

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS

FACULTAD DE INGENIERÍAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

**CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO DEL MANANTIAL DE LA
COMUNIDAD CAMPESINA TUPAC AMARU DEL DISTRITO DE MACUSANI -**

CARABAYA - 2024

PRESENTADA POR:

HERNAN ORLANDO AGUILAR VALERIANO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

PUNO – PERÚ

2025



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



11.68%

SIMILARITY OVERALL

SCANNED ON: 23 JAN 2025, 5:30 PM

Similarity report

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

● IDENTICAL
4.05%

● CHANGED TEXT
7.62%

Report #24516061

HERNAN ORLANDO AGUILAR VALERIANO // CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO D EL MANANTIAL DE LA COMUNIDAD CAMPESINA TUPAC AMARU DEL DISTRITO DE MACUSANI - CARABAYA - 2024 RESUMEN La investigación tuvo como objetivo evaluar la calidad del agua para consumo humano del manantial de la comunidad campesina Tupac Amaru del distrito de Macusani según el DS N° 031-2010-SA. La metodología empleada es de tipo descriptivo y no experimental, la población de la investigación ha sido el agua del manantial denominado Chillinipa siendo la muestra simple y puntual equivalente a 1 litro, dicha muestra ha sido analizada en laboratorio obteniendo los siguientes resultados: pH con un valor de 7.39, temperatura igual 13.75 [°C], conductividad eléctrica igual a 194.00 [uS/cm], la dureza total 85.04 [mg/L], la alcalinidad igual a 139.13 [mg/L], los cloruros con 52.98 [mg/L], los sulfatos igual a 37.80 [mg/L], los sólidos totales disueltos igual a 96.70 [mg/L], el calcio igual a 17.79 [mg/L], el magnesio con 9.86 [mg/L] por último la salinidad con un 0.70 [%]. Respecto a los resultados de los parámetros microbiológicos nos muestran que para los coliformes totales un valor de 0 [UFC/100 ml], para los coliformes termotolerantes también igual a 0 [UFC/100 ml] y por último para los escherichia coli la cantidad de 0 [UFC/100ml]. En conclusión, la calidad del agua para consumo humano del manantial de la comunidad campesina Tupac Amaru del distrito de Macusani

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

TESIS

**CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO DEL MANANTIAL DE LA
COMUNIDAD CAMPESINA TUPAC AMARU DEL DISTRITO DE MACUSANI -
CARABAYA - 2024**

PRESENTADA POR:

HERNAN ORLANDO AGUILAR VALERIANO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE

: 
Mg. JULIO WILFREDO CANO OJEDA

PRIMER MIEMBRO

: 
Mg. KATIA ELIZABETH ANDRADE LINAREZ

SEGUNDO MIEMBRO

: 
Dra. MARLENE CUSI MONTESINOS.

ASESOR DE TESIS

: 
M.Sc. FREDY APARICIO CASTILLO SUAQUITA

Área: Ingeniería, Tecnológica.

Sub Área: Ingeniería Ambiental.

Líneas de Investigación: Ciencias Ambientales.

Puno, 24 de enero del 2025

DEDICATORIA

A la naturaleza, fuente inagotable de inspiración, por recordarnos constantemente nuestra responsabilidad de protegerla y cuidarla para las futuras generaciones.

A mi madre, a mi compañera de vida y a mi hija, por su amor, paciencia y apoyo incondicional durante este proceso; ustedes son el motor que me impulsa a seguir adelante.

A mis maestros y mentores, quienes sembraron en mí la pasión por el medio ambiente y la convicción de que, con esfuerzo y dedicación, es posible construir un mundo más sostenible.

Y a todas las comunidades que luchan día a día por preservar los recursos naturales, a pesar de las adversidades, este trabajo es un homenaje a su resiliencia y compromiso.

Con gratitud y esperanza, dedico esta tesis a quienes creen en un planeta mejor.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Privada San Carlos – Puno, por acogerme como mi segundo hogar, donde recibí las enseñanzas impartidas por los diferentes docentes en los años de estudios, donde se me permitió alcanzar uno de mis objetivos más anhelados.

A la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, por brindarme los conocimientos impartidos en los diferentes años de estudios cursados.

A mi asesor M.Sc. Fredy Aparicio Castillo Suaquita, por su compromiso, paciencia y enseñanza incondicional para lograr la elaboración del presente trabajo de investigación.

Agradecer a mis jurados:

- Presidente: Mag. Julio Wilfredo Cano Ojeda,
- Primer miembro: Mag. Katia Elizabeth Andrade Linarez,
- Segundo miembro Dra. Marlene Cusi Montesinos,

Por todos sus aportes para mejorar mi trabajo de investigación.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	1
AGRADECIMIENTOS	2
ÍNDICE GENERAL	3
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	7
INDICE 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	15
1.2. ANTECEDENTES	15
1.2.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES	15
1.2.2. ANTECEDENTES NACIONALES	16
1.2.3. ANTECEDENTES LOCALES	19
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	20
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	20
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO	21
2.1.1 CALIDAD DEL AGUA	21
2.1.2. CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS DEL AGUA	22
2.1.3. CARACTERISTICAS FISICAS Y QUIMICAS DEL AGUA	23
2.1.4. MANANTIALES	24
2.2. MARCO CONCEPTUAL	25
2.3. MARCO NORMATIVO	27
2.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	28
2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL	28
CAPÍTULO III	
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	
3.1. ZONA DE ESTUDIO	29
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA	30
3.2.1. POBLACIÓN	30
3.2.2 MUESTRA	30
3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS	31
3.3.1. TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	31
3.3.2. METODOLOGÍA PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS	31
3.3.3. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE LA INVESTIGACIÓN	33
3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES	34
3.5. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO	34
CAPÍTULO IV	
EXPOSICION Y ANALISIS DE LOS RESULTADOS	
4.1. DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS EN EL AGUA DEL MANANTIAL DE LA COMUNIDAD	

CAMPESINA TUPAC AMARU DEL DISTRITO DE MACUSANI SEGÚN EL DS N° 031-2010-SA.	36
4.2. DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE LOS PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS EN EL AGUA DEL MANANTIAL DE LA COMUNIDAD CAMPESINA TUPAC AMARU DEL DISTRITO DE MACUSANI SEGÚN EL DS N° 031-2010-SA.	44
4.3. EVALUACIÓN DE DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO DEL MANANTIAL DE LA COMUNIDAD CAMPESINA TUPAC AMARU DEL DISTRITO DE MACUSANI SEGÚN EL DS N° 031-2010-SA.	46
4.4. COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS	47
4.4.1. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS GENERAL.	47
CONCLUSIONES	48
RECOMENDACIONES	49
BIBLIOGRAFÍA	50
ANEXOS	55

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 01: Ubicación del manantial Chillinipa.	31
Tabla 02: Metodología de los parámetros fisicoquímicos	32
Tabla 03: Metodología de los parámetros microbiológicos.	33
Tabla 04: Instrumentos de recolección de datos.	33
Tabla 05: Evaluación de los parámetros fisicoquímicos.	36
Tabla 06: Evaluación de los parámetros microbiológicos.	44

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 01: Ubicación del distrito de Macusani en el departamento de Puno.	29
Figura 02: Ubicación de la Comunidad Campesina de Tupac Amaru en la ciudad de Macusani.	30
Figura 03: Gráficos de Control.	35
Figura 04: Análisis del pH respecto a los LMP del DS 031-2010-SA.	37
Figura 05: Análisis de la conductividad eléctrica respecto a los LMP del D.S. 031-2010-SA.	38
Figura 06: Análisis de la dureza total respecto a los LMP del DS 031-2010-SA.	39
Figura 07: Análisis de los cloruros respecto a los LMP del DS 031-2010-SA.	40
Figura 08: Análisis de los sulfatos respecto a los LMP del DS 031-2010-SA.	41
Figura 09: Análisis de los sólidos disueltos totales respecto a los LMP del DS 031-2010-SA.	42
Figura 10: Vista del manantial Chillinipa en la comunidad campesina Tupac Amaru.	63
Figura 11: Recogiendo el agua del manantial Chillinipa.	63
Figura 12: Envasando la muestra.	64
Figura 13: Rotulando la muestra recogida de agua.	64
Figura 14: Mostrando la muestra para el análisis físico químico y para el bacteriológico.	65
Figura 15: Colocando la muestra tomada en un recipiente hermético.	65

INDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 01: Límites Máximos Permisibles del Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano establecidos en el DS N° 031-2010-SA.	56
Anexo 02: Resultados del análisis de laboratorio.	61
Anexo 03: Matriz de consistencia	62
Anexo 04: Galería fotográfica.	63

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo evaluar la calidad del agua para consumo humano del manantial de la comunidad campesina Tupac Amaru del distrito de Macusani según el DS N° 031-2010-SA. La metodología empleada es de tipo descriptivo y no experimental, la población de la investigación ha sido el agua del manantial denominado Chillinipa siendo la muestra simple y puntual equivalente a 1 litro, dicha muestra ha sido analizada en laboratorio obteniendo los siguientes resultados: pH con un valor de 7.39, temperatura igual 13.75 [°C], conductividad eléctrica igual a 194.00 [uS/cm], la dureza total 85.04 [mg/L], la alcalinidad igual a 139.13 [mg/L], los cloruros con 52.98 [mg/L], los sulfatos igual a 37.80 [mg/L], los sólidos totales disueltos igual a 96.70 [mg/L], el calcio igual a 17.79 [mg/L], el magnesio con 9.86 [mg/L] por último la salinidad con un 0.70 [%]. Respecto a los resultados de los parámetros microbiológicos nos muestran que para los coliformes totales un valor de 0 [UFC/100 ml], para los coliformes termotolerantes también igual a 0 [UFC/100 ml] y por último para los escherichia coli la cantidad de 0 [UFC/100ml]. En conclusión, la calidad del agua para consumo humano del manantial de la comunidad campesina Tupac Amaru del distrito de Macusani según el DS N° 031-2010-SA, **es apta** para consumo humano, pues las concentraciones de los 11 parámetros fisicoquímicas y 3 microbiológicas analizadas del agua del manantial de Chillinipa que provee a ésta comunidad, cumplen con los límites máximos permisibles de acuerdo al reglamento de calidad de agua para consumo humano.

Palabras claves: Agua, Fisicoquímicos, Manantial, Microbiológicos, Parámetro.

ABSTRACT

The objective of the research was to evaluate the quality of water for human consumption from the spring of the Tupac Amaru peasant community in the Macusani district according to DS No. 031-2010-SA. The methodology used is descriptive and not experimental, the research population has been the water from the spring called Chillinipa being the simple and punctual sample equivalent to 1 liter, said sample has been analyzed in the laboratory obtaining the following results: pH with a value of 7.39, temperature equal to 13.75 [°C], electrical conductivity equal to 194.00 [uS / cm], total hardness 85.04 [mg / L], alkalinity equal to 139.13 [mg / L], chlorides with 52.98 [mg / L], sulfates equal to 37.80 [mg / L], total dissolved solids equal to 96.70 [mg / L], calcium equal to 17.79 [mg / L], magnesium with 9.86 [mg / L] finally salinity with 0.70 [%]. Regarding the results of the microbiological parameters, they show us that for total coliforms a value of 0 [UFC/100 ml], for thermotolerant coliforms also equal to 0 [UFC/100 ml] and finally for escherichia coli the quantity of 0 [UFC/100ml]. In conclusion, the quality of the water for human consumption from the spring of the Tupac Amaru peasant community in the Macusani district according to DS N° 031-2010-SA, is suitable for human consumption, since the concentrations of the 11 physicochemical and 3 microbiological parameters analyzed in the water from the Chillinipa spring that supplies this community, comply with the maximum permissible limits according to the water quality regulations for human consumption.

Keywords: Water, Physicochemical, Spring, Microbiological, Parameter

INTRODUCCIÓN

El acceso al agua potable es un derecho humano fundamental reconocido por las Naciones Unidas y una condición esencial para garantizar el bienestar, la salud y el desarrollo sostenible de las comunidades. En el distrito de Macusani, provincia de Carabaya, departamento de Puno, la población históricamente ha dependido de los manantiales como fuente primaria de agua para consumo humano, lo que refleja una relación directa con los recursos hídricos locales. Sin embargo, la falta de monitoreo y evaluación exhaustiva de la calidad de estas fuentes naturales plantea un desafío significativo para la salud pública y la sostenibilidad ambiental de la región (Corrales et al., 2021).

Los manantiales, aunque considerados tradicionalmente como fuentes confiables de agua, pueden estar expuestos a diversos riesgos de contaminación, como la infiltración de agentes patógenos, metales pesados y residuos agrícolas o domésticos, especialmente en áreas donde no se aplican controles adecuados. Esto supone un riesgo sanitario elevado para las comunidades, ya que el consumo de agua no tratada puede derivar en enfermedades gastrointestinales, infecciones bacterianas, y exposición crónica a sustancias tóxicas (Cruz, 2022).

En el caso específico de la comunidad campesina Túpac Amaru, situada en el distrito de Macusani, la presente investigación busca llenar un vacío crítico de información al realizar un análisis integral de la calidad del agua de su manantial principal (Guevara y Zurita, 2021). Este estudio es crucial no sólo para evaluar la aptitud del agua para el consumo humano, sino también para identificar las acciones necesarias que puedan asegurar su potabilidad, como la implementación de sistemas de tratamiento o protección de la fuente.

Los resultados derivados de este análisis no solo beneficiarán directamente a la población local al identificar posibles riesgos y soluciones, sino que también servirán

como base para promover políticas públicas orientadas a la gestión sostenible del recurso hídrico en zonas rurales. Además, se espera que este tipo de investigaciones genere conciencia entre las comunidades y las autoridades sobre la importancia de proteger y gestionar de manera adecuada las fuentes de agua, garantizando así el acceso a un recurso tan vital para las generaciones presentes y futuras.

Con un enfoque multidisciplinario, este estudio integra aspectos técnicos, sociales y ambientales, destacando la necesidad de abordar la problemática del agua desde una perspectiva integral que priorice la equidad, la salud y la sostenibilidad en zonas vulnerables como Macusani.

El desarrollo del presente documento lo hemos dividido en los siguientes apartados:

Capítulo I: Exponemos el problema citando información relevante relacionada a la investigación, luego citamos antecedentes de tipo internacional, nacional y del ámbito local, para al final citar los objetivos del presente trabajo.

Capítulo II: Desarrollamos cada uno de los términos que fundamentan el trabajo desarrollado, para ello se exponen el marco teórico y el conceptual y la normatividad nacional vigente, para al final mencionar las hipótesis de éste trabajo.

Capítulo III: Abarcamos el tema de la forma en la que se desarrolló la investigación a través de la metodología de investigación, presentamos la zona de estudio, la población y la muestra, y la parte estadística de éste trabajo.

Capítulo IV. En éste capítulo se exponen los resultados que se obtuvieron así como de la misma manera se terminan analizando e interpretando cada uno de ellos.

Por último terminamos el presente documento manifestando nuestras apreciaciones de los resultados obtenidos en las conclusiones y recomendamos el punto de vista que nos ofrece el haber realizado éste trabajo.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A pesar de los avances del siglo XXI, persiste una preocupante desigualdad en el acceso a agua potable de calidad. Millones de personas en América Latina y otras regiones carecen de una fuente segura de agua para consumo humano (UNESCO, 2022). Las poblaciones rurales y marginadas siguen enfrentando barreras estructurales para acceder a servicios básicos. Estas barreras incluyen la falta de inversión en infraestructura, la corrupción, la planificación urbana deficiente y la inequidad en la distribución de los recursos. Además, el cambio climático exacerba la escasez de agua en muchas regiones, afectando desproporcionadamente a las comunidades más vulnerables. Si bien las redes de tuberías son una herramienta fundamental, es necesario abordar las causas profundas de la desigualdad y garantizar una gestión sostenible de los recursos hídricos para lograr un acceso universal y equitativo (ONU, 2019).

Según el Diagnóstico de la Calidad del Agua en el Perú (2021), nuestro país dispone únicamente del 1.89% del agua dulce total, un porcentaje muy bajo que corresponde a agua que, en teoría, no requeriría tratamiento para el consumo humano (Autoridad Nacional del Agua, 2021). Esta situación no solo compromete la salud de millones de peruanos, sino que también tiene profundas implicaciones socioeconómicas y ambientales. Además, la falta de acceso a agua segura perpetúa las brechas sociales y

expone a poblaciones vulnerables a enfermedades hídricas. La crisis del agua en Perú es un reflejo de un problema global, 1.5 millones de niños fallecen anualmente debido a enfermedades relacionadas con el agua contaminada. Estas cifras evidencian la urgencia de adoptar medidas contundentes para garantizar el acceso universal a agua potable y saneamiento adecuado (Organización mundial de la Salud, 2018).

El acceso al agua potable y al saneamiento trasciende lo meramente utilitario; es un derecho humano fundamental que sustenta la dignidad y el bienestar de cada individuo (Organización de las Naciones Unidas, 2010). Mejorar la gestión del agua y el saneamiento es una inversión en el futuro, una oportunidad para construir un mundo más justo y equitativo donde nadie se quede atrás. Es imperativo reconocer que el agua no es solo un recurso natural, sino un bien común que debe ser protegido y gestionado de manera sostenible para las generaciones presentes y futuras (Superintendencia Nacional De Servicios De Saneamiento, 2018).

La comunidad campesina Túpac Amaru de Macusani, arraigada en sus tradiciones, depende de un manantial ancestral para su subsistencia. Sin embargo, la falta de estudios científicos sobre la calidad de esta fuente representa un riesgo latente para la salud de sus habitantes. Un análisis exhaustivo de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua se vuelve imperativo para garantizar su potabilidad y prevenir enfermedades. De esta manera, no solo protegerá la salud de la comunidad, sino que también sentará las bases para una gestión sostenible del recurso hídrico, promoviendo el bienestar a largo plazo de Túpac Amaru, fortaleciendo su arraigo cultural y mejorando su calidad de vida.

1.1.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cómo será la calidad del agua para consumo humano de acuerdo a los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del manantial de la comunidad campesina Tupac Amaru del distrito de Macusani según el DS N° 031-2010-SA?

1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Cuál será la concentración de los parámetros fisicoquímicos en el agua del manantial de la comunidad campesina Tupac Amaru del distrito de Macusani según el DS N° 031-2010-SA?
- ¿Cómo será la concentración de los parámetros microbiológicos en el agua del manantial de la comunidad campesina Tupac Amaru del distrito de Macusani según el DS N° 031-2010-SA?

1.2. ANTECEDENTES

1.2.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Sánchez et al. (2022), llevaron a cabo una investigación exhaustiva para evaluar la calidad del agua destinada al consumo humano en las comunidades bolivianas de Carmen Pampa y Chovacollo. Con el objetivo de obtener una visión precisa de la situación, los investigadores analizaron muestras de agua provenientes de dos sistemas de abastecimiento distintos en cada comunidad. En cada punto de muestreo, se evaluaron parámetros fisicoquímicos como pH, conductividad eléctrica (CE), oxígeno disuelto (OD) y turbidez, así como la presencia de coliformes fecales (*E. coli*), un indicador bacteriológico de contaminación fecal. Los resultados de los análisis de agua revelaron que, en general, los valores de los parámetros fisicoquímicos se encontraban dentro de los límites establecidos por la normativa boliviana. Un hallazgo preocupante fue la detección de niveles de *E. coli* superiores a los permitidos en todas las muestras analizadas. Estas bacterias son responsables de diversas enfermedades diarreicas, las cuales pueden causar deshidratación, malnutrición y, en casos graves, la muerte, especialmente en niños pequeños y personas con sistemas inmunológicos debilitados.

Vildoza et al. (2020), en su investigación titulada “Diagnóstico preliminar de la calidad bacteriológica del agua de consumo humano y evaluación de prioridad de medidas correctivas en el municipio de Poopó en Oruro-Bolivia” a fin de establecer la prioridad de

medidas correctivas de la contaminación bacteriana y la sanidad del agua de consumo humano, se aplica la metodología de muestreo de 83 puntos, para el estudio bacteriológico se realizó la recolección de muestras de 200 mL en frascos estériles con tapa de rosca. De los resultados presentados, los coliformes totales estuvieron presentes en el 81.9 % de las muestras, mientras que los coliformes termotolerantes estuvieron presentes en el 48.2 % de las muestras, sin embargo, la normativa nacional Boliviana, la EPA (USA), OMS (1993) y la norma 98/83 de la UE, exige que el agua para consumo humano debe estar totalmente libre de estos dos grupos de coliformes.

Navarrete et al. (2018), llevaron a cabo un exhaustivo análisis de la calidad del agua en el poblado de Huépari, Sonora. Con el objetivo de evaluar las condiciones del líquido vital para sus habitantes, los investigadores establecieron seis puntos de muestreo estratégicos y realizaron un monitoreo mensual durante un periodo prolongado. Los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos fueron evaluados rigurosamente, siguiendo los protocolos de higiene establecidos. Los resultados obtenidos revelaron una preocupante situación. Los niveles de metales pesados superaron significativamente los límites máximos permitidos por la normativa. Además, los análisis microbiológicos indicaron la presencia de coliformes totales y fecales en concentraciones superiores a lo establecido, lo cual representa un grave riesgo para la salud de la población. Los autores atribuyen esta problemática a posibles daños en la infraestructura de la red de distribución de agua. Se sugiere que filtraciones en las tuberías podrían permitir el contacto del agua con heces fecales. Esta situación pone de manifiesto la urgencia de implementar medidas correctivas para garantizar el suministro de agua potable.

1.2.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Cordova y Muñoz (2021), llevaron a cabo un estudio exhaustivo sobre la calidad del agua en los manantiales Pauco uno y dos, ubicados en el distrito de El Utco (Celendín-Cajamarca). A través de un diseño de investigación descriptivo, comparativo y

analítico, los autores evaluaron diversos parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de estas fuentes de agua. Para el análisis de los datos, se emplearon herramientas estadísticas como IBM SPSS Statistics y Excel, con un nivel de confianza del 95%. Los resultados obtenidos revelaron que los manantiales Pauco uno y dos cumplen con los estándares de calidad de agua establecidos para una amplia gama de parámetros fisicoquímicos (aluminio, turbidez, pH, conductividad, SDT y dureza total, etc.). Estos hallazgos sugieren que, desde una perspectiva fisicoquímica, el agua de estos manantiales es apta para el consumo humano. Sin embargo, el estudio también evidenció que dichos manantiales no cumplen con la normativa vigente en cuanto a la presencia de coliformes totales, termotolerantes y escherichia coli. Por lo tanto, a pesar de su buena calidad fisicoquímica, se concluye que el agua de estos manantiales no es apta para el consumo humano.

Hurtado (2021), llevó a cabo un estudio en el centro poblado de Quillazú, evaluando la calidad del agua en tres captaciones distintas: "Quillazú I Sector", "Quillazú (Progreso 01)" y "Quillazú (Progreso 02)". El objetivo principal era determinar si los parámetros físico-químicos y microbiológicos de estas captaciones cumplían con los estándares establecidos en el Decreto Supremo N° 004-2017-ECA-MINAM. Para ello, se empleó un diseño de investigación observacional, prospectivo, descriptivo y longitudinal, analizando muestras de agua. Se incluyó un análisis estadístico utilizando la prueba t de Student (software SPSS V22), para comparar los resultados obtenidos con los valores de referencia. Los resultados indicaron que los parámetros evaluados en estas captaciones se encontraban dentro de los límites permitidos por la normativa vigente. Sin embargo, los microbiológicos mostraron un incumplimiento de los estándares establecidos en el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. Si bien la calidad del agua en las captaciones de Quillazú en términos de parámetros físico-químicos es aceptable. Estos hallazgos

resaltan la importancia de implementar medidas de tratamiento y control para garantizar la calidad del agua destinada al consumo humano en esta comunidad.

Este estudio, llevado a cabo por Huaccha y Villena (2021), tuvo como objetivo principal determinar la calidad del agua del caserío Agua Blanca en Sorochuco (Celendín-Cajamarca). Para ello, se realizaron mediciones trimestrales durante un año, se analizaron diversos parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. Los resultados obtenidos mostraron que, en promedio, el agua presentó una CE de 514,70 $\mu\text{S}/\text{cm}$, un nivel de OD de 6,38 mg/L y un pH de 7,56. Además, se registraron valores de 276 mg/L en sólidos totales disueltos y una dureza total de 29393 mg/L en cuanto a la turbidez, se encontró un valor de 1,57 NTU. Los análisis de metales revelaron concentraciones de aluminio de 0,03 mg/L, manganeso inferior a 0,003 mg/L y fósforo menor a 0,04 mg/L la concentración de sodio fue de 2,04 mg/L. Por último, los análisis microbiológicos indicaron la presencia de 0,7 NMP/100mL de coliformes termotolerantes o fecales y 10,61 NMP/100mL de coliformes totales.

Albornoz (2019), reveló en su investigación una preocupante situación respecto a la calidad del agua en los manantiales de Yuraj Puquio, Ñawin Puquio y Garua, ubicados en Huacarcocha. A través de rigurosos análisis fisicoquímicos y bacteriológicos, y empleando pruebas estadísticas como la T de Student, el estudio demostró que los niveles de contaminantes en estas fuentes hídricas superan significativamente los límites máximos permisibles establecidos en la normativa nacional para agua de consumo humano. Estos resultados tienen implicaciones directas para la salud de la población de Huacarcocha, ya que el consumo de agua contaminada puede provocar diversas enfermedades, desde diarreas hasta infecciones más graves. Además, la contaminación de estos manantiales representa una amenaza para el ecosistema local y puede afectar la agricultura y otras actividades económicas que dependen de este recurso vital.

1.2.3. ANTECEDENTES LOCALES

Quispe (2017), revela una preocupante situación respecto a la calidad del agua. La detección de altos niveles de coliformes totales y fecales durante tanto la época de máxima avenida como de estiaje sugiere una contaminación fecal persistente, probablemente originada por descargas de aguas residuales sin tratamiento, lixiviados de basurales a cielo abierto o actividades agrícolas intensivas en la cuenca. Estos resultados tienen implicaciones significativas para la salud pública, ya que el consumo de agua contaminada puede provocar diversas enfermedades gastrointestinales.

Blanco (2018), llevó a cabo un exhaustivo estudio sobre la calidad del agua potable en el distrito de Cabanillas, Puno. A través de múltiples muestreos y análisis, el investigador evaluó tanto los parámetros fisicoquímicos como bacteriológicos del agua. Aunque los resultados fisicoquímicos se encontraban dentro de los límites máximos permisibles (LMP), los parámetros bacteriológicos revelaron una situación preocupante. En particular, el reservorio mostró niveles elevados de sólidos disueltos totales ($370 \text{ DE} \pm 34.64 \text{ mg/L}$), coliformes totales ($303.33 \text{ DE} \pm 136.50$) y coliformes fecales, superando significativamente los LMP establecidos para el consumo humano. La presencia de coliformes fecales ($200 \text{ NMP/100 mL DE} \pm 45,83$) indica una contaminación fecal y representa un riesgo para la salud de la población. En conclusión, los hallazgos de Blanco sugieren que el agua del distrito de Cabanillas no es apta para el consumo humano debido a la contaminación bacteriológica.

Brousett et al. (2018), revela una situación crítica en cuanto a la calidad del agua para consumo humano en la comunidad de Chullunquiani, Puno. Si bien los parámetros fisicoquímicos, en su mayoría, se ajustan a los estándares establecidos, la detección de niveles elevados de coliformes totales, especialmente durante la estación lluviosa, constituye una seria amenaza para la salud de la población. Estos hallazgos sugieren la presencia de fuentes de contaminación fecal en el sistema de abastecimiento de agua,

posiblemente relacionadas con la inadecuada gestión de residuos sólidos y líquidos, la contaminación por aguas residuales o la falta de protección de las fuentes de agua superficial. La presencia de coliformes totales indica una contaminación fecal reciente y la posible presencia de patógenos entéricos que pueden causar enfermedades diarreicas, infecciones gastrointestinales y otras complicaciones de salud, especialmente en poblaciones vulnerables como niños, ancianos y personas con sistemas inmunológicos debilitados.

1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la calidad del agua para consumo humano del manantial de la comunidad campesina Tupac Amaru del distrito de Macusani según el DS N° 031-2010-SA.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la concentración de los parámetros fisicoquímicos en el agua del manantial de la comunidad campesina Tupac Amaru del distrito de Macusani según el DS N° 031-2010-SA.
- Determinar la concentración de los parámetros microbiológicos en el agua del manantial de la comunidad campesina Tupac Amaru del distrito de Macusani según el DS N° 031-2010-SA.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO

2.1.1 CALIDAD DEL AGUA

El agua es el componente esencial de todos los seres vivos y un recurso vital para la agricultura, la industria y la generación de energía. Su importancia en la historia de la humanidad es evidente, pues ha moldeado culturas, economías y modos de vida (Ponce, 2015).

La relación entre las civilizaciones y el agua es tan antigua como la humanidad misma. Desde los primeros asentamientos hasta las metrópolis actuales, la presencia de recursos hídricos ha sido fundamental para el desarrollo y crecimiento de las sociedades. Las áreas urbanas contemporáneas dependen en gran medida de fuentes superficiales para garantizar el suministro de agua necesario para su funcionamiento (Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento, 2018).

La distribución del agua en nuestro planeta es desigual. Si bien el agua cubre la mayor parte de la superficie terrestre (71%), la mayor parte de este recurso se encuentra en los océanos (95.5%). Los depósitos de agua dulce, indispensables para la vida, se concentran en glaciares (1.74%), acuíferos subterráneos (1.72%) y en menor medida en lagos, ríos, suelo y atmósfera (Auge, 2007). Esta distribución irregular del agua dulce plantea desafíos importantes para la gestión de este recurso vital (Auge, 2007).

La importancia del agua para la vida y el desarrollo humano es incuestionable. Desde la agricultura y la industria hasta el consumo doméstico, el agua desempeña un papel crucial en prácticamente todas las actividades humanas. Sin embargo, la creciente demanda de agua, sumada a la contaminación y la gestión inadecuada de este recurso, representa una amenaza para la sostenibilidad de nuestro planeta. Es por ello que la conservación y el uso eficiente del agua son desafíos urgentes que requieren atención a nivel global (Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento, 2018).

2.1.2. CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS DEL AGUA

La contaminación fecal de agua y alimentos es un problema de salud pública que puede provocar enfermedades diarreicas, hepatitis, y otras infecciones graves. La falta de acceso a agua potable segura es un factor de riesgo importante (Dirección General de Salud Ambiental, 2010).

La calidad de la infraestructura hídrica es fundamental para la salud pública. De acuerdo con la Organización Mundial de Salud (Gianoli et al., 2018), microorganismos como los microbios, protozoarios y helmintos son responsables de numerosas enfermedades infecciosas. Para mitigar este riesgo, se recomienda asegurar una presión adecuada en la red de distribución, monitorear los niveles de cloro residual y establecer un programa de control de calidad del agua en diversos puntos (Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento, 2018).

- **Bacterias Coliformes Totales.-** Según (García, 2019), son un grupo bacteriano definido principalmente por las pruebas utilizadas para su aislamiento, pertenecientes a la familia Enterobacteriaceae. Se caracterizan por su capacidad de fermentar la lactosa, produciendo ácido y gas. La detección de estos microorganismos en un cuerpo de agua, como señala Mamani (2019), indica una contaminación actual o pasada con materia orgánica de origen fecal, ya sea humana o animal.

- **Bacterias Coliformes Termotolerantes o fecales.-** Caracterizadas por ser gramnegativas, no esporuladas y capaces de fermentar la lactosa a 44.5 °C en un plazo de 24 horas, son un indicador clave de contaminación fecal. E. coli, la especie más representativa de este grupo, siempre está presente en las heces humanas y animales (Garcia, 2019). Dada su estrecha asociación con las heces, se considera un indicador indirecto de contaminación fecal y un posible riesgo para la salud, ya que suele coexistir con otros patógenos (Mamani, 2019).

2.1.3. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL AGUA

La calidad del agua se evalúa a través de parámetros físicos y químicos (Surita, 2022), los cuales se cotejan con los estándares establecidos en normativas (Tarazona, 2022), como el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA en Perú (Cruz y Delgado, 2022). Esta comparación es fundamental para determinar si el agua cumple con los requisitos de calidad (Guevara y Zurita, 2021). Los indicadores fundamentales son los siguientes:

- **Turbidez.-** Es un indicador de la calidad del agua que refleja la presencia de partículas en suspensión. Estas partículas no solo afectan la transparencia del agua, sino que también tienen implicaciones ecológicas significativas. Al reducir la penetración de la luz, la turbidez limita la fotosíntesis de las plantas acuáticas, afectando la producción primaria y alterando la estructura de los ecosistemas acuáticos. Además, la turbidez puede transportar contaminantes asociados a las partículas, como metales pesados y compuestos orgánicos persistentes, lo que representa un riesgo para la salud de los organismos acuáticos y, en última instancia, para la salud humana (Garcia, 2019).
- **Color.-** La coloración del agua es un resultado de la presencia simultánea de múltiples sustancias, incluyendo óxidos metálicos (hierro y manganeso), materia

orgánica y residuos de origen industrial y orgánico. Este atributo físico del agua nos brinda información valiosa sobre su composición y procedencia (Anticona, 2022).

- **Cloro residual libre.-** Es un parámetro crítico en la potabilización del agua, actuando como biocida residual. Su presencia garantiza la inactivación de patógenos a lo largo de la red de distribución, asegurando la calidad microbiológica del agua para el consumo humano (Juzcamayta, 2023).
- **Conductividad.-** Llamada también CE, medida en microsiemens por centímetro ($\mu\text{S}/\text{cm}$), se basa en la capacidad de los iones presentes en una solución para conducir la corriente eléctrica. Esta propiedad es directamente proporcional a la concentración de electrolitos y, por lo tanto, nos permite inferir la salinidad del agua. A diferencia de otros métodos, la medición de la conductividad es sencilla y no requiere de una preparación exhaustiva de la muestra (García, 2019).
- **pH.-** Es una medida fundamental en química que determina el grado de acidez o basicidad de una sustancia. Esta escala, que va de 0 a 14, es crucial en diversos campos, desde la biología hasta la industria, ya que el pH influye en numerosos procesos químicos y biológicos (Mamani, 2019).

2.1.4. MANANTIALES

Los manantiales han sido históricamente una fuente vital de agua para comunidades rurales, proporcionando un suministro esencial para consumo humano, agricultura y ganadería. Estas surgencias naturales, resultado de la filtración de agua a través de capas subterráneas, emergen en la superficie en respuesta a la topografía del terreno. Sin embargo, a pesar de su importancia, los manantiales enfrentan desafíos significativos relacionados con la calidad del agua (Rodríguez et al. , 2003). Estudios han evidenciado que, a pesar de requerir menor inversión inicial en comparación con otras fuentes de agua, la ausencia de un mantenimiento regular compromete seriamente la calidad sanitaria del agua de manantial (Brousett et al., 2018).

2.2. MARCO CONCEPTUAL

AGUA: El agua es, sin duda, el compuesto químico más común en nuestra cotidianidad, siendo un elemento fundamental en nuestras vidas (Monte, 2016). Su presencia es indispensable para el desarrollo urbano y las actividades económicas (Machacca, 2022). Además, la calidad del agua destinada al consumo humano es de suma importancia, por lo que se deben evaluar rigurosamente sus parámetros microbiológicos, físicos y químicos para garantizar que cumplan con los estándares establecidos (Tarazona, 2022).

CLORUROS: La presencia de cloruro en el agua de consumo, proveniente de múltiples fuentes naturales y antropogénicas, acelera significativamente los procesos de corrosión de los materiales metálicos en las redes de distribución. Este fenómeno, cuya intensidad depende de la alcalinidad del agua, puede ocasionar un incremento en la concentración de metales en el agua potable (Organización Mundial de la Salud, 2006)

COLIFORMES TOTALES: son un grupo diverso de bacterias que se utilizan como indicadores de la calidad del agua. Su presencia en muestras de agua sugiere una posible contaminación fecal, ya que son abundantes en el intestino de animales de sangre caliente, incluyendo humanos. Aunque no todas las especies de coliformes son patógenas, su detección alerta sobre la necesidad de realizar análisis más específicos para identificar otros microorganismos potencialmente dañinos. La diversidad de los coliformes totales es amplia, y su supervivencia en el ambiente depende de diversos factores. Además de encontrarse en el intestino, estos microorganismos pueden habitar en el suelo, vegetación y agua. Su capacidad para sobrevivir en diferentes condiciones ambientales varía según la especie y las características del entorno (Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento, 2018).

CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA: La CE del agua, expresada en microsiemens por centímetro ($\mu\text{S}/\text{cm}$), es una medida de su capacidad para conducir una corriente eléctrica. Esta propiedad está directamente relacionada con la concentración de iones presentes en

la solución, resultantes de la disociación de sales y compuestos ionizados. Aunque la conductividad es un parámetro útil para evaluar la calidad del agua, su valor no permite identificar individualmente los iones presentes, requiriendo análisis más específicos como la conductimetría catódica o las técnicas electrostáticas multiparamétricas (Londoño, 2007).

DUREZA TOTAL: Es una medida de la concentración de sales de calcio y magnesio presentes en ella. Estos minerales, al disolverse, forman compuestos que pueden precipitar y formar incrustaciones en tuberías y electrodomésticos. La dureza del agua es un factor importante a considerar en diversos ámbitos, ya que puede influir en la eficiencia de procesos industriales, la vida útil de equipos y hasta en el sabor y apariencia del agua potable (Londoño, 2007).

Escherichia coli: Como miembro del grupo de los coliformes termotolerantes, *Escherichia coli* es un indicador bacteriológico ampliamente utilizado para evaluar la calidad sanitaria del agua. Su presencia en muestras de agua sugiere una contaminación fecal reciente y la posible presencia de otros patógenos entéricos. Los métodos de cultivo tradicionales y las técnicas moleculares permiten su detección y cuantificación en diversos tipos de muestras (Gianoli et al., 2018).

NITRATOS: La presencia excesiva de nitratos en el agua es una señal de alerta. Estos compuestos, provenientes principalmente de fertilizantes agrícolas y residuos industriales, pueden desencadenar graves problemas ambientales y de salud. La eutrofización, una consecuencia directa de la contaminación por nitratos, deteriora la calidad del agua y afecta a la biodiversidad. Además, la ingestión de agua con altos niveles de nitratos puede provocar metahemoglobinemia, especialmente en bebés, una afección que puede ser mortal si no se trata a tiempo (Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento, 2018).

OXÍGENO DISUELTO: Parámetro fundamental para evaluar la calidad de un cuerpo de agua. El OD es el resultado de un equilibrio dinámico entre los procesos de oxigenación (difusión atmosférica, fotosíntesis) y consumo de oxígeno (respiración de organismos, descomposición de materia orgánica). Su medición in situ permite una evaluación precisa de las condiciones ambientales y su impacto en los ecosistemas acuáticos (Sensores e Instrumentación Guemisa S.L, 2007).

POTENCIAL DE HIDROGENIONES: El pH es un indicador fundamental de la calidad del agua, revelando su grado de acidez o alcalinidad. Esta medida, directamente relacionada con la concentración de iones hidrógeno, se obtiene típicamente mediante electrodos selectivos y se expresa en una escala de 0 a 14. La determinación precisa del pH es esencial para diversos procesos y aplicaciones, desde el tratamiento de aguas hasta la evaluación de ecosistemas acuáticos (Londoño, 2007).

SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS: Los sólidos disueltos totales (SDT) son compuestos como sales y minerales que se encuentran disueltos en el agua. Su concentración influye directamente en la calidad del agua para consumo humano y ecosistemas acuáticos. Un exceso de SDT puede indicar contaminación y afectar la salud (Organización mundial de la Salud, 2006).

SULFATOS: Los sulfatos son un indicador de la calidad del agua. Aunque pueden provenir de actividades industriales y de la atmósfera, las mayores concentraciones suelen encontrarse en aguas subterráneas debido a fuentes naturales. La ingesta diaria promedio de sulfatos es de alrededor de 500 mg, principalmente por los alimentos (Organización Mundial de la Salud, 2006).

2.3. MARCO NORMATIVO

- **Estándares de Calidad del Agua (ECA):** Estos son los límites permitidos de contaminantes en el agua, según el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. Hay

diferentes categorías de ECA, dependiendo del uso que se le dé al agua (por ejemplo, para beber, para riego, etc.).

- Se debe considerar las siguientes precisiones sobre sus categorías para la aplicación de los ECA.
- **DIGESA:** Esta institución peruana establece las normas específicas para el agua que bebemos, según el Decreto Supremo N° 031-2010-SA. (Anexo 02).

2.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

La calidad del agua para consumo humano de acuerdo a los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del manantial de la comunidad campesina Tupac Amaru del distrito de Macusani no cumple con el DS N° 031-2010-SA.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. ZONA DE ESTUDIO

El área de estudio se encuentra en el distrito de Macusani, uno de los diez distritos que integran la provincia de Carabaya, ubicada en el departamento de Puno, al sureste del Perú. Está rodeada por la provincia de Tambopata (Madre de Dios) al norte, las provincias de Melgar, Azángaro y San Antonio de Putina al sur, la provincia de Sandia al este, y las provincias de Canchis y Quispicanchi (Cuzco) al oeste. La ciudad de Macusani es la capital de este distrito.



Figura 01: Ubicación del distrito de Macusani en el departamento de Puno.

Fuente: obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Distrito_de_Macusani



Figura 02: Ubicación de la Comunidad Campesina de Tupac Amaru en la ciudad de Macusani.

Fuente: adaptado de las imágenes de <https://www.google.com/maps/@-14.0662913,-70.420928,2950m/>

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

La población de la investigación ha sido el agua del manantial como principal agente de estudio, específicamente en ésta comunidad se tiene un solo manantial denominado Chillinipa.

3.2.2 MUESTRA

Para realizar esta investigación, el tipo de muestreo ha sido una muestra simple y puntual; es decir, se ha tomado una porción de agua en un punto determinado por lo

tanto un análisis individual (de acuerdo al protocolo de monitoreo de aguas). En la zona de estudio se tomaron 1 muestra de 1 litro de volumen.

Tabla 01: Ubicación del manantial Chillinipa.

Denominación	Coordenadas UTM
Muestra Única	Zona 19S
	344996.00 ESTE
	8444207.4 NORTE

3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS

3.3.1. TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El tipo de estudio de la investigación fué no experimental y el diseño descriptivo, éste tipo de investigación no experimental y diseño descriptivo es adecuado cuando se busca explorar y documentar fenómenos poco conocidos, o bien cuando se desea profundizar en el entendimiento de situaciones complejas sin manipular deliberadamente las variables. Además éste tipo de investigación permite generar conocimiento fundamental sobre el tema de interés, sentando las bases para posteriores estudios más explicativos o correlacionales.

3.3.2. METODOLOGÍA PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

- **Metodología para el análisis de parámetros fisicoquímicos:** Las muestras de agua se recogieron en recipientes con una capacidad mínima de 1000 ml (1 litro). Antes de tomar la muestra, independientemente de la fuente de agua, el recipiente se ha lavado al menos 2 o 3 veces con el agua a muestrear. Las muestras se envasaron en botellas esterilizadas con agua destilada, se mantuvieron en un cooler y se trasladaron al laboratorio en aproximadamente 24 horas. Las muestras recolectadas

han sido analizadas en el laboratorio de “Control de Calidad” de la Facultad de Ingeniería Química de la UNA Puno.

Tabla 02: Metodología de los parámetros fisicoquímicos

PARÁMETROS EVALUAR	A EVALUACIÓN	METODOLOGÍA
pH	Campo	Multiparametro
C.E.	Campo	Multiparametro
Temperatura	Campo	Multiparametro
STD	Laboratorio	Multiparametro
Cloruros	Laboratorio	Titulación con Nitrato de Plata.
Dureza Total	Laboratorio	Método volumétrico de EDTA
Alcalinidad	Laboratorio	Multiparametro
Sulfatos	Laboratorio	Multiparametro
Calcio	Laboratorio	Multiparametro
Magnesio	Laboratorio	Multiparametro

- **Metodología para el análisis microbiológico:** Para recolectar la muestra, se ha utilizado un recipiente de plástico con una capacidad de entre 250 a 300 ml y debidamente desinfectado con una tapa hermética. Las muestras se tomaron en

botellas esterilizadas con agua destilada, se colocaron en un cooler y se trasladaron al laboratorio en un lapso aproximado de 24 horas. Estas muestras fueron analizadas en el laboratorio de "Control de Calidad" de la Facultad de Ingeniería Química de la UNA Puno..

Tabla 03: Metodología de los parámetros microbiológicos.

PARÁMETROS	EVALUACIÓN	MÉTODO
<i>Escherichia coli.</i>	Laboratorio	Método del sustrato cromogénico
Coliformes Totales	Laboratorio	Método de los tubos múltiples (TM)

3.3.3. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE LA INVESTIGACIÓN

Tabla 04: Instrumentos de recolección de datos.

MATERIALES Y EQUIPOS DE CAMPO	UTILIZACIÓN
Multiparametro	Para la prueba de pH, C.E y T°
GPS	Georreferenciación
Botellas de plástico	Para tomar las primeras muestras
Guantes	Tomar muestras
Tablero	Tomar apuntes
Lápices	Realizar apuntes
Cinta masking	Para colocar el código de la muestra
Hojas	Para tomar apuntes
Cooler	Para trasladar las muestras

3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

Variable independiente: Concentración de Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.

Variable dependiente: Calidad del agua del manantial.

3.5. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO

De acuerdo al tipo de investigación que corresponde a nuestro trabajo, se ha determinado utilizar un análisis estadístico no experimental descriptivo, el cual nos permitió obtener la siguiente información de cada una de las muestras recolectadas:

- Valor Máximo.

Es el valor numérico máximo de los datos obtenidos de la muestra por parámetro.

- Valor Mínimo.

Es el valor numérico mínimo de los datos obtenidos de la muestra por parámetro.

Metodología de Comparación de Datos:

Los resultados anteriores se compararon con los valores establecidos en los Límites Máximos Permisibles del Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano establecidos en el DS N° 031-2010-SA (Ver Anexo N°01).

Para facilitar la interpretación y comprensión del comportamiento de los datos, se empleó una herramienta de análisis que incluye un diagrama diseñado para visualizar los valores asociados con la medición de una característica clave de calidad. Este enfoque permite identificar tendencias, patrones o irregularidades en los datos, optimizando su evaluación y contribuyendo a la toma de decisiones fundamentadas.

Los gráficos de control representan la evolución de una característica de calidad cuya variabilidad se requiere controlar (en el eje de ordenadas) , en función de las unidades de producto controladas (en eje de abscisas). De acuerdo con la naturaleza de la característica de calidad se distinguen tres tipos de gráficos: por variables, por atributos y por número de defectos. (Cuatrecasas, 2011, p. 323).

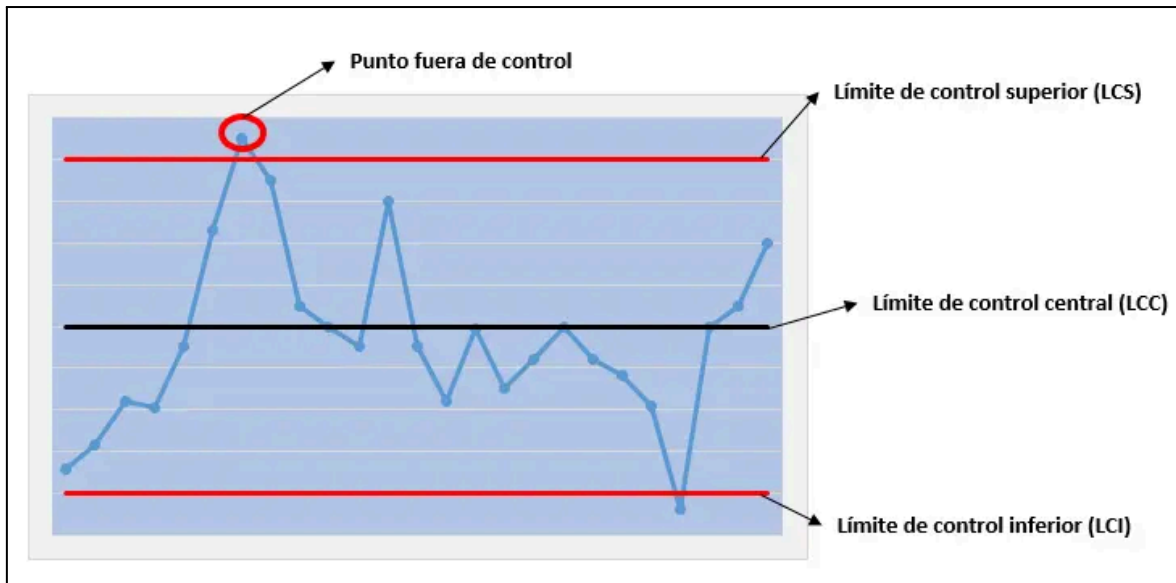


Figura 03: Gráficos de Control.

En nuestro caso:

EI LCS. Los valores del LMP matemáticamente son valores máximos, por ende el LCS asumirá éste valor dependiendo del parámetro medido.

EI LCC. Es el valor promedio obtenido que resulta del valor del parámetro medido.

EI LCI. Debido a que los valores de los LMP no asumen valores negativos, el valor asumido para el control será igual a cero.

CAPÍTULO IV

EXPOSICION Y ANALISIS DE LOS RESULTADOS

4.1. DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS EN EL AGUA DEL MANANTIAL DE LA COMUNIDAD CAMPESINA TUPAC AMARU DEL DISTRITO DE MACUSANI SEGÚN EL DS N° 031-2010-SA.

Después de realizar una evaluación meticulosa y detallada de los parámetros físicoquímicos del agua proveniente del manantial Chillinipa, localizado en la comunidad campesina Tupac Amaru del distrito de Macusani, presentamos la siguiente evaluación:

Tabla 05: Evaluación de los parámetros físicoquímicos.

Parámetro	Unidad	Concentración	LMP (según DS N° 031-2010-SA)	CUMPLIMIENTO
pH	unid.pH	7.39	6.5 - 8.5	SI
Temperatura	°C	13.75	N.D.	SI
Conductividad eléctrica	uS/cm	194.00	1500	SI
Dureza Total	mg/L	85.04	500	SI
Alcalinidad	mg/L	139.13	N.D.	SI
Cloruros	mg/L	52.98	250	SI
Sulfatos	mg/L	37.80	250	SI

Sólidos Totales Disueltos	mg/L	96.70	1000	SI
Calcio	mg/L	17.79	N.D.	SI
Magnesio	mg/L	9.86	N.D.	SI
Salinidad	%	0.70	N.D.	SI

De la tabla de resultados, podemos interpretar cada uno de los parámetros:

- **Análisis de pH:**

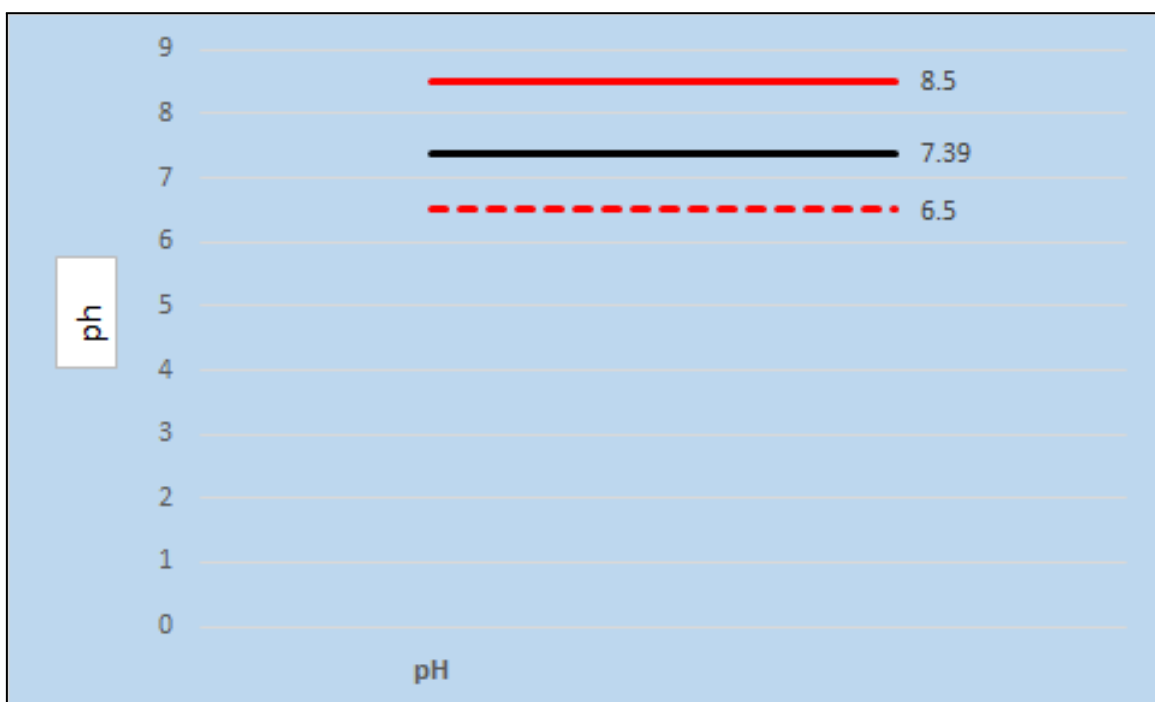


Figura 04: Análisis del pH respecto a los LMP del DS 031-2010-SA.

El potencial de Hidrógeno (pH) del manantial analizado se encuentra dentro de los límites aceptables (6.5 - 8.5) según el DS N° 031-2010-SA. Un pH equilibrado en este rango es crucial, ya que afecta la disponibilidad y solubilidad de los componentes químicos del agua, así como la vida acuática. Según Baque et al. (2016), un pH adecuado asegura la protección de los ecosistemas acuáticos y evita la corrosión de infraestructuras y también el equilibrio de un pH neutro previene riesgos para la salud, como enfermedades gastrointestinales asociadas al consumo de agua con un pH alterado.

- **Conductividad:**

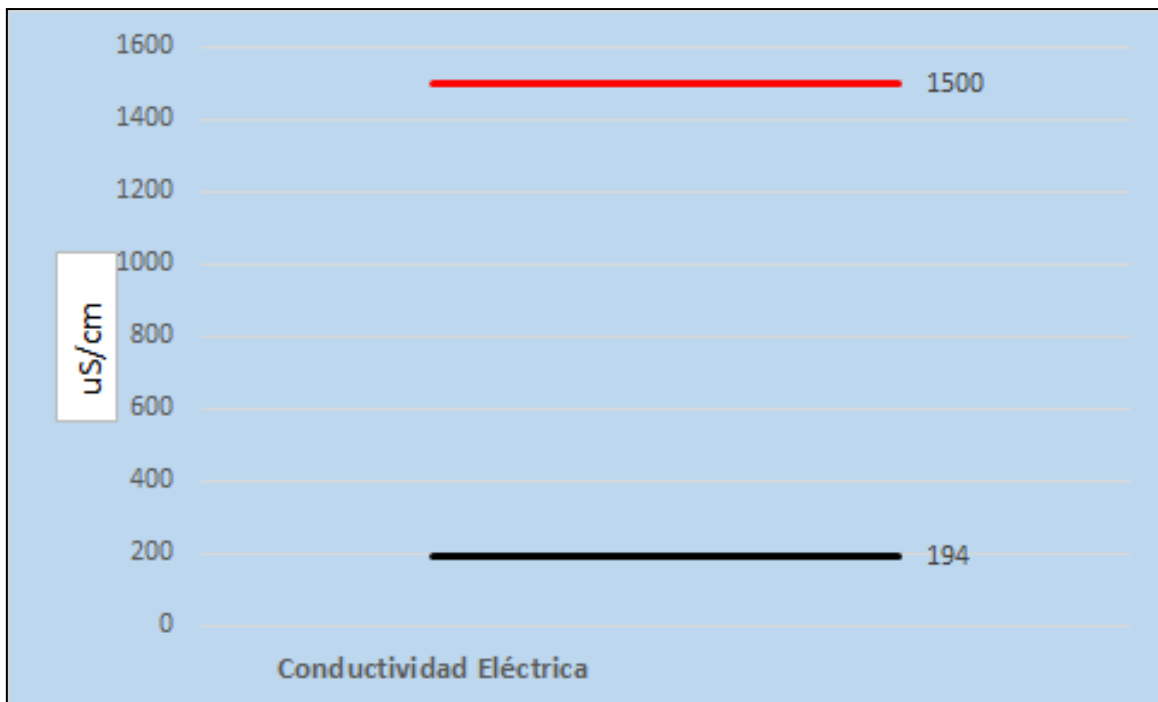


Figura 05: Análisis de la conductividad eléctrica respecto a los LMP del D.S. 031-2010-SA.

La conductividad eléctrica medida en micro-siemens (μS) por centímetro, indica una presencia de iones solubles, de acuerdo a la figura 05 la conductividad del agua en el manantial es muy baja respecto al LMP del DS 031-2010-SA, lo que sugiere una falta significativa de contaminación inorgánica. Como señalan Brousett et al. (2018), una baja conductividad se asocia con un agua de mejor calidad. Esto indica un entorno con poca intervención humana o contaminación industrial, lo cual es beneficioso tanto para el consumo humano como para la conservación de la diversidad acuática.

- **Análisis de la Dureza Total.**

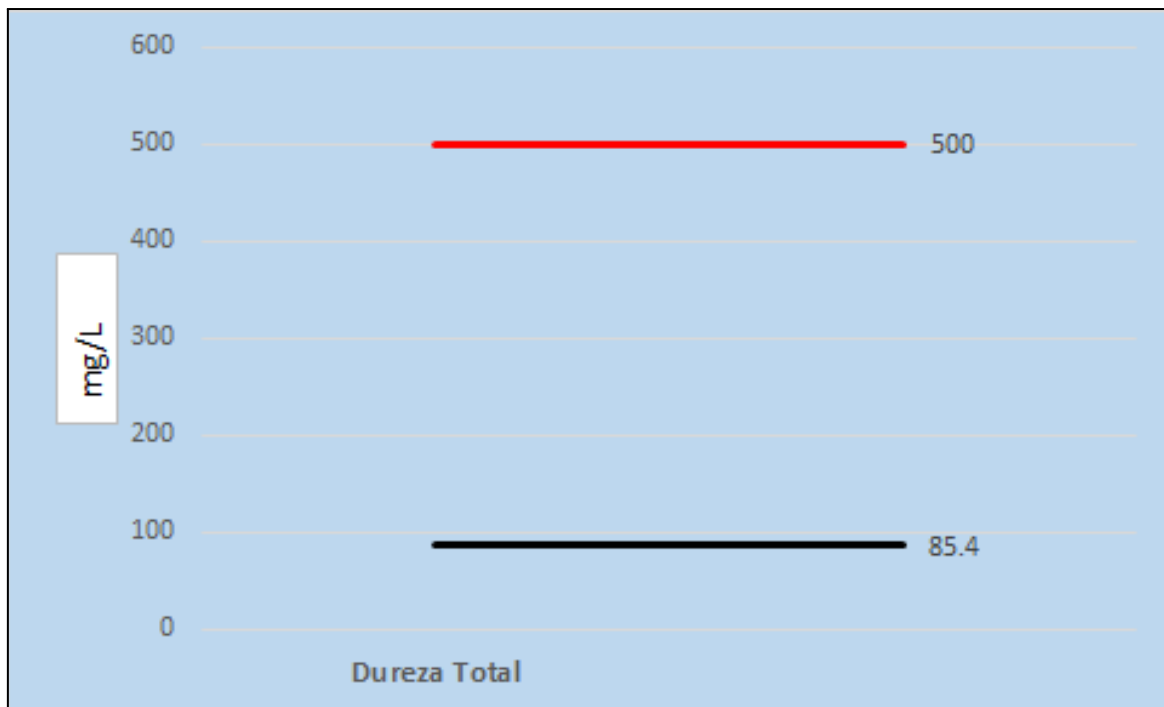


Figura 06: Análisis de la dureza total respecto a los LMP del DS 031-2010-SA.

Según los criterios actuales, la dureza total está definida (Auge, 2007) como la suma de las concentraciones de magnesio y calcio, expresadas como carbonato de calcio, en miligramos por litro, ya que la dureza del agua está relacionada con los minerales que contiene cuanto mayor es la cantidad de minerales disueltos, más dura es el agua, mientras que las aguas blandas casi carecen de ellos. La mayor concentración de sustancias como la cal afecta al sabor, al uso en la cocina, al funcionamiento de los electrodomésticos y al mantenimiento de las tuberías y redes de distribución, pero no tanto a la salud humana; por lo que un valor de 85.4 de acuerdo a la figura 06 es un valor muy atractivo para un agua de calidad.

- **Cloruros:**



Figura 07: Análisis de los cloruros respecto a los LMP del DS 031-2010-SA.

De acuerdo a la figura 07 el nivel de los cloruros en el agua se encuentran muy por debajo del límite de 250 mg/L, éstas bajas concentraciones de cloruros podrían indicar la poca influencia significativa de aguas residuales industriales o agrícolas. Como señalan Inga y Vanegas (2017), las concentraciones mínimas de cloruros en el agua indican una mejor calidad del agua.

- **Sulfatos:**

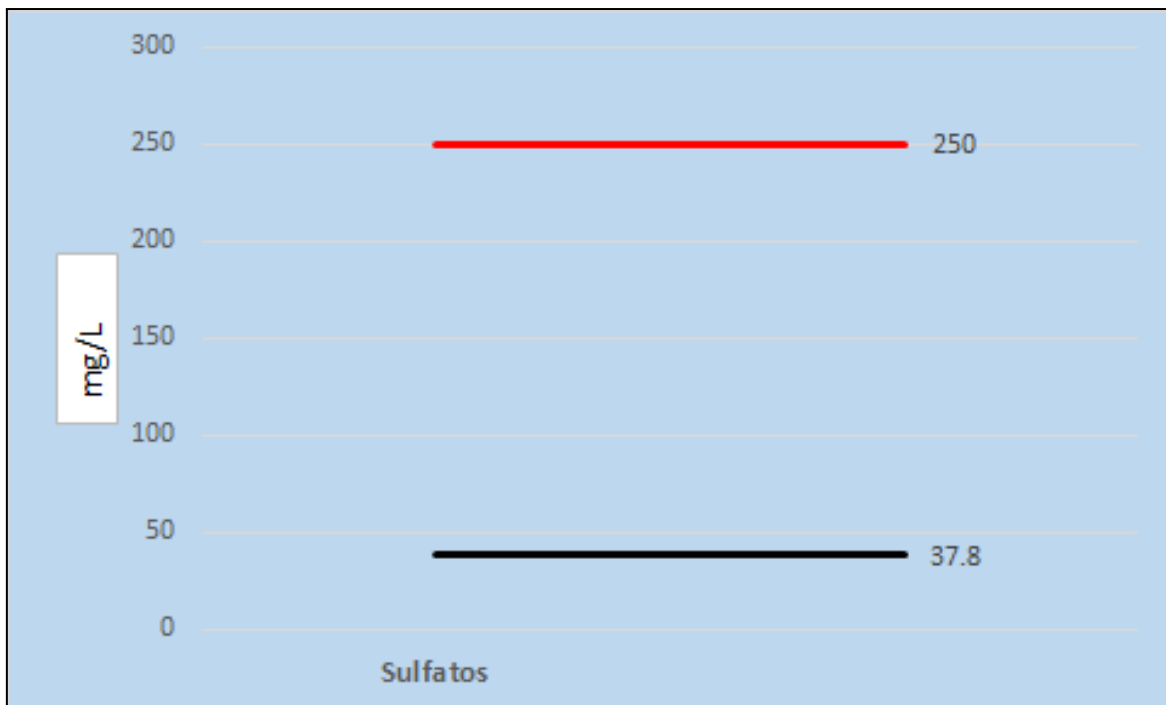


Figura 08: Análisis de los sulfatos respecto a los LMP del DS 031-2010-SA.

Como se puede apreciar en la figura 08 la concentración de sulfatos en el manantial se mantiene en niveles que no suelen representar riesgos para la salud. Sin embargo, altas concentraciones de sulfatos en el agua pueden causar problemas de salud significativos. Estos compuestos químicos pueden impartir un sabor desagradable y desagradable al agua, lo que la hace menos apetecible para el consumo. Además, los sulfatos en exceso pueden tener efectos laxantes en las personas, lo que puede llevar a problemas gastrointestinales y deshidratación.

- **Sólidos Totales Disueltos**

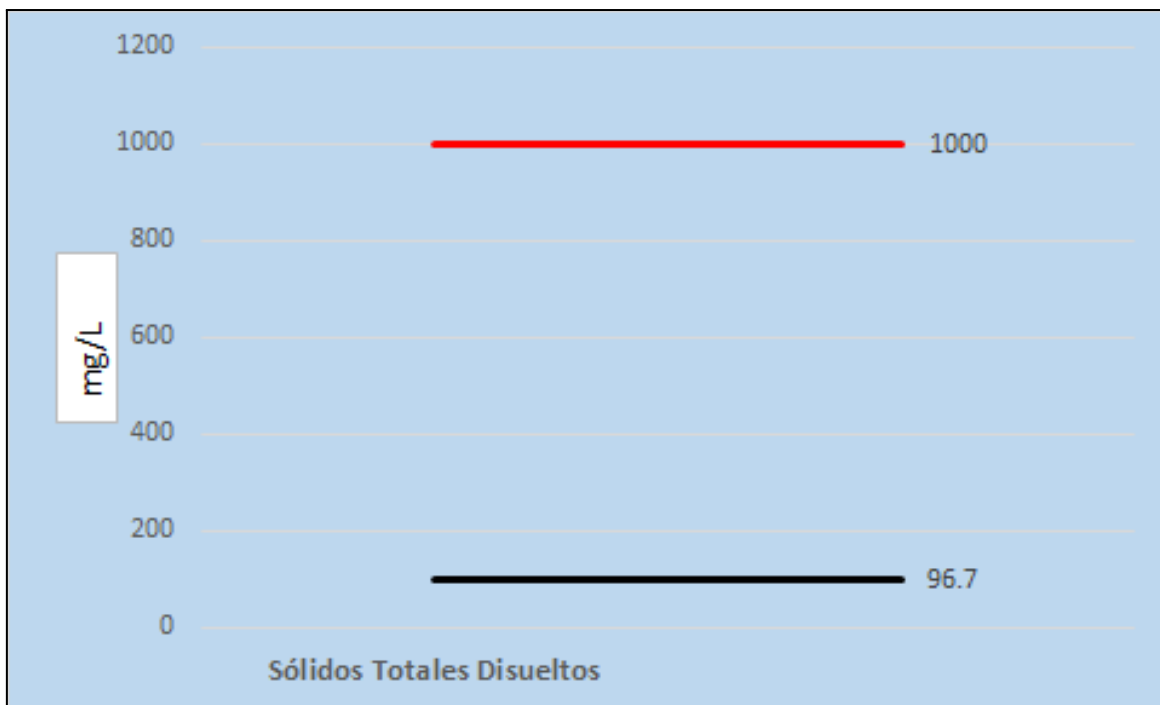


Figura 09: Análisis de los sólidos disueltos totales respecto a los LMP del DS 031-2010-SA.

Una vez de acuerdo a la figura 09, observamos que los sólidos totales disueltos (TDS) están por muy debajo de los LMP del Reglamento de la Calidad de agua para consumo humano. En un escenario normal los TDS no se consideran un contaminante directo, pero indican la buena calidad del agua. A nivel mundial la EPA (ONU, 2019) establece un límite máximo de 500 mg/L de TDS en el agua potable para garantizar un sabor agradable. Altos niveles de sólidos disueltos pueden afectar el sabor, haciéndola saber amarga o salada. Además, estos altos niveles de TDS pueden causar acumulación de cal y corrosión, especialmente en calderas y sistemas de refrigeración.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Comparando con la investigación con los resultados de Huaccha y Villena (2021) nuestros resultados muestran una calidad físico-química superior, con baja conductividad (194 uS/cm), menor dureza (85.04 mg/L) y menores niveles de sólidos totales disueltos (96.70 mg/L), en cambio los resultados comparados muestran que los parámetros están

dentro de límites aceptables para ciertos usos, la dureza extremadamente alta podría causar problemas como incrustaciones en sistemas de distribución y posibles impactos en el sabor, respecto a los parámetros microbiológicos requieren una evaluación de su seguridad sanitaria, ya que identifica niveles preocupantes de contaminación microbiológica (10,61 NMP/100mL de coliformes totales), aunque bajos en comparación con estándares no potables, suficientes para clasificar el agua como no apta para consumo humano sin tratamiento.

También Navarrete et al., (2018) quienes llevaron a cabo un exhaustivo análisis de la calidad del agua en el poblado de Huépari, concluyendo que los niveles de metales pesados superaron significativamente los límites máximos permitidos por la normativa indicando que ésta problemática se debe a posibles daños en la infraestructura de la red de distribución de agua.

A nivel nacional un resultado resaltante es el de Albornoz (2019), quien reveló en su investigación una preocupante situación respecto a la calidad del agua en los manantiales de Yuraj Puquio, Ñawin Puquio y Garua, ubicados en Huacarcocha, pues a nivel físico químico no cumplen con la normatividad, indicado que éstos resultados tienen implicaciones directas para la salud de la población de Huacarcocha, ya que el consumo de agua contaminada puede provocar diversas enfermedades, desde diarreas hasta infecciones más graves, también la contaminación de estos manantiales representa una amenaza para el ecosistema local y puede afectar la agricultura y otras actividades económicas que dependen de este recurso vital.

A nivel local, en la investigación todos nuestros antecedentes cumplen con la normatividad a nivel de los parámetros físico químicos.

4.2. DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE LOS PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS EN EL AGUA DEL MANANTIAL DE LA COMUNIDAD CAMPESINA TUPAC AMARU DEL DISTRITO DE MACUSANI SEGÚN EL DS N° 031-2010-SA.

El análisis se enfocó en los parámetros microbiológicos del agua del manantial Chillinipa, localizado en la comunidad campesina Tupac Amaru del distrito de Macusani, presentamos la siguiente evaluación:

Tabla 06: Evaluación de los parámetros microbiológicos.

Parámetro	Unidad	Concentración	LMP (según DS N° 031-2010-SA)	CUMPLIMIENTO
Coliformes Totales	UFC/100ml	0	0	SI
Coliformes Termotolerantes	UFC/100ml	0	0	SI
E. coli	UFC/100ml	0	0	SI

Los resultados mostrados en la tabla 06, indican que el agua del manantial se mantiene muy bien dentro de los límites máximos permisibles de acuerdo al Reglamento de la Calidad del Agua del D.S. 031-2010-SA, se debe aclarar que éste valor igual a cero es el más óptimo puesto que no se pueden alcanzar valores negativos, la calidad microbiológica del agua sugiere que, desde el punto de vista de coliformes totales y termotolerantes, el agua de éste manantial es segura para el consumo humano sin ningún tipo de tratamiento previo para su desinfección.

DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Para éste apartado es mucho más discutible que en el caso de los resultados de parámetros fisicoquímicos, pues a nivel de parámetros microbiológicos, como se verán en ésta discusión la mayoría de nuestros antecedentes no cumplen con la normatividad.

Así tenemos a nivel internacional que Sánchez et al., (2022) quienes llevaron a cabo una investigación exhaustiva para evaluar la calidad del agua destinada al consumo humano en las comunidades bolivianas de Carmen Pampa y Chovacollo pues hallaron que la detección de niveles de E. coli superiores a los permitidos en todas las muestras analizadas es muy preocupante, pues éstas bacterias son responsables de diversas enfermedades diarreicas, las cuales pueden causar deshidratación, malnutrición y, en casos graves, la muerte, especialmente en niños pequeños y personas con sistemas inmunológicos debilitados; también en Bolivia Vildoza et al., (2020), hicieron el análisis de 83 puntos de muestreo para el agua de consumo humano en el municipio de Poopó en Oruro-Bolivia identificando que los coliformes totales estuvieron presentes en el 81.9 % de las muestras, recalcando que la normatividad en ése país exige que el agua para consumo humano debe estar totalmente libre de estos dos grupos de coliformes.

A nivel nacional Cordova y Muñoz (2021); llevaron a cabo un estudio exhaustivo sobre la calidad del agua en los manantiales Pauco uno y dos, ubicados en el distrito de El Utco (Celendín-Cajamarca) y en sus resultados se evidenció que dichos manantiales no cumplen con la normativa vigente en cuanto a la presencia de coliformes totales, termotolerantes y Escherichia coli. Por lo tanto, a pesar de su buena calidad fisicoquímica, se concluye que el agua de estos manantiales no es apta para el consumo humano; también Hurtado (2021); llevó a cabo un estudio en el centro poblado de Quillazú, evaluando la calidad del agua en tres captaciones distintas: "Quillazú I Sector", "Quillazú (Progreso 01)" y "Quillazú (Progreso 02) concluyendo que los parámetros microbiológicos mostraron un incumplimiento de los estándares establecidos en el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM indicando que se debe implementar medidas de tratamiento y control para garantizar la calidad del agua destinada al consumo humano en esta comunidad.

4.3. EVALUACIÓN DE DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO DEL MANANTIAL DE LA COMUNIDAD CAMPESINA TUPAC AMARU DEL DISTRITO DE MACUSANI SEGÚN EL DS N° 031-2010-SA.

La calidad del manantial denominado Chillinipa que provee de agua a la Comunidad Campesina de Tupac Amaru en la ciudad de Macusani, después del análisis de forma conjunta de los datos fisicoquímicos y microbiológicos, se concluye que es apta para consumo humano, en base a las siguientes premisas:

- **Respecto a los parámetros fisicoquímicos**

De acuerdo a los resultados de la Tabla 05: “Evaluación de los parámetros fisicoquímicos” de 11 parámetros analizados y comparados con la normatividad vigente el 100%, es decir los 11 parámetros cumplen con los Límites Máximos Permisibles del Reglamento de la Calidad de Agua para consumo humano establecidos en el D.S. 031-2010-SA, por ende se garantiza que el agua puede ser consumida por los pobladores de la comunidad campesina de Tupac Amaru de la ciudad de Macusani.

- **Respecto a los análisis microbiológicos.**

De acuerdo a los resultados de la Tabla 06: “Evaluación de los parámetros microbiológicos” de 03 parámetros analizados y comparados con la normatividad vigente el 100%, es decir los 03 parámetros cumplen con los Límites Máximos Permisibles del Reglamento de la Calidad de Agua para consumo humano establecidos en el D.S. 031-2010-SA, agregando que normalmente la calidad del agua a nivel de éste tipo de parámetros es difícilmente superada, sin embargo en nuestra investigación se afirma que no existe Coliformes Totales, Coliformes Termotolerantes ni E. coli en el agua del manantial, por lo que se garantiza que el agua puede ser consumida por los pobladores de la comunidad campesina de Tupac Amaru de la ciudad de Macusani.

4.4. COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS

4.4.1. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS GENERAL.

Dada la afirmación: La calidad del agua para consumo humano de acuerdo a los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del manantial de la comunidad campesina Tupac Amaru del distrito de Macusani no cumple con el DS N° 031-2010-SA.

- **Planteamos la Hipótesis Nula:**

H_0 = La calidad del agua para consumo humano de acuerdo a los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del manantial de la comunidad campesina Tupac Amaru del distrito de Macusani cumple con el DS N° 031-2010-SA.

- **Planteamos la Hipótesis Alterna:**

H_1 = La calidad del agua para consumo humano de acuerdo a los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del manantial de la comunidad campesina Tupac Amaru del distrito de Macusani no cumple con el DS N° 031-2010-SA.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la tabla 05: "Evaluación de los parámetros fisicoquímicos" y la tabla 06: "Evaluación de los parámetros microbiológicos" y habiéndonos PERMITIDO dicha información alcanzar el objetivo es que se rechaza la H_0 y se acepta la H_1 .

CONCLUSIONES

PRIMERA: La calidad del agua para consumo humano del manantial de la comunidad campesina Tupac Amaru del distrito de Macusani según el DS N° 031-2010-SA, **es apta** para consumo humano, pues las concentraciones de los 11 parámetros fisicoquímicos y 3 microbiológicos analizadas del agua del manantial de Chillinipa que provee a ésta comunidad, cumplen con los límites máximos permisibles de acuerdo al reglamento de calidad de agua para consumo humano.

SEGUNDA : La concentración de los parámetros fisicoquímicos en el agua del manantial de la comunidad campesina Tupac Amaru del distrito de Macusani son las siguientes: pH con un valor de 7.39, temperatura igual 13.75 [°C], conductividad eléctrica igual a 194.00 [uS/cm], la dureza total 85.04 [mg/L], la alcalinidad igual a 139.13 [mg/L], los cloruros con 52.98 [mg/L], los sulfatos igual a 37.80 [mg/L], los sólidos totales disueltos igual a 96.70 [mg/L], el Calcio igual a 17.79 [mg/L], el Magnesio con 9.86 [mg/L] por último la salinidad con un 0.70 [%].

TERCERA: La concentración de los parámetros microbiológicos en el agua del manantial de la comunidad campesina Tupac Amaru del distrito de Macusani son las siguientes: para los coliformes totales un valor de 0 [UFC/100 ml], para los Coliformes Termotolerantes también igual a 0 [UFC/100 ml] y por último para los Escherichia coli la cantidad de 0 [UFC/100ml].

RECOMENDACIONES

PRIMERA: A las autoridades de la comunidad campesina “Tupac Amaru” encargadas de la supervisión de la calidad del agua, mantener la calidad actual del agua evitando que el manantial sea contaminado pues tiene que aislarse de agentes contaminantes físicos y químicos, ésto es crucial para seguir garantizando que el agua no solo cumpla con los estándares fisicoquímicos, sino también con los microbiológicos.

SEGUNDA: A las autoridades del Municipio de la ciudad de Macusani para que mediante un presupuesto del estado se pueda crear una infraestructura que no altere las condiciones actuales de la calidad del agua a nivel de parámetros físico químicos, pues éste proyecto debe ajustarse para realizar pruebas más frecuentes durante y después de la temporada de lluvias, cuando el riesgo de contaminación puede aumentar.

TERCERA: A los integrantes de la comunidad campesina “Tupac Amaru” establecer un programa de monitoreo regular para todos los parámetros microbiológicos relevantes, pues es preocupante que no se altere la calidad microbiológica actual del agua, pues se podría mejorar la infraestructura sanitaria en las comunidades cercanas a los manantiales para prevenir la contaminación fecal del agua.

BIBLIOGRAFÍA

- Albornoz Hilario, L. E. (2019). *Comparación de los parámetros físicos – químicos y biológicos de los tres manantiales de Inca Jircan en el Centro Poblado de Huacarcocha, distrito de Rondos provincia de Lauricocha – Huánuco, marzo - mayo del 2019*. Universidad De Huanuco, Huanuco.
- Almazan Juarez, M. T., Carreto Perez, B. E., Hernandez Castro, E., y Damian Nava, A. (2016). Calidad y clasificación de usos del agua en la cuenca baja del río Papagayo, Guerrero, México. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 3(9), 293-305.
- Auge, M. (2007). *Agua Fuente de Vida*. Recuperado de <http://tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/miguel/AguaFuenteVida.pdf>
- Autoridad Nacional del Agua, A. (2014). *Diagnóstico De La Calidad De Los Recursos Hídricos En el Perú 2000-2012*. Recuperado de <https://repositorio.ana.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12543/212/ANA0000028.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Autoridad Nacional del Agua (2021). *El Agua en Cifras*. San Isidro - Lima Perú. <https://www.ana.gob.pe/contenido/el-agua-en-cifras>
- Baque Mite, R., Simba Ochoa, L., Gonzales Osorio, B., y Satuance, P. (2016). *Calidad del agua destinada al consumo humano en un cantón de Ecuador*. 9(20), 109-117.
- Bracho Fernandez, I., y Fernandez Rodriguez, M. (2017). Evaluación de la calidad de las aguas para consumo humano en la comunidad venezolana de San Valentín, Maracaibo. *Minería Y Geología*, 33(3), 341352.
- Brousett-Minaya, M., Rodríguez, A. C., Turpo, M. M., Atamari, L. A., y Laura, E. L. (2018). *Evaluación Físico-Química y Microbiológica de Agua para Consumo Humano Puno – Perú*. 15(47-46), 22.
- Cordova Rumay, O. M., y Muñoz Terrones, M. D. L. S. (2021). *“Evaluación De La Calidad*

- Fisicoquímica Y Microbiológica En Los Manantiales de Pauco 1 Y 2, Celendín 2020*. Universidad Privada Del Norte, Cajamarca.
- Corrales Ramírez, L. C., Santamaria Mosquera, Y. N., Luccioli Peña, D. A., y Castañeda Casas, M. A. (2021). Evaluación de la calidad del agua de la vereda Río Suárez de Puente Nacional, Santander. *Nova*, 19(37), 79-98. <https://doi.org/10.22490/24629448.5497>
- Cortez Lazaro, A., Cruz Ventura, A., Hernandes Amasifuen, A., y Romero Bosseta, J. L. (2018). *Análisis de la Contaminación Microbiológica (coliformes totales y fecales) en el río Huaura – 2018*. 17-20.
- Cruz, G., y Delgado, E. (2022). *Calidad bacteriológica y fisicoquímica del agua de consumo de la comunidad de Mollehuaca- Distrito Huanuhuanu Provincia de Caravelí- Arequipa, Febrero—Abril 2022* (PhD Thesis).
- Cuatrecasas Arbós, L. (2011). *Organización de la producción y dirección de operaciones: Sistemas actuales de gestión eficiente y competitiva*. Díaz de Santos.
- Dirección General de Salud Ambiental, D. *Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano*. , Pub. L. No. DS N° 031-2010-SA., 45 (2010).
- Gianoli, A., Hung, A., y Shiva, C. (2018). *Relación entre coliformes totales y termotolerantes con factores fisicoquímicos del agua en seis playas de la bahía de Sechura-Piura 2016-2017*. *Investigación Original / Original Research*, 2(3460), 10.
- Guevara, O., y Zurita, I. (2021). *Evaluación de la Calidad del Agua para consumo humano del caserío La Huaca-Jaén-Cajamarca-2019* (PhD Thesis).
- Huaccha Sanchez, J. S., y Villena Lozano, M. P. (2021). *“Evaluación De La Calidad Fisicoquímica Y Microbiológica Del Agua Del Manantial Ne-02 Para Su Consumo Humano Del Caserío Agua Blanca, Distrito De Sorochuco, Cajamarca - 2019.”* Universidad Privada Del Norte, Cajamarca.
- Hurtado Arrieta, H. J. (2021). *Evaluación de parámetros físico – químico y microbiológico*

- para determinar la categoría de sus aguas – C.P. Quillazu – Oxapampa – 2016.*
Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Cerro de Pasco.
- Inga Ortega, A. A., y Vanegas Ortiz, D. B. (2017). *Evaluación De La Calidad De Agua Del Sector Leg Tabacay Y Oriente Alto, De La Parroquia Bayas Del Cantón Azogues.*
Universidad De Cuenca, Ecuador.
- Londoño Gaitan, O. P. (2007). *Caracterización De Parámetros Microbiológicos Y Físicoquímicos Del Sistema Para Producir Agua Desionizada Tipo Ii, En Una Industria Cosmética.* Universidad Militar Nueva Granada.
- Machacca, R. (2022). *Evaluación de la Concentración de metales pesados en los efluentes líquidos residuales en la bahía interior del Lago Titicaca de la Ciudad de Puno.*
- Monte Perez, I. (2016). *Agua, pH y equilibrio químico: Entendiendo el efecto del dióxido de carbono en la acidificación de los océanos.* Oficina de Enlace de Comunicación Social de la sems.
- ONU. (2019). *Informe Mundial de Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2019: No dejar a nadie atrás.* UN. <https://doi.org/10.18356/e96937a1-es>
- Organización de las Naciones Unidas, O. (2010). *El derecho humano al agua y al saneamiento.*
- Organización mundial de la Salud, O. (2006). *Guías para la calidad del agua potable Primer Apéndice A La Tercera Edición Volumen 1 Recomendaciones Organización Mundial de la Salud (Tercera, Vol. 1).* Geneva: WHO Suiza: Ediciones de la OMS,.
- Organización mundial de la Salud, O. (2018). *Cuarta edición que incorpora la primera adenda [Guidelines for drinking-water quality: Fourth edition incorporating first addendum].* (Cuarta Edición). Ginebra. Recuperado de <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/272403/9789243549958-spa.pdf?ua=1>

- Ponce Vega, L. A. (2015). *Puquios, Qanats y Manantiales: Gestión del Agua en el Perú Antiguo Puquios, Qanats And Springs: Water Managent In Ancient Perú. Universidad Nacional Federico Villareal. Lima, Perú., 12(3), 279-296.*
- Quispe Ccama, D. A. (2017). *Calidad Bacteriológica y Físico-Química del Agua De Seis Manantiales del Distrito de Santa Rosa-Melgar. Universidad Nacional Del Altiplano, Puno.*
- Quispe Ventura, I. (2016). *Evaluación de Calidad de Agua para Consumo Humano Del Centro Poblado Pampachacra Área De Influencia Del Botadero Municipal De Huancavelica, 2016. Universidad Nacional De San Cristóbal De Huamanga, Ayacucho.*
- Rodriguez Garcia, R., Martinez Muñoz, C., y Hernandez Vizacino, D. (2003). *Calidad Del Agua De Fuentes De Manantial En La Zona Básica de Salud De Sigüenza. Rev Esp Salud Pública, 77(3), 423-432.*
- Sardiñas Peña, O., Chiroles Rubalcaba, S., Fernandez Novo, M., y Hernandez Rodrigues, Y. (2006). *Evaluación físico-química y microbiológica del agua de la presa El Cacao (Cotorro, Cuba). Higiene y Sanidad Ambiental, 6, 202-206.*
- Sensores e instrumentación Guemisa S.L. (2007). *Oxígeno Disuelto. Madrid.*
- Superintendencia Nacional De Servicios De Saneamiento, S. (2018). *La calidad del agua potable en el Perú. Publicación oficial.*
- Surita, N. (2022). *Diseño y caracterización del proceso de una planta de tratamiento de agua para consumo humano en el distrito Sondorillo, provincia Huancabamba, Departamento Piura. 1-110.*
- Tarazona, Y. (2022). *Calidad del agua para consumo humano y su relación con enfermedades gastrointestinales en niños menores de 5 años en el Distrito de San Nicolás- Carlos Fermín Fitzcarrald, 2021. Ciencia e Investigación, 4(1), 78-79.*
- UNESCO. (2022). *Agua Subterráneas Hacer visible el recurso invisible (p. 12) [Informe*

Ejecutivo]. Italia: UNESCO.

ANEXOS

Anexo 01: Límites Máximos Permisibles del Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano establecidos en el DS N° 031-2010-SA.

ANEXO I del Reglamento de la Calidad de Agua para Consumo Humano
LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS

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

UFC = Unidad formadora de colonias

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

ANEXO II del Reglamento de la Calidad de Agua para Consumo Humano
LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Olor	---	Aceptable
2. Sabor	---	Aceptable
3. Color	UCV escala Pt/Co	15
4. Turbiedad	UNT	5
5. pH	Valor de pH	6,5 a 8,5
6. Conductividad (25°C)	µmho/cm	1 500
7. Sólidos totales disueltos	mgL ⁻¹	1 000
8. Cloruros	mg Cl ⁻ L ⁻¹	250
9. Sulfatos	mg SO ₄ ⁼ L ⁻¹	250
10. Dureza total	mg CaCO ₃ L ⁻¹	500
11. Amoníaco	mg N L ⁻¹	1,5
12. Hierro	mg Fe L ⁻¹	0,3
13. Manganeseo	mg Mn L ⁻¹	0,4
14. Aluminio	mg Al L ⁻¹	0,2
15. Cobre	mg Cu L ⁻¹	2,0
16. Zinc	mg Zn L ⁻¹	3,0
17. Sodio	mg Na L ⁻¹	200

UCV = Unidad de color verdadero

UNT = Unidad nefelométrica de turbiedad

ANEXO III

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS QUÍMICOS INORGÁNICOS Y ORGÁNICOS

Parámetros Inorgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Antimonio	mg Sb L ⁻¹	0,020
2. Arsénico (nota 1)	mg As L ⁻¹	0,010
3. Bario	mg Ba L ⁻¹	0,700
4. Boro	mg B L ⁻¹	1,500
5. Cadmio	mg Cd L ⁻¹	0,003
6. Cianuro	mg CN ⁻ L ⁻¹	0,070
7. Cloro (nota 2)	mg L ⁻¹	5
8. Clorito	mg L ⁻¹	0,7
9. Clorato	mg L ⁻¹	0,7
10. Cromo total	mg Cr L ⁻¹	0,050
11. Flúor	mg F L ⁻¹	1,000
12. Mercurio	mg Hg L ⁻¹	0,001
13. Niquel	mg Ni L ⁻¹	0,020
14. Nitratos	mg NO ₃ L ⁻¹	50,00
15. Nitritos	mg NO ₂ L ⁻¹	3,00 Exposición corta 0,20 Exposición larga
16. Plomo	mg Pb L ⁻¹	0,010
17. Selenio	mg Se L ⁻¹	0,010
18. Molibdeno	mg Mo L ⁻¹	0,07
19. Uranio	mg U L ⁻¹	0,015
Parámetros Orgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Trihalometanos totales (nota 3)		1,00
2. Hidrocarburo disuelto o emulsionado; aceite mineral	mgL ⁻¹	0,01
3. Aceites y grasas	mgL ⁻¹	0,5
4. Alacloro	mgL ⁻¹	0,020
5. Aldicarb	mgL ⁻¹	0,010
6. Aldrín y dieldrín	mgL ⁻¹	0,00003
7. Benceno	mgL ⁻¹	0,010
8. Clordano (total de isómeros)	mgL ⁻¹	0,0002
9. DDT (total de isómeros)	mgL ⁻¹	0,001
10. Endrín	mgL ⁻¹	0,0006
11. Gamma HCH (lindano)	mgL ⁻¹	0,002
12. Hexaclorobenceno	mgL ⁻¹	0,001
13. Heptacloro y heptacloroepóxido	mgL ⁻¹	0,00003
14. Metoxicloro	mgL ⁻¹	0,020
15. Pentaclorofenol	mgL ⁻¹	0,009
16. 2,4-D	mgL ⁻¹	0,030
17. Acrilamida	mgL ⁻¹	0,0005
18. Epiclorhidrina	mgL ⁻¹	0,0004
19. Cloruro de vinilo	mgL ⁻¹	0,0003
20. Benzopireno	mgL ⁻¹	0,0007
21. 1,2-dicloroetano	mgL ⁻¹	0,03
22. Tetracloroetano	mgL ⁻¹	0,04

Parámetros Orgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
23. Monocloramina	mgL ⁻¹	3
24. Tricloroetano	mgL ⁻¹	0,07
25. Tetracloruro de carbono	mgL ⁻¹	0,004
26. Ftalato de di (2-etilhexilo)	mgL ⁻¹	0,008
27. 1,2- Diclorobenceno	mgL ⁻¹	1
28. 1,4- Diclorobenceno	mgL ⁻¹	0,3
29. 1,1- Dicloroetano	mgL ⁻¹	0,03
30. 1,2- Dicloroetano	mgL ⁻¹	0,05
31. Diclorometano	mgL ⁻¹	0,02
32. Ácido edético (EDTA)	mgL ⁻¹	0,6
33. Etilbenceno	mgL ⁻¹	0,3
34. Hexaclorobutadieno	mgL ⁻¹	0,0006
35. Acido Nitrilotriacético	mgL ⁻¹	0,2
36. Estireno	mgL ⁻¹	0,02
37. Tolueno	mgL ⁻¹	0,7
38. Xileno	mgL ⁻¹	0,5
39. Atrazina	mgL ⁻¹	0,002
40. Carbofurano	mgL ⁻¹	0,007
41. Clorotoluron	mgL ⁻¹	0,03
42. Cianazina	mgL ⁻¹	0,0006
43. 2,4- DB	mgL ⁻¹	0,09
44. 1,2- Dibromo-3- Cloropropano	mgL ⁻¹	0,001
45. 1,2- Dibromoetano	mgL ⁻¹	0,0004
46. 1,2- Dicloropropano (1,2- DCP)	mgL ⁻¹	0,04
47. 1,3- Dicloropropeno	mgL ⁻¹	0,02
48. Dicloroprop	mgL ⁻¹	0,1
49. Dimetato	mgL ⁻¹	0,006
50. Fenoprop	mgL ⁻¹	0,009
51. Isoproturon	mgL ⁻¹	0,009
52. MCPA	mgL ⁻¹	0,002
53. Mecoprop	mgL ⁻¹	0,01
54. Metolaclo	mgL ⁻¹	0,01
55. Molinato	mgL ⁻¹	0,006
56. Pendimetalina	mgL ⁻¹	0,02
57. Simazina	mgL ⁻¹	0,002
58. 2,4,5- T	mgL ⁻¹	0,009
59. Terbutilazina	mgL ⁻¹	0,007
60. Trifluralina	mgL ⁻¹	0,02
61. Cloropirifos	mgL ⁻¹	0,03
62. Piriproxifeno	mgL ⁻¹	0,3
63. Microcistin-LR	mgL ⁻¹	0,001

Parámetros Orgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
64. Bromato	mgL ⁻¹	0,01
65. Bromodiclorometano	mgL ⁻¹	0,06
66. Bromoformo	mgL ⁻¹	0,1
67. Hidrato de cloral (tricloroacetaldehído)	mgL ⁻¹	0,01
68. Cloroformo	mgL ⁻¹	0,2
69. Cloruro de cianógeno (como CN)	mgL ⁻¹	0,07
70. Dibromoacetónitrilo	mgL ⁻¹	0,1
71. Dibromoclorometano	mgL ⁻¹	0,05
72. Dicloroacetato	mgL ⁻¹	0,02
73. Dicloroacetónitrilo	mgL ⁻¹	0,9
74. Formaldehído	mgL ⁻¹	0,02
75. Monocloroacetato	mgL ⁻¹	0,2
76. Tricloroacetato	mgL ⁻¹	0,2
77. 2,4,6- Triclorofenol		

Nota 1: En caso de los sistemas existentes se establecerá en los Planes de Adecuación Sanitaria el plazo para lograr el límite máximo permisible para el arsénico de 0,010 mgL⁻¹.

Nota 2: Para una desinfección eficaz en las redes de distribución la concentración residual libre de cloro no debe ser menor de 0,5 mgL⁻¹.

Nota 3: La suma de los cocientes de la concentración de cada uno de los parámetros (Cloroformo, Dibromoclorometano, Bromodiclorometano y Bromoformo) con respecto a sus límites máximos permisibles no deberá exceder el valor de 1,00 de acuerdo con la siguiente fórmula:

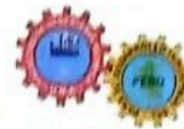
$$\frac{C_{\text{cloroformo}}}{\text{LMP}_{\text{cloroformo}}} + \frac{C_{\text{Dibromoclorometano}}}{\text{LMP}_{\text{Dibromoclorometano}}} + \frac{C_{\text{Bromodiclorometano}}}{\text{LMP}_{\text{Bromodiclorometano}}} + \frac{C_{\text{Bromoformo}}}{\text{LMP}_{\text{Bromoformo}}} \leq 1$$

donde, C: concentración en mg/L, y LMP: límite máximo permisible en mg/L

Anexo 02: Resultados del análisis de laboratorio.



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



N.º 003121

Certificado de Análisis

ASUNTO : Análisis Físico Químico: OJO DE AGUA

SOLICITANTE : HERNAN ORLANDO AGUILAR VALERIANO

PROCEDENCIA : MACUSANI - C.C. TUPAC AMARU

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN : CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO DEL
MANANTIAL DE LA COMUNIDAD CAMPESINA TUPAC AMARU
DEL DISTRITO DE MACUSANI.

INSTITUCION : UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL

MOTIVO : ANALISIS DE CALIDAD DE AGUA

FECHA DE MUESTREO : 15/10/2024, por el interesado

FECHA DE ANÁLISIS : 15/10/2024

CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS:

ASPECTO : Líquido

COLOR : Incoloro

OLOR : Inodoro

CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS

pH : 7.39

Temperatura : 13.75 °C

Conductividad Eléctrica : 194.00 µS/cm

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

Dureza Total como CaCO₃ : 85.04 mg/L

Alcalinidad como CaCO₃ : 129.13 mg/L

Cloruros como Cl⁻ : 52.98 mg/L

Sulfatos como SO₄²⁻ : 37.80 mg/L

Sólidos Totales Disueltos : 96.70 mg/L

Calcio como Ca²⁺ : 17.79 mg/L

Magnesio como Mg²⁺ : 9.86 mg/L

Porcentaje de salinidad : 0.70 %

CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICO

Coliformes totales : 0 UFC/100ml

Coliformes termotolerantes : 0 UFC/100ml

E. Coli : 0 UFC/100ml

Los parámetros físico-químico analizados en el laboratorio de control de calidad SI cumplen con el reglamento de la calidad de agua para consumo humano: D.S. N° 031-2010-SA. Con excepción del pH se le sugiere regular con cal.

Puno, C.U. 18 de octubre del 2024.

VºBº


ING. LUZ MARINA TEVES PONCE
DIRECTORA DE LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD
FIC - UNAL - CIP - 182393


DECANO DE LA F.I.Q.
UNA - PUNO

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

Anexo 03: Matriz de consistencia

Título del Proyecto: CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO DE MANANTIAL DE LA COMUNIDAD CAMPESINA TUPAC AMARU DEL DISTRITO DE MACUSANI - CARABAYA - 2024

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA
PROBLEMA GENERAL ¿Cómo será la calidad del agua para consumo humano de acuerdo los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del manantial de la comunidad campesina Tupac Amaru del distrito de Macusani según el DS N° 031-2010-SA?	OBJETIVO GENERAL Evaluar la calidad del agua para consumo humano del manantial de la comunidad campesina Tupac Amaru del distrito de Macusani según el DS N° 031-2010-SA.	HIPÓTESIS GENERAL La calidad del agua para consumo humano de acuerdo a los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del manantial de la comunidad campesina Tupac Amaru del distrito de Macusani no cumple con el DS N° 031-2010-SA.	V. Independiente Concentración de Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos	Parámetros microbiológicos	-Escherichia Coli -Coliformes Totales	-El tipo de estudio: no experimental I Diseño de investigación: descriptivo.
PROBLEMAS ESPECÍFICAS ¿Cuál será la concentración de los parámetros fisicoquímicos en el agua del manantial de la comunidad campesina Tupac Amaru del distrito de Macusani según el DS N° 031-2010-SA?	OBJETIVOS ESPECÍFICOS Determinar la concentración de los parámetros fisicoquímicos en el agua del manantial de la comunidad campesina Tupac Amaru del distrito de Macusani según el DS N° 031-2010-SA.	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	Parámetros fisicoquímicos	- pH - CE - Temperatura - STD - OD - Nitratos - Sulfatos - Cloruros - Carbonatos - Dureza Total - Arsénico - Cianuro - Mercurio		
PROBLEMAS ESPECÍFICAS ¿Cómo será la concentración de los parámetros microbiológicos en el agua del manantial de la comunidad campesina Tupac Amaru del distrito de Macusani según el DS N° 031-2010-SA?	OBJETIVOS ESPECÍFICOS Determinar la concentración de los parámetros microbiológicos en el agua del manantial de la comunidad campesina Tupac Amaru del distrito de Macusani según el DS N° 031-2010-SA?		V. Dependiente Calidad del agua del manantial	Límites Máximos Permisibles		

Anexo 04: Galería fotográfica.



Figura 10: Vista del manantial Chillinipa en la comunidad campesina Tupac Amaru.



Figura 11: Recogiendo el agua del manantial Chillinipa.



Figura 12: Envasando la muestra.



Figura 13: Rotulando la muestra recogida de agua.



Figura 14: Mostrando la muestra para el análisis físico químico y para el bacteriológico.



Figura 15: Colocando la muestra tomada en un recipiente hermético.