



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA



**CALIDAD FÍSICOQUÍMICA Y BACTERIOLÓGICA DE LA
FUENTE DE AGUA DE CONSUMO HUMANO DEL DISTRITO DE
SANTIAGO DE PUPUJA, AZÁNGARO – PUNO**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. LILIAM ROQUE ROQUE

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

LICENCIADO EN BIOLOGÍA

PUNO - PERÚ

2024



Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

CALIDAD FISICOQUÍMICA Y BACTERIOLÓGICA DE LA FUENTE DE AGUA DE CONSUMO HUMANO DEL DISTRITO DE SANTA

AUTOR

LILIAM ROQUE ROQUE

RECuento de palabras

17811 Words

RECuento de caracteres

95701 Characters

RECuento de páginas

94 Pages

Tamaño del archivo

3.0MB

Fecha de entrega

Jan 23, 2024 12:16 PM GMT-5

Fecha del informe

Jan 23, 2024 12:17 PM GMT-5

● 18% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

- 18% Base de datos de Internet
- 3% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de Crossref
- Base de datos de contenido publicado de Crossref
- 8% Base de datos de trabajos entregados

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)

Blgo. M.Sc. Eva Laura Chauca
DOCENTE PRINCIPAL D.E. FCCBB - UNA
COLBHOPI N° 906



DEDICATORIA

A mis padres Roberto que en paz descansa y Nely por brindarme su amor y apoyo incondicional y ser un ejemplo a seguir y mis hermanos, que son mi motivación para luchar por mis metas como también a mi querida hija por su amor y comprensión.

Liliam Roque Roque



AGRADECIMIENTOS

A Dios, por ser mí guía y brindarme salud, fortaleza para poder cumplir con mis metas, sueños en mi vida.

A la Universidad Nacional del Altiplano y a los docentes de la Facultad de Ciencias Biológicas, por las enseñanzas impartidas durante mi formación profesional.

Agradezco de manera muy especial a mi asesor/director de tesis, M.Sc. Eva Laura Chauca, por las sugerencias y el aporte brindado en el levantamiento de las observaciones de mi proyecto de tesis.

A mi compañero de vida Percy y mi amada hija Emily a quienes llevo en mi corazón, por su amor, comprensión, paciencia y estímulo constante de superación y el deseo de triunfo en la vida.

Finalmente, a las personas que contribuyeron en alguna manera, me brindaron ideas y consejos para que se culmine mi proyecto de investigación.

Lilium Roque Roque



INDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
ÍNDICE GENERAL	
INDICE DE FIGURAS	
INDICE DE TABLAS	
INDICE DE ACRONIMOS	
RESUMEN	14
ABSTRACT.....	15
CAPITULO I	
INTRODUCCIÓN	
1.1. OBJETIVO GENERAL.....	17
1.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	17
CAPITULO II	
REVISION DE LITERATURA	
2.1. ANTECEDENTES.....	19
2.2. MARCO TEÓRICO	22
2.2.1. El agua.....	22
2.2.2. Calidad del agua.....	22
2.2.3. Agua potable	23
2.2.4. Características microbiológicas del agua	24
2.2.5. Características fisicoquímicas del agua	25
2.2.6. Normas de la calidad del agua en el Perú	29



CAPITULO III

MATERIALES Y METODOS

3.1. LUGAR DE ESTUDIO	31
3.2. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	32
3.3. POBLACIÓN Y TAMAÑO DE MUESTRA	33
3.4. METODOLOGÍA.....	34
3.4.1. Evaluación de la calidad bacteriológica de coliformes totales y termo tolerantes en muestras de agua del manantial, el reservorio y las piletas domiciliarias.....	34
3.4.2. Evaluación de los parámetros fisicoquímicos dureza, pH, conductividad eléctrica, bicarbonatos, nitratos, hierro, sulfatos en muestras de agua del manantial, el reservorio y las piletas domiciliarias.....	37

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. CARGA BACTERIANA DE COLIFORMES TOTALES Y TERMOTOLERANTES EN MUESTRAS DE AGUA DE MANANTIAL, RESERVORIO Y PILETAS DOMICILIARIAS DEL DISTRITO DE SANTIAGO DE PUPUJA, AZÁNGARO – PUNO.....	44
4.1.1. Coliformes totales	44
4.1.2. Coliformes Termotolerantes.....	48
4.2. PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DUREZA, PH, CONDUCTIVIDAD ELECTRICA, BICARBONATOS, NITRATOS, HIERRO Y SULFATOS EN MUESTRAS DE AGUA DE MANANTIAL, RESERVORIO Y PILETAS DOMICILIARIAS DEL DISTRITO DE SANTIAGO DE PUPUJA, AZÁNGARO – PUNO.....	52



4.2.1. Dureza	52
4.2.2. Potencial de hidrogeniones (pH).....	56
4.2.3. Conductividad eléctrica.....	60
4.2.4. Bicarbonatos.....	64
4.2.5. Nitratos.....	67
4.2.6. Hierro	70
4.2.7. Sulfatos.....	72
V. CONCLUSIONES.....	77
VI. RECOMENDACIONES	78
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	79
ANEXOS.....	85

ÁREA: Ciencias Biomédicas

SUB LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Diagnóstico y Epidemiología

FECHA DE SUSTENTACION: 25 de enero de 2024



INDICE DE FIGURAS

Figura 1	Mapa de ubicación geográfica del lugar de investigación.	31
Figura 2	La ubicación geográfica de los puntos de muestreo.....	32
Figura 3	Coliformes totales (NMP/100 ml) en muestras de agua de manantial, reservorio y piletas domiciliarias de la localidad de Santiago de Pupuja, según DIGESA.	45
Figura 4	Prueba de tukey de los recuentos de coliformes totales en muestras de agua en manantial, reservorio y piletas domiciliarias de la localidad de santiago de pupuja.....	46
Figura 5	Gráfico de la Carga bacteriana coliformes termotolerantes (NMP/100ml) en muestras de manantial, reservorio y piletas domiciliarias de la localidad de Santiago de Pupuja.....	49
Figura 6	Dureza (mg/l) en muestras de agua de manantial, reservorio y piletas domiciliarias de la localidad de Santiago de Pupuja.....	53
Figura 7	Prueba de tukey de dureza en muestras de agua en manantial, reservorio y piletas domiciliarias de la localidad de santiago de pupuja.....	54
Figura 8	pH (unidades) en muestras de agua de manantial, reservorio y piletas domiciliarias de la localidad de Santiago de Pupuja.....	57
Figura 9	Conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) en muestras de agua de manantial, reservorio y piletas domiciliarias de la localidad de Santiago de Pupuja	61
Figura 10	Gráfico de Contenido de bicarbonatos (mg/l) en muestras de agua de manantial, reservorio y piletas domiciliarias de la localidad de Santiago de Pupuja.	65
Figura 11	Nitratos (mg/l) en muestras de agua de manantial, reservorio y piletas domiciliarias de la localidad de Santiago de Pupuja.....	68



Figura 12 Sulfatos (mg/l) en muestras de agua de manantial, reservorio y piletas domiciliarias de la localidad de Santiago de Pupuja.....	73
Figura 13 Prueba de tukey sulfatos en muestras de agua en manantial, reservorio y piletas domiciliarias de la localidad de santiago de pupuja.....	74
Figura 14 Análisis de varianza y prueba de Tukey de los recuentos de coliformes totales en muestras de agua de la localidad de Santiago de Pupuja.	85
Figura 15 Análisis de varianza y prueba de Tukey de los recuentos de coliformes termotolerantes en muestras de agua de la localidad de Santiago de Pupuja.	85
Figura 16 Análisis de varianza y prueba de Tukey de los valores de dureza en muestras de agua de la localidad de Santiago de Pupuja.	86
Figura 17 Análisis de varianza y prueba de Tukey de los valores de pH en muestras de agua de la localidad de Santiago de Pupuja.	86
Figura 18 Análisis de varianza y prueba de Tukey de los valores de conductividad eléctrica en muestras de agua de la localidad de Santiago de Pupuja.....	87
Figura 19 Análisis de varianza y prueba de Tukey de los valores de bicarbonato en muestras de agua de la localidad de Santiago de Pupuja.	87
Figura 20 Análisis de varianza y prueba de Tukey de los valores de nitratos en muestras de agua de la localidad de Santiago de Pupuja.	88
Figura 21 Análisis de varianza y prueba de Tukey de los valores de sulfatos en muestras de agua de la localidad de Santiago de Pupuja.	88
Figura 22 Manantial u ojo de agua de la localidad de Santiago de Pupuja.....	89
Figura 23 Reservorio de agua de la localidad de Santiago de Pupuja.	89
Figura 24 Preparación de caldo lactosado para la determinación de coliformes en muestras de agua de la localidad de Santiago de Pupuja.	89
Figura 25 Determinación del pH	90



Figura 26 Medios de cultivo, muestras de agua, material esterilizado y el protocolo de cuantificación de coliformes en muestras de agua de la localidad de Santiago de Pupuja.....	90
Figura 27 Autoclave utilizada para la esterilización de materiales para la evaluación microbiana del agua.	90



INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Límites máximos permisibles de parámetros bacteriológicos y fisicoquímicos.	30
Tabla 2 Cuadro de construcción con coordenadas UTM, referidas a los puntos de muestreo de la fuente de agua de consumo humano del Distrito de Santiago de Pupuja.....	32
Tabla 3 Distribución de muestras por puntos y meses de muestreo.	33
Tabla 4 Coliformes totales (NMP/100 ml) en muestras de agua de manantial, reservorio y piletas domiciliarias de la localidad de Santiago de Pupuja, agosto – octubre 2021.....	44
Tabla 5 Coliformes termotolerantes (NMP/100ml) en muestras de manantial, reservorio y piletas domiciliarias de la localidad de Santiago de Pupuja, agosto– octubre 2021.....	48
Tabla 6 Dureza (mg/l) en muestras de agua de manantial, reservorio y piletas domiciliarias de la localidad de Santiago de Pupuja, agosto – octubre 2021.	52
Tabla 7 pH (unidades) en muestras de agua de manantial, reservorio y piletas domiciliarias de la localidad de Santiago de Pupuja, agosto – octubre 2021.	56
Tabla 8 Conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) en muestras de agua de manantial, reservorio y piletas domiciliarias de la localidad de Santiago de Pupuja, agosto – octubre 2021.....	60
Tabla 9 Bicarbonatos (mg/l) en muestras de agua de manantial, reservorio y piletas domiciliarias de la localidad de Santiago de Pupuja, agosto – octubre 2021.	64



Tabla 10 Nitratos (mg/l) en muestras de agua de manantial, reservorio y piletas domiciliarias de la localidad de Santiago de Pupuja, agosto – octubre 2021.

..... 67

Tabla 11 Sulfatos (mg/l) en muestras de agua de manantial, reservorio y piletas domiciliarias de la localidad de Santiago de Pupuja, agosto – octubre 2021.

..... 72



INDICE DE ACRONIMOS

°C:	Grados centígrados
C. V.:	Coefficiente de variabilidad
D. E.:	Desviación estándar
<i>et al.</i> :	Y colaboradores
mg/l:	Miligramos por litro
µS/cm:	Microsiemens por centímetro
P:	Probabilidad
pH:	Potencial de hidrogeniones
Prom:	Promedio
UFC/g:	Unidades formadoras de colonia por gramo de muestra
NMP/100ml:	Número más probable por 100 ml de muestra
CT:	Coliformes totales
CTT:	Coliformes termotolerantes
LMP:	Límite máximo permisible



RESUMEN

El Distrito de Santiago de Pupuja cuenta con el servicio de agua potable, pero se desconoce su potabilidad. Por tal motivo se planteó como objetivo determinar la calidad fisicoquímica y bacteriológica de la fuente de agua de consumo humano del distrito de Santiago de Pupuja, Azángaro – Puno. El tipo de estudio fue descriptivo, comparativo y transversal, la metodología utilizada se ciñe a técnicas estandarizadas según (Digesa y OMS); donde se analizaron 27 muestras de agua, tomadas de tres puntos de muestreo (manantial, reservorio y piletas domiciliarias) durante tres meses de estudio, para la determinación de coliformes totales y termotolerantes se utilizó el método número más probable, para los parámetros fisicoquímicos complexometría (dureza), electrometría (pH), conductimetría (conductividad eléctrica), titulación volumétrica (bicarbonatos), colorimétrico (nitratos), fenantrolina (hierro) y turbidimétrico (sulfatos), y los datos obtenidos se analizaron mediante análisis de varianza y Tukey ($p=0.05$). Resultados: para coliformes totales 12.40 NMP/100ml y 141.00 NMP/100ml, coliformes termotolerantes 3.00 NMP/100ml y 9.77 NMP/100 ml, así mismo los resultados fisicoquímicos fueron dureza 30.00 mg/l y 53.00 mg/l, pH 7.37 y 8.13 unidades, conductividad eléctrica 399.00 $\mu\text{S/cm}$ y 649.33 $\mu\text{S/cm}$, nitratos 1.00 mg/l y 1.67 mg/l, hierro 0.00 mg/l y sulfatos 208.00 mg/l y 343.33 mg/l, los parámetros coliformes totales, coliformes termotolerantes y sulfatos comparados con el D.S. N° 031-2010-SA, superaron los estándares de calidad. Según el análisis de varianza los parámetros coliformes totales, dureza y sulfatos presentaron diferencia estadística entre los puntos de muestreo. concluyendo que la fuente de agua de consumo humano de Santiago de Pupuja no cumple con los estándares de calidad.

Palabras clave: Calidad del agua, Coliformes, Parámetros bacteriológicos, Fisicoquímicos, Sanitaria.



ABSTRACT

The district of Santiago de Pupuja has drinking water service, but its potability is unknown. Therefore, the objective was to determine the physicochemical and bacteriological quality of the water source for human consumption in the district of Santiago de Pupuja, Azángaro - Puno. The type of study was descriptive, comparative and cross-sectional, the methodology used follows standardized techniques according to (Digesa and WHO); 27 water samples were analyzed, taken from three sampling points (spring, reservoir and home pools) during three months of study, for the determination of total and thermotolerant coliforms the most probable number method was used, for the physicochemical parameters complexometry (hardness), electrometry (pH), conductimetry (electrical conductivity), volumetric titration (bicarbonates), colorimetric (nitrates), phenanthroline (iron) and turbidimetric (sulfates), and the data obtained were analyzed by analysis of variance and Tukey ($p=0.05$). Results: for total coliforms 12.40 NMP/100ml and 141.00 NMP/100ml, thermotolerant coliforms 3.00 NMP/100ml and 9.77 NMP/100ml, as well as physicochemical results were hardness 30.00 mg/l and 53.00 mg/l, pH 7.37 and 8.13 units, electrical conductivity 399.00 $\mu\text{S}/\text{cm}$ and 649.33 $\mu\text{S}/\text{cm}$, nitrates 1.00 mg/l and 1.67 mg/l, iron 0.00 mg/l and sulfates 208.00 mg/l and 343.33 mg/l. The total coliform, thermotolerant coliform and sulfate parameters, compared to D.S. N° 031-2010-SA, exceeded the quality standards. According to the analysis of variance, the parameters total coliforms, hardness and sulfates showed statistical differences between sampling points, concluding that the source of water for human consumption in Santiago de Pupuja does not meet the quality standards.

Keywords: Water quality, Coliforms, Bacteriological parameters, Physicochemical, Sanitary.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El agua es un elemento indispensable para el consumo humano y sus diversas actividades antrópicas, de igual manera, es un medio ideal para el transporte y la propagación de microorganismos, que al no ser tratados adecuadamente ponen en peligro la salud humana. Por otro lado, el aumento de la poblacional, el incremento de las actividades agrícolas e industriales y el impacto del cambio climático están generando preocupación a nivel mundial sobre la calidad del agua. Este recurso vital se ve afectado por alteraciones significativas en el ciclo hidrológico. Para evaluar su calidad, se lleva a cabo un análisis de sus diversas características, como la temperatura, la concentración de minerales disueltos y la presencia de microorganismos. Para evaluar si el agua es apto para su uso en diferentes propósitos, estas características se comparan con las normas o estándares establecidas por cada nación. Es importante considerar que la calidad requerida varía según la finalidad específica en cada caso.

El distrito de Santiago de Pupuja esta ubicado en la provincia de Azángaro de la región Puno, una población de 5,792 habitantes, abarca un área total de 301.27 km². Siendo un pueblo alejado de las grandes ciudades de la región, carece de muchas necesidades, entre ellas agua potable y alcantarillado, pero en los últimos años los Distritos vienen proyectando el servicio de agua domiciliario a partir de fuentes de agua (manantiales) que probablemente requieren de estudios minuciosos en aspectos fisicoquímicos, microbiológicos y metales pesados, análisis que deben ser realizados por laboratorios acreditados como INACAL, pero las Municipalidades distritales muchas veces no cuentan con el presupuesto para tales fines.



Mediante información del Municipio de Santiago de Pupuja, se conoce que el Distrito cuenta con agua a domicilio que procede del manantial ubicado en el sector Pukachupa, en la Comunidad de Pupuja, parte norte de la localidad, cuya potabilización es mediante cloración una vez al mes, como se conoce el cloro es bactericida el cual estaría actuando en la disminución de la carga bacteriana, quedando pendiente la evaluación de aspecto fisicoquímico, que están estrechamente relacionados con los requisitos del agua, por lo tanto es importante evaluar los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos para conocer la calidad del agua que consume la población de esta localidad.

En ese sentido se determinó los valores fisicoquímicos y bacteriológicos del agua de manantial, reservorio y piletas domiciliaria de esta localidad, actualmente la escases de agua se ocasiona por las actividades antrópicas, lo que provoca el aumento en la contaminación de los ecosistemas acuáticos, lo que pone en peligro el desarrollo sostenible para las próximas generaciones. Como resultado, la alteración de sus parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos se ha convertido en un problema

1.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar la calidad fisicoquímica y bacteriológica de la fuente de agua de consumo humano del Distrito de Santiago de Pupuja, Azángaro – Puno.

1.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar la carga bacteriana de coliformes totales y termotolerantes en muestras de agua de manantial, reservorio y piletas domiciliarias del Distrito de Santiago de Pupuja, Azángaro - Puno.
- Evaluar los parámetros fisicoquímicos dureza, pH, conductividad eléctrica,



bicarbonatos, nitratos, hierro y sulfatos en muestras de agua de manantial, reservorio y piletas domiciliarias del Distrito Santiago de Pupuja, Azángaro – Puno.



CAPÍTULO II

REVISION DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES

Cázares y Alcantara (2014), en la ciudad de Nezahualcóyotl (México), determino ≥ 100 NMP/100ml de coliformes totales, que según la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994 no reúne la calidad microbiológica; por otro lado, Guzmán (2014), en el lado sur de lago Titicaca, reportó valores de hierro, en Copacabana 2.154 ppm de hierro, Tiquina 6.456 ppm de hierro y Desaguadero 6.829 ppm de hierro; como también, Loyola (2017), determinó en el manantial del cerro Urpillao, Caniac (La Cuesta), conductividad eléctrica 11.95 – 24.25 $\mu\text{S}/\text{cm}$, hierro 0.052 mg/l, pH 8.38 – 8.45, coliformes totales <1.8 NMP/100ml y coliformes termotolerantes <1.8 NMP/100ml; Yana (2017), en el sistema de abastecimiento de agua potable de Azángaro, reporto valores de pH entre 7.64 y 7.86 unidades, conductividad eléctrica entre 1074.20 y 1208.43 $\mu\text{S}/\text{cm}$, dureza total entre 261.16 y 273.48 mg/l de carbonato de calcio (CaCO_3), sulfatos entre 16.33 y 16.41 mg/l, coliformes totales entre 3.00 y 14.33 NMP/100 ml superando los límite máximo permisible, ausencia de coliformes fecales; en ese mismo sentido, Narváez et al. (2017), evaluaron la calidad del agua potable en la USCO sede central – Neira (Colombia) y determinaron valores de ph 6.52 y 7.91, coliformes totales 1 UFC/100 cm^3 superando la normativa.

Brousett *et al.* (2018), en Chullunquiani (Juliaca), obtuvieron resultados pH en manantial 1 7.44 y en el manantial 2 7.12, conductividad en el manantial 1 277.4 $\mu\text{mho}/\text{cm}$ y en el manantial 2 215.9 $\mu\text{mho}/\text{cm}$, sulfatos en el manantial 1 3.46 mg/l y en el manatial 2 3.46 mg/l, dureza 92 a 135 mg/l en muestras de manantial, hierro 0.22 mg/l en muestras de manantial, coliformes totales 11 866.6 UFC/100ml (± 813.5); por otra



parte, en la investigación de Guerrero (2019), evaluó la calidad del agua de la ciudad de Lamas (San Martín) y demostró que el manantial Sacachorro sobrepasó los ECAs en coliformes totales y termotolerantes, en los puntos de muestreo Rifari y La banda p1, presentaron un valor de 33 NMP/100 ml y 17 NMP/100 ml respectivamente.

En la investigación de Ccolque y Incaluque (2019) en la localidad de Huancané (Puno) evaluaron los parámetros de control obligatorio de agua potable, obteniendo valores de pH entre 7.55 y 8.7, donde el valor de 8.7 excede los parámetros del DS. N° 031-2010-S.A, coliformes totales y coliformes termotolerantes exceden en 16 UFC como máximo y <1.1 como mínimo. Así mismo, Cajas (2019), en el agua de manantial de Cochatama (Huanuco) determinó dureza 12 mg/l a 22 mg/l, conductividad 50 μ S/cm a 84 μ S/cm, nitrato 0 mg/l a 10 mg/l, sulfatos 0 mg/l a 23 mg/l, Ph 7.324 a 7.551, coliformes totales 2 UFC/100ml a 975 UFC/100ml, coliformes termotolerantes 0 UFC/100ml; Campbell et al. (2019), reportan presencia de bacterias coliformes fecales y totales en el agua potable establecida en el Recinto Universitario Rubén Darío de la UNAM Managua (Nicaragua), en cantidades excedentes a 8.0/100 ml, superando la cantidad máxima permitida por las normas CAPRE.

Medina y Yupanqui (2020), en el manantial del fundo San Bernardo de Chiguata, obtuvo resultados de pH 6.71 a 7.45, dureza total 526.64 mg/L y 491.39 mg/L, adicionalmente, Calla y Castrejon (2020), en el centro poblado Chin Chin tres Cruce - Cajamarca, obtuvieron resultados en el manantial 1 y manantial 2, de pH 7.2 y 7.44, conductividad 169.47 y 196.55 μ S/cm, sulfatos 0.57 y 5.87 mg/l, hierro 0.60 y 0.58 mg/l, nitrato 1.58 y 1.82 mg/l; por otro lado, Choque (2021), en el centro poblado de Yanamayo, determinó promedios de pH 7.185, dureza total 94.95 mg/l carbonato de calcio(CaCO₃), sulfatos 16.1 mg/l SO₄, conductividad 253.6 μ S /cm, temperatura 13.1 °C.



Por su parte Suarez et al. (2021), en Huánuco, en la Universidad Nacional Agraria de la Selva, determinaron hierro en la quebrada cochero 0.00417 mg/l (estiaje) y 0.00 mg/l (avenida), en la quebrada cordova 0.01167 mg/l (estiaje) y 0.00 mg/l (avenida), en la quebrada naranjal 0.00417 mg/l (estiaje) y 0.00 mg/l (avenida), así mismo dureza en la quebrada cochero 78.50 mg/l (estiaje) y 97.17 mg/l (avenida), en la quebrada cordova 81.58 mg/l (estiaje) y 108.58 mg/l (avenida), en la quebrada naranjal 75.42 mg/l (estiaje) y 113.75 mg/l (avenida); por otro lado, Sempértegui (2021), en la comunidad de Colpa Tuapampa, Chota, determinó resultados elevados de coliformes totales, coliformes termotolerantes y *Escherichia coli*: 200 UFC/100ml; 220 UFC/100ml y 188 UFC/100ml; asimismo Coila (2022) en el agua de consumo humano en piletas de Cajas Reales-Chucuito, determino valores de coliformes totales en la pileta 1: 200 NMP/100ml, pileta 2: 260.83 NMP/100 ml, para coliformes fecales se determinó en la pileta 1 : 21.00 NMP/100 ml, pileta 2 : 30.92 NMP/100ml.

Guimaraes (2022), realizó la evaluación del agua de consumo humano del asentamiento humano San Isidro, Callería – Ucayali, obteniendo valores de conductividad eléctrica entre 137.00 μ S/cm a 209.67 μ S/cm, pH entre 7.12 y 7.18, hierro 0.0821 mg/l, coliformes totales entre 37.00 – 42.66 UFC/100ml y coliformes termotolerantes entre 18.00 – 32.00 UFC/100ml, valores que sobrepasan los LMP; por otro lado Ayquipa (2022), analizó la calidad del uso de agua potable en la comunidad del distrito de salas - Ica, donde los valores de pH 8.3, nitrato negativo, dureza 163.45 mg/l, sulfatos 340.0 mg/l, coliformes totales 351 NMP/100ml, coliformes termotolerantes 14 NMP/100ml.



2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. El agua

El agua es el elemento importante para los seres vivos, esencial para la existencia de los seres vivos, sin ella el hombre no podría existir. Es una sustancia química que está compuesta por 2 átomos de hidrogeno y 1 átomo de oxígeno, puede presentarse en cualquiera de los tres estados: liquido, gaseoso y solido (Sierra, 2011). Constituye el 70% de la superficie del planeta en que vivimos, siendo casi el 97,5% de los océanos y solo el 2,5% agua dulce. Los glaciares, la nieve y el hielo de los cascos polares conforman casi el 80% el agua dulce, el agua subterránea 19% y el agua superficial constituye el 1%, de los cuales el 52% se encuentran en lagos y 38% en humedales (Fernandez, 2012).

En la actualidad se observa que varias fuentes de agua se están agotando y la calidad están siendo afectadas negativamente debido a que la tierra está sometida a una mayor presión (ONU-Agua, 2021). El agua casi nunca es pura, debido a que contiene minerales y sustancias orgánicas disueltas o suspendidas.

2.2.2. Calidad del agua

Delimita la capacidad del agua para mantener los ecosistemas y satisfacer las diversas demandas, se considera una variable descriptora fundamental del medio hídrico tanto desde el punto de vista de su caracterización ambiental como desde el punto de vista de la planificación y gestión hidrológica (ANA, 2020).

La obtención de los recursos hídricos es a partir de las aguas subterráneas o superficiales. El agua se utiliza para diversos fines, para cada caso la calidad es particular, en caso del agua de uso doméstico es el más exigente desde el punto de



vista calidad y seguridad de los suministros debido a que tiene un impacto directo en la salud humana (Fernandez, 2012). En la naturaleza la calidad del agua afecta el estado de los ecosistemas alterando la existencia de los seres vivos (Fernández y Guardado, 2021).

Más de 3000 millones de personas se encuentran en peligro debido a que se desconoce la salud de los ecosistemas de agua dulce de sus ríos, lagos y aguas subterráneas, donde la agricultura y las aguas residuales sin tratar son dos de las mayores amenazas para la calidad del agua ambiental a nivel mundial, perjudicando el normal funcionamiento de los ecosistemas (ONU-Agua, 2021).

2.2.3. Agua potable

En salud pública es primordial tener agua saludable y de fácil acceso, para la producción de alimentos o fines recreativos (OMS, 2023). En el Perú las EPS (empresas prestadoras de servicio) son las encargadas de brindar agua potable a la población, las EPS tienen la obligación de realizar el control de calidad del agua potable para distribuir a la población un producto satisfactorio, cuya calidad sea estrictamente controlada, el agua potable debe cumplir con los requisitos bacteriológicos, físicos y químicos establecidos por una norma nacional (SUNASS, 2004). El agua de consumo humano segura, no causa ningún peligro para la salud cuando se consume (OMS, 2011).

Según el informe ONU-Agua (2021), 2000 millones de personas - (26%) de la población mundial carecen de acceso de agua potable gestionados sin riesgo, a consecuencia del crecimiento urbano en las ciudades la carencia de agua potable se ha duplicado y los que habitan en las zonas rurales son las más afectadas. Así mismo SUNASS (2023), informa que en nuestro país el 90 % (3.3 millones)



cuentan con agua potable y que la carencia de agua es una deficiencia devastadora, que tiene un impacto en la salud, la educación, el acceso al trabajo y otras competencias humanas.

La contaminación del agua puede causar enfermedades, como las EDAs (enfermedades diarreicas agudas), que son una de las principales causas de enfermedades y desnutrición crónica en niños menores de 5 años en Perú (Bustamante y Programa PROAGUA, 2017).

2.2.4. Características microbiológicas del agua

El riesgo más común y frecuente está asociado al agua de consumo humano, que generan las enfermedades infecciosas producidas por microorganismos. Para garantizar la inocuidad microbiológica del agua potable se debe aplicar múltiples barreras, desde zona de captación de agua hasta el consumidor para evitar la contaminación del agua potable y no causar efectos perjudiciales en la salud de las personas (OMS, 2011). Los microorganismos pueden ser de origen natural, como también provenir de vertientes cloacales y/o industriales, así mismo por medio de arrastre de los existentes en el suelo por acción de la lluvia (Orellana, 2005). Los microorganismos que nos indican la calidad del agua se encuentran en las bacterias del grupo coliformes.

a. Coliformes totales

Este grupo de bacterias incluye a una extensa diversidad de bacilos aerobios y anaerobios facultativos, gramnegativos y no esporulados con la capacidad de crecer en concentraciones relativamente altas de sales biliares, que fermentan la lactosa y producen ácido o aldehído en 24 horas a 35-37 °C. Producen la enzima β -galactosidasa como parte de la fermentación de la lactosa



(OMS, 2011). Las bacterias coliformes forman partes de los géneros *Escherichia*, *Citrobacter*, *Klebsiella* y *Enterobacter* como también incluye los géneros *Serratia* y *Hafnia*, así mismo las especies fecales y ambientales son parte del grupo de coliformes totales.

El sistema de abastecimiento, almacenamiento y distribución de agua debe estar libre de bacterias coliformes, en caso se dé la presencia de estos microorganismos nos indica que el tratamiento fue inadecuado o se dio una contaminación posterior, en tal sentido, la determinación de coliformes se usa como indicador de la eficacia del tratamiento (Marchand, 2002).

b. Coliformes termotolerantes

Los coliformes termotolerantes tienen la capacidad de fermentar lactosa a 44° - 45°. El género *Escherichia* es el que predomina en la mayor parte de las aguas. Pero en menor grado algunas bacterias de los géneros *Citrobacter*, *Klebsiella* y *Enterobacter*. A diferencia de los demás coliformes termotolerantes *Escherichia coli* tiene la capacidad de producir indol a partir de triptófano o la producción de la enzima β -glucuronidasa (OMS, 2011). *Escherichia coli* es considerado como el indicador específico de una contaminación fecal reciente o de eventual presencia de organismo patógenos, tanto en aguas naturales, como también en aguas tratadas (Fundación Nacional De Salud, 2013).

2.2.5. Características fisicoquímicas del agua

El agua potable debe estar libre de microorganismos, con apariencia, sabor y olor aceptable. Si el agua de consumo humano presenta olores y sabores podría indicar la presencia de algún tipo de contaminante, o una carencia en el proceso durante el tratamiento o distribución del agua. Según OMS (2011), indica que la



exposición prolongada del agua a ciertos números de contaminantes químicos, ocasionan efectos desfavorables en la salud de las personas. Los efectos de la contaminación química del agua en la salud de las personas no son inmediatos, pero si pueden ser crónicos e incluso irreversible; ocasionando problemas en el hígado, enfermedades renales y dificultades en la producción e incluso causar el cáncer, en caso de que el agua de consumo humano este en concentraciones mayores que los valores máximos permisibles (SUNASS, 2004). En el Perú las EPS son los encargados de monitorear la calidad físicoquímico del agua potable en los sistemas de abastecimiento.

a. Dureza

La dureza del agua es producida por varios iones metálicos multivalentes disueltos, especialmente cationes de calcio y magnesio (OMS, 2011), donde la manifestación más evidente es la precipitación de los compuestos que forman el jabón frente a la presencia de calcio y magnesio (Fernandez, 2012); es por ello que cuando el agua es dura se requiere mayor cantidad de jabón para obtener espuma. Cuando las concentraciones de dureza superan los 200 mg/l, se puede formar incrustaciones en las plantas de tratamiento, sistema de distribución, tuberías y tanques de los edificios dificultando el intercambio de calor; con niveles de dureza inferiores a 100 mg/l pueden tener una baja capacidad amortiguadora del pH y, por lo tanto, son más corrosivas para las tuberías de agua (OMS, 2011).

b. pH

El pH calcula el contenido de iones de hidrógeno presentes en una sustancia, para determinar si es ácida, neutra o básica. Se mide en una escala de 0 a 14, considerando 7 un valor neutro. Los valores de pH menores a 7 señala que



una sustancia es ácida y cuando el valor pH superiores a 7 señala que es básica (DIGESA - GESTA AGUA, 2009).

El pH no ejerce efectos directos en los consumidores, pero es importante en el control de la calidad del agua, para que la desinfección con cloro sea eficaz es preferible un pH inferior a 8, sin embargo cuando el pH es inferior a 7 tiene la acción corrosiva (OMS, 2011), Según Galvín (2003), para las aguas de consumo humano, los Valores extremos pueden provocar irritación de las mucosas, irritación de órganos internos e incluso procesos ulceración.

c. Conductividad eléctrica

La conductividad del agua es una expresión numérica de su capacidad para conducir electricidad, dependiendo de la concentración total de sustancias ionizadas disueltas en el agua y de la temperatura a la que se realiza la medición (Romero, 1999). De igual manera la conductividad va depender del tipo de terreno por donde fluye el agua, así como la presencia o ausencia de aguas residuales, porque los iones que contienen fueron eliminados durante el proceso de purificación (Fernandez, 2012).

d. Bicarbonatos

La presencia de bicarbonatos en el agua se relaciona con la capacidad para neutralizar ácidos, el ion bicarbonato (HCO_3^-) está presente a pH comprendido entre 4,5 y 8,3. La existencia de estas sales acidas puede provocar obstrucciones producidas por la precipitación en las instalaciones del agua. Por ello la determinación de los bicarbonatos es importante en los procesos de coagulación química, ablandamiento, control de corrosión y evaluación de la capacidad de un tampón de agua (Romero, 1999).



e. Nitratos

El nitrato es el resultado de la disolución de rocas y minerales, la descomposición de los vegetales, animales y los desechos nitrogenados en excretas animales y humanas, la contaminación a través de las actividades agrícolas (uso de fertilizantes nitrogenados inorgánicos y estiércol), efluentes industriales (incluido las fosas sépticas) (Marín, 2010). La presencia de nitratos en el agua está asociado con la metahemoglobinemia, en especial en los bebés alimentados con biberón, donde los valores elevados de metahemoglobina en lactantes dan lugar a la cianosis (síndrome del bebé azul), también se conoce que pueden darse alteraciones en la función de la tiroides humana al inhibir competitivamente la absorción del yoduro tiroideo (OMS, 2011).

f. Hierro

La presencia del hierro en el agua se debe a la disolución de las rocas o minerales, como también provienen de las aguas servidas de la elaboración de acero y otros materiales (Marín, 2010). En el agua de consumo humano se debe al empleo de coagulantes de hierro o por el deterioro de las en los sistemas de suministro de agua. Normalmente, el agua con una concentración de hierro inferior a 0,3 mg/l es insípida, aunque puede tener turbidez y color ocasionando manchas rojizas – cafés en las ropas, accesorios y concreto, pero no existen valores de referencia saludables sugeridos para el hierro (OMS, 2011).

Por otro lado, los niveles elevados de hierro contribuyen a cambios significativo en diversos tejidos humanos (Marín, 2010), como también a la susceptibilidad a infecciones hepáticas, cáncer de colon, enfermedades coronarias y miocardiopatía (Guzmán, 2014).



g. Sulfatos

Los sulfatos son bastante solubles y se forman por la disolución del yeso y la oxidación de los sulfuros (Marín, 2010), como también por la presencia de residuos industriales y la precipitación atmosférica, sin embargo la presencia en mayor cantidad se da en aguas subterráneas y proceden de fuentes naturales (OMS, 2011). La presencia de sulfatos en el agua destinada al consumo humano podría producir un sabor desagradable en cantidades muy altas e incluso puede provocar un efecto laxante en consumidores no acostumbrados (OMS, 2011), así mismo es importante determinar ya que en concentraciones altas llegan a formar incrustaciones en calderas y en los intercambiadores de calor, cambio en el olor y corrosión de las alcantarillas (Romero, 1999).

2.2.6. Normas de la calidad del agua en nuestro país

Las autoridades de salud a nivel nacional a través de la dirección general de salud ambiental (DIGESA), son los encargados de actualizar los reglamentos para que el agua de consumo humano cumpla con los requerimientos físicos, químicos y bacteriológicos, en ese sentido en el año 2010, a través del D.S. N° 031-2010-SA se aprobó el “Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano” (DIGESA, 2011).

En el Decreto Supremo N° 031-2010-SA, esta anexado los parámetros que deben cumplir las muestras de agua potable, los parámetros que han sido considerados en el estudio se muestran en la siguiente tabla:



Tabla 1

Los límites establecidos de parámetros bacteriológicos y fisicoquímicos.

Parámetro	Unidad de medida	LMP
1. Bacterias Coliformes totales	UFC/100 ml a 35°C	O (*)
2. Bacterias coliformes termotolerantes	UFC/100 ml a 44,5°C	O (*)
3. Dureza	mg CaCO ₃ L ⁻¹	500
4. Ph	Valor de Ph	6,5 a 8,5
5. Conductividad (25 °C)	µmho/cm (µS/cm)	1500
6. Bicarbonato	No aplica	No aplica
7. Nitrato	mg NO ₃ L ⁻¹	50,00
8. Hierro	mg FeL ⁻¹	0,3
9 Sulfato	mgSO ₄ ⁻ L ⁻¹	250

UFC= Unidad formadora de colonias

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

Fuente: DIGESA, 2011

CAPÍTULO III

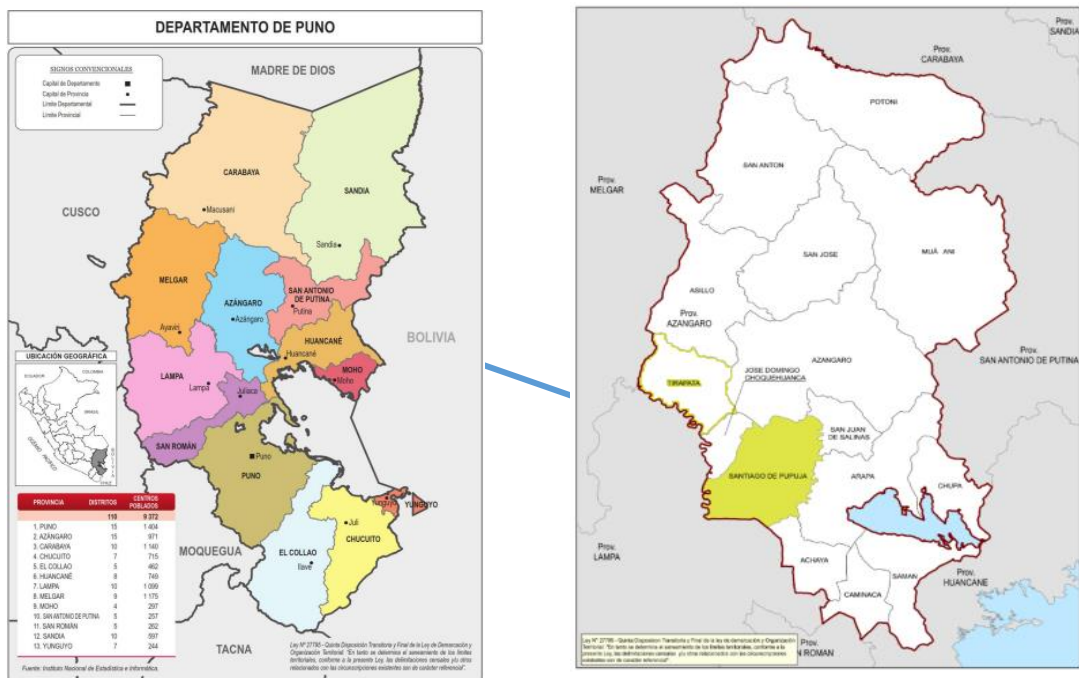
MATERIALES Y METODOS

3.1. LUGAR DE ESTUDIO

La investigación se llevó a cabo en el Distrito de Santiago de Pupuja, a una altitud de 3924 m.s.n.m., donde una de las principales actividades económica es la agricultura como pecuaria y la artesanía (tejidos, bordados y cerámica). La población en general es quechua hablante. La localidad de Santiago de Pupuja cuenta con un sistema de agua potable cuya cobertura y servicio es deficiente, se muestra la ubicación geográfica del lugar de investigación (Figura 1) y la distribución de puntos de muestreo (Figura 2).

Figura 1

Mapa de ubicación geográfica del lugar de investigación.



Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática.

Figura 2

La ubicación geográfica de los puntos de muestreo



Fuente: Google Earth Pro

Tabla 2

Cuadro de construcción con coordenadas UTM, referidas a los puntos de muestreo de la fuente de agua de consumo humano del Distrito de Santiago de Pupuja.

Coordenadas UTM	Puntos de Muestreo		
	Manantial	Reservorio	Piletas domiciliarias
Latitud	15°02'06.80"S	15°03'08.96"S	15°03'08.96"S
Longitud	70°16'53.23"O	70°16'49.60"O	70°16'49.60"O
Altitud	3985 m.s.n.m.	3942 m.s.n.m.	3942 m.s.n.m.

Fuente: elaboración propia

3.2. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Es una investigación de tipo descriptivo, tiene como propósito especificar las características de un fenómeno o variable (Hernandez et al., 2014), en razón de que se describió los valores de los parámetros bacteriológicos y fisicoquímicos. Así mismo fue comparativo, ya que los resultados obtenidos de los parámetros bacteriológicos y fisicoquímicos fueron contrastados con el D.S. N° 031-2010-SA. El diseño aplicado en

la investigación es transversal por que se recolectan datos en un momento único (Hernandez et al., 2014), en la investigación se realizó durante los meses de agosto, setiembre y octubre del año 2021.

3.3. POBLACIÓN Y TAMAÑO DE MUESTRA

Población: fuente de agua de consumo humano del distrito de Santiago de Pupuja.

Muestra: Para el muestreo del trabajo de investigación, se realizó en los puntos predeterminados mediante un muestreo al azar (Otzen y Manterola, 2017), estuvo conformada por tres puntos de muestreo (manantial, reservorio y piletas domiciliarias) tal como se muestra en la figura 2, los parámetros se determinaron en tres repeticiones cada mes según el punto de muestreo, durante tres meses de estudio, haciendo un total de 27 muestras de agua (tabla 3).

Tabla 3

Distribución de muestras por puntos y meses de muestreo.

Meses de muestreo	Puntos de muestreo			Total
	Manantial	Reservorio	Piletas domiciliarias	
Agosto	3	3	3	9
Setiembre	3	3	3	9
Octubre	3	3	3	9
Total	9	9	9	27



3.4. METODOLOGÍA

3.4.1. Evaluación de la calidad bacteriológica de coliformes totales y termo tolerantes en muestras de agua del manantial, el reservorio y las piletas domiciliarias.

a. Muestreo de agua

En el manantial y en el reservorio. El muestreo se realizó según los procedimientos estandarizados en la RD N° 160-2015/DIGESA/SA Protocolo de procedimientos para la toma de muestras, preservación, conservación, transportes, almacenamiento y recepción de las muestras de agua para consumo humano (DIGESA 2015). Para la obtención muestra se sostuvo el frasco por la parte inferior y luego introducir hasta una profundidad de 20 cm, con la boca parcialmente hacia arriba teniendo presente que los frascos para toma de muestras estén completamente esterilizados, de boca ancha y tapa hermética.

En las piletas domiciliarias. El muestreo se realizó según lo procedimientos estandarizados en la RD N° 160-2015/DIGESA/SA Protocolo de procedimientos para la toma de muestras, preservación, conservación, transportes, almacenamiento y recepción de las muestras de agua para consumo humano DIGESA (2015). Para la recolección de la muestra se limpió y quito del grifo todas las materias extrañas adherida a la boca de salida. Se abrió el grifo, hasta que alcanzo el flujo máximo, dejando correr durante dos minutos. El recipiente de muestreo fue de un material de vidrio, en el cual no se llenó completamente, hubo un espacio de aire el cual fue útil para la homogenización de la muestra en el laboratorio. Se ajustó fuertemente la tapa del frasco. Se agregó 0.1 ml de tiosulfato



de sodio al 10% antes de esterilizar del frasco, para eliminar la acción bactericida del cloro.

b. Cuantificación de coliformes totales y termotolerantes

• **Determinación de coliformes totales**

Método: Numero más probable (NMP)

Fundamento. La determinación de microorganismo por el método del número más probable (NMP) se fundamenta en la capacidad de este grupo microbiano de fermentar la lactosa con producción de ácido y gas al incubarse a $35^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$ durante 48 horas. Utilizando un medio de cultivo que contenga sales biliares. Esta determinación consta de dos fases, la fase presuntiva y la fase confirmativa (Camacho et al., 2009). La densidad bacteriana se obtiene a través de la fórmula facilitada o a través de tablas en las que se presenta el límite de confianza de 95% por cada valor determinado y se expresa como NMP de coliformes/100 ml (Pascual & Calderon, 2000).

Prueba presuntiva. Se realizó el inóculo en volúmenes de 10 ml, 1 ml y 0.1 ml de muestras en una serie de 9 tubos de caldo lactosado, en los cuales los primeros 3 tubos presentaron doble concentración de dicho caldo. Luego se incubaron los tubos debidamente rotulados a 37°C durante 48 horas. En esta prueba, la actividad metabólica de las bacterias fue estimulada vigorosamente y ocurrió una selección inicial de organismos que fermentan la lactosa con producción de gas (Pascual y Calderon, 2000).

Prueba confirmativa. Consistió en transferir un inóculo de cada tubo positivo de la prueba presuntiva a tubos que contengan caldo verde brillante bilis e incubarlos a 37°C durante 48 horas. La formación de gas, el enturbiamiento y la



fermentación dentro del lapso de 48 horas constituyó un aprueba confirmativa de la presencia de coliformes totales. Los resultados se expresan en términos de número más probable (NMP) de coliformes (Pascual y Calderon, 2000). El medio de cultivo caldo lactosado bilis verde brillante es selectivo y solo permite el desarrollo de aquellos microorganismos capaces de tolerar tanto las sales biliares como el verde brillante (Camacho et al., 2009).

- **Determinación de coliformes termotolerantes.**

Método: Numero más probable (NMP)

Fundamento. La determinación del número más probable de microorganismos coliformes fecales se realiza a partir de los tubos positivos de la prueba presuntiva y se fundamenta en la capacidad de las bacterias para fermentar la lactosa y producir gas cuando son incubados a una temperatura de $44.5 \pm 0.1^\circ\text{C}$ por un periodo de 24 a 48 h (Camacho et al., 2009).

Procedimiento: Se transfirió de 2 a 3 asadas de cada tubo positivo obtenido durante la prueba presuntiva (caldo lactosado) a un tubo de caldo EC conteniendo campana de Durham y se agitó los tubos para su homogeneización, luego se incubó a $44.5 \pm 0.1^\circ\text{C}$ durante 24 a 48 h, al término del período de incubación se observa la formación de gas en los tubos y registrar como positivos todos los tubos para su respectiva siembra en medio de (EMB, finalmente la lectura para conocer el número más probable de organismos coliformes fecales por 100mL (Camacho et al., 2009).

c. Variables

- **Variable independiente:** agua de consumo humano (manantial, reservorio



y piletas).

- **Variable dependiente:** Bacterias (coliformes).

d. Análisis bioestadístico de datos

El diseño fue completamente al azar, los tratamientos estuvieron conformados por las muestras de agua de cada una de las zonas de muestreo (manantial, reservorio y piletas domiciliarias). Los datos obtenidos de bacterias (coliformes) fueron evaluados mediante supuestos de normalidad, donde se obtuvo promedios con su coeficiente de variación, seguido de un análisis de varianza y pruebas de Tukey ($P \leq 0.05$) con un nivel de confiabilidad del 95% y un margen de error del 5%, para la determinación de significancia entre los puntos de muestreo. Los análisis de datos se realizaron en el software libre Jamovi.

3.4.2. Evaluación de los parámetros fisicoquímicos dureza, pH, conductividad eléctrica, bicarbonatos, nitratos, hierro, sulfatos en muestras de agua del manantial, el reservorio y las piletas domiciliarias.

a. Muestreo de agua.

El muestreo se realizó según los procedimientos estandarizados en la RD N° 160-2015/DIGESA/SA Protocolo de procedimientos para la toma de muestras, preservación, conservación, transportes, almacenamiento y recepción de las muestras de agua para consumo humano (DIGESA, 2015). Para los análisis fisicoquímicos, Para su primer uso, la botella debe ser de plástico (polipropileno) con capacidad de 1 litro y tener un tapón de rosca de boca ancha. La botella se lavó tres veces con agua recolectada para eliminar cualquier material presente en



el interior, y el agua de lavado se agitó y descartó. Se llenaron hasta el borde del vaso y se cerraron herméticamente. Finalmente, etiquetamos las muestras.

b. Evaluación de parámetros fisicoquímicos.

• **Determinación de dureza total.**

Método: Complexometría.

Fundamento: Para determinar el calcio y magnesio (dureza) se requiere usar soluciones de ácido etilen diamino tetraacético (EDTA) o de sus sales de sodio como agente titulador, Cuando se agrega a una solución de ciertos cationes metálicos, se forman complejos de quelato solubles e iones complejos solubles con calcio y magnesio. Los indicadores utilizados son el colorante negro eriocromo T que indica cuando todos los iones calcio y magnesio han formado complejos con el EDTA a pH 10.0; entonces la solución toma un color similar al del vino rojo (Trigos, 2017).

Procedimiento: Se colocó 25 ml de muestra en un matraz Erlenmeyer de 250 ml, luego se adicionó 1 a 2 ml de la solución tampón (buffer) para elevar el pH a $10 \pm 0,1$ y alrededor de 3 gotas del Indicador negro de eriocromo T, posteriormente se realizó la titulación con EDTA 0,01M agitando continuamente hasta el desaparecimiento del color purpuro rojizo y la aparición del color azul. Se registro el volumen de gasto EDTA (ml), para reemplazar en la ecuación (Fundacion Nacional De Salud, 2013).

$$\text{Dureza Total en mg/l CaCO}_3 = \frac{\text{ml de EDTA} \times 1000 \times Fc}{\text{ml de muestra}}$$

Donde: fc = factor de corrección del EDTA; ml EDTA = gasto de EDTA de normalidad conocida.



- **Determinación de pH.**

Método: Electrométrico.

Fundamento: El valor del Ph se determina con mayor exactitud utilizando un potenciómetro también conocido como Ph-metro, la determinación por este método se fundamenta en medir la diferencia de potencial entre dos electrodos: un electrodo de referencia de calomelanos o de Ag/Agcl (generalmente de cloruro de plata), el cual no varía su potencial eléctrico al cambiar la concentración de iones de hidrogeno y un electrodo de vidrio que es sensible a los iones de hidrogeno que se encuentran presentes en una solución (López et al., 2002).

Procedimiento: Primero se realizó la calibración del equipo con soluciones estándares (pH 4, 7 y 10), en cada proceso se ha lavado los electrodos con agua destilada y secado con papel absorbente. Luego en un vaso precipitado de 250 ml se colocó un volumen de 40 ml de muestra (agua), para introducirlo los electrodos en la muestra a ser analizada y finalmente realizar el registro de la lectura (Fundacion Nacional De Salud, 2013).

- **Determinación de Conductividad Eléctrica.**

Método: Conductimetría.

Fundamento: Las mediciones de conductividad miden la capacidad de una solución electrolítica para conducir corriente eléctrica. Esta capacidad se llama conductividad y corresponde al recíproco de la resistencia que ofrece el electrolito al paso de la corriente eléctrica. La resistencia depende básicamente de la superficie de los electrodos y de la distancia de separación entre ellos (Font, 1996).



Procedimiento: Se realizó con un equipo conductímetro portátil (HI 9033- multi rango), para ello se tomó como referencia el manual de uso del equipo para escoger la constante adecuada, Luego en un vaso precipitado de 250 ml se colocó un volumen de 40 ml de muestra (agua), para introducirlo los electrodos en la muestra a ser analizada y finalmente realizar el registro de la lectura (Trigos, 2017).

- **Determinación de Bicarbonato.**

Método: Titulación Volumétrica.

Fundamento: El método de valoración de carbonatos y bicarbonatos en agua se realiza mediante una valoración química, en la cual, la muestra de agua con presencia de indicadores ácido-base nos indica la cantidad de ml necesarios de ácido sulfúrico para neutralizar los iones carbonatos y bicarbonatos de la muestra (Ochoa, 2017).

Procedimiento: En un Erlenmeyer de 250 ml se transfirió 25 ml de muestra y se añadió unas 10 gotas de fenolftaleína, si no cambia el color, la muestra no contiene carbonatos; si se origina una coloración rosada, se titula con ácido sulfúrico hasta la desaparición del color, determinando así la concentración de carbonatos presente en la muestra. Posteriormente, para determinar la concentración de bicarbonatos, se deben adicionar 2 gotas de anaranjado de metilo a la disolución anterior y se continúa la titulación hasta que la coloración cambie de amarillo a anaranjado (Ochoa, 2017).

$$\text{Bicarbonato } \left(\frac{\text{mg}}{\text{l}} \right) = \frac{\text{ml H}_2\text{SO}_4 \times 1000}{\text{ml de muestra}}$$

Donde: ml H₂SO₄ = gasto de ácido sulfúrico de normalidad conocida.



- **Determinación de Nitrato.**

Método: Colorimétrico.

Fundamento: Los iones nitratos se reducen a iones nitritos en medio de ácidos. Estos forman con una amina aromática un colorante azoico amarillo anaranjado.

Procedimiento: Se determino en base a los kits para análisis colorimétricos VISOCOLOR ® ECO para nitratos, se transfirió 5 ml de muestra a los tubos A y B, al tubo B se le agregó 5 gotas de NO_3^-1 , cerrar el tubo y mezclar, luego se añadió una cuchara pequeña (rasa) de NO_3^-2 , cerrar el tubo y mezclar inmediatamente por 1 minuto, luego de 5 minutos, y se pasó a evaluar la coincidencia del color obtenido en el tubo de muestra, con el del tubo al que no se le añadió reactivo alguno pero, colocados en el soporte de los tubos, sobre el pictograma con las coloraciones y sus contenidos de nitratos en agua (procedimientos indicados por el fabricante).

- **Determinación de Hierro.**

Método: Fenantrolina.

Fundamento: Si un compuesto tiene color es porque absorbe la luz visible. Esta luz se puede dividir en un espectro de colores, cada uno con una gama característica de longitudes de onda. La formación de compuestos de coordinación, especialmente quelatos, se utiliza ampliamente para la determinación cualitativa y cuantitativa de diversos iones metálicos debido a la alta estabilidad de los compuestos formados. Un método muy sensible para medir el hierro se basa en la formación de un complejo rojo anaranjado de hierro (II)-o-fenantrolina. La solución coloreada, obedece a la ley de Beer y la concentración



es determinada espectrofotométricamente o por comparación visual (Guzmán, 2014).

Procedimiento: Se lleno en un tubo aprox. 5 ml de muestra (línea límite superior) y se puso el tubo en la abertura izquierda de la caja comparadora de colores luego se llenó un segundo tubo aprox. 5 ml de muestra (línea límite superior) y se le agregó un sobre de hierro Ferover (0.1 g de fenantrolina mono hidratada $C_{12}H_8N_2 \cdot H_2O$), dejando reposar por 5 minutos y luego a contra luz se contrasto la coloración de los tubos y según la coloración se dio lectura en el disco que tenía enumerado las concentraciones de hierro y se pasó a registrarlos (procedimientos indicados por el fabricante).

- **Determinación de Sulfato.**

Método: Turbidimetrico

Fundamento: El método se basa en que los iones de sulfato de una muestra de agua precipitan en medio de ácido clorhídrico como sulfato de bario al añadir cloruro de bario a la solución, dicho precipitado que en este caso en blanco puede ser medido mediante su absorbancia con un espectrofotómetro (Moreno, 2016). El espectrofotómetro estuvo a una longitud de onda de 420 nanómetros, con celdas de 1 cm.

Procedimiento: Se añadió 5 ml de la muestra en un matraz, se adicionó 1 ml de HCL (ácido clorhídrico) y 14 ml de agua destilada, por último, añadir una pisco cloruro de bario, agitándolo y dejar reposar durante 30 min, luego se procedió a encender y se calibró el espectrofotómetro para finalmente poner en una cubeta de vidrio y medir en el equipo la absorbancia, registrando el valor.



c. Variables

- **Variable independiente:** agua de consumo humano (manantial, reservorio y piletas).
- **Variable dependiente:** parámetros fisicoquímicos.

d. Análisis bioestadístico de datos

El diseño fue completamente fue aleatoriamente, los tratamientos estan conformados por las muestras de agua de cada una de las zonas de muestreo (manantial, reservorio y piletas domiciliarias). Los datos obtenidos de parámetros fisicoquímicos fueron evaluados mediante supuestos de normalidad, donde se obtuvo promedios con su coeficiente de variación, seguido de un análisis de varianza y pruebas de Tukey ($P \leq 0.05$) con el nivel de confiabilidad del 95% y un margen de error del 5%, para la determinación de significancia entre los puntos de muestreo. Los análisis de datos se realizaron en el software libre Jamovi.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. CARGA BACTERIANA DE COLIFORMES TOTALES Y TERMOTOLERANTES EN MUESTRAS DE AGUA DE MANANTIAL, RESERVORIO Y PILETAS DOMICILIARIAS DEL DISTRITO DE SANTIAGO DE PUPUJA, AZÁNGARO – PUNO

4.1.1. Coliformes totales

Tabla 4

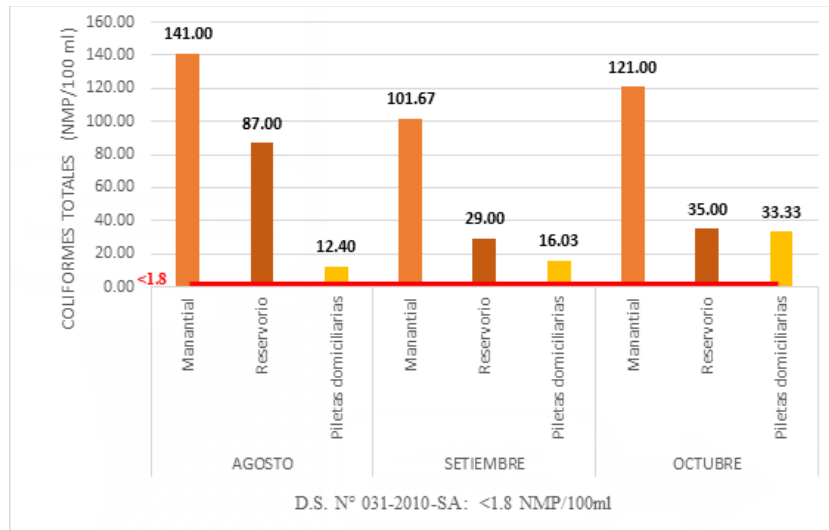
Coliformes totales (NMP/100 ml) en muestras de agua de manantial, reservorio y piletas domiciliarias de la localidad de Santiago de Pupuja, agosto – octubre 2021.

Meses de muestreo	Puntos de muestreo	Coliformes Totales (NMP/100ml)			Prom	CV (%)
		R1	R2	R3		
Agosto	Manantial	93	120	210	141.00	43.45
	Reservorio	93	75	93	87.00	11.95
	Piletas domiciliarias	6,2	20	11	12.40	56.50
Setiembre	Manantial	123	99	83	101.67	19.80
	Reservorio	43	21	23	29.00	41.95
	Piletas domiciliarias	24	15	9,1	16.03	46.80
Octubre	Manantial	93	120	150	121.00	23.56
	Reservorio	23	43	39	35.00	30.24
	Piletas domiciliarias	43	29	28	33.33	25.16

D.S. N° 031-2010-SA: 0 UFC/100ml, <1.8 NMP/100ml (DIGESA)

Figura 3

Coliformes totales (NMP/100 ml) en muestras de agua de manantial, reservorio y piletas domiciliarias de la localidad de Santiago de Pupuja, según DIGESA.

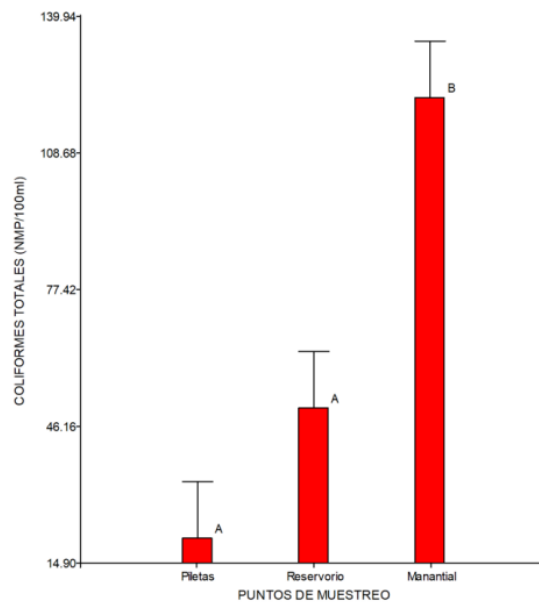


En la tabla 4 y figura 3, se muestran los valores de coliformes totales en el agua de consumo humano de los tres puntos de muestreo que oscilaron entre 12.40 NMP/100ml y 141.00 NMP/100ml en los puntos piletas domiciliarias y manantial; los promedios más altos se determinaron en las muestras de agua procedentes de manantial con valores promedios de 101.67 NMP/100ml y 141.00 NMP/100ml; en las muestras de reservorio los valores promedio entre 29.00 NMP/100ml y 87.00 NMP/100ml; mientras tanto los promedios más bajos se obtuvo en las piletas domiciliarias con valores promedio que variaron entre 12.4 NMP/100ml y 33.33 NMP/100ml, durante los meses de agosto, septiembre y octubre del 2021. Los coeficientes de variación oscilaron entre 11.95% en muestras de agua de reservorio y 56.50% en muestras de agua de piletas domiciliarias, indicando una dispersión entre baja y moderada con respecto a sus medias.

Los valores obtenidos de coliformes totales (figura 3), superan los límites máximos permisibles establecidos por el reglamento de calidad agua de consumo humano D.S. N° 031-2010-SA (coliformes totales <1.8 NMP/100ml).

Figura 4

Prueba de tukey de los recuentos de coliformes totales en muestras de agua en manantial, reservorio y piletas domiciliarias de la localidad de santiago de pupuja.



El análisis estadístico de los resultados de coliformes totales en los tres puntos de muestreo (manantial, reservorio y pileta domiciliarias) presentaron diferencia estadística significativa ($F=15.73$; $gl=2$; $P=0.0041$) en razón de que el valor de P fue menor a 0.05 (Anexos – Figura 14), luego de realizar la prueba de tukey, se observa que el punto de muestreo manantial es diferente los puntos de muestreo piletas domiciliarias y reservorio, en estas dos últimas no se presentaron diferencia estadística significativa, lo cual demuestra que la mayor concentración de coliformes totales se obtuvo en el punto de muestreo manantial (figura 4).

Los valores obtenidos en el trabajo de investigación respecto a coliformes totales llegaron a promedios de 12.40 NMP/100ml y 141.00 NMP/100ml, estos



resultados fueron inferiores a los reportados por Cázares y Alcantara (2014), quienes en su estudio realizado de la zona oriente de la ciudad de Nezahualcoyotl (México), determinaron valores de coliformes totales de ≥ 1100 NMP/100ml, de la misma manera Brousett et al. (2018), en su estudio de las cuatro fuentes de abastecimiento de Chullunquiari (Juliaca) obtuvieron valores de coliformes totales de 11866.6 UFC/100ml (± 803.5).

Valores similares, fueron de Guerrero (2019), donde la concentración de coliformes totales fue 33 NMP/100ml en los puntos de muestreo Rifari y Banda, del agua de manantial sacachorros, valores inferiores a inferiores al estudio realizado se encontraron en la investigación de Narváez et al. (2017), donde mencionan que el agua potable consumida en la USCO sede central -Neira (Colombia), tiene valores de coliformes totales 1UFC/100cm³, superando la normativa colombiana.

En la investigación, los recuentos de coliformes totales superaron el límite máximo permisible según las normas sanitarias, el punto de muestreo manantial es el lugar donde se tiene mayor carga bacteriana debido a que no cuentan con ningún control sanitario, los responsables del Área Técnica Municipal (ATM) de la municipalidad del distrito de Santiago de Pupuja realizan la cloración mensual en el reservorio lo cual actuaría como bactericida, sin embargo los resultados de coliformes totales en el reservorio y piletas domiciliarias superan los límites máximos permisible, esto haría presumir que el sistema de abastecimiento de agua está siendo afectada por problemas en las tuberías, canales de distribución, etc, como también se debería a que el sistema de cloración no es adecuado o se dio una contaminación posterior, en tal sentido, la determinación de coliformes se usa como indicador de la eficacia del tratamiento (Marchand, 2002).

La presencia de coliformes totales en el agua de consumo humano de la localidad de Santiago de Pupuja se debe a la existencia de microorganismos como bacterias, virus y otros, que generalmente provienen de la flora saprofita intestinal, debido a la presencia de animales u otros contaminantes del ambiente, así mismo la desprotección de las cajas de distribución. Estos microorganismos transmiten enfermedades gastrointestinales como la fiebre tifoidea, disenterías, hepatitis, salmonelosis, etc. (Brousett et al., 2018).

4.1.2. Coliformes Termotolerantes

Tabla 5

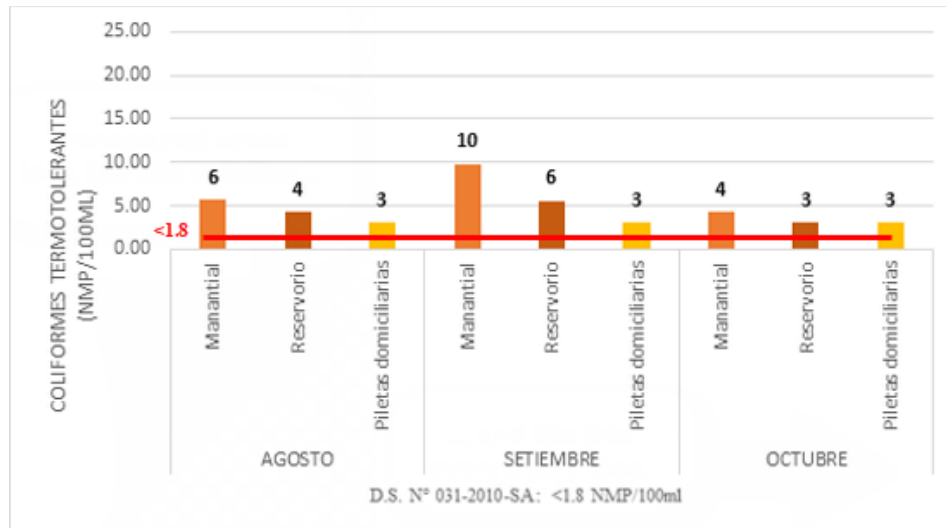
Coliformes termotolerantes (NMP/100ml) en muestras de manantial, reservorio y piletas domiciliarias de la localidad de Santiago de Pupuja, agosto– octubre 2021.

Meses de muestreo	Puntos de muestreo	Coliformes Termotolerantes (NMP/100ml)			Prom	CV (%)
		R1	R2	R3		
Agosto	Manantial	3.6	7.2	6.2	5.67	32.79
	Reservorio	3.6	3	6.2	4.27	39.87
	Piletas domiciliarias	3	3	3	3.00	0.00
Setiembre	Manantial	7.3	11	11	9.77	21.87
	Reservorio	3	7.3	6.2	5.50	40.62
	Piletas domiciliarias	3	3	3	3.00	0.00
Octubre	Manantial	3	6.2	3.6	4.27	39.87
	Reservorio	3	3	3	3.00	0.00
	Piletas domiciliarias	3	3	3	3.00	0.00

D.S. N° 031-2010-SA: 0 UFC/100ml, <1.8 NMP/100ml).

Figura 5

Gráfico de la Carga bacteriana coliformes termotolerantes (NMP/100ml) en muestras de manantial, reservorio y piletas domiciliarias de la localidad de Santiago de Pupuja.



En la tabla 5 y figura 5, se muestran los valores de coliformes termotolerantes en agua de consumo humano de los tres puntos de muestreo que oscilaron entre 3.00 NMP/100ml y 9.77 NMP/100ml en los puntos piletas domiciliarias y manantial; los promedios más altos se determinaron en las muestras de agua procedentes de manantial con valores promedios de 4.27 NMP/100ml y 9.77 NMP/100ml; en las muestras de reservorio los valores promedio entre 3.00 NMP/100ml y 5.50 NMP/100ml; mientras tanto los promedios más bajos se obtuvo en las piletas domiciliarias donde todos los valores fueron de 3.00 NMP/100ml, durante los meses de agosto, septiembre y octubre del 2021. Los coeficientes de variación oscilaron entre 0% en muestras de agua de piletas domiciliarias y 40.62% en muestras de agua de reservorio, indicando una dispersión entre baja y moderada con respecto a sus medias.

Los valores obtenidos de coliformes termotolerantes (figura 5), superan los límites máximos permisibles establecidos por el reglamento de calidad agua



de consumo humano D.S. N° 031-2010-SA (coliformes termotolerantes <1.8 NMP/100ml).

El análisis estadístico de los resultados de coliformes termotolerantes en los tres puntos de muestreo (manantial, reservorio y pileta domiciliarias) no presentaron diferencia estadística significativa ($F=30.3$; $gl=2$; $P=0.1230$) en razón de que el valor de P fue mayor a 0.05, por ello los valores de este parámetro en los tres puntos de muestreo son estadísticamente similares (Anexos – Figura 15). Esto indica que ya no es necesario la comparación de pruebas de tukey.

Los valores obtenidos en el trabajo de investigación respecto a coliformes termotolerantes llegaron a promedios de 3.00 NMP/100ml y 9.77 NMP/100ml, estos resultados fueron inferiores al reporte de Sempértegui (2021), quien en su estudio realizado en la comunidad de Colpa Tuapampa, Chota obtuvo valores de 220 UFC/100ml de coliformes termotolerantes de igual manera Guimaraes (2022), en el agua de consumo humano del asentamiento humano San Isidro, Callería - Ucayali reporto valores de coliformes termotolerantes de 220 UFC/100ml, superando los valores del DS N° 031-2010-SA.

Valores similares fueron reportados por Campbell et al. (2019), en su estudio realizado en el agua potable del recinto universitario Rubén Darío de La UNAM Managua (Nicaragua), donde los coliformes fecales excedieron en 8.0 NMP/100ml, superando la cantidad máxima permitida por las normas CAPRE. Por otro lado, Yana (2017), en su estudio realizado en el sistema de abastecimiento de agua potable de Azángaro, reporto ausencia de coliformes fecales.

En la investigación, los recuentos de coliformes termotolerantes superaron el límite máximo permisible según las normas sanitarias, debido a la presencia de



Escherichia Coli que normalmente predomina en la mayoría de las aguas, así mismo los géneros *Citrobacter*, *Klebsiella* y *Enterobacter*, en menores cantidades. La presencia de *Escherichia Coli* nos indica que se dio una contaminación fecal reciente o porque hay una eventual presencia de microorganismos patógenos (Fundacion Nacional De Salud, 2013). La contaminación fecal en el agua de consumo humano del distrito de Santiago de Pupuja genera un riesgo sanitario en la salud de las personas que los consume, debido a la presencia de microorganismos patógenos que causan enfermedades gastrointestinales, diarrea, entre otros (Inquilla, 2020).

La contaminación por coliformes totales y fecales, representa un riesgo sanitario para la población de Santiago de Pupuja que consume este líquido vital, debido a que estos microorganismos ocasionan enfermedades gastrointestinales, diarrea, entre otras. Esta contaminación se debe a que no existe un control sanitario en el sistema de agua, ya que los tanques de captación, reservorio, las tuberías, canales de distribución, etc. estarías siendo afectadas.



4.2. PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DUREZA, PH, CONDUCTIVIDAD ELECTRICA, BICARBONATOS, NITRATOS, HIERRO Y SULFATOS EN MUESTRAS DE AGUA DE MANANTIAL, RESERVORIO Y PILETAS DOMICILIARIAS DEL DISTRITO DE SANTIAGO DE PUPUJA, AZÁNGARO – PUNO.

4.2.1. Dureza

Tabla 6

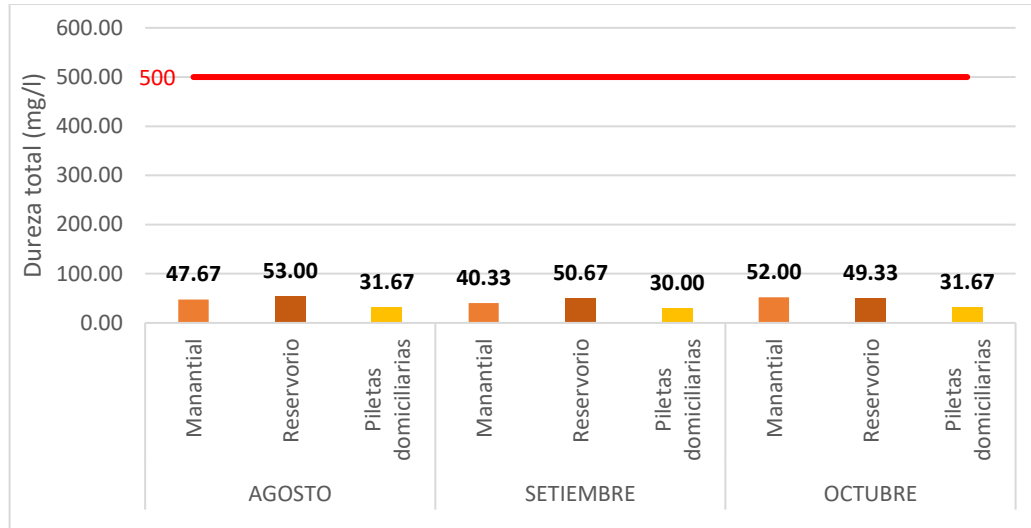
Dureza (mg/l) en muestras de agua de manantial, reservorio y piletas domiciliarias de la localidad de Santiago de Pupuja, agosto – octubre 2021.

Meses de muestreo	Puntos de muestreo	Dureza (mg/L)			Prom	CV (%)
		R1	R2	R3		
Agosto	Manantial	40	55	48	47.67	15.75
	Reservorio	56	52	51	53.00	4.99
	Piletas domiciliarias	28	32	35	31.67	11.09
Setiembre	Manantial	34	48	39	40.33	17.59
	Reservorio	50	49	53	50.67	4.11
	Piletas domiciliarias	30	31	29	30.00	3.33
Octubre	Manantial	42	48	66	52.00	24.02
	Reservorio	40	47	61	49.33	21.67
	Piletas domiciliarias	30	30	35	31.67	9.12

D.S. N° 031-2010-SA: 500 mg CaCO₃⁻¹/L

Figura 6.

Dureza (mg/l) en muestras de agua de manantial, reservorio y piletas domiciliarias de la localidad de Santiago de Pupuja.

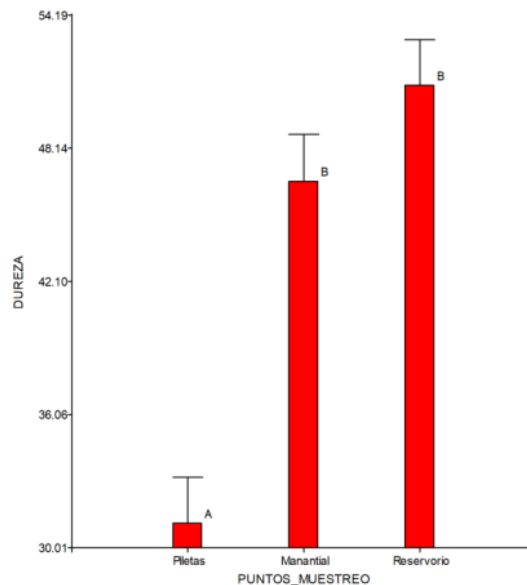


En la tabla 6 y figura 6, se muestran los valores de dureza en el agua de consumo humano de los tres puntos de muestreo que oscilaron entre 30.00 mg/l y 53.00 mg/l en los puntos piletas domiciliarias y reservorio; los promedios más altos se determinaron en las muestras de agua procedentes del reservorio con valores promedios de 49.33 mg/l y 53.00 mg/l; en las muestras de manantial los valores promedio entre 40.33 mg/l y 52.00 mg/l; mientras tanto los promedios más bajos se obtuvo en las piletas domiciliarias con valores promedio de 30.00 mg/l y 31.67 mg/l, durante los meses de agosto, septiembre y octubre del 2021. Los coeficientes de variación oscilaron entre 3.33% en muestras de agua de piletas domiciliarias y 24.67% en muestras de agua de reservorio, indicando una dispersión baja con respecto a sus medias.

Los valores obtenidos de dureza (figura 6), no superan los límites máximos permisibles establecidos por el reglamento de calidad agua de consumo humano D.S. N° 031-2010-SA (dureza 500 mg/l).

Figura 7.

Prueba de tukey de dureza en muestras de agua en manantial, reservorio y piletas domiciliarias de la localidad de santiago de pupuja.



El análisis estadístico de los resultados de dureza en los tres puntos de muestreo (manantial, reservorio y pileta domiciliarias) presentaron diferencia estadística significativa ($F=25.12$; $gl=2$; $P=0.0012$) en razón de que el valor de P fue menor a 0.05 (Anexos – Figura 16). luego de realizar la prueba de tukey, se observa que no existe diferencia estadística significativa entre los puntos de muestreo reservorio y manantial, pero estas son diferentes al punto de muestreo piletas domiciliarias, lo cual demuestra que la mayor concentración de dureza, se presentó en los puntos de muestreo reservorio y manantial (figura 7).

Los valores obtenidos en el trabajo de investigación respecto a dureza llegaron a promedios de 30.00 mg/l y 53.00 mg/l, estos resultados fueron inferiores a los reportes de Medina & Yupanqui (2020), pues en su estudio realizado en el manantial del fundo de San Bernardo de Chiguata, obtuvo resultado de dureza total de 526.64 mg/L, por otro lado Yana (2017), en el sistema



de abastecimiento de agua potable de Azángaro, reporto entre 261.16 y 273.48 mg/L de CaCO_3 de dureza total, así mismo, Ayquipa (2022), analizó la calidad de agua potable en la comunidad del distrito de Salas – Ica, obteniendo 163.45 mg/l de dureza.

Por otro lado, Choque (2021), obtuvo valores de dureza total 94.95 mg/l en su estudio realizado en el centro poblado de Yanamayo, Valores similares al estudio realizado, se encontraron en la investigación de Cajas (2019), en el agua de manantial de Cochatama – Huánuco, donde determino dureza 12 a 22 mg/l, valores inferiores al límite máximo permisible.

La dureza del agua de consumo humano del distrito de Santiago de Pupuja se encuentra dentro del Límite Máximo Permisible, teniendo en cuenta el nivel de dureza se considera como aguas blandas y no representa ningún riesgo para la salud de los consumidores ya que contienen concentraciones bajas de calcio y magnesio, pero cuando los niveles son inferiores a 100 mg/l como es el caso de los resultados obtenidos podría tener una baja capacidad amortiguadora de pH, por lo tanto llegaría ser más corrosiva para las tuberías (OMS, 2011).

La dureza se debe a la concentración de varios iones metálicos multivalentes disueltos, especialmente cationes de calcio y magnesio, dicha manifestación se observa en la precipitación de los compuestos que forman el jabón frente a la presencia de calcio y magnesio, es por eso que cuando el agua es dura se requiere mayor cantidad de jabón para obtener espuma, como también en concentraciones por encima de 200 mg/l, forman incrustaciones en el sistema de distribución del agua (OMS, 2011).



4.2.2. Potencial de hidrogeniones (pH)

Tabla 7

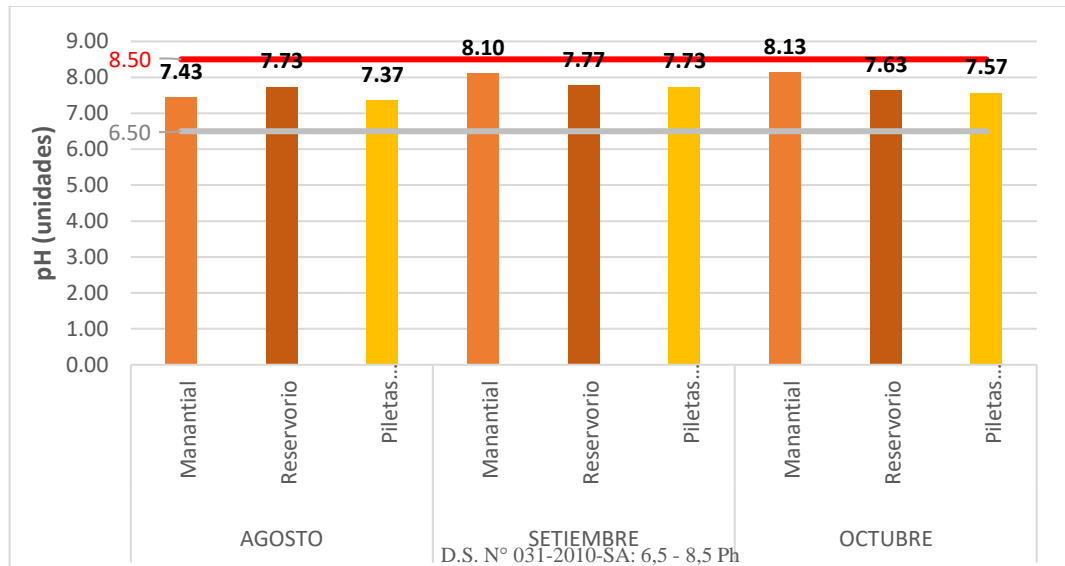
pH (unidades) en muestras de agua de manantial, reservorio y piletas domiciliarias de la localidad de Santiago de Pupuja, agosto – octubre 2021.

Meses de muestreo	Puntos de muestreo	pH (Valor de pH)			Prom	CV (%)
		R1	R2	R3		
Agosto	Manantial	7.3	7.6	7.4	7.43	2.05
	Reservorio	7.6	7.8	7.8	7.73	1.49
	Piletas domiciliarias	7.5	7.2	7.4	7.37	2.07
Setiembre	Manantial	7.9	8.6	7.8	8.10	5.38
	Reservorio	7.8	7.7	7.8	7.77	0.74
	Piletas domiciliarias	7.7	7.6	7.9	7.73	1.98
Octubre	Manantial	8.1	8.8	7.5	8.13	8.00
	Reservorio	7.8	7.5	7.6	7.63	2.00
	Piletas domiciliarias	7.6	7.4	7.7	7.57	2.02

D.S. N° 031-2010-SA: 6,5 - 8,5 unidades

Figura 8

pH (unidades) en muestras de agua de manantial, reservorio y piletas domiciliarias de la localidad de Santiago de Pupuja.



En la tabla 7 y figura 8, se muestran los valores de pH en el agua de consumo humano de los tres puntos de muestreo que oscilaron entre 7.37 unidades y 8.13 unidades en los puntos piletas domiciliarias y manantial; los promedios más altos se determinaron en las muestras de agua procedentes del manantial con valores promedios de 7.43 unidades y 8.13 unidades; en las muestras de reservorio los valores promedio entre 7.63 unidades y 7.77 unidades; mientras tanto los promedios más bajos se obtuvo en las piletas domiciliarias con valores promedio de 7.37 unidades y 7.73 unidades, durante los meses de agosto, septiembre y octubre del 2021. Los coeficientes de variación oscilaron entre 0.74% en muestras de agua de reservorio y 8.00% en muestras de agua de manantial, indicando una dispersión baja con respecto a sus medias.



Los valores obtenidos de pH (figura 8), no superan los límites máximos permisibles establecidos por el reglamento de calidad agua de consumo humano D.S. N° 031-2010-SA (pH 6.5 – 8.5 unidades).

El análisis estadístico del presente estudio de pH en los tres puntos de muestreo (manantial, reservorio y pileta domiciliarias) no existe diferencia estadística significativa ($F=1.26$; $gl=2$; $P=0.3486$) en razón de que el valor de P fue mayor a 0.05, lo cual nos indica que los valores ph en los tres puntos de muestreo son estadísticamente similares (Anexos – Figura 17). Por lo que no es necesario la comparación de pruebas de tukey.

Los valores obtenidos en el trabajo de investigación respecto al pH llegaron a promedios de 7.37 unidades y 8.13 unidades mg/l, estos resultados fueron similares a los de Yana (2017), quien reporto valores de pH entre 7.64 y 7.86 en el sistema de abastecimiento de agua potable de Azángaro, de la misma manera Narváez et al. (2017), evaluó la calidad de agua potable en la USCO sede central – Neira (Colombia), determinando valores de pH 6.52 y 7.91.

Del igual forma, Medina y Yupanqui (2020), en su estudio realizado en el manantial del fundo de San Bernardo de Chiguata, obtuvo valores de pH 6.71 A 7.45, adicionalmente Choque (2021), en el centro poblado de Yanamayo, determino valores de pH 7.185, por otro lado Brousett et al. (2018), en su estudio realizado en agua de consumo humano procedentes de fuentes superficiales y subterráneas de Chullunquiani – Juliaca, reporto valores de pH en el manantial 1 7.44 y en el manantial 2 7.12, dentro del rango permisible, en ese mismo sentido, Loyola (2017), en el manantial del cerro Urpillao, Caniac (La Cuesta), reporto ph entre 8.38 – 8.45, valores dentro de los estándares de calidad ambiental.



En la investigación, los valores de pH se encuentran dentro del límite máximo permisible según las normas sanitarias, el promedio de pH obtenido tiene una tendencia a ser neutro, por lo que no ejerce efectos directos en la población que consume este líquido vital (Loyola, 2017), los valores de pH influyen en los procesos químicos, físicos y biológicos. Así mismo el pH en concentraciones ácidas pueden ocasionar enfermedades como cirrosis hepática y otras enfermedades (Inquilla, 2020), como también los valores extremos pueden provocar irritación de las mucosas, irritación de los órganos internos e incluso procesos de ulceración (Galvín, 2003). sin embargo cuando el pH es inferior a 7 tiene acción corrosiva (OMS, 2011).

En el control de calidad el agua es importante determinar el pH, debido a que el cloro tiene mayor eficiencia en concentraciones de pH inferiores a 8, sin embargo cuando el pH es inferior a 7 tiene acción corrosiva (OMS, 2011), los niveles elevados de pH se da por la presencia de nitrógeno y fosforo en el agua, pero la presencia de materia orgánica en el agua disminuye el nivel de Ph.

4.2.3. Conductividad eléctrica

Tabla 8

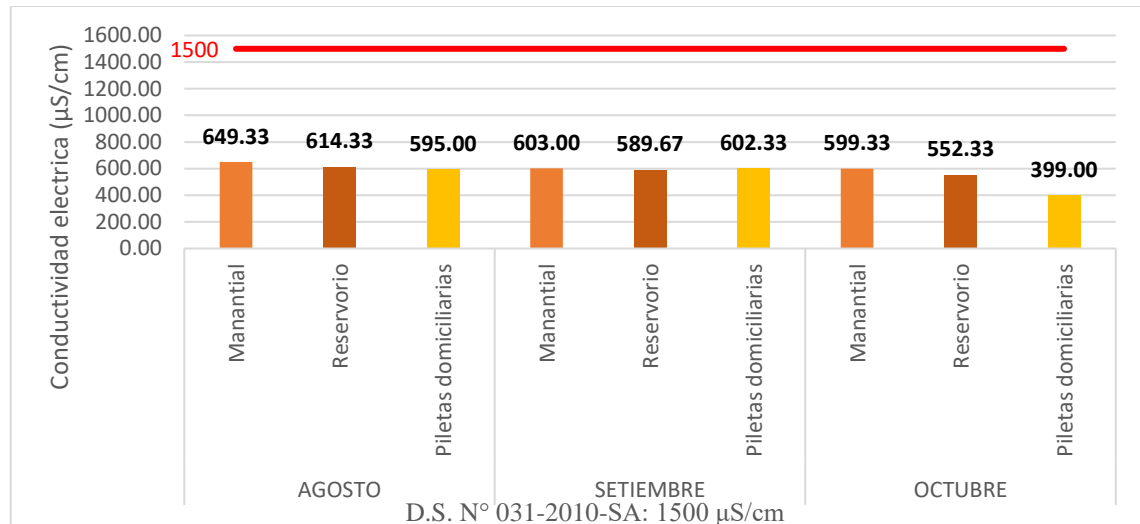
Conductividad eléctrica ($\mu\text{S/cm}$) en muestras de agua de manantial, reservorio y piletas domiciliarias de la localidad de Santiago de Pupuja, agosto – octubre 2021.

Meses de muestreo	Puntos de muestreo	Conductividad electrica ($\mu\text{S/cm}$)			Prom	CV (%)
		R1	R2	R3		
Agosto	Manantial	602	706	640	649.33	8.10
	Reservorio	614	608	621	614.33	1.06
	Piletas domiciliarias	609	592	584	595.00	2.15
Setiembre	Manantial	595	625	589	603.00	3.20
	Reservorio	607	591	571	589.67	3.06
	Piletas domiciliarias	599	586	622	602.33	3.03
Octubre	Manantial	609	588	601	599.33	1.77
	Reservorio	597	486	574	552.33	10.61
	Piletas domiciliarias	458	358	381	399.00	13.13

D.S. N° 031-2010-SA: 1500 $\mu\text{mho/cm}$ - $\mu\text{S/cm}$

Figura 9

Conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) en muestras de agua de manantial, reservorio y piletas domiciliarias de la localidad de Santiago de Pupuja.



En la tabla 8 y figura 9, se muestran los valores de conductividad eléctrica en el agua de consumo humano de los tres puntos de muestreo que oscilaron entre 399.00 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 649.33 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en los puntos piletas domiciliarias y manantial; los promedios más altos se determinaron en las muestras de agua procedentes del manantial con valores promedios de 599.33 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 649.33 $\mu\text{S}/\text{cm}$; en las muestras de reservorio los valores promedio entre 552.33 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 614.33 $\mu\text{S}/\text{cm}$; mientras tanto los promedios más bajos se obtuvo en las piletas domiciliarias con valores promedio de 399.00 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 602.33 $\mu\text{S}/\text{cm}$, durante los meses de agosto, septiembre y octubre del 2021. Los coeficientes de variación oscilaron entre 1.06% en muestras de agua de reservorio y 13.13% en muestras de agua de piletas domiciliarias, indicando una dispersión baja con respecto a sus medias.

Los valores obtenidos de conductividad eléctrica (figura 9), no superan los límites máximos permisibles establecidos por el reglamento de calidad agua de

consumo humano D.S. N° 031-2010-SA (conductividad eléctrica 1500.00 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

La evaluación estadística de los resultados de conductividad eléctrica en los tres puntos (manantial, reservorio y pileta domiciliarias) no existe diferencia estadística significativa ($F=1.11$; $gl=2$; $P=0.3901$) en razón de que el valor de P fue mayor a 0.05, lo cual nos indica que los valores conductividad eléctrica en los tres puntos de muestreo son estadísticamente similares (Anexos – Figura 18). Esto indica que ya no es necesario la comparación de pruebas de tukey.

Los valores obtenidos en el trabajo de investigación respecto a conductividad eléctrica llegaron a promedios de 399.00 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 649.33 $\mu\text{S}/\text{cm}$, estos resultados fueron superiores a los estudios realizados por Calla & Castrejon (2020), en el centro poblado Chin Chin tres Cruces – Cajamarca donde obtuvieron resultados en el manantial 1 y manantial 2 de conductividad 169.47 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 196.55 $\mu\text{S}/\text{cm}$; de la misma manera a los valores obtenidos por Choque (2021), en su estudio realizado en el centro poblado de Yanamayo, determino promedios de conductividad 253.6 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Sin embargo Loyola (2017), en su estudio realizado en el cerro Urpillaoc, Caniac (La Cuesta), obtuvo valores de conductividad eléctrica 11.95 – 24.25 $\mu\text{S}/\text{cm}$, siendo valores más inferiores a nuestro estudio, por otro lado los valores superiores al estudio realizado se encontraron en la investigación realizada por Yana (2017), en el sistema de abastecimiento de agua potable de Azángaro reporto valores de conductividad entre 1074.20 y 1208.43 $\mu\text{S}/\text{ml}$.

En la investigación, los valores de conductividad eléctrica se encuentran dentro del límite máximo permisible según las normas sanitarias, los valores



obtenidos en el estudio nos indica que el agua de consumo humano de la localidad de Santiago de Pupuja contiene niveles bajos de salinización.

La conductividad eléctrica es la capacidad del agua de conducir electricidad, dependiendo de la concentración total de sustancias ionizadas disueltas en el agua, como también va depender de la temperatura (Romero, 1999). La conductividad está relacionada con la salinidad, debido a que la cantidad de iones disueltos incrementan los valores de ambos, así mismo la conductividad va depender del tipo de terreno por donde fluye el agua, y si existe alrededor aguas residuales (Fernandez, 2012).

4.2.4. Bicarbonatos

Tabla 9

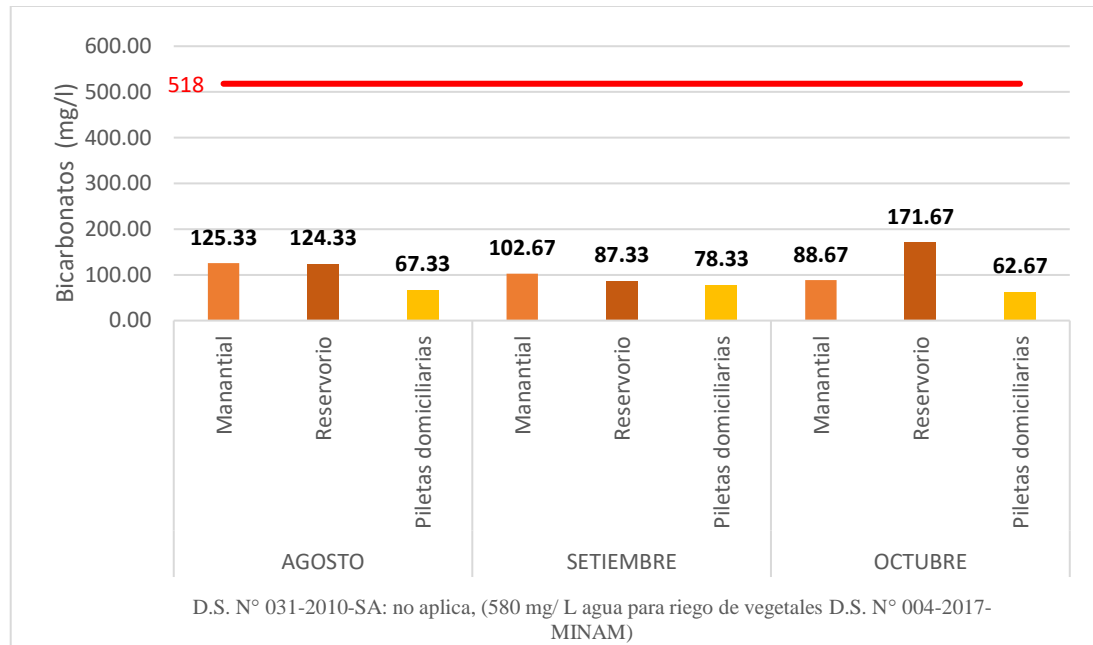
Bicarbonatos (mg/l) en muestras de agua de manantial, reservorio y piletas domiciliarias de la localidad de Santiago de Pupuja, agosto – octubre 2021.

Meses de muestreo	Puntos de muestreo	Bicarbonato (mg/L)			Prom	CV (%)
		R1	R2	R3		
Agosto	Manantial	120	125	131	125.33	4.39
	Reservorio	120	123	130	124.33	4.13
	Piletas domiciliarias	60	65	77	67.33	12.98
Setiembre	Manantial	90	120	98	102.67	15.13
	Reservorio	80	105	77	87.33	17.60
	Piletas domiciliarias	80	91	64	78.33	17.33
Octubre	Manantial	90	84	92	88.67	4.70
	Reservorio	160	186	169	171.67	7.69
	Piletas domiciliarias	50	65	73	62.67	18.63

D.S. N° 031-2010-SA: no aplica, (580 mg/ L agua para riego de vegetales D.S. N° 004-2017-MINAM)

Figura 10

Gráfico de Contenido de bicarbonatos (mg/l) en muestras de agua de manantial, reservorio y piletas domiciliarias de la localidad de Santiago de Pupuja.



En la tabla 9 y figura 10, se muestran los valores de bicarbonatos en el agua de consumo humano de los tres puntos de muestreo que oscilaron entre 6.67 mg/l y 171.67 mg/l los puntos piletas domiciliarias y reservorio; los promedios más altos se determinaron en las muestras de agua procedentes del reservorio con valores promedios de 87.33 mg/l y 171.67 mg/l; en las muestras de manantial los valores promedio entre 88.67 mg/l y 125.33 mg/l; mientras tanto los promedios más bajos se obtuvo en las piletas domiciliarias con valores promedio de 60.67 mg/l y 78.33 mg/l, durante los meses de agosto, septiembre y octubre del 2021. Los coeficientes de variación oscilaron entre 4.13% en muestras de agua de reservorio y 18.63% en muestras de agua de piletas domiciliarias, indicando una dispersión baja con respecto a sus medias.



De acuerdo al reglamento estipulado de la calidad de agua para consumo humano (DIGESA), no aplica para agua de consumo humano, pero según el D.S. 004-2017 MINAM, el parámetro de bicarbonatos solo aplica para agua de riego de vegetales, valor de referencia 580 mg/l. Los valores obtenidos de bicarbonatos determinados en el agua de manantial, reservorio y piletas domiciliarias se encuentran por dentro del LMP ya que no se tiene un límite para aguas de consumo humano.

El análisis estadístico de los resultados de bicarbonatos en los tres puntos de muestreo (manantial, reservorio y pileta domiciliarias) no presentaron diferencia estadística significativa ($F=3.56$; $gl=2$; $P=0.0958$) en razón de que el valor de P fue mayor a 0.05, lo cual nos indica que los valores bicarbonato en los tres puntos de muestreo son estadísticamente similares (Anexos – Figura 19). Esto indica que ya no es necesario la comparación de pruebas de tukey.

En la investigación, los valores de bicarbonatos están dentro de los parametros según el D.S. 004-2017 MINAM, el parámetro de bicarbonatos solo aplica para agua de riego de vegetales y no existe un valor límite para aguas de consumo humano, sin embargo, los bicarbonatos son parte de la alcalinidad. La presencia de bicarbonatos en el agua se relaciona con la capacidad para neutralizar ácidos, están presentes en pH entre 4,5 y 8,3. En las instalaciones de agua pueden llegar a provocar obstrucciones por las precipitaciones (Romero, 1999). No se encontró estudios relacionados con el parámetro de bicarbonatos en aguas para consumo humano.



4.2.5. Nitratos

Tabla 10.

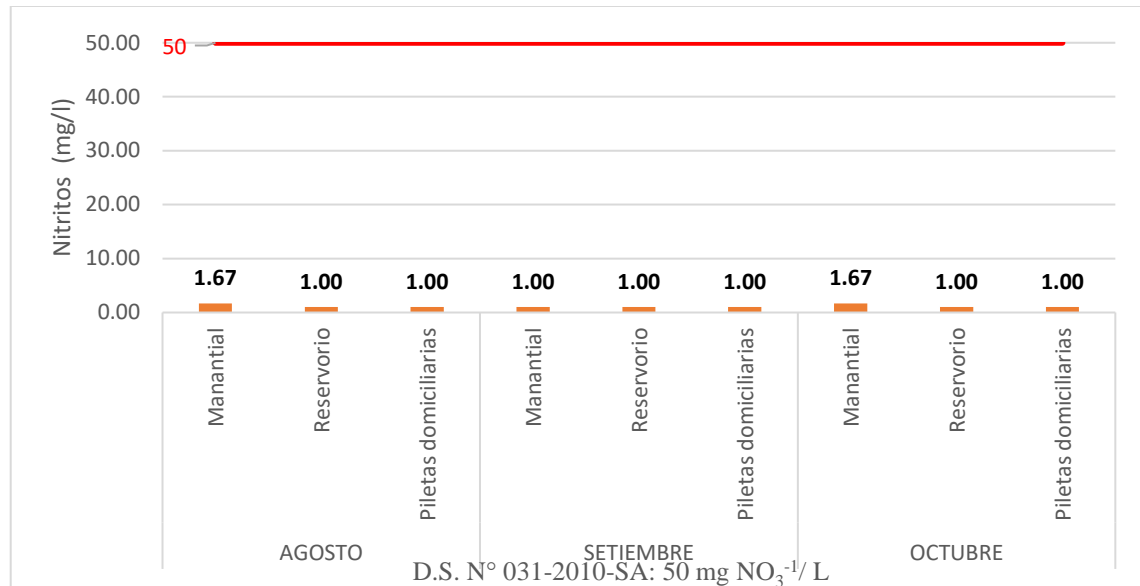
Nitratos (mg/l) en muestras de agua de manantial, reservorio y piletas domiciliarias de la localidad de Santiago de Pupuja, agosto – octubre 2021.

Meses de muestreo	Puntos de muestreo	Nitrato (mg/L)			Prom	CV (%)
		R1	R2	R3		
Agosto	Manantial	3	1	1	1.67	69.28
	Reservorio	1	1	1	1.00	0.00
	Piletas domiciliarias	1	1	1	1.00	0.00
Setiembre	Manantial	1	1	1	1.00	0.00
	Reservorio	1	1	1	1.00	0.00
	Piletas domiciliarias	1	1	1	1.00	0.00
Octubre	Manantial	3	1	1	1.67	69.28
	Reservorio	1	1	1	1.00	0.00
	Piletas domiciliarias	1	1	1	1.00	0.00

D.S. N° 031-2010-SA: 50 mg NO₃⁻¹/ L

Figura 11

Nitratos (mg/l) en muestras de agua de manantial, reservorio y piletas domiciliarias de la localidad de Santiago de Pupuja.



En la tabla 10 y figura 11, se observa que todos los valores de nitrato en el agua de consumo humano de los tres puntos de muestreo oscilan entre 1.00 mg/l y 1.67 mg/l, estos valores están por debajo de los parametros establecidos en el reglamento de calidad de agua para consumo humano (D.S. N° 031-2010-SA) que es 50 mg/l. Como los valores determinados de nitrato fueron próximos a la unidad, los valores de coeficiente de variación fueron casi todos igual a cero, excepto en muestras del manantial en los meses de agosto y octubre quienes tuvieron una dispersión alta de los datos de 69.28% con respecto a sus medias.

El análisis estadístico de los resultados de nitratos en los tres puntos de muestreo (manantial, reservorio y pileta domiciliarias) no presentaron diferencia estadística significativa ($F=4.00$; $gl=2$; $P=0.0787$) en razón de que el valor de P fue mayor a 0.05, lo que indica que los valores de nitrato en los tres puntos de



muestreo son estadísticamente similares (Anexos – Figura 20). Esto indica que ya no es necesario la comparación de pruebas de tukey.

Los valores obtenidos en el trabajo de investigación respecto a nitratos llegaron a promedios de 1.00 mg/l y 1.67 mg/l, estos resultados fueron similares a los estudios realizados por Calla y Castrejon (2020), en el centro poblado Chin Chin tres Cruces – Cajamarca donde obtuvieron valores en el manantial 1 y manantial 2 de nitratos 1.58 mg/l y 1.80 mg/l, por otro lado Loyola (2017), en el manantial del cerro Urpillao, Caniac (La Cuesta) obtuvo nitratos 0.00 mg/l dentro de los estándares de calidad.

Del mismo modo Cajas (2019), en el agua de manantial de Cochatama (Huánuco) reporto nitratos entre 0 y 10 mg/l, dentro del límite máximo permisible, adicionalmente Ayquipa (2022), analizó la calidad de agua potable en la comunidad del distrito de Salas – Ica, obteniendo valores negativos de nitratos.

En la investigación, los valores de nitrato se encuentran dentro del límite máximo permisible según las normas sanitarias, la presencia de nitrato en el agua de consumo humano de la localidad de Santiago de Pupuja seria producto de las actividades agrícolas en la zona, descomposición de vegetales, animales y los desechos nitrogenados en excretas de animales, ya que alrededor de los puntos de muestreo se observó presencia de animales (Marín, 2010).

La presencia de nitrato en el agua de consumo humano se asocia con la metahemoglobina, el cual afecta en especial a los bebes que son alimentados con biberón, donde los valores elevados de metahemoglobina en lactantes dan lugar a cianosis (síndrome del bebe azul), también se conoce que pueden provocar



alteraciones en la función de la tiroides humana al inhibir competitivamente la absorción del yoduro tiroideo (OMS, 2011).

4.2.6. Hierro

En las muestras de agua evaluadas en el manantial, reservorio y piletas domiciliarias de la localidad de Santiago de Pupuja, todos resultaron con valores de contenido de hierro iguales a cero. Cabe recalcar que los valores de hierro aceptados en el reglamento de la calidad de agua para consumo humano (D.S. N° 031-2010-SA) fueron 0.3 mg/l.

Los valores de hierro en los puntos de muestreo de la fuente de agua del distrito de Santiago de Pupuja son igual a cero en todos los puntos, estos resultados fueron inferiores a los reportes de (Guzmán, 2014), determino hierro en el agua del lado sur de lago Titicaca, reportando valores en el punto de Copacabana 2.154 ppm de fe, en el punto de Tiquina 6.456 mg/l ppm de fe y en el punto Desaguadero 6.829 ppm de fe, del mismo modo, Calla & Castrejon (2020), en el centro poblado Chin Chin tres Cruces – Cajamarca donde obtuvieron resultados en el manantial 1 y manantial 2 de hierro 0.60 mg/l y 0.58 mg/l.

Por otro lado, Loyola (2017), en el manantial del cerro Urpillao, Caniac (La Cuesta) obtuvo hierro 0.052 mg/l, sin embargo Suarez et al. (2021), reporta los resultados obtenidos de hierro, en la quebrada cochero 0.00417 mg/l (estiaje) y 0.00 mg/l (avenida), en la quebrada cordova 0.01167 mg/l (estiaje) y 0.00 mg/l (avenida), en la quebrada naranjal 0.00417 mg/l (estiaje) y 0.00 mg/l (avenida), siendo el ICA (índice de calidad del agua) del agua para la quebrada Cochero, Córdoba y Naranjal tanto para la época de estiaje y avenida buena.



En la investigación, los valores de hierro se encuentran dentro del límite máximo permisible según las normas sanitarias, el agua de consumo humano de la localidad de Santiago de Pupuja no contiene hierro, por lo que no representa ningún peligro para la salud.

El hierro en concentraciones altas crea problemas en el abastecimiento del agua de consume humano, ocasionando manchas rojizas amarillentas en la ropa, y en los utensilios domésticos. La presencia de hierro en el agua se debe a la disolución de rocas y minerales y aguas residuales. En el agua potable, esto se debe al uso de coagulantes de hierro y a la descomposición de tuberías de acero y hierro en las instalaciones. Por otro lado, los niveles elevados de hierro provocan alteraciones en los tejidos (OMS, 2011).



4.2.7. Sulfatos

Tabla 11

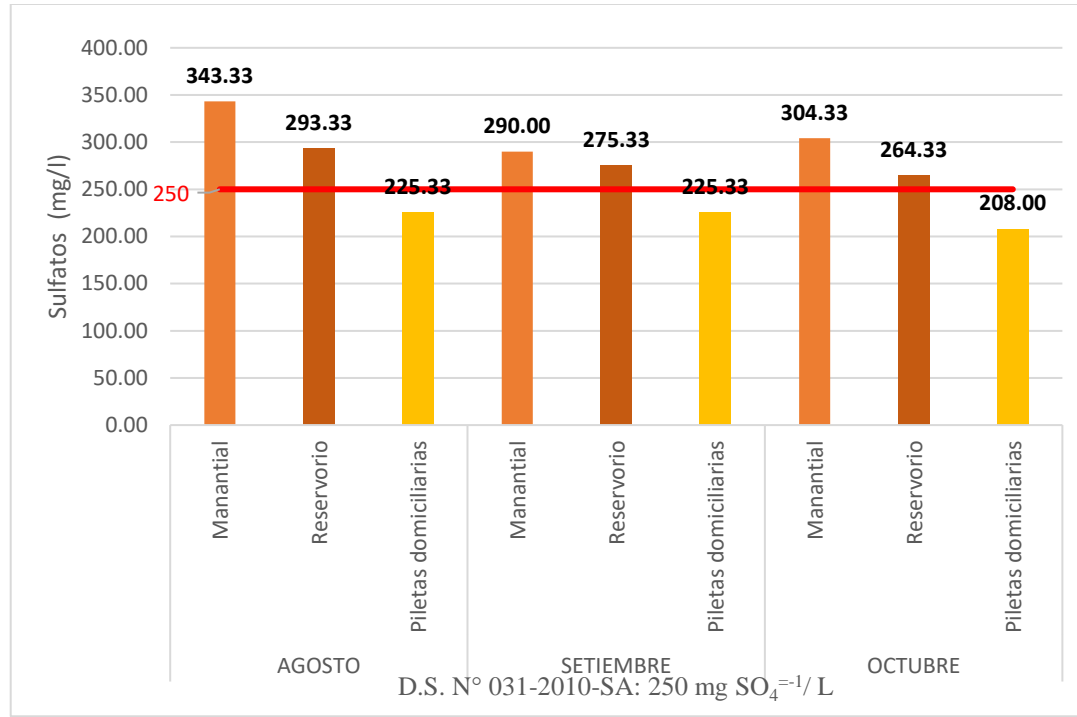
Sulfatos (mg/l) en muestras de agua de manantial, reservorio y piletas domiciliarias de la localidad de Santiago de Pupuja, agosto – octubre 2021.

Meses de muestreo	Puntos de muestreo	Sulfatos (mg/L)			Prom	CV (%)
		R1	R2	R3		
Agosto	Manantial	360	360	310	343.33	8.41
	Reservorio	360	260	260	293.33	19.68
	Piletas domiciliarias	208	260	208	225.33	13.32
Setiembre	Manantial	310	280	280	290.00	5.97
	Reservorio	280	273	273	275.33	1.47
	Piletas domiciliarias	208	208	260	225.33	13.32
Octubre	Manantial	280	360	273	304.33	15.88
	Reservorio	273	260	260	264.33	2.84
	Piletas domiciliarias	208	208	208	208.00	0.00

D.S. N° 031-2010-SA: 250 mg SO₄⁼⁻¹/ L

Figura 12.

Sulfatos (mg/l) en muestras de agua de manantial, reservorio y piletas domiciliarias de la localidad de Santiago de Pupuja.

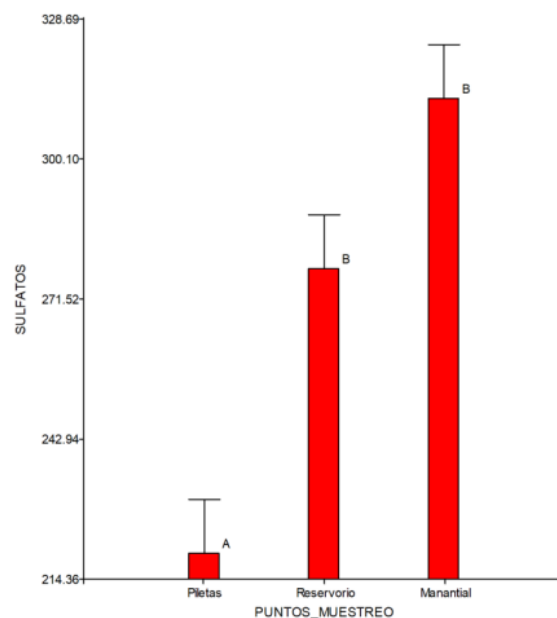


En la tabla 11 y figura 12, se muestran los valores de sulfatos en el agua de consumo humano de los tres puntos de muestreo que oscilaron entre 208.00 mg/l y 343.33 mg/l los puntos piletas domiciliarias y manantial; los promedios más altos se determinaron en las muestras de agua procedentes del manantial con valores promedios de 290.00 mg/l a 343.33 mg/l; en las muestras de reservorio los valores promedio entre 264.33 mg/l a 293.33 mg/l; mientras tanto los promedios más bajos se obtuvo en las piletas domiciliarias con valores promedio de 208.00 mg/l a 225.33 mg/l, durante los meses de agosto, septiembre y octubre del 2021. Los coeficientes de variación oscilaron entre 0.00% en muestras de agua de piletas domiciliarias y 19.68% en muestras de agua de reservorio, indicando una dispersión baja a moderada con respecto a sus medias.

Los valores obtenidos de sulfatos (figura 12), en el agua de manantial y reservorio superaron los límites máximos permisibles establecidos por el reglamento de calidad agua de consumo humano D.S. N° 031-2010-SA (sulfatos 250 mg/l), no siendo apto para consumo humano, en caso de piletas domiciliarias se encuentran dentro del LMP.

Figura 13.

Prueba de tukey sulfatos en muestras de agua en manantial, reservorio y piletas domiciliarias de la localidad de santiago de pupuja.



El análisis estadístico de los resultados de sulfatos en los tres puntos de muestreo (manantial, reservorio y pileta domiciliarias) presentaron diferencia estadística significativa ($F=18.46$; $gl=2$; $P=0.0027$) en razón de que el valor de P fue mayor a 0.05 (Anexos – Figura 21), luego de realizar la prueba de tukey, se observa que no existe diferencia estadística significativa entre los puntos de muestreo manantial y reservorio pero estas son diferentes al punto de muestreo piletas domiciliarias, lo cual demuestra que la mayor concentración de sulfatos, se presentaron en los puntos de muestreo manantial y reservorio (figura 13).



Los valores obtenidos en el trabajo de investigación respecto a sulfatos llegaron a promedios de 208.00 mg/l a 343.33 mg/l, estos resultados fueron similares a los de Ayquipa (2022), quien analizó la calidad de agua potable en la comunidad de Salas – Ica, reportando sulfato 340.00 mg/l, valor que sobrepasa los LMP DS N° 031-2010 SA, ocasionando enfermedades gastrointestinales, como las diarreas y trastornos digestivos en la población que lo consume.

Por otro lado Yana (2017), en el sistema de abastecimiento de agua potable de Azángaro determino sulfatos 16.33 y 16.41 mg/l, siendo inferiores a los resultados obtenidos en nuestro estudio, en ese mismo sentido, Choque (2021), en el centro poblado de Yanamayo obtuvo sulfato SO_4 16.1 mg/l, siendo inferiores a las normas sanitarias, como también, Calla & Castrejon (2020), en el centro poblado Chin Chin tres Cruces – Cajamarca donde obtuvieron resultados en el manantial 1 y manantial 2 de sulfato 0.57 mg/l y 5.87 mg/l.

En la investigación, los valores de sulfatos superaron el límite máximo permisible establecidas por las normas sanitarias, según Marín (2010), indica que la presencia sulfatos se da por la disolución de yeso y oxidación de sulfuros, así mismo se encuentra en mayores cantidad en aguas subterráneas y procedentes de fuentes naturales (OMS, 2011), la fuente de agua de consumo humano del distrito Santiago de Pupuja, tiene origen en el manantial Pukachupa, ubicado en el cerro Ayquipata, dicho manantial tiene un punto de salida natural de agua subterránea, lo cual haría presumir que debido a que la zona tiene formación rocosa se daría la disolución del yeso en el agua de manantial, así mismo se sabe que no se realiza ningún tratamiento físico, ni químico en ningún punto del sistema de agua de esta localidad.



Las grandes concentraciones de sulfato en el agua de consumo de la localidad de Santiago de Pupuja puede provocar problemas en la salud, experimentando diarreas y posterior deshidratación debido al efecto laxante, afectando en mayor proporción a los niños y personas vulnerables, como también provocando un olor desagradable (OMS, 2011). Por otro lado las concentraciones altas llegan a formar incrustaciones en calderas y en los intercambiadores de calor, cambio en el olor y corrosión de las alcantarillas (Romero, 1999).

Los resultados de los parámetros fisicoquímicos estudiados, están dentro valores establecidos por el D.S. 031-2010-SA, a excepción del sulfato que sobrepasa. Esto significa que el agua de consumo humano contiene valores elevados de sales, esto se debería a la presencia de yeso en el manantial subterráneo, ya que esta ubicado en un cerro rocoso. La presencia de sulfato en el agua de consumo humano, actuaría como laxante, provocando malestares estomágales, como diarrea en la población que lo consume.



V. CONCLUSIONES

- Los recuentos de coliformes totales en muestras procedentes del manantial, reservorio y piletas domiciliarias fueron: 101.67 y 141.00 NMP/100ml, 29.00 y 87.00 NMP/100ml, 12.40 y 33.33 NMP/100ml. En caso de los coliformes termotolerantes los promedios en muestras procedentes del manantial, reservorio y piletas domiciliarias fueron: 4.27 y 9.77 NMP/100ml, 3.00 y 5.50 NMP/100ml, 3.00 NMP/100ml, estos valores comparados con el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano (D.S. N° 031-2010-SA) superan los estándares de calidad, Según el análisis de varianza los coliformes totales presentaron diferencia estadística significativa entre los puntos de muestreo.
- Los resultados fisicoquímico obtenidos en muestras procedentes del manantial, reservorio y piletas domiciliarias fueron: dureza 30.00 mg/l y 53.00 mg/l, pH 7.37 y 8.13 unidades, conductividad eléctrica 399.00 μ S/cm y 649.33 μ S/cm, nitratos 1.00 mg/l y 1.67 mg/l y hierro 0.00 mg/l, estos valores comparados con los parámetros establecidos en el D.S. N° 031-2010-SA, se encuentra dentro de los valores establecidos, pero los resultados de sulfato oscilaron entre 208.00 mg/l y 343.33 mg/l superando los estándares de calidad. Según el análisis de varianza los parámetros dureza y sulfatos presentaron diferencia estadística significativa entre los puntos de muestreo.
- En conclusión, el agua de consumo humano del distrito de Santiago de Pupuja no cumple con los estándares de calidad según norma sanitaria.



VI. RECOMENDACIONES

- A los profesionales y futuros investigadores continuar el estudio para determinar bacterias patógenas y parásitos.
- Se sugiere realizar estudios de metales pesados debido a la cercanía de la minería artesanal antaña.
- Sería necesario la intervención del municipio de la localidad del distrital de Santiago de Pupuja en el manejo y control sostenible de la distribución del agua de consumo humano cumpliendo con las normas legales para aguas.
- A la Junta Administrativa de Servicios de Saneamiento (JASS) de Santiago de Pupuja, implementar programas de limpieza y desinfección del manantial y reservorio, monitoreo de la calidad del agua en temporadas de lluvia y temporadas secas a fin de garantizar agua de buena calidad.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANA. (2020). *Lineamientos para la elaboración de los diagnósticos de la calidad de los recursos hídricos superficiales.* 1–34.
<https://faolex.fao.org/docs/pdf/per200761anx.pdf>
- Ayquipa, S. (2022). *Calidad del uso del agua potable y riesgos de salud gastrointestinales en la comunidad del distrito de Salas, provincia de Ica.* Univesidad Nacional San Luis Gonzaga.
- Brousett, M., Chambí, A., Mollocondo, M., Aguilar, L., & Lujano, E. (2018). *Evaluación Físico-Química y Microbiológica de Agua para Consumo Humano Puno – Perú.* Fides Et Ratio, 15, 47–68.
- Bustamante, F., & Programa PROAGUA. (2017). *Manual para la Cloración del agua en sistemas de agua potable en el ambito rural.* In Cooperación Alemana, implementada por la Deutsche.
- Cajas, M. (2019). *Determinación del índice de calidad del agua del manantial del centro poblado de Cochatama - Huánuco - 2019* [Universidad de Huanuco].
<http://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/1479406>
- Calla, K., & Castrejon, M. (2020). *calidad físicoquímica y microbiológica de dos manantiales de consumo humano en el centro poblado chin chin tres cruces, cajamarca – 2019.* [Universidad Privada del Norte]. In Ucv.
https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/32457/villanueva_mj.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Camacho, A., Giles, M., Ortegón, A., Palao, M., Serrano, B., & Velazquez, O. (2009). *Técnicas Para el Análisis Microbiológico de Alimentos.*
<https://docplayer.es/66963795-Tecnicas-para-el-analisis-microbiologico-de-alimentos-segunda-edicion.html>
- Campbell, E., Rodríguez, M. de J., & Martínez, T. del C. (2019). *Análisis de parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua potable del Recinto Universitario Rubén Darío de la UNAM-Managua.* Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua.



- Cázares, G., & Alcantara, J. (2014). *Análisis Microbiológico de la calidad del agua de ciudad Nezahualcóytl, acorde a la norma oficial Mexicana. Nom-127-SSA1-1994*. ISBN: 978-84-7666-210-6 – Artículo 619 1, 1–30.
- Ccolque, D., & Incaluque, Y. (2019). *Evaluación de Parámetros de control obligatorio del agua potable proveniente del manantial Cuyuraya de la provincia de Huancané – Región Puno, 2019*.
<https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/2804>
- Choque, P. (2021). *Determinación de valores físicos y químicos en el manantial unkuñani, según la normativa vigente en el barrio alto Huascar Puno 2020* [Universidad Privada San Carlos]. <http://repositorio.upsc.edu.pe/handle/UPSC S.A.C./239>
- Coila, D. (2022). *Calidad Bacteriológica Y Presencia Parasitaria En La Ciudad De Las Cajas Reales Chucuito-Puno-2020*. Universidad Nacional del Altiplano.
- DIGESA. (2011). *Reglamento de la calidad del agua para consumo humano*. In minsa.
- DIGESA. (2015). *RD N° 160-2015/DIGESA/SA “Protocolo de procedimientos para la toma de muestras, preservación, conservación, transportes, almacenamiento y recepción de las muestras de agua para consumo humano.”* 23.
- DIGESA - GESTA AGUA. (2009). *Parámetros Organolépticos*.
[http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes_tecnicos/GRUPO DE USO 1.pdf](http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes_tecnicos/GRUPO_DE_USO_1.pdf)
- Fernandez, A. (2012). *El agua: un recurso esencial*. *Química Viva*, 11(3), 147–170.
<https://doi.org/10.48213/travessia.vi81.866>
- Fernández, M., & Guardado, R. (2021). *Evaluación del índice de calidad del agua (ICAsup) en el río Cabaña, Moa-Cuba*. *Minería y Geología*, 37(1), 105–119.
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1993-80122021000100105&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Font, A. (1996). *Técnicas Espectroquímica: Conductimetría*.
https://formafarmabcn.com/wp-content/uploads/2021/01/Técnicas_Bloque-3_Tema-8_conductimetria.pdf



- Fundacion Nacional De Salud. (2013). *Manual Práctico De Análisis De Agua. In Manual Práctico De Análisis De Agua: Vol. 4ta edicio (4° Edición).* <http://www.saude.gov.br/bvs>
- Galvín, R. (2003). *Fisicoquímica y microbiología de los medios acuáticos. Tratamiento y control de calidad de aguas.* Editorial: Díaz de Santos, Madrid.
- Guerrero, A. (2019). *Calidad ambiental del agua en tres manantiales de consumo poblacional, ciudad de Lamas - región San Martín, 2018.* Universidad Cesar Vallejo.
- Guimaraes, L. (2022). *Evaluación de la calidad del agua para consumo humano en el Asentamiento Humano San Isidro, Callería – Ucayali, 2020* Univesidad Nacional Ucayali.
http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/5194/B02_2022_UNU_MAESTRIA_2022_TM_LUIS-GUIMARAES.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Guzmán, A. (2014). *Determinación de hierro en aguas del sector sur del Lago Titicaca (parte del sistema TDPS) mediante la formación de complejo, utilizando la técnica 1381 espectrofotométrica [Universidad Mayor de San Andres].* <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/10782/EG-1416-GuzmanMachaca%2C Ana Karem.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Hernandez, R., Fernandez, C., & Baptista, M. del pilar. (2014). *Metodología de la Investigación.* In Antimicrobial agents and chemotherapy (Vol. 58, Issue 12). <https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2. Hernandez, Fernandez y Baptista- Metodología Investigacion Cientifica 6ta ed.pdf>
- Inquilla, C. (2020). *Calidad microbiológica y fisicoquímica de las aguas del río Coata, Puno 2018 [Universidad Nacional del Altiplano].* <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/16266>
- López, R., Murillo, B., Benson, M., López, E., & Valle, G. (2002). *Manual de Análisis Químicos de Suelos. In Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.* <https://cibnor.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1001/2065/1/MANUA>



L DE ANÁLISIS QUÍMICOS DE SUELOS.PDF

- Loyola, J. (2017). *Calidad de agua para uso domestico de los manatales del cerro urpillao” - caniac, la cuesta, otuzco, la libertad, octubre del 2016 - marzo del 2017*. Universidad Nacional de Trujillo.
- Marchand, E. (2002). *Microoorganismos indicadores de la calidad del agua de consumo humano en lima metropolitana* [Universidad Mayor de San Marcos]. https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/tesis/basic/marchand_p_e/tesis_completo.pdf
- Marín, R. (2010). *Características físicas, químicas Y biológicas de las aguas*. <https://www.google.com/search?q=Prof.+Dr.+Rafael+Marín+Galvín+Jefe&oq=Prof.+Dr.+Rafael+Marín+Galvín+Jefe&aqs=chrome..69i57j33i160.909j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8>
- Medina, L., & Yupanqui, M. (2020). *Determinación de la calidad del agua del manantial del fundo San Bernardo del distrito de Chiguata para consumo humano*. *Campus*, 25(29), 149–162. <https://doi.org/10.24265/campus.2020.v25n29.11>
- Moreno, H. (2016). *Determinacion de sulfatos en aguas*. <https://www.youtube.com/watch?v=sHiEjdoSFUA>
- Narváez, L., Rivera, M., Tello, L., & Narváez, L. (2017). *Calidad sanitaria del agua potable consumida en la sede central de la Universidad Surcolombiana*. 30(1), 99–106.
- Ochoa, M. (2017). *Dterminacion de Carbonatos y Bicarbonatos en una Mostra de Agua. Metodo Directo*. <https://www.studocu.com/latam/document/universidad-nacional/quimica/practica/practica-3-determinacion-de-carbonato-y-bicarbonato-en-una-muestra/4979595/view>
- OMS. (2011). Guías para la calidad del agua de consumo humano: cuarta edición que incorpora la primera adenda. *Organización Mundial de La Salud*, 4, 608. <https://bityl.co/7FYT>
- OMS. (2023). *Agua para consumo humano*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>



- ONU-Agua. (2021, July). *Resumen actualizado de 2021 sobre los progresos en el ODS 6: agua y saneamiento para todos.* 58.
https://www.unwater.org/sites/default/files/app/uploads/2021/12/SDG-6-Summary-Progress-Update-2021_Version-July-2021_SP.pdf
- Orellana, J. (2005). Características del agua potable. *Ingeniería Sanitaria - UTN - FRRO*, 1–7.
https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing_sanitaria/Ingenieria_Sanitaria_A4_Capitulo_03_Caracteristicas_del_Agua_Potable.pdf
- Otzen, T., & Manterola, C. (2017). Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. *International Journal of Morphology*, 35(1), 227–232.
<https://doi.org/10.4067/S0717-95022017000100037>
- Pascual, M., & Calderon, V. (2000). *Microbiología alimentaria. Metodología Analítica para alimentos y bebidas* (Segunda Ed). Editorial Diaz de antos.
https://books.google.com.pe/books?id=9EIfkks8uxMC&pg=PA33&hl=es&source=gbs_toc_r&cad=3#v=onepage&q&f=false
- Romero, J. (1999). *Calidad del agua* (2da ed.). México Alfahomega.
https://www.academia.edu/38972813/Calidad_del_Agua_ROMERO_ROJAS
- Sempértegui, R. (2021). *Calidad microbiológica del agua para consumo humano en la comunidad de Colpa Tuapampa, Chota*. [Universidad Nacional Autónoma de Chota]. In Tesis Profesional Universidad Nacional Autónoma De Chota.
https://repositorio.unach.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14142/184/Roxana_Sempertegui_Rafael.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Sierra, C. (2011). *Calidad de agua. Evaluaciones y diagnostico* (1° Edicion). Ediciones de la U. Universidad de Medellin.
- Suarez, J., Ore, L., Loarte, W., & Ore, J. (2021). Calidad de agua y nivel de satisfacción en la comunidad universitaria de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, 2019. *Revista de Investigación Científica y Tecnológica Llamkasun*, 2(1), 02–20.
<https://doi.org/10.47797/llamkasun.v2i1.27>
- SUNASS. (2004). La calidad del agua potable en el Perú. In *Agencia de cooperacion internacional de Japon*.



https://www.sunass.gob.pe/Publicaciones/agua_potable.pdf%0Ahttp://www.ghbook.ir/index.php?option=com_dbook&task=readonline&book_id=13650&page=73&chckhashk=ED9C9491B4&Itemid=218&lang=fa&tmpl=component

SUNASS. (2023). *El 10 % la población peruana no tiene agua potable y 23 % no accede al alcantarillado*. <https://www.gob.pe/institucion/sunass/noticias/781301-el-10-la-poblacion-peruana-no-tiene-agua-potable-y-23-no-accede-al-alcantarillado>

Trigos, C. (2017). *Calidad bacteriológica y físico - química del agua de consumo humano del centro poblado de Alto Puno. Tesis de segunda especialidad. Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa- Perú*. [Universidad San Agustín]. <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/7280/FSStroci2.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Yana, W. (2017). *Calidad fisicoquímica y microbiológica del agua, en el sistema de abastecimiento de agua potable en la ciudad de azángaro, puno – 2017*. Universidad nacional del altiplano.

ANEXOS

Figura 14

Análisis de varianza y prueba de Tukey de los recuentos de coliformes totales en muestras de agua de la localidad de Santiago de Pupuja.

Análisis de la varianza						
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV		
COLIF TOTALES	9	0.84	0.79	35.25		
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo	16037.99	2	8019.00	15.73	0.0041	
PUNTO_MUESTREO	16037.99	2	8019.00	15.73	0.0041	
Error	3058.34	6	509.72			
Total	19096.34	8				
Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=56.56087						
Error: 509.7239 gl: 6						
PUNTO MUESTREO Medias n E.E.						
Piletas	20.59	3	13.03	A		
Reservorio	50.33	3	13.03	A		
Manantial	121.22	3	13.03	B		
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)						

Figura 15

Análisis de varianza y prueba de Tukey de los recuentos de coliformes termotolerantes en muestras de agua de la localidad de Santiago de Pupuja.

Análisis de la varianza						
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV		
COLIF TERMOTOLERANTES	9	0.50	0.34	39.08		
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo	19.68	2	9.84	3.03	0.1230	
PUNTO_MUESTREO	19.68	2	9.84	3.03	0.1230	
Error	19.47	6	3.24			
Total	39.14	8				
Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=4.51235						
Error: 3.2442 gl: 6						
PUNTO MUESTREO Medias n E.E.						
Piletas	3.00	3	1.04	A		
Reservorio	4.26	3	1.04	A		
Manantial	6.57	3	1.04	A		
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)						

Figura 16

Análisis de varianza y prueba de Tukey de los valores de dureza en muestras de agua de la localidad de Santiago de Pupuja.

```
Análisis de la varianza

Variable N  R²  R² Aj  CV
DUREZA    9  0.89  0.86  8.42

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)
  F.V.      SC  gl  CM  F  p-valor
Modelo      656.16  2  328.08  25.12  0.0012
PUNTOS_MUESTREO 656.16  2  328.08  25.12  0.0012
Error       78.36  6  13.06
Total      734.53  8

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=9.05366
Error: 13.0603 gl: 6
PUNTOS MUESTREO Medias n  E.E.
Piletas      31.11  3  2.09  A
Manantial    46.67  3  2.09  B
Reservorio   51.00  3  2.09  B
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)
```

Figura 17

Análisis de varianza y prueba de Tukey de los valores de pH en muestras de agua de la localidad de Santiago de Pupuja.

```
Análisis de la varianza

Variable N  R²  R² Aj  CV
pH         9  0.30  0.06  3.30

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)
  F.V.      SC  gl  CM  F  p-valor
Modelo      0.16  2  0.08  1.26  0.3486
PUNTO_MUESTREO 0.16  2  0.08  1.26  0.3486
Error       0.39  6  0.06
Total      0.55  8

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.63767
Error: 0.0648 gl: 6
PUNTO MUESTREO Medias n  E.E.
Piletas      7.56  3  0.15  A
Reservorio   7.71  3  0.15  A
Manantial    7.89  3  0.15  A
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)
```

Figura 18.

Análisis de varianza y prueba de Tukey de los valores de conductividad eléctrica en muestras de agua de la localidad de Santiago de Pupuja.

```
Análisis de la varianza

Variable      N   R²   R² Aj  CV
CONDUCT ELÉCTRICA  9  0.27  0.03  12.25

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)
F.V.          SC    gl   CM    F    p-valor
Modelo        11097.91  2  5548.96  1.11  0.3901
PUNTOS_MUESTREO 11097.91  2  5548.96  1.11  0.3901
Error         30106.38  6  5017.73
Total         41204.30  8

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=177.46072
Error: 5017.7304 gl: 6
PUNTOS MUESTREO Medias n  E.E.
Piletas       532.11  3  40.90  A
Reservorio    585.44  3  40.90  A
Manantial     617.22  3  40.90  A
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)
```

Figura 19.

Análisis de varianza y prueba de Tukey de los valores de bicarbonato en muestras de agua de la localidad de Santiago de Pupuja.

```
Análisis de la varianza

Variable      N   R²   R² Aj  CV
BICARBONATO   9  0.54  0.39  26.80

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)
F.V.          SC    gl   CM    F    p-valor
Modelo        5200.68  2  2600.34  3.56  0.0958
PUNTOS_MUESTREO 5200.68  2  2600.34  3.56  0.0958
Error         4388.23  6  731.37
Total         9588.91  8

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=67.75131
Error: 731.3719 gl: 6
PUNTOS MUESTREO Medias n  E.E.
Piletas       69.44  3  15.61  A
Manantial     105.56  3  15.61  A
Reservorio    127.78  3  15.61  A
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)
```

Figura 20.

Análisis de varianza y prueba de Tukey de los valores de nitratos en muestras de agua de la localidad de Santiago de Pupuja.

```
Análisis de la varianza
/
Variable N  R²  R² Aj  CV
NITRATOS  9  0.57  0.43  19.44

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)
  F.V.      SC  gl  CM  F  p-valor
Modelo      0.40  2  0.20  4.00  0.0787
PUNTOS_MUESTREO 0.40  2  0.20  4.00  0.0787
Error       0.30  6  0.05
Total      0.70  8

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.55950
Error: 0.0499 gl: 6
PUNTOS MUESTREO Medias n  E.E.
Reservorio      1.00  3  0.13  A
Piletas         1.00  3  0.13  A
Manantial       1.45  3  0.13  A
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)
```

Figura 21.

Análisis de varianza y prueba de Tukey de los valores de sulfatos en muestras de agua de la localidad de Santiago de Pupuja.

```
Análisis de la varianza

Variable N  R²  R² Aj  CV
SULFATOS  9  0.86  0.81  7.02

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)
  F.V.      SC  gl  CM  F  p-valor
Modelo     13243.08  2  6621.54  18.46  0.0027
PUNTOS_MUESTREO 13243.08  2  6621.54  18.46  0.0027
Error      2152.37  6  358.73
Total     15395.45  8

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=47.44942
Error: 358.7275 gl: 6
PUNTOS MUESTREO Medias n  E.E.
Piletas       219.55  3  10.94  A
Reservorio    277.66  3  10.94  B
Manantial     312.55  3  10.94  B
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)
```


Fotos de la ejecución

Figura 22.

Manantial u ojo de agua de la localidad de Santiago de Pupuja.



Figura 23.

Reservorio de agua de la localidad de Santiago de Pupuja.



Figura 24.

Preparación de caldo lactosado para la determinación de coliformes en muestras de agua de la localidad de Santiago de Pupuja.



Figura 25.

Preparación de ph



Figura 256.

Medios de cultivo, muestras de agua, material esterilizado y el protocolo de cuantificación de coliformes en muestras de agua de la localidad de Santiago de Pupuja.



Figura 267.

Autoclave utilizada para la esterilización de materiales para la evaluación microbiana del agua.





Constancias de muestreo de agua en el distrito de Santiago de Pupuja.

"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

CONSTANCIA

EL QUE SUSCRIBE, Fullir Manuel Chambi Chambi, ENCARGADO DE JASS
DEL DISTRITO DE SANTIAGO DE PUPUJA.

HACE CONSTAR:

Que la Srta: **LILIAM ROQUE ROQUE**, identificada con DNI N°
71587014, egresada de la escuela profesional de Biología, Universidad Nacional
del Altiplano, ha realizado el muestreo de agua en la fuente de agua del distrito
de Santiago de Pupuja, para posteriormente llevar al laboratorio y realizar las
evaluaciones Físicoquímicas y Bacteriológicas; durante los meses de Agosto,
Setiembre y octubre.

Se expide el presente documento, a solicitud de la interesada para
los usos y fines que viere por conveniente.

Santiago de Pupuja 27 de Octubre del 2021





Constancia de ejecución de tesis en laboratorio



Universidad Nacional del Altiplano de Puno

Facultad de Ciencias Biológicas
Escuela Profesional de Biología
Programa Académico de Microbiología y Laboratorio Clínico
Laboratorio de Botánica y Biotecnología



Registro: 004-2022

CONSTANCIA

AUTORIDAD QUE SUSCRIBE, **DECANO** DE LA FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO DE PUNO – PERÚ.

HACE CONSTAR:

Que el (la) Bachiller **LILIAM ROQUE ROQUE**, egresado (a) de la Escuela Profesional de Biología de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno, ha realizado la parte experimental de su trabajo de investigación (Tesis) titulado: **CALIDAD FÍSICOQUÍMICA Y BACTERIOLÓGICA DE LA FUENTE DE AGUA DE CONSUMO HUMANO DEL DISTRITO DE SANTIAGO DE PUPUJA, AZÁNGARO - PUNO**, en el laboratorio de Botánica y Biotecnología, del Programa Académico de Microbiología y Laboratorio Clínico de la Escuela Profesional de Biología, entre los meses de agosto a octubre del año 2021.

Se le expide la presente Constancia a solicitud del (a) interesado (a) para los fines que se estime por conveniente.

Puno, 10 de enero del 2022.



M. Sc. EVA LAURA CHAUCA
DECANO
FCCBB – UNA Puno

Firmado digitalmente por LAURA
CHAUCA DE MEZA Eva FAU
20145498170 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 10.01.2022 09:52:48 -05:00



AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo Lilam Roque Roque,
identificado con DNI 71587014 en mi condición de egresado de:

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

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

“ CALIDAD FÍSICOQUÍMICA Y BACTERIOLÓGICA DE LA FUENTE DE
AGUA DE CONSUMO HUMANO DEL DISTRITO DE SANTIAGO DE
PUPUSA, AZÁNGARO - PUNO. ”

para la obtención de Grado, Título Profesional o Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los “Contenidos”) que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 22 de enero del 2024

FIRMA (obligatoria)



Huella



DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo Liliam Roque Roque,
identificado con DNI 71587014 en mi condición de egresado de:

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

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:
" CALIDAD FÍSICOQUÍMICA Y BACTERIOLÓGICA DE LA FUENTE DE
AGUA DE CONSUMO HUMANO DEL DISTRITO DE SANTIAGO DE
PUPUJA, AZÁNGARO - PUNO "

Es un tema original.


Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 22 de enero del 20__


FIRMA (obligatoria)



Huella