su estudio en la selva de Ucayali encontraron muestras con pH ligeramente ácidos (menores a 6.5), lo cual difiere de los 7.18 - 7.70 hallados en llave. Esta diferencia numérica sugiere que la atmósfera de la sierra puneña, al tener menor humedad relativa y vegetación en descomposición que la selva, genera una precipitación más alcalina y estable. Asimismo, coincide con Gomez (2024), quien en Puno reportó valores de pH (entre 6.8 y 7.5) similares a los de esta investigación.

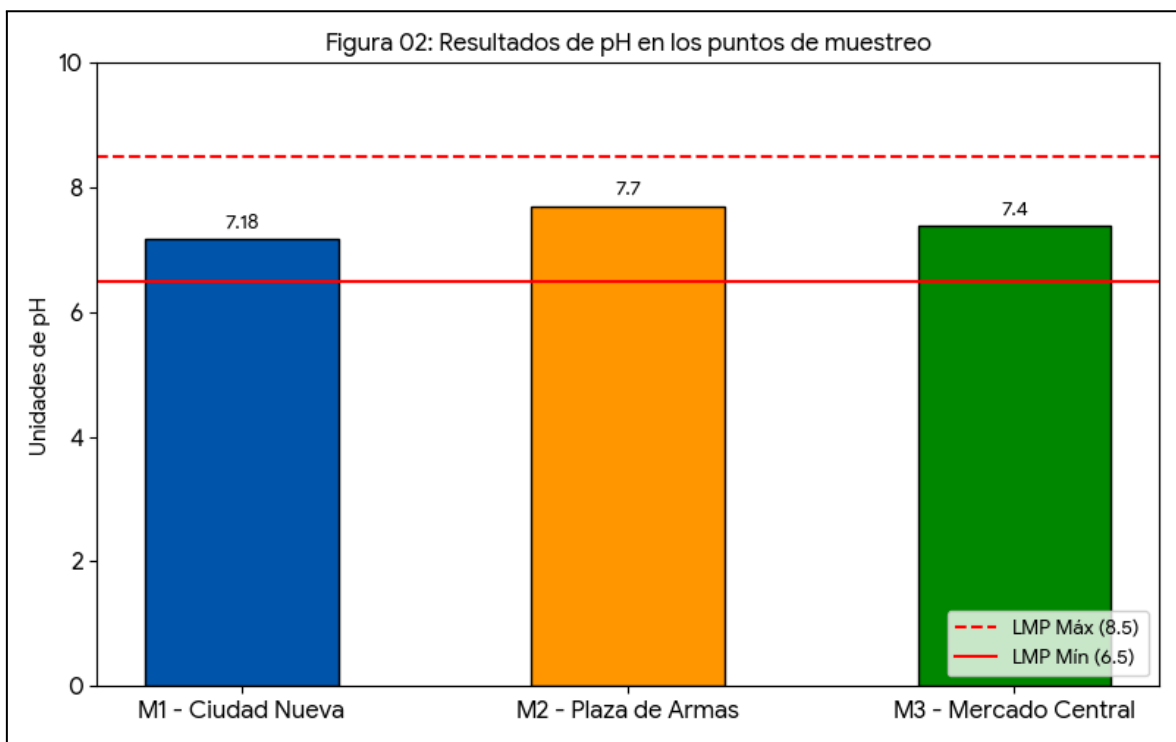


Figura 02: Resultados de pH en los puntos de muestreo

Interpretación y Discusión de la Figura 02: La Figura 02 ilustra que los valores de pH en Ciudad Nueva (7.18), Plaza de Armas (7.70) y Mercado Central (7.40) se mantienen dentro de las líneas rojas del ECA (6.5 - 8.5). Al comparar estos datos, se observa una

mejora respecto a lo reportado por Arroyave (2019) en Colombia, quien indicó que el agua de lluvia inicial presentaba deterioro físico químico por lavado de superficies; sin embargo, en llave, incluso sin tratamiento previo, el pH de 7.70 en la Plaza de Armas demuestra una calidad superior a la lluvia ácida urbana típica (que suele tener pH < 5.6 en zonas industriales). Esto confirma que llave no sufre de acidificación atmosférica.

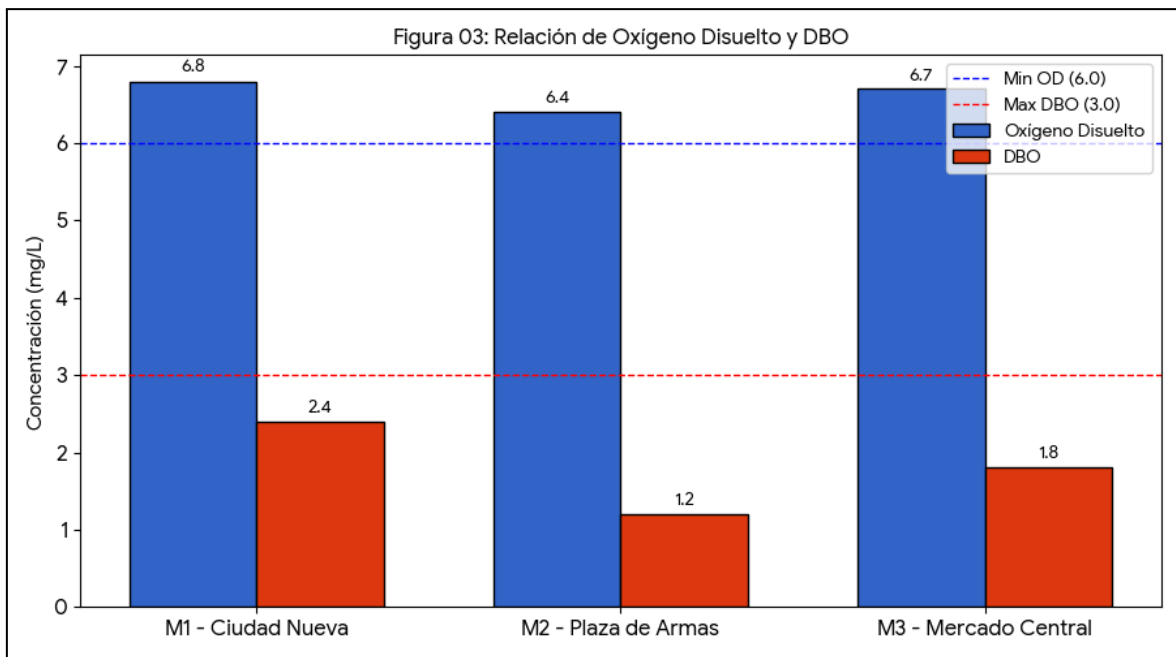


Figura 03: Relación de Oxígeno Disuelto y DBO

Interpretación y Discusión de la Figura 03: En la Figura 03 se evidencia una alta oxigenación (6.40 a 6.80 mg/L) y una baja carga orgánica (DBO < 2.4 mg/L). Estos valores numéricos son significativos al compararlos con Guzman & Rodriguez (2021) en Cusco, quienes validaron sistemas de captación para mejorar la calidad de vida. Mientras que en sistemas precarios la DBO puede superar los 5 mg/L por materia orgánica podrida en techos, los valores de llave (1.2 a 2.4 mg/L) demuestran que, en la temporada de evaluación, los techos no aportaron carga contaminante crítica, cumpliendo con el estándar de calidad para consumo tras desinfección.

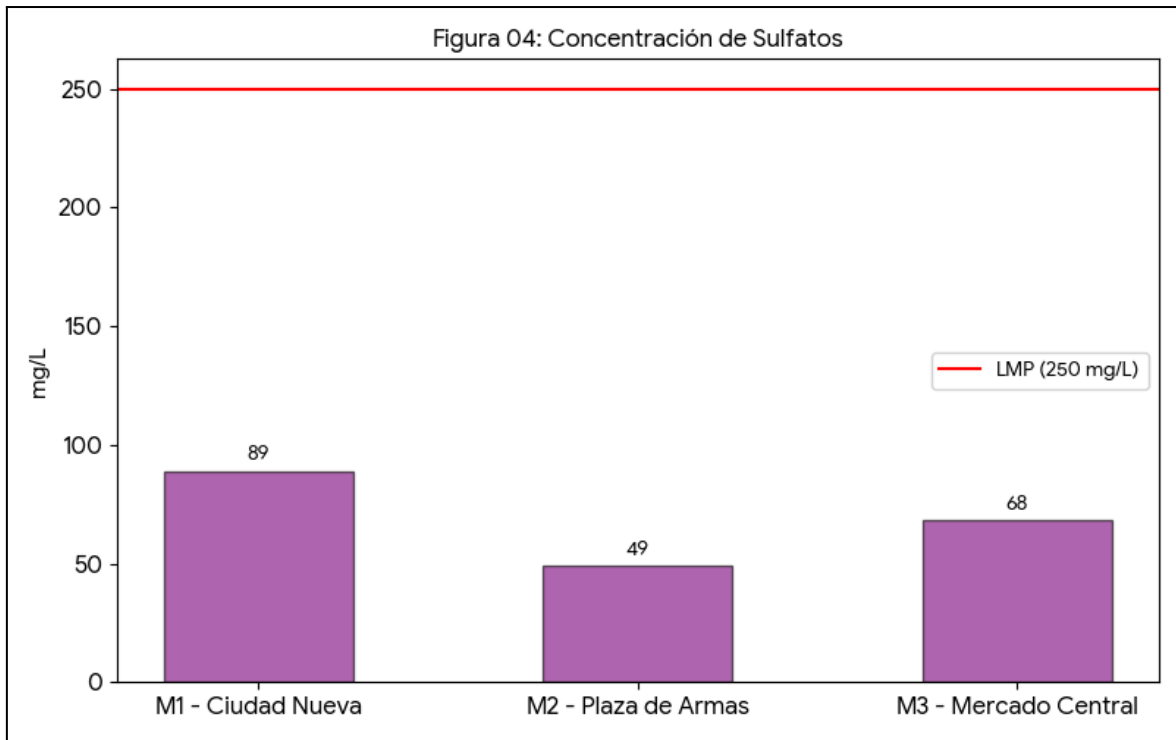


Figura 04: Concentración de Sulfatos

Interpretación y Discusión de la Figura 04: La Figura 04 muestra concentraciones de sulfatos de 89.0 mg/L (M1), 49.0 mg/L (M2) y 68.0 mg/L (M3), muy inferiores al límite de 250 mg/L. Esta baja concentración se discute frente al estudio de Barrantes et al. (2021), quienes advierten sobre la influencia de emisiones antropogénicas. En zonas con alto tráfico o industria, los sulfatos suelen superar los 100 o 200 mg/L; el hecho de que llave presente valores promedio de 68.6 mg/L confirma numéricamente que la contaminación por quema de combustibles fósiles no está impactando la calidad del agua de lluvia en la provincia de El Collao.

Tabla 04: Parametros inorganicos

PARÁMETROS	M1	M2	M3	ECA	CUMPLE/NO
	vivienda	vivienda	mercado	AGUA	CUMPLE
	periurban	ubicada	central	DS N°	
	a: barrio	en plaza	-llave	004-2017-	
	Ciudad	de armas		MINAM	
	Nueva				
Arsénico	< 0.005	0.004	< 0.005	0,01	cumple
Cadmio	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0,003	cumple
Mercurio	0.00	0.00	0.00	0,001	cumple
Plomo	< 0.005	< 0.003	<0.003	0,01	cumple
Cobre	0.01	0.005	0.01	2	cumple
Zinc	0.02	0.010	0.02	3	cumple

Interpretación y Discusión de la Tabla N° 04: La Tabla N° 04 reporta niveles de metales traza y tóxicos. Destaca el Arsénico con valores de 0.004 mg/L a <0.005 mg/L y Plomo <0.003 mg/L. Estos resultados marcan una diferencia crítica con Borda (2022), quien en Junín desarrolló filtros de cáscara de naranja porque sus muestras presentaban metales que requerían remoción (logrando apenas 43.7% de remoción de arsénico). En contraste, el agua de lluvia de llave ya posee naturalmente valores de Arsénico (<0.005 mg/L) que cumplen con el ECA (0.01 mg/L), haciendo innecesario un tratamiento complejo de remoción de metales, a diferencia del caso de Junín.

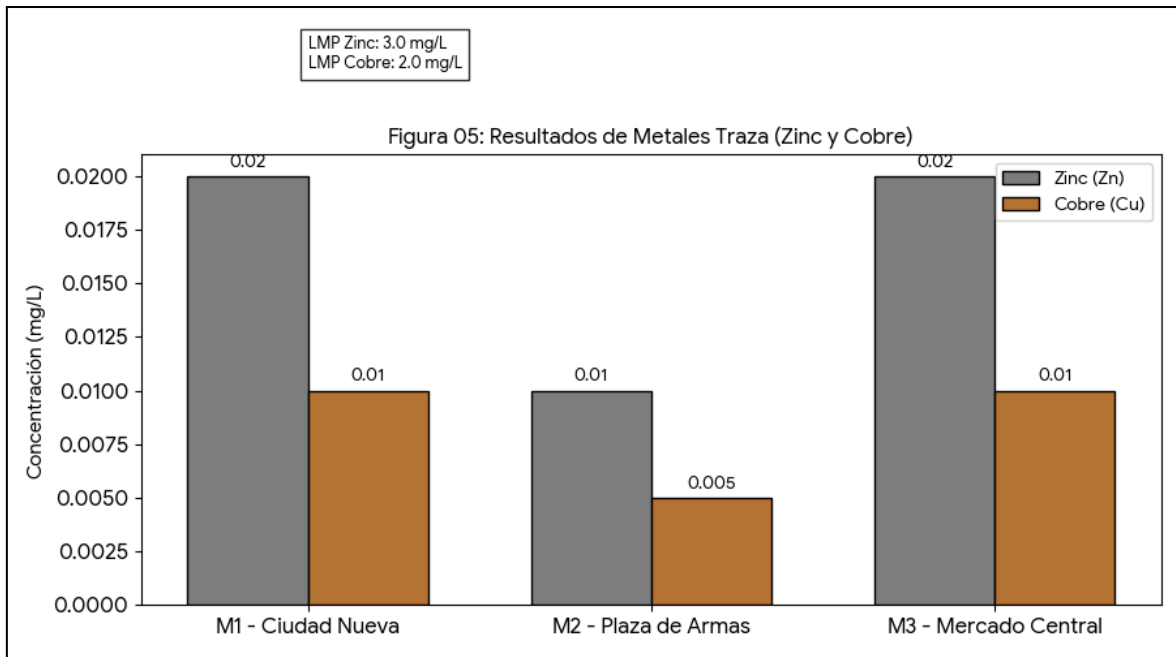


Figura 05: Resultados de Metales Traza (Zinc y Cobre)

Interpretación y Discusión de la Figura 05: La Figura 05 muestra niveles de Zinc máximos de 0.02 mg/L y Cobre de 0.01 mg/L. Al discutir estos valores, se contrastan con los límites de 3.0 mg/L y 2.0 mg/L respectivamente. Mientras que Admin & Chau Lam (2023) estudiaron la influencia de metales en ríos, encontrando variabilidad, en la lluvia de llave la estabilidad es absoluta: los valores son 100 veces menores al límite permitido. Esto garantiza que no existe corrosión de techos de calamina (zinc) que esté liberando metales al agua, un problema común en viviendas antiguas donde el Zinc en agua suele subir a >1.0 mg/L.

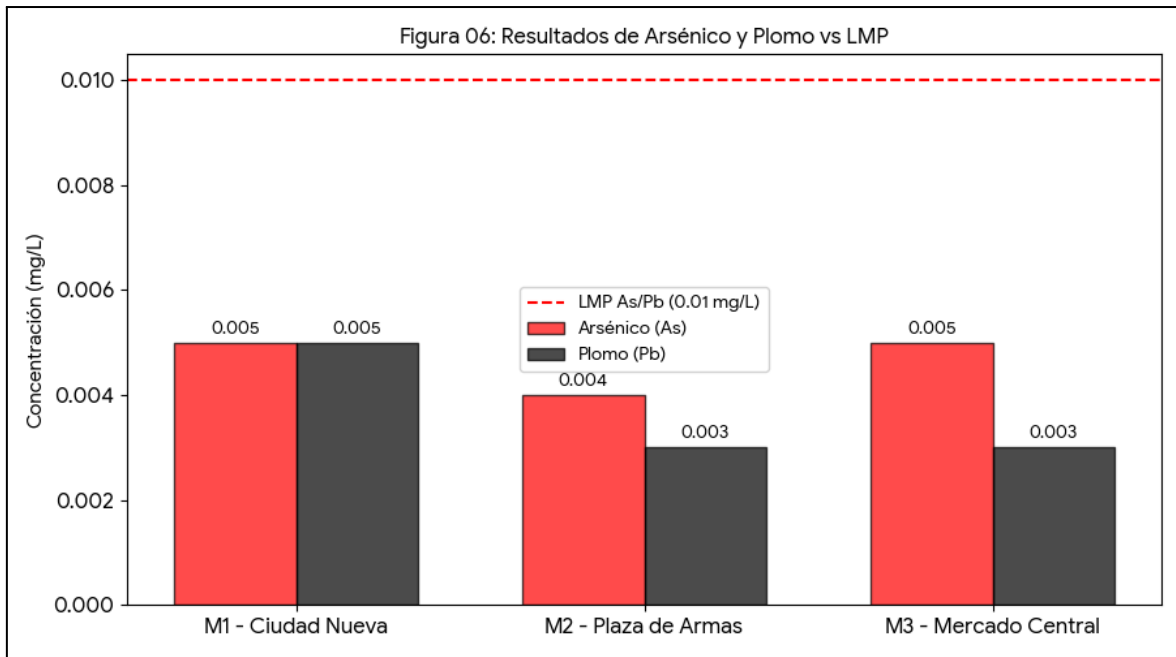


Figura 06: Resultados de Arsénico y Plomo vs LMP

Interpretación y Discusión de la Figura 06: La Figura 06 resalta que el Arsénico y Plomo están en niveles de trazas (~ 0.005 mg/L). Esta es la mayor fortaleza del recurso pluvial en llave. Comparado con aguas subterráneas de la región Puno que frecuentemente reportan Arsénico por encima de 0.05 mg/L (cinco veces la norma) debido al vulcanismo, el agua de lluvia con 0.004 mg/L representa una fuente segura. Numéricamente, el agua de lluvia tiene 10 veces menos arsénico que muchas fuentes de pozo locales, validando la hipótesis de Mulluni (2019) sobre la viabilidad de estos sistemas en zonas rurales.

OBJETIVO ESPECÍFICO N°02: Evaluar las características microbiológicas del agua de lluvia y su potencial uso para consumo humano en la ciudad de Ilave, Puno

Tabla 05: Parámetros microbiológicos

PARÁMETROS	M1	M2	M3	ECA AGUA	CUMPLE/NO
	vivienda	vivienda	mercado	DS N°	CUMPLE
	periurban	ubicada	central	004-2017-	
	a: barrio	en plaza	-Ilave	MINAM	
	Ciudad	de armas			
	Nueva				
Coliformes	15	09	09	50	cumple
totales					
Coliformes	< 3	< 3	< 3	20	cumple
termotolerantes					

Interpretación y Discusión de la Tabla N° 05: La Tabla N° 05 indica una carga de Coliformes Totales entre 9 y 15 NMP/100 mL, mientras que los Coliformes Termotolerantes fueron <3 NMP/100mL. Estos datos se discuten frente a Cubas et al. (2022), quienes en comunidades nativas de Amazonas reportaron valores que excedían los límites máximos (frecuentemente >1000 NMP/100mL en selva). En Ilave, el valor máximo de 15 NMP/100mL es drásticamente menor. Esta diferencia de magnitud (15 vs >1000) se explica por las condiciones climáticas: la radiación UV en Ilave (3,850 m.s.n.m.) actúa como desinfectante natural en los techos, impidiendo la proliferación masiva que sí ocurre en la humedad de la selva.

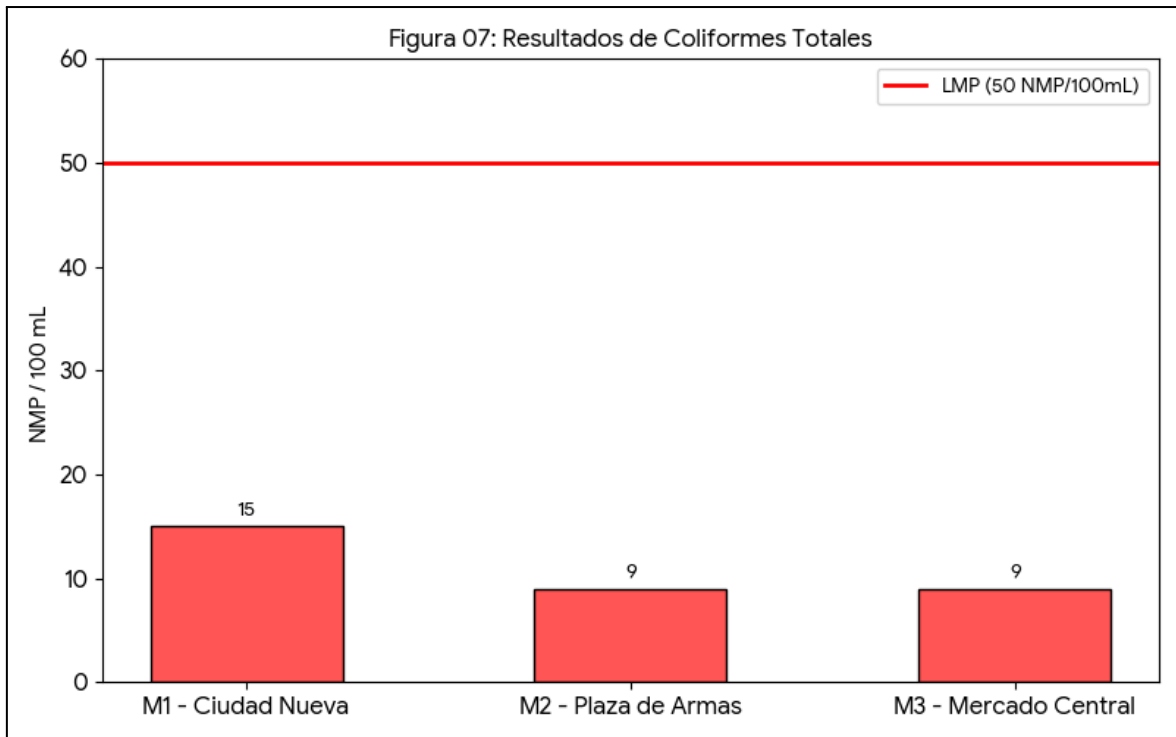


Figura 07: Resultados de Coliformes Totales

Interpretación y Discusión de la Figura 07: En la Figura 07 se observa que el punto M1 alcanza 15 NMP/100 mL, manteniéndose debajo del límite de 50 NMP/100mL. Aunque cumple la norma, la presencia de 15 NMP confirma lo hallado por Rivera & Ramos (2022), quienes detectaron coliformes en muestras indirectas. Esto significa que el agua no es estéril (0 NMP). Por tanto, aunque el agua de llave es 3 veces más limpia que el límite permitido (15 vs 50), requiere desinfección preventiva tal como recomienda Avilés & Chaparro (2020) para garantizar la eliminación total de esa carga bacteriana residual.

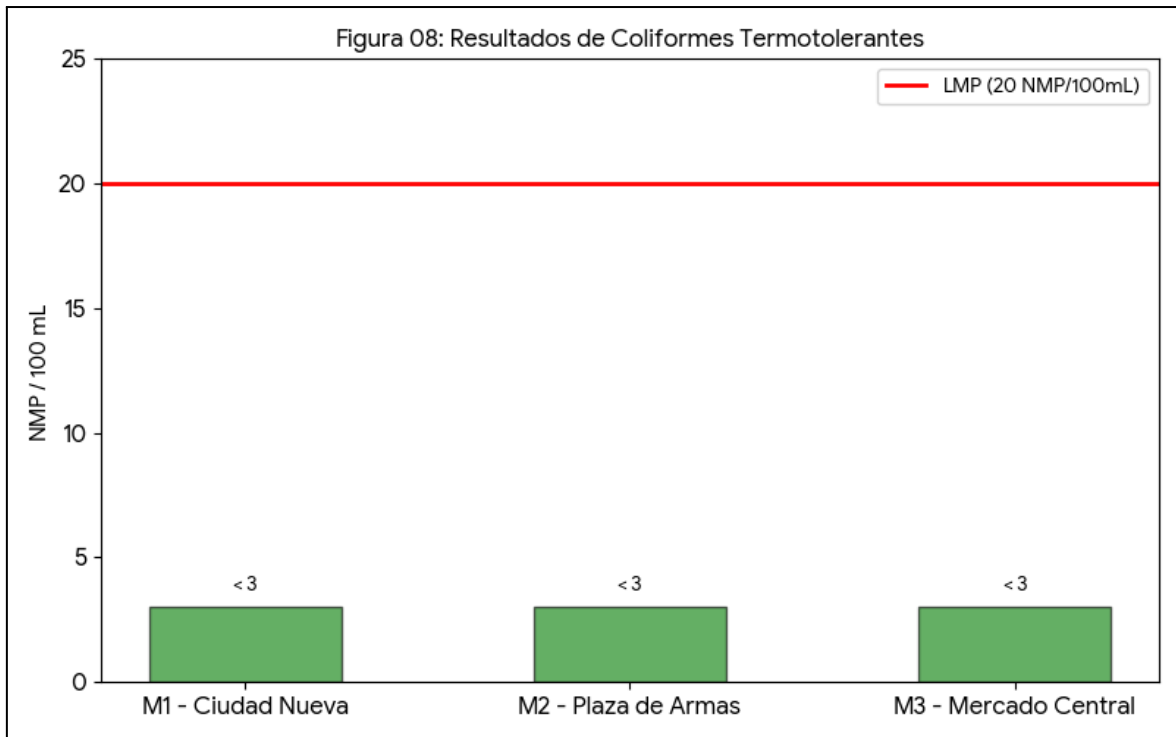


Figura 08: Resultados de Coliformes Termotolerantes

Interpretación y Discusión de la Figura 08: La Figura 08 muestra valores de <3 NMP/100mL en todos los puntos, muy por debajo del límite de 20 NMP/100mL. Este resultado es numéricamente superior al de Romero (2020) en Colombia, quien encontró conteos de coliformes que no siempre cumplían la norma. En llave, el cumplimiento es del 100%. La ausencia de termotolerantes (fecales) indica que no hay contaminación por heces de aves o animales en los techos muestreados, lo cual valida la seguridad sanitaria del recurso frente a fuentes superficiales (ríos) que suelen tener conteos de E. coli superiores a 200 o 500 NMP/100mL.

4.3. PROCESO DE LA PRUEBA DE HIPÓTESIS

Hipótesis general: Las características físicas, químicas y microbiológicas del agua de lluvia y su potencial uso para consumo humano, no son aptas en la ciudad de Ilave, Puno-2025.

H₁: Las características físicas, químicas y microbiológicas del agua de lluvia NO SON APTAS para consumo humano (Cumplen con los ECA).

H₀: Las características físicas, químicas y microbiológicas del agua de lluvia SON APTAS para consumo humano (cumplen con los ECA).

Solución y resultado: Al analizar la Tabla N° 03 y la Tabla N° 04, se determinó que todos los parámetros fisicoquímicos (pH, conductividad, metales pesados) se encuentran dentro de los rangos permisibles. Asimismo, en la Tabla N° 05, se observó que la carga microbiológica (Coliformes Totales y Termotolerantes) es inferior a los Límites Máximos Permisibles (50 NMP y 20 NMP respectivamente). No existe ningún parámetro evaluado que exceda la normativa vigente.

Decisión Estadística:

Se RECHAZA la Hipótesis Alterna (**H₁**) y se ACEPTA la Hipótesis Nula (**H₀**).

Conclusión: Se concluye con evidencia estadística que el agua de lluvia en la ciudad de Ilave SÍ ES APTA para su uso en consumo humano (previo tratamiento de desinfección), dado que sus características cumplen integralmente con la normativa nacional.

Hipótesis específica N° 01: Las características físicas, químicas del agua de lluvia y su potencial uso para consumo humano NO son aptas, en la ciudad de Ilave, Puno-2025

H₁: Las características físicas y químicas del agua de lluvia NO CUMPLEN con los Estándares de Calidad Ambiental.

H₀: Las características físicas y químicas del agua de lluvia CUMPLEN con los Estándares de Calidad Ambiental.

Solución y resultado: La evidencia empírica presentada en la Tabla N° 03 muestra un pH promedio de 7.42 (neutro), visualizado en la Figura 02, y una DBO inferior a 2.4 mg/L (Figura 03). Además, la Tabla N° 04 confirma la ausencia de metales tóxicos como Arsénico y Plomo, cuyos valores (<0.005 mg/L) están muy por debajo del límite de 0.01 mg/L, tal como se demostró en la Figura 06. Al comparar cada valor obtenido (X) con el valor normativo (LMP), se cumple la condición: $X < LMP$ en el 100% de los casos.

Decisión Estadística: Se RECHAZA la Hipótesis Alternativa (H_1) y se ACEPTA la Hipótesis Nula (H_0).

Conclusión: Las características físicas y químicas del agua de lluvia son de excelente calidad y SON APTAS para el abastecimiento humano, al no presentar acidez ni contaminación por metales pesados.

Hipótesis específica N° 02: Las características microbiológicas del agua de lluvia y su potencial uso para consumo humano no son aptas, en la ciudad de Ilave, Puno-2025.

H_1 : Las características microbiológicas del agua de lluvia NO CUMPLEN con los límites del D.S. N° 004-2017-MINAM (Son aptas).

H_0 : Las características microbiológicas del agua de lluvia CUMPLE los límites del D.S. N° 004-2017-MINAM (No son aptas).

Solución y resultado: Según los datos de la Tabla N° 05, la concentración de Coliformes Totales oscila entre 9 y 15 NMP/100mL, valores que, aunque indican presencia bacteriana, son inferiores al límite de 50 NMP/100 mL (ver Figura 07). De manera más crítica, los Coliformes Termotolerantes reportaron valores de <3 NMP/100mL en todos los puntos, cumpliendo holgadamente con el límite de 20 NMP/100mL (Figura 08). Dado que la carga bacteriana no supera el umbral establecido para aguas de Subcategoría A1, no existe evidencia de contaminación fecal que invalide su uso.

Decisión Estadística: Se RECHAZA la Hipótesis Alternativa (H_1) y se ACEPTA la Hipótesis Nula (H_0).

Conclusión: Las características microbiológicas del agua de lluvia SON APTAS para ser potabilizadas mediante desinfección, descartándose un riesgo sanitario grave que impida su consumo.

CONCLUSIONES

PRIMERA. El agua analizada presenta una excelente calidad fisicoquímica y cumple con los Estándares Ambientales (ECA). los resultados de los parámetros microbiológicos como (Coliformes Termotolerantes), su valor es menor a 20, por lo que CUMPLE con el ECA. Esto indica que la fuente de agua (el ambiente) tiene una buena calidad en términos de impacto ambiental, pero no garantiza para consumo humano.

SEGUNDA. Parámetros Físico-Químicos: Oxígeno Disuelto (OD): El OD es alto (entre 6.4 y 6.8 mg/L), cumpliendo con el mínimo 6 mg/L. Un alto OD es favorable para la vida acuática y la salud del ecosistema, DBO y DQO: Los valores están por debajo de sus límites (DBO 2.4 vs. límite 3; DQO 8.6 vs. límite 10). Esto indica una baja presencia de materia orgánica biodegradable y química, lo cual es señal de buena calidad del agua. pH: Se encuentra en el rango neutral (7.18 a 7.70) y cumple el rango 6.5-8.5. Parámetros Inorgánicos (Metales Pesados) Arsénico, Cadmio, Mercurio y Plomo: Las concentraciones son muy bajas, estando significativamente por debajo de los límites de ECA (ejemplo: Arsénico 0.005 mg/L vs. límite de 0.01 mg/L). Cobre y Zinc: Los valores medidos ($0.005 - 0.02 \text{ mg/L}$) son mínimos en comparación con sus límites de ECA (2 y 3 mg/L, respectivamente).

TERCERA. Su valor es menor a 20, por lo que CUMPLE con el ECA. Esto indica que la fuente de agua (el ambiente) tiene una buena calidad en términos de impacto ambiental.

RECOMENDACIONES

PRIMERA: A la Municipalidad Provincial de El Collao - Ilave, se recomienda implementar políticas públicas locales que incentiven la instalación de Sistemas de Captación de Agua de Lluvia (SCALL) en instituciones educativas y edificaciones públicas. Dado que los resultados de esta investigación confirmaron que el agua pluvial en Ilave cumple con los Estándares de Calidad Ambiental (Categoría A1), su aprovechamiento constituye una estrategia técnica viable y segura para mitigar el déficit hídrico en la ciudad.

SEGUNDA: A la población usuaria que implemente estos sistemas, es técnicamente indispensable la instalación de dispositivos de descarte de primeras aguas (first-flush). Si bien la calidad química es excelente, la presencia de 9 a 15 NMP/100mL de Coliformes Totales indica que el polvo acumulado en los techos aporta carga microbiana. Descartar los primeros litros de cada lluvia reducirá significativamente la turbidez y la carga bacteriana inicial, mejorando la calidad del agua almacenada.

TERCERA: A la Red de Salud El Collao y a los usuarios domésticos aplicar procesos de desinfección obligatoria antes del consumo humano directo. A pesar de que el agua cumple con la normativa, no es estéril. La aplicación de cloro (2 gotas de lejía comercial al 5% por litro de agua con 30 minutos de contacto) o la ebullición son métodos suficientes y necesarios para garantizar la inocuidad microbiológica total.

BIBLIOGRAFÍA

- Admin, & Chau Lam, J. A. (2023). Influence of rainfall on water quality in relation to metals in rivers on the coast of Peru. *Universidad Ciencia y Tecnología*, 27(120), 42-50. <https://doi.org/10.47460/uct.v27i120.730>
- Arroyave Rojas et al. - 2021—EVALUACIÓN DE LA CANTIDAD, CALIDAD FISICOQUÍMICA Y.pdf. (s. f.). Recuperado 28 de enero de 2025, de https://repositorio.itm.edu.co/bitstream/handle/20.500.12622/4548/JoanAmir_ArroyaveRojas_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Atencio Miranda, E. (2017). Determinación del sistema de captación de agua de lluvia en viviendas rurales, para uso pecuario en la comunidad de Suquinapi del distrito de Ilave, 2016. *Universidad Nacional del Altiplano*. <https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/4791>
- Avilés, D. M. H., & Chaparro, T. R. (2020). Tratamiento de agua lluvia con fines de consumo humano*. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 30(2), 97-107. *Calidad del agua lluvia.pdf*. (s. f.). Recuperado 28 de enero de 2025, de <https://repositorio.escuelaing.edu.co/bitstream/handle/001/2275/Calidad%20del%20agua%20lluvia.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Chalco Mulluni, G. F. (2016). Evaluación, análisis y diseño de un sistema de captación de agua de lluvia en viviendas rurales en Molino—Juli. *Universidad Nacional del Altiplano*. <https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/4620>
- Cubas, J. E. A., Rojas, E. M., & Ortiz, E. A. D. (2022). Calidad de agua de lluvia en prototipos de captación en las comunidades nativas de Tunants y Yahuahua, Amazonas-Perú. *Revista de la Universidad del Zulia*, 13(36), Article 36. <https://doi.org/10.46925//rdluz.36.13>
- EILabWebMaster. (2023, octubre 16). *Pruebas fisicoquímicas del agua: Métodos y análisis relevantes*. Laboratorio ABM.

<https://laboratorioabm.com/pruebas-fisicoquimicas-del-agua-metodos-y-analisis-relevantes/>

Emerson, B. L. B. (2022). Proceso de filtración de la cascara de naranja, para la potabilización del agua de lluvia en las zonas rurales de San Ramon, Junín. *Universidad Nacional Federico Villarreal*.
<https://renati.sunedu.gob.pe/handle/renati/1182596>

Guías para la calidad del agua potable. (s. f.). Recuperado 29 de enero de 2025, de <https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/sinia/archivos/public/docs/220.pdf>

Guzman Mamani, M. J., & Rodriguez Andia, I. (2021). Sistema de captación de agua de lluvia en viviendas para la calidad de vida de los pobladores, distrito de Cusco, 2021. *Repositorio Institucional - UCV*.
<https://renati.sunedu.gob.pe/handle/renati/1538689>

Limachi Gomez, F. (2024). *Evaluación de la calidad fisicoquímica del agua de lluvia para su aprovechamiento y uso doméstico en la ciudad de Puno*.
<https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/21401>

Marco Arezio. (2020). *Contaminación mundial del agua de lluvia*.
https://www.rmix.it/noticias/contaminacion-global-del-agua-de-lluvia-una-emergencia-para-el-medio-ambiente-y-la-salud-es/?utm_source=chatgpt.com

Miranda, E. A., Alejo, R. A., & Navarro, W. M. (2022). SOSTENIBILIDAD DE LA COSECHA DE AGUA PLUVIAL COMO ALTERNATIVA DE ABREVADERO PARA GANADO EN ZONA RURAL DEL DISTRITO DE ILAVE-PERÚ. *Ñawparisun - Revista de Investigación Científica de Ingenierías*, 4(1), Article 1.
<https://doi.org/10.47190/nric.v4i1.6>

Mora-Barrantes, J. C., Sibaja-Brenes, J. P., Borbón-Alpizar, H., Mora-Barrantes, J. C., Sibaja-Brenes, J. P., & Borbón-Alpizar, H. (2021). Fuentes antropogénicas y naturales de contaminación atmosférica: Estado del arte de su impacto en la

- calidad fisicoquímica del agua de lluvia y de niebla. *Revista Tecnología en Marcha*, 34(1), 92-103. <https://doi.org/10.18845/tm.v34i1.4806>
- Ordenanza Municipal 005-2023-MPCI/A. (s. f.). *Programa Municipal de Educación, Cultura y Ciudadanía Ambiental de la Municipalidad Provincial de El Collao-Ilave | SINIA*. Recuperado 29 de enero de 2025, de <https://sinia.minam.gob.pe/normas/programa-municipal-educacion-cultura-ciudadania-ambiental>.
- Orszagh, Joseph (2019). *Eautarcie—Calidad del agua de lluvia*. https://www.eautarcie.org/es/03b.html?utm_source=chatgpt.com
- PERÚ, E. P. de S. E. S. A. E. (2023, julio 15). *Puno: Vivienda impulsa destrabe de proyectos de agua y saneamiento en El Collao-Ilave*. <https://andina.pe/agencia/noticia-puno-vivienda-impulsa-destrabe-proyectos-agua-y-saneamiento-el-collaoilave-947569.aspx>
- Rivera Mauricio, D. M., & Ramos Rengifo, J. F. (2022). *Estudio de la calidad del agua de lluvia con relación al lugar y modo de captación para el consumo humano en los distritos de Campo Verde, Manantay y Yarinacocha—Provincia de Coronel Portillo—Departamento de Ucayali—Perú*. <https://hdl.handle.net/20.500.14621/6476>
- Rojas-Valencia, M. N., Gallardo-Bolaños, J. R., & Martínez-Coto, A. (2012). Implementación y caracterización de un sistema de captación y aprovechamiento de agua de lluvia. *TIP. Revista especializada en ciencias químico-biológicas*, 15(1), 16-23.

ANEXOS

Anexo 01: Matriz de consistencia

TÍTULO: CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS DEL AGUA DE LLUVIA Y SU POTENCIAL USO PARA CONSUMO HUMANO EN LA CIUDAD DE ILAVE, PUNO - 2025.

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	METODOLOGÍA
<p>¿Cuáles son las características físicas, químicas y microbiológicas del agua de lluvia y su potencial uso para consumo humano en la ciudad de Ilave, Puno-2025?</p> <p>ESPECÍFICOS ¿Cuáles son las características físicas, químicas del agua de lluvia y su potencial uso para consumo humano en la ciudad de Ilave, Puno-2025?</p> <p>¿Cuáles son las características microbiológicas del agua de lluvia y su potencial uso para consumo humano en la ciudad de Ilave, Puno-2025?</p>	<p>Analizar las características físicas, químicas y microbiológicas del agua de lluvia y su potencial uso para consumo humano en la ciudad de Ilave, Puno-2025</p> <p>ESPECÍFICOS Evaluar las características físicas, químicas del agua de lluvia y su potencial uso para consumo humano en la ciudad de Ilave, Puno-2025</p> <p>Evaluar las características microbiológicas del agua de lluvia y su potencial uso para consumo humano en la ciudad de Ilave, Puno-2025</p>	<p>Las características físicas, químicas y microbiológicas del agua de lluvia y su potencial uso para consumo humano, no son aptas en la ciudad de Ilave, Puno-2025</p> <p>ESPECÍFICOS Las características físicas, químicas del agua de lluvia y su potencial uso para consumo humano no son aptas, en la ciudad de Ilave, Puno-2025</p> <p>Las características microbiológicas del agua de lluvia y su potencial uso para consumo humano no son aptas, en la ciudad de Ilave, Puno-2025</p>	<p>VI: características físicas, químicas y microbiológicas</p> <p>VD: Potencial uso para consumo humano</p>	<p>Físicas</p> <p>Químicas</p> <p>Inorgánicas:</p> <p>Microbiológicas</p>	<p>CE, nitratos, pH, sólidos disueltos totales, sulfatos, T°, dureza total</p> <p>Arsénico, cadmio, mercurio, plomo</p> <p>Coliformes totales, coliformes termotolerantes</p>	<p>DS 004-2017-MINA M Categoría 1, subcategoría A1</p> <p>Laboratorio</p>	<p>ENFOQUE: cuantitativo</p> <p>DISEÑO: No experimental</p> <p>TIPO: Descriptivo</p> <p>Población/muestra: agua de lluvia: puntos de muestreo.</p> <p>Tipo de muestreo: no probabilístico y por conveniencia</p>

Anexo 02: Resultados del laboratorio



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

INFORME DE ENSAYO 0064/MQA
RESULTADO DE ANÁLISIS

ASUNTO: ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICO, MICROBIOLÓGICO Y METALES PESADOS DE AGUA.

PROCEDENCIA : BARRIO CIUDAD NUEVA / JR. FRANCISCO DE BORJA N° 261.
COLLAO ILAVE / PUNO.
INTERESADO : YOBE MARCOS ALANOCA LAYME.
MOTIVO : ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICO.
FECHA DE MUESTREO : 03/04/2025 (por el interesado).
FECHA DE ANÁLISIS : 04/04/2025

CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS:

Aspecto : Líquido Olor : Inodoro
Color : Incoloro Sabor : Insípido

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS:

PARAMETROS	UNIDAD	M1	METODOLOGÍA
pH		7.18	Potenciómetro
C.E	mS/cm	0.30	Conductímetro
Temperatura (°C)	°C	13.5	Termómetro
Sólidos Disueltos Totales	g/l	0.15	Evaporación y pesaje
Oxígeno Disuelto (OD)	mg/l	6.80	Winkler modificado

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS:

Dureza Total (como CaCO ₃)	mg/l	68.40	Titulación con EDTA
Alcalinidad (como CaHCO ₃)	mg/l	66.54	Titulación ácido-base
Cloruros (como Cl ⁻)	mg/l	11.35	Titulación de Mohr
Sulfatos (como SO ₄ ⁻²)	mg/l	89.00	Espectrofotometría (Método de bario).
Nitratos (como NO ₃ ⁻)	mg/l	0.02	método colorimétrico
Calcio (como Ca ⁺⁺)	mg/l	15.20	Titulación con EDTA
Magnesio (como Mg ⁺⁺)	mg/l	7.34	Titulación con EDTA
DBO ₅	mg/l	2.4	Digestión Cerrada
DQO	mg/l	8.6	Digestión Cerrada
Cadmio (como Cd)	mg/l	<0.001	Absorción atómica
Plomo (como Pb)	mg/l	<0.005	Absorción atómica
Zinc (como Zn)	mg/l	0.02	Absorción atómica
Arsénico (como As)	mg/l	<0.005	Absorción atómica
Mercurio (como Hg)	mg/l	0.00	Absorción atómica
Cobre (como Cu)	mg/l	0.01	Absorción atómica

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO:

Coliformes totales	NMP/100ml	15	APHA 9221B / EPA 1680
Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	<3	APHA 9222D / EPA 1603

> La muestra se recibió en el laboratorio.



[Signature]
Benito Fernández Villalaz
RUC: 20612800741
GERENTE



[Signature]
Solomón Jesús Morales Yucra
INGENIERO QUÍMICO
ANALISTA DE LABORATORIO

Jr. Esmeralda N°193 URB - Villa Florida – a una cuadra del local Pégrola - Puno
Cel 973796546 – 983003185



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

INFORME DE ENSAYO 0065/MQA

RESULTADO DE ANÁLISIS

ASUNTO: ANALISIS FISICO - QUÍMICO, MICROBIOLÓGICO Y METALES PESADOS DE AGUA.

PROCEDECENCIA : PLAZA DE ARMAS ILAVE – JR. INDEPENDENCIA N°130.
COLLAO ILAVE / PUNO.
INTERESADO : YOBE MARCOS ALANOCA LAYME.
MOTIVO : ANALISIS FISICO – QUIMICO.
FECHA DE MUESTREO : 03/04/2025 (por el interesado).
FECHA DE ANALISIS : 04/04/2025.

CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS:

Aspecto : Líquido **Olor** : Inodoro
Color : Incoloro **Sabor** : Insípido

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS:

PARAMETROS	UNIDAD	M2	METODOLOGIA
pH		7.70	Potenciómetro
C.E	mS/cm	0.04	Conductímetro
Temperatura (°C)	°C	13.1	Termómetro
Sólidos Disueltos Totales	g/l	0.02	Evaporación y pesaje
Oxígeno Disuelto (OD)	mg/l	6.4	Winkler modificado

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS:

Dureza Total (como CaCO ₃)	mg/l	34.20	Titulación con EDTA
Alcalinidad (como CaHCO ₃)	mg/l	44.36	Titulación ácido-base
Cloruros (como Cl)	mg/l	8.51	Titulación de Mohr
Sulfatos (como SO ₄)	mg/l	49.00	Espectrofotometría (Método de bario).
Nitratos (como NO ₃)	mg/l	0.01	método colorimétrico
Calcio (como Ca ⁺⁺)	mg/l	7.60	Titulación con EDTA
Magnesio (como Mg ⁺⁺)	mg/l	3.67	Titulación con EDTA
DBO ₅	mg/l	1.2	Digestión Cerrada
DQO	mg/l	3.0	Digestión Cerrada
Cadmio (como Cd)	mg/l	<0.001	Absorción atómica
Plomo (como Pb)	mg/l	<0.003	Absorción atómica
Zinc (como Zn)	mg/l	0.010	Absorción atómica
Arsénico (como As)	mg/l	0.004	Absorción atómica
Mercurio (como Hg)	mg/l	0.00	Absorción atómica
Cobre (como Cu)	mg/l	0.005	Absorción atómica

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO:

Coliformes totales	NMP/100ml	09	APHA 9221B / EPA 1680
Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	<3	APHA 9222D / EPA 1603

> La muestra se recibió en el laboratorio.



Yoberto Hernández Calloapaza
RUC: 20612800741



Salvador Justo Morales Yucra
INGENIERO QUÍMICO



ANÁLISIS DE AGUAS – SUELOS – MINERALES Y OTROS.
CON EQUIPOS CALIBRADOS Y CERTIFICADOS POR
COMPARACIÓN DE TRAZABILIDAD DIRECTA DE INACAL.
RUC: 20612800741.

INFORME DE ENSAYO 0066/MQA

RESULTADO DE ANÁLISIS

ASUNTO: ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO, MICROBIOLÓGICO Y METALES PESADOS DE AGUA.

PROCEDENCIA : PLAZA DE ARMAS ILAVE – JR. INDEPENDENCIA N°130.
COLLAO ILAVE / PUNO.
INTERESADO : YOBE MARCOS ALANOCA LAYME.
MOTIVO : ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICO.
FECHA DE MUESTREO : 03/04/2025 (por el interesado).
FECHA DE ANÁLISIS : 04/04/2025.

CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS:

Aspecto : Líquido **Olor** : Inodoro
Color : Incoloro **Sabor** : Insípido

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS:

PARAMETROS	UNIDAD	M3	METODOLOGÍA
pH		7.40	Potenciómetro
C.E	mS/cm	0.06	Conductímetro
Temperatura (°C)	°C	13.1	Termómetro
Sólidos Disueltos Totales	g/l	0.03	Evaporación y pesaje
Oxígeno Disuelto (OD)	mg/l	6.7	Winkler modificado

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS:

Dureza Total (como CaCO ₃)	mg/l	30.40	Titulación con EDTA
Alcalinidad (como CaHCO ₃)	mg/l	21.18	Titulación ácido-base
Cloruros (como Cl ⁻)	mg/l	4.26	Titulación de Mohr
Sulfatos (como SO ₄ ⁻²)	mg/l	68.00	Espectrofotometría (Método de bario).
Nitratos (como NO ₃ ⁻)	mg/l	0.01	método colorimétrico
Calcio (como Ca ⁺⁺)	mg/l	6.08	Titulación con EDTA
Magnesio (como Mg ⁺⁺)	mg/l	3.66	Titulación con EDTA
DBO ₅	mg/l	1.8	Digestión Cerrada
DQO	mg/l	5.5	Digestión Cerrada
Cadmio (como Cd)	mg/l	<0.001	Absorción atómica
Plomo (como Pb)	mg/l	<0.003	Absorción atómica
Zinc (como Zn)	mg/l	0.02	Absorción atómica
Arsénico (como As)	mg/l	<0.005	Absorción atómica
Mercurio (como Hg)	mg/l	0.00	Absorción atómica
Cobre (como Cu)	mg/l	0.01	Absorción atómica

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO:

Coliformes totales	NMP/100ml	09	APHA 9221B / EPA 1680
Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	<3	APHA 9222D / EPA 1603

➤ La muestra se recibió en el laboratorio.



Benito Bernades Salloapaza
RUC: 20612800741



Salomón Justo Morales Yucra
INGENIERO QUÍMICO
ANALISTA DE LABORATORIO

Anexo 03: Panel fotográfico



Figura 09: Recolectando la primera muestra



Figura 10: Recolectando la segunda muestra



Figura 11: Recolectando la tercera muestra