



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



**CALIDAD FISICOQUÍMICA Y BACTERIOLÓGICA EN LA
DESEMBOCADURA DE AGUAS RESIDUALES DE LA
LOCALIDAD DE PUCARÁ DEL RÍO AYAVIRI, PROVINCIA DE
LAMPA, PUNO – 2022**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. EPIVANY VILCA MAMANI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

**LICENCIADO EN BIOLOGÍA: MICROBIOLOGÍA Y
LABORATORIO CLÍNICO**

PUNO – PERÚ

2024



NOMBRE DEL TRABAJO

CALIDAD FISICOQUÍMICA Y BACTERIOLÓGICA EN LA DESEMBOCADURA DE AGUAS RESIDUALES DE LA LOCALIDAD DE PUCARÁ DEL RÍO AYAVIRI, PROVINCIA DE LAMPA, PUNO - 2022

AUTOR

EPIVANY VILCA MAMANI

RECuento de palabras

27147 Words

RECuento de caracteres

145796 Characters

RECuento de páginas

135 Pages

Tamaño del archivo

6.0MB

Fecha de entrega

Jan 23, 2024 9:27 AM GMT-5

Fecha del informe

Jan 23, 2024 9:29 AM GMT-5

● **12% de similitud general**

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

- 11% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 6% Base de datos de trabajos entregados
- 3% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

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





DEDICATORIA

A Dios,

a mis padres, Felipe Cruz Vilca Ramos (+) y Narcisa Flora Mamani Quispe

y

a mis Hermanos.

Se los dedico a ustedes.

Epivany Vilca Mamani



AGRADECIMIENTOS

A Dios por brindarme sabiduría, salud y valentía para culminar con éxito esta etapa de mi vida.

A mis padres, Felipe Cruz Vilca Ramos (+) y Narcisa Flora Mamani Quispe por la compañía, comprensión, apoyo y protección que me han brindado desde el día que llegue a sus vidas.

A mi hermano Maico y su familia por su apoyo y soporte que me brindo durante mi formación profesional y de igual forma a mis hermanos Humberto y Guido.

A la Universidad Nacional del Altiplano y a la Facultad de Ciencias Biológicas, quienes me permitieron emprender el proceso de mi formación profesional, les agradezco por permitirme vivir experiencias únicas e inolvidables con personas increíbles y a los docentes, por las enseñanzas y experiencias impartidas.

A mi director y asesor de tesis Dr. Juan José Pauro Roque, por darme los consejos y enseñanzas en mi formación académica, y ahora por el apoyo y asesoría que me brindo en el desarrollo de la tesis.

A los miembros del jurado, Dra. Youri Teresa Del Carpio Condori, M. Sc. Eva Laura Chauca de Meza y Mg. Diana Elizabeth Cavero Zegarra. Por sus sugerencias que han contribuido de manera significativa en el proceso de revisión de esta investigación.

A mi hermana de vida Yanina, con quien estoy agradecida por el apoyo que me brinda para seguir adelante.

A Tony, una gran persona quien me brindo su compañía y apoyo emocional.

Y por último estoy muy agradecida con mis compañeros y amigos: Paola, Dalia, Fanny, Sandra, Sonaly, Ximena, Yamileth, Richard, Karina, Alexandra, Yanet, Jesus, Sommer y Mariluz, por su apoyo emocional durante todo este proceso y hoy en día forman parte de mi vida.

Epivany Vilca Mamani



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

RESUMEN 14

ABSTRACT..... 15

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. OBJETIVO GENERAL 18

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... 18

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES..... 19

2.2. MARCO TEÓRICO 26

2.2.1. El agua..... 26

2.2.2. Aguas superficiales 26

2.2.3. Calidad del Agua..... 27

2.2.4. Parámetros físicos del agua..... 31

2.2.5. Parámetros químicos del agua..... 33

2.2.6. Parámetros bacteriológicos del agua..... 44

2.2.7. Contaminación de aguas superficiales 47

2.2.8. Río Ayaviri..... 50



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. ZONA DE ESTUDIO	54
3.2. DISEÑO Y TIPO DE INVESTIGACIÓN	55
3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA	56
3.4. DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS EN LA DESEMBOCADURA DE AGUAS RESIDUALES DE LA LOCALIDAD DE PUCARÁ DEL RÍO AYAVIRI, PROVINCIA DE LAMPA, PUNO.....	58
3.5. DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS QUÍMICOS EN LA DESEMBOCADURA DE AGUAS RESIDUALES DE LA LOCALIDAD DE PUCARÁ DEL RÍO AYAVIRI, PROVINCIA DE LAMPA, PUNO.....	59
3.6. DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS BACTERIOLÓGICOS EN LA DESEMBOCADURA DE AGUAS RESIDUALES DE LA LOCALIDAD DE PUCARÁ DEL RÍO AYAVIRI, PROVINCIA DE LAMPA, PUNO.....	65

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. PARÁMETROS FÍSICOS: TEMPERATURA Y CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA EN LA DESEMBOCADURA DE AGUAS RESIDUALES DE LA LOCALIDAD DE PUCARÁ DEL RÍO AYAVIRI, PROVINCIA DE LAMPA, PUNO.	68
4.2. PARÁMETROS QUÍMICOS: pH, DUREZA TOTAL, CLORUROS, SULFATOS, ALCALINIDAD, NITRATOS Y HIERRO EN LA DESEMBOCADURA DE AGUAS RESIDUALES DE LA LOCALIDAD DE PUCARÁ DEL RÍO AYAVIRI, PROVINCIA DE LAMPA, PUNO.....	76



4.3. PARÁMETROS BACTERIOLÓGICOS: COLIFORMES TOTALES Y TERMOTOLERANTES EN LA DESEMBOCADURA DE AGUAS RESIDUALES DE LA LOCALIDAD DE PUCARÁ DEL RÍO AYAVIRI, PROVINCIA DE LAMPA, PUNO.	103
V. CONCLUSIONES.....	113
VI. RECOMENDACIONES	115
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	116
ANEXOS.....	126

Área: Ciencias Biomédicas.

Sub línea de investigación: Diagnostico y Epidemiologia.

Fecha de sustentación: 25 de enero de 2024



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de los puntos de muestreo.....	55
Figura 2. La temperatura en la desembocadura de aguas residuales de la localidad de Pucará del río Ayaviri, provincia de Lampa, Puno, comparado con la normatividad vigente (D.S. 004-2017- MINAM).....	69
Figura 3. Conductividad Eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) en la desembocadura de aguas residuales de la localidad de Pucará del río Ayaviri, provincia de Lampa, Puno, comparado con la normatividad vigente (D.S. 004-2017- MINAM). Dónde: línea roja=categoría A2; línea amarilla=categoría D2.	73
Figura 4. Valores de pH en la desembocadura de aguas residuales de la localidad de Pucará del río Ayaviri, provincia de Lampa, Puno, comparado con la normatividad vigente (D.S. 004-2017- MINAM). Dónde: línea roja y verde categoría A2; línea naranja y amarillo categoría D2.....	77
Figura 5. Dureza (mg/l) en la desembocadura de aguas residuales de la localidad de Pucará del río Ayaviri, provincia de Lampa, Puno, comparados con la normatividad vigente (D.S. 004-2017- MINAM). Dónde: línea roja=categoría A1.....	82
Figura 6. Cloruros (mg/l) en la desembocadura de aguas residuales de la localidad de Pucará del río Ayaviri, provincia de Lampa, Puno, comparados con normatividad vigente (D.S. 004-2017- MINAM). Dónde: línea roja = subcategoría A2; línea verde = subcategoría D1.	86
Figura 7. Sulfatos (mg/l) en la desembocadura de aguas residuales de la localidad de Pucará del río Ayaviri, provincia de Lampa, Puno, comparadas con la normatividad vigente (D.S. 004-2017- MINAM). Dónde: línea roja = subcategoría A2; línea amarilla= subcategoría D2.	89



- Figura 8.** Alcalinidad-Bicarbonatos (mg/l) en la desembocadura de aguas residuales de la localidad de Pucará del río Ayaviri, provincia de Lampa, Puno, comparados con la según normatividad vigente (D.S. 004-2017- MINAM. Donde: línea verde categoría 3 subcategoría D1; subcategoría A2 y D2 no aplican. 93
- Figura 9.** Nitratos (mg/l) en la desembocadura de aguas residuales de la localidad de Pucará del río Ayaviri, provincia de Lampa, Puno, comparados con la normatividad vigente (D.S. 004-2017- MINAM). Donde: línea roja=categoría 1 subcategoría A2; línea amarilla= categoría 3 subcategoría D2..... 96
- Figura 10.** Hierro (mg/l) en la desembocadura de aguas residuales de la localidad de Pucará del río Ayaviri, provincia de Lampa, Puno, comparadas con la normatividad vigente (D.S. 004-2017- MINAM). Donde: línea roja=categoría 1 subcategoría A2. 100
- Figura 11.** Recuento de coliformes totales (NMP/100ml) en la desembocadura de aguas residuales de la localidad de Pucará del río Ayaviri, provincia de Lampa, Puno, comparadas con la normatividad vigente (D.S. 004-2017- MINAM). Donde: línea roja=categoría 1 subcategoría A1, subcategoría A2 y D2 no se aplican..... 104
- Figura 12.** Recuento de coliformes termotolerantes (NMP/100ml) según normatividad vigente (D.S. 004-2017- MINAM) de las muestras de agua colectadas en la desembocadura de aguas residuales de la localidad de Pucará del río Ayaviri, provincia de Lampa, Puno. Donde: línea roja=categoría 1 subcategoría A2; línea amarilla= categoría 3 subcategoría D2. 108



Figura 13. Fluxograma de metodología para Numero más probable de coliformes (NMP)	126
Figura 14. Puntos de muestreo en la desembocadura de aguas residuales de la localidad de Pucará del río Ayaviri (A-RAyav1, B- RAYav2, C- RAYav3, D- RAYav4 y E- RAYav5).....	127
Figura 15. Uso de las aguas del río Ayaviri para bebida de animales y consumo humano.....	128
Figura 16. Toma de muestra en la desembocadura de aguas residuales de la localidad de Pucará del río Ayaviri.	128
Figura 17. Análisis de temperatura, pH (in situ) y conductividad eléctrica.	129
Figura 18. Evaluación de alcalinidad por el método de titulación.	129
Figura 19. Evaluación de dureza por el método de titulación.	130
Figura 20. Evaluación de cloruros por el método de titulación.	130
Figura 21. Evaluación de sulfatos por el método de turbidimetría.....	131
Figura 22. Evaluación de nitratos y hierro por el método colorimétrico.....	131
Figura 23. Evaluación de coliformes totales y termotolerantes por el método de Número más Probable (prueba presuntiva y confirmativa).	132



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Categorías de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua.....	30
Tabla 2.	Inventario de fuentes contaminantes (aguas residuales industriales, municipales y botaderos municipales).....	52
Tabla 3.	Distribución de toma de muestras de aguas del río Ayaviri por puntos y meses de muestreo.	57
Tabla 5.	Temperatura en la desembocadura de aguas residuales de la localidad de Pucará del río Ayaviri, provincia de Lampa, Puno.....	68
Tabla 6.	Conductividad Eléctrica en la desembocadura de aguas residuales de la localidad de Pucará del río Ayaviri, provincia de Lampa, Puno.	72
Tabla 4.	pH en la desembocadura de aguas residuales de la localidad de Pucará del río Ayaviri, provincia de Lampa, Puno.....	76
Tabla 7.	Dureza total en la desembocadura de aguas residuales de la localidad de Pucará del río Ayaviri, provincia de Lampa, Puno.....	81
Tabla 8.	Cloruros en la desembocadura de aguas residuales de la localidad de Pucará del río Ayaviri, provincia de Lampa, Puno.....	85
Tabla 9.	Sulfatos en la desembocadura de aguas residuales de la localidad de Pucará del río Ayaviri, provincia de Lampa, Puno.....	88
Tabla 10.	Alcalinidad-Bicarbonato en la desembocadura de aguas residuales de la localidad de Pucará del río Ayaviri, provincia de Lampa, Puno.	92
Tabla 11.	Nitratos en la desembocadura de aguas residuales de la localidad de Pucará del río Ayaviri, provincia de Lampa, Puno.....	95
Tabla 12.	Hierro en la desembocadura de aguas residuales de la localidad de Pucará del río Ayaviri, provincia de Lampa, Puno.....	98



Tabla 13. Coliformes Totales (NMP/100 ml) en la desembocadura de aguas residuales de la localidad de Pucará del río Ayaviri, provincia de Lampa, Puno.	103
Tabla 14. Coliformes Termotolerantes en la desembocadura de aguas residuales de la localidad de Pucará del río Ayaviri, provincia de Lampa, Puno.....	107



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

°C:	Grados centígrados
et al.:	Y colaboradores
RAYav1, 2, 3, 4 y 5:	Puntos de muestreo
PTAR:	Planta de tratamiento de aguas residuales
ANA:	Autoridad Nacional del Agua.
D. S.:	Decreto Supremo.
ECAs:	Estándares de Calidad Ambiental.
mg/l:	Miligramos por litro.
NMP/100 ml:	Número más probable por 100 ml.
OMS:	Organización Mundial de la Salud.
μS/cm:	Micro Siemens por centímetro
BM:	Botadero Municipal
LPM:	Límite Máximo Permisible
DIGESA:	Dirección General de Salud Ambiental
MINAM:	Ministerio del ambiente
GPS:	Sistema de Posicionamiento Global



RESUMEN

Las localidades de Pucará y José Domingo Choquehuanca, originan efluentes residuales conteniendo parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos, que vendrían aumentando sus valores en el río Ayaviri, destinada para ser potabilizada con tratamiento convencional, riego de vegetales y bebida de animales. La investigación se realizó durante los meses de mayo y junio del 2023 con el **objetivo** de evaluar los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos en la desembocadura de aguas residuales de la localidad de Pucará del río Ayaviri, provincia de Lampa, Puno. La investigación fue de tipo descriptivo y transversal, donde se analizaron 30 muestras de agua, la **metodología** para los parámetros físicos y químicos se aplicó métodos de termometría, electrométrico, turbidimetría, titulación, colorimétrica, argentométrico para parámetros fisicoquímicos y el número más probable (NMP) para coliformes totales y termotolerantes. Los resultados se contrastaron con los Estándares de Calidad Ambiental para agua en la subcategoría A2, destinados para ser potabilizada con tratamiento convencional y la subcategoría D2 para bebida de animales. Los **resultados** en el río Ayaviri fueron: promedio de temperatura 10.76 °C; conductividad eléctrica de 730 $\mu\text{S}/\text{cm}$; pH de 8.18 unidades; dureza total de 37 mg/l; cloruros de 6.58 mg/l; sulfatos de 139.13 mg/l; alcalinidad – bicarbonatos de 87.14 mg/l; nitratos de 0.8 mg/l; hierro 0.20 mg/l; coliformes totales en el punto (RAYav1) 12.50, punto (RAYav2) 8.33, punto (RAYav3) 2183.33, punto (RAYav4) 1100 y punto (RAYav5) 423.33 NMP/100 ml y en coliformes termotolerantes en el punto (RAYav1) 3, punto (RAYav2) 3.17, punto (RAYav3) 2183.33, punto (RAYav4) 1100 y punto (RAYav5) 423.33 NMP/100 ml. Se **concluye** que los valores físicos y químicos no superan los ECAs para agua, sin embargo, los recuentos de coliformes totales y termotolerantes superan los valores permitidos en los ECAs para agua en la subcategoría A2 y D2 siendo la causa de contaminación las desembocaduras de aguas residuales y botaderos de las localidades ribereñas, no siendo aptas para el consumo humano y animal.

Palabras Clave: Aguas residuales, Calidad bacteriológica, Calidad fisicoquímica, Estándares de Calidad Ambiental para agua (ECAs), Río Ayaviri.



ABSTRACT

The localities of Pucará and José Domingo Choquehuanca, originate wastewater effluents containing physicochemical and bacteriological parameters, which would increase their values in the Ayaviri River, destined to be potabilized with conventional treatment, irrigation of vegetables and animal drinking water. The research was carried out during the months of May and June 2023 with the objective of evaluating the physicochemical and bacteriological parameters at the mouth of wastewater from the Pucará locality of the Ayaviri River, province of Lampa, Puno. The research was descriptive and cross-sectional, where 30 water samples were analyzed, the methodology for physical and chemical parameters was applied methods of thermometry, electrometry, turbidimetry, titration, colorimetric, argentometric for physicochemical parameters and the most probable number (MPN) for total coliforms and thermotolerants. The results were contrasted with the Environmental Quality Standards for water in subcategory A2, intended to be potabilized with conventional treatment, and subcategory D2 for animal drinking water. The results in the Ayaviri River were: temperature 10.76 °C; electrical conductivity of 730 $\mu\text{S}/\text{cm}$; pH of 8.18 units; total hardness of 37 mg/l; chlorides of 6.58 mg/l; sulfates of 139.13 mg/l; alkalinity - bicarbonates of 87.14 mg/l; nitrates of 0.8 mg/l; iron 0.20 mg/l; total coliforms at point (RAYav1) 12.50, point (RAYav2) 8.33, point (RAYav3) 2183.33, point (RAYav4) 1100 and point (RAYav5) 423.33 NMP/100 ml and in thermotolerant coliforms at point (RAYav1) 3, point (RAYav2) 3.17, point (RAYav3) 2183.33, point (RAYav4) 1100 and point (RAYav5) 423.33 NMP/100 ml. It is concluded that the physical and chemical values do not exceed the ECAs for water, however, the total coliform and thermotolerant counts exceed the values allowed in the ECAs for water in subcategory A2 and D2, being the cause of contamination the wastewater outfalls and dumps of the riverside localities, not being suitable for human and animal consumption.

Keywords: Wastewater, Bacteriological quality, Physicochemical quality, Environmental Quality Standards for water (EQS), Ayaviri river.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El agua es un elemento vital para la supervivencia del ser vivo, para la formación y el desarrollo en la sociedad (SUNASS, 2004), y es afectado por la contaminación de desechos y aguas residuales de fuentes industriales, agrícolas, municipales y domésticas provocando peligros en el ambiente y sector salud (Valencia *et al.*, 2014), la contaminación de las aguas superficiales es el principal problema para el consumo humano y bebida para animales poniendo en riesgo la salud pública (Cortez *et al.*, 2019).

En América Latina más del 80% habita en zonas urbanas siendo el abastecimiento de agua insuficiente, el 70% de las aguas residuales no poseen tratamiento, dificultando el ciclo del agua (Laríos *et al.*, 2015). En el Perú según monitoreos del ANA identificaron 41 unidades hidrográficas entre ellas se encuentra el río Ayaviri donde reportan parámetros que exceden los ECAs; como principal causa de contaminación es el vertimiento de aguas residuales domésticas y municipales (ANA, 2016a; Aquino, 2017).

En la siguiente investigación se planteó evaluar la calidad del agua a través de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos en la desembocadura de aguas residuales de la localidad de Pucará del río Ayaviri, provincia de Lampa, Puno, para determinar si estas aguas superficiales cumplieron con los valores permitidos en los Estándares de Calidad Ambiental para agua (D. S. 004-2017- MINAM) destinada para ser potabilizada con tratamiento convencional (subcategoría A2) y bebida de animales (subcategoría D2), debido a que esta fuente es utilizada para consumo humano por algunas personas sin que exista un tratamiento convencional y bebida de animales, las localidades ribereñas al río Ayaviri existe desembocaduras de aguas residuales ocasionando incrementación de carga



bacteriana de coliformes totales y termotolerantes ante ello las autoridades municipales deben tomar concientización y actuar sobre la contaminación que ocasiona las aguas residuales al río Ayaviri, realizando cambio de tratamiento de aguas residuales o mantenimiento de la PTAR.

La investigación presenta y contribuye información que las aguas superficiales en la desembocadura de aguas residuales de la localidad de Pucará del río Ayaviri, provincia de lampa – región Puno. Presentan parámetros físicos y químicos que no superan los ECAs para agua respecto a la subcategoría A2 y D2, y en los parámetros bacteriológicos los recuentos de coliformes totales y termotolerantes son elevados superando los valores permitidos en los ECAs para agua, según las observaciones realizadas en la zona de estudio se estimó la presencia de la desembocadura de las aguas residuales de la PTAR con filtro percolador de la localidad de José Domingo Choquehuanca, de la laguna facultativa de la localidad de Pucará y los botaderos municipales, siendo la causa de los incrementos de algunos parámetros.

La calidad física y química no son fuente de contaminación en el río Ayaviri debido a que no superaron los valores permitidos, pero la calidad bacteriología ocasiona contaminación fecal en el río Ayaviri debido a que superó los valores de 50 NMP/100ml en coliformes totales en agua que pueden ser potabilizadas con desinfección y en coliformes termotolerantes superó los valores de 2000 NMP/100 ml en agua que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional y a 1000 NMP/100 ml en agua para bebida de animales.

Por tales motivos la investigación se realizó en base a los siguientes objetivos general y específicos:



1.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos en la desembocadura de aguas residuales de la localidad de Pucará del río Ayaviri, provincia de Lampa, Puno – 2022.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar los parámetros físicos: temperatura y conductividad eléctrica en la desembocadura de aguas residuales de la localidad de Pucará del río Ayaviri, provincia de Lampa, Puno.
- Determinar los parámetros químicos: pH, dureza total, cloruros, sulfatos, alcalinidad, nitratos y hierro en la desembocadura de aguas residuales de la localidad de Pucará del río Ayaviri, provincia de Lampa, Puno.
- Determinar los parámetros bacteriológicos: coliformes totales y termotolerantes en la desembocadura de aguas residuales de la localidad de Pucará del río Ayaviri, provincia de Lampa, Puno.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES

Cepeda (2019), en 381 muestras de agua de ríos de las 24 provincias en (República dominicana) evaluó la calidad con fines agrícolas de resultados analíticos archivados, tomando las variables de parámetros fisicoquímicos, estas presentan los siguientes promedios pH 7.7 unidades; conductividad eléctrica 0.83 dS/m; calcio 3.47 mEq/l; magnesio 2.23 mEq/l; sodio 3.12 mEq/l; potasio 0.08 mEq/l; cloruros 2.34 mEq/l; carbonatos 0.32 mEq/l; bicarbonatos 4.21 mEq/l y sulfatos 1.75 mEq/l, estos fueron contrastados por las directrices de la organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, concluyendo que en un 94% de las aguas de la República Dominicana son alcalinas y requieren aditivos acidificantes a causa de los altos valores de bicarbonatos.

Romero (2019), analizó la calidad del agua del estero Libertad (Ecuador) determinando coliformes totales en cada estación se presentó el valor más alto (2053.33 NMP/100 ml) en PL3 y el valor más bajo (76.33 NMP/100 ml) en PL1 y los Coliformes fecales el valor más alto (806.66 NMP/100 ml) fue en la estación PL3 y el valor más bajo (43 NMP/100 ml) correspondiente a la estación PL1, demuestran que existe contaminación por coliformes totales y fecales a consecuencia de las actividades antropogénicas, donde considera las variables de salinidad, temperatura, radiación solar y pH influyen de manera decisiva en la supervivencia de estas bacterias en el ambiente (Solic & Krstulovic, 1992).



Pérez *et al.*, (2021), evaluaron la contaminación del agua en el río Grande de Tárcoles (Costa Rica), usaron parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y macroinvertebrados durante 12 meses llegando a obtener un promedio: temperatura 26.7 °C; pH 7.61; conductividad Eléctrica 464 $\mu\text{S}/\text{cm}$; sedimentos totales disueltos 234 mg/l; turbidez 83 UNT; demanda bioquímica de oxígeno 2.52 mg/l; amonio 0.132 mg/l NH_4^+ ; nitrato 9.7 mg/l; cloruro 69.7 mg/l; sulfato 23.5 mg/l; calcio 21.8 mg/l; magnesio 10.4 mg/l; sodio 4.6 mg/l; potasio 4.16 mg/l; coliformes totales 3.42×10^4 NMP/ml; coliformes fecales 2.77×10^4 NMP/ml y en los macroinvertebrados obtuvieron 2502 individuos pertenecientes a 53 taxones (44 familias y 9 taxones superiores a familia) de esta forma se evidencia que existe contaminación del río por diversos factores.

Tomasini & Estrada (2022), en el río Tomatal (México) realizaron la evaluación en 5 puntos de muestreo, utilizando parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, en las épocas de lluvia y secas no se observaron variaciones significativas, para coliformes termotolerantes en época de lluvia obtuvieron 3970 NMP/100ml, denominada calidad contaminada en relación al índice de calidad de agua; demanda bioquímica del oxígeno fue de 3.02 mg/l; demanda química de oxígeno presentó 40.15 mg/l; sólidos suspendidos totales 151.50 mg/l; en la época seca para coliformes termotolerantes de 773 NMP/100 ml aceptable; demanda bioquímica del oxígeno de 2.34 mg/l; demanda química de oxígeno de 19.44 mg/l; sólidos suspendidos totales de 306.20 mg/l, llegan a ver que el río Tomatal se encuentra contaminado por coliformes termotolerantes debido a las aguas residuales.

Gamboa (2018), en el río Tingo (Pasco-Perú) evaluó la calidad del agua según la clasificación de los estándares de calidad ambiental, su muestra se basó en 8 puntos del río obteniendo como promedio en el parámetro de pH 7.61; temperatura 12.4 °C;



conductividad eléctrica 3835 $\mu\text{S}/\text{cm}$; oxígeno disuelto 5 mg/l; en caso del análisis microbiológico reporta valores mayores a 10^5 incluso 10^7 NMP de coliformes totales y fecales /100 ml de nuestra, demostrando que la calidad de agua del río Tingo presenta contaminación microbiológica debido a que alrededor de este cuerpo de agua está el botadero Rumiallana-ciudad de Cerro de Pasco y el canal de desagüe de San Juan Pampa.

Castillo & Quispe (2018), en el río Chonta (Cajamarca-Perú) evaluaron la calidad por medio de análisis fisicoquímicos y microbiológicos obteniendo que los parámetros analizados varían en cada zona, la media en la zona 01 el pH 8.39; sulfato 32.3 mg/l; nitrato 11.633 mg/l; hierro 0.434 mg/l; conductividad eléctrica 460.677 $\mu\text{S}/\text{cm}$; demanda química de oxígeno 73.55 mg/l; demanda bioquímica de oxígeno 29.39 mg/l; coliformes termotolerantes 180 750 000 NMP/100 ml y en la zona 02 el pH 8.28; sulfato 32.29 mg/l; nitrato 3.31025 mg/l; hierro 0.438 mg/l; conductividad eléctrica 295.5775 $\mu\text{S}/\text{cm}$; demanda química de oxígeno 66.0 mg/l; demanda bioquímica de oxígeno 32.90 mg/l; coliformes termotolerantes 139 475 000 NMP/100 ml, concluyen que el agua del río no son aptas para riego de vegetales y bebida de animales.

Cortez *et al.*, (2019), estudiaron la calidad microbiológica del río Huaura en la región de Lima (Perú), determinaron coliformes totales entre 1275 NMP/100 ml - 1690 NMP/100 ml; coliformes fecales entre 692 NMP/100 ml - 1070 NMP/100 ml; coliformes termotolerantes entre 780 NMP/100 ml - 1383 NMP/100 ml y *Escherichia coli* entre 453 NMP/100 ml - 780 NMP/100 ml, el agua del río Huaura tienen valores microbiológicos elevados en relación a ECAs considerándose agua contaminada.

Rodríguez (2019), en el río Mashcón en Huambocancha Baja (RMash1) y Bella Unión (RMash2) (Cajamarca) para evaluar la calidad del agua del río realizó 29 parámetros fisicoquímicos y 2 microbiológicos, logrando estimar los resultados en



(RMash1) la media de los parámetros son: pH 7.93, temperatura 16.28 °C, conductividad eléctrica 472 $\mu\text{S}/\text{cm}$, cloruros 4.04 mg/l, nitritos 0.01000 N/l, sulfatos 207.5 mg /l y hierro 2.04 mg/l; en (RMash2) el pH 7.3, temperatura 18.76 °C, conductividad eléctrica 791 $\mu\text{S}/\text{cm}$, cloruros 51.5 mg/l, nitritos 0.004000 N/l, sulfatos 150.1 mg /l y hierro 3.38 mg/l; además de estos parámetros también avaluó otros parámetros fisicoquímicos, en los análisis microbiológicos estimó coliformes termotolerantes en (RMash1) 1313 NMP/100 ml, (RMash2) 7293333 NMP/100 ml; *Escherichia* en (RMash1) 863 NMP/100 ml, (RMash2) 6270000 NMP/100 ml, de esta forma se llega a estimar que existe contaminación por coliformes termotolerantes y algunos parámetros fisicoquímicos.

Tapia (2021), en la bocatoma de planta de tratamiento de Loreto (Perú) estimó la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua de los cuales se registran los siguientes datos en los muestreos 01, 02 y 03 con pH 7.65, 7.56 y 7.81; oxígeno disuelto 6.20 mg/l, 6.6 mg/l y 6.13 mg/l; turbidez 9.43 NTU, 5.65 NTU y 72.9 NTU; fosfatos 1.56 mg/l y <1.00 mg/l ; nitratos 1.77 mg/l, 3.54 mg/l y 2.66 mg/l; sólidos disueltos totales 23.5 mg/l, 44 mg/l y 49 mg/l; demanda bioquímica de oxígeno 3 mg/l, 7 mg/l y 3 mg/l; coliformes fecales 600 NMP/100 ml, 100 NMP/100 ml y 1800 NMP/100 ml; temperatura 22.1 °C, 21.7 °C y 22.3 °C, de esta forma llega a determinar que 7 de los 9 parámetros analizados cumplieron medianamente con los límites establecidos haciéndola un agua de calidad media.

Rodríguez (2021), en la cuenca Chancay (Lambayeque-Perú) determino la calidad del agua, a partir de monitoreos fisicoquímicos y microbiológicos de los años 2013, 2014, 2015, y 2016 en ríos (R) y quebradas (Q), donde: el pH resultó 7.4, 8.5, 8.3, 8.3 (R) y 5.3, 4.8, 5.4, 4.6 (Q); conductividad eléctrica 702.7, 257.9, 257.9, 287.0 (R) y 200.9, 561.1, 561.1, 240.9 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Q); coliformes termotolerantes 946, 122, 8543, 179 (R) y 2

NMP/100 ml (Q); hierro 0.5, 0.1, 0.2, 0.1 (R) y 2.4, 16.6, 22.5, 16.4 mg/l (Q) y además determinó otros parámetro en las quebradas para los años de estudio y para ver los índices de calidad del agua usó ICA-PE y NSF-WQI, llegando a saber que los principales ríos se encuentran por debajo de los valores ECAs-agua, las quebradas presentan bajo pH, en cuanto a los índices los ríos y quebradas de la cuenca alcanzaron la calificación buena.

Espinoza & Chavez (2021), determinaron la calidad del agua del río Ichu en el distrito de (Huancavelica-Perú), obtuvieron datos de parámetros físicos, químicos y microbiológicos en 6 puntos como: temperatura entre 13 °C y 14 °C; pH de 7.3 a 7.5; turbidez entre 2 a 6 UNT; nitratos valores entre 9.5 a 13.7 mg/l; fosfatos entre 0.5 a 0.6 mg/l; coliformes fecales de 1500 a 2273 NMP/100 ml, determinaron que el agua puede ser potabilizadas con desinfección.

Cajahuaman & Vasquez (2022), en el río Shanay - distrito de Honora (Huánuco-Perú) investigaron la calidad del agua obteniendo parámetros fisicoquímicos las cuales son: en aceites y grasas de <2.3 a 3.9 mg/l; demanda bioquímica de oxígeno 2.7 a 4.8 mg/l; pH de 7.89 a 8.26; nitratos <0.03 N; dureza total de 45 a 355 mg CaCO₃/l; fosfato de <0.0 a <0.10 mg/l; turbiedad de 3.5 a <0.5 NTU; conductividad eléctrica 489 a 909 uS/cm; sólidos totales disueltos de 357 a 592 mg/l y temperatura de 40.6 a 85.9 °C y en los parámetros microbiológicos obtuvieron coliformes fecales de 6 a 1600 NMP/100 ml; coliformes totales de 15 a 1780 NMP/100 ml; *Escherichia coli* de 0 a 710 NMP/100 ml, llegaron a la conclusión que el agua no es apto para el consumo humano.

Marrero *et al.*, (2019), en 24 puntos de captación entre ríos, manantiales, pozos, lagos, reservorios y quebradas de las principales provincias de la región de Puno, determinaron parámetros microbiológicos y físico químicos, obtuvieron temperatura de un rango de 5.30 - 20.50 °C; oxígeno disuelto 2.43 – 8.06 mg/l; pH 6.23 – 8.75;



conductividad eléctrica el 16% de los muestreos superan los ECAs; nitratos obtuvieron el valor mínimo en Ayaviri 0.020 mg/l y el valor máximo es en Desaguadero 2.817 mg/l; Coliformes Totales y Coliformes Fecales son elevados en los puntos de Sandía, Juliaca, Ilave, Puno y Ayaviri; calcio encontraron en Desaguadero, Ayaviri, Azángaro, Macusani y Putina sobrepasan los 60 mg/l; Magnesio en Yunguyo y Puno obtuvieron concentraciones más altas con 39.38 mg/l; hierro en Ilave, Juli, Yunguyo, Puno, Juliaca y Lampa sobrepasan los 0.3 mg/l, pero en Ayaviri tiene concentraciones muy bajas, llegan a la conclusión que en la zona sur las fuentes de agua analizadas de la región Puno no tienen buena calidad y esta correlacionado con las enfermedades diarreicas agudas.

Inquilla (2020), en el río Coata (Puno-Perú) investigó los índices microbiológicos y fisicoquímicos en 3 zonas, obteniendo el promedio en coliformes totales de 2400, 2400 y 150 NMP/100 ml y fecales 124, 73.67 y 19.33 NMP/100 ml estas superan el límite máximo permisible según ECA, en cuanto a parámetros fisicoquímicos el pH es 7.50, 7.57 y 7.64; conductividad eléctrica 1195.67, 620.33 y 672.67 $\mu\text{S}/\text{cm}$; sulfatos 73.80, 61.63 y 65.00 mg/l; dureza 347.62, 307.78 y 293.69 mg/l estas se encuentran dentro de los parámetros normales, la demanda bioquímica de oxígeno obtuvo 5.03, 3.96 y 4.13 mg/l; demanda química de oxígeno 12.57, 9.83 y 10.33 mg/l; cloruros 342.56, 309.90 y 272.58 mg/l y otros parámetros se encuentran elevados según ECA.

Gerónimo (2022), en el río Ilave (Puno-Perú) determinó la calidad fisicoquímica y microbiológica en el área de influencia de la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Ilave, obteniendo los siguientes resultados: temperatura 14.96 °C; sólidos totales disueltos 949.17 mg/l, conductividad eléctrica 468.67 $\mu\text{S}/\text{cm}$; pH 7.09, demanda bioquímica de oxígeno de 37.92 mg/l; demanda química de oxígeno 56.5 mg/l, oxígeno disuelto 5.03 mg/l; fósforo total 1.39 mg/l; nitratos 10.91 mg/l y coliformes



termotolerantes 3300 NMP/100 ml; para la interpretación de estos resultados uso el protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales y el decreto supremo N° 004-2017-MINAM, por lo tanto las aguas residuales domésticas inciden en forma negativa y de manera directa en el río en su condición de cuerpo receptor.

Espinoza (2023), en el río Coata (Puno) a nivel del (Puente Independencia) determino de los Parámetros Físicos y Químicos obteniendo la temperatura de 12.9 °C; conductividad eléctrica 393 y 460 $\mu\text{S}/\text{cm}$; sólidos disueltos totales 117.40 y 229 mg/l; turbidez 7.56 y 0.90 NTU; pH 8.11 y 8.27; cloruros 307.90 y 319.90 mg/l; sulfatos 253 y 215.60 mg/l estos resultados inciden de forma negativa y de manera directa a la desembocadura del lago Titicaca.



2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. El agua

El agua es un elemento vital para la estabilidad del ser vivo, para la formación y el desarrollo en la sociedad (SUNASS, 2004). Guerrero (2012) menciona: que el agua existe en el planeta tierra en sus 3 formas: líquida, sólida y gaseosa, este elemento primordial para la vida cubre más del 70% de la superficie del planeta; se distribuye en los océanos, lagos, ríos; el aire y el suelo, en cuanto a los océanos la cantidad de agua es del 97.5% del planeta (agua salada), en cuanto al agua dulce representa el 2.5% los cuales está en glaciares, la nieve y el hielo esta representa el 80% del agua dulce, el agua subterránea 19% y el agua de superficie accesible rápidamente sólo el 1% (Fernández, 2012). Fundación AQUAE (2022) indica que el 2.5% que representa el agua dulce solo está disponible el 0.007% para la humanidad, el otro porcentaje está distribuido y almacenada en los acuíferos.

2.2.2. Aguas superficiales

Las aguas superficiales incluyen lagos, embalses, ríos y humedales; los lagos almacenan mayor cantidad de agua dulce superficial, incluso 40 veces más que en los ríos, ya que en ríos y arroyos almacenan alrededor de 2120 kilómetros cúbicos de agua dulce superficial (Canal de Isabel II Gestión, 2015). Este cuerpo de agua es el eje primordial para el desarrollo de los seres humanos ya que permite el abastecimiento para distintas actividades socioeconómicas que realizan en los asentamientos poblacionales; sin embargo, las actividades ocasionadas por una población ocasionan alteraciones y deterioro; en caso de las aguas superficiales están sometidas a contaminación natural que viene a ser el (arrastre de material



particulado, disuelto y la presencia de materia orgánica natural) y de origen antrópico que engloba a las descargas de aguas residuales domésticas, escorrentía agrícola, efluentes de procesos industriales, entre otros (Torres *et al.*, 2009).

Los ríos son origen de manantiales que también son aguas subterráneas que surgen a la superficie, los glaciares o las nubes, de este nacimiento siguen la pendiente hasta llegar al mar, un lago, otro río o se pierde en un terreno, los ríos tiene variaciones en su caudal debido a que aumenta en estaciones lluviosas o de deshielo y disminuye en épocas de sequías (Funcagua, 2020).

2.2.3. Calidad del Agua

La calidad del agua incide directamente en la preservación de los ecosistemas y el bienestar humano (ANA, 2018); Baeza (2016) indica que son las características físicas, químicas y biológicas en el agua en su estado natural o alteradas por el accionar humano con normas de calidad del agua o estándares que está asociada principalmente al uso del agua para consumo humano y otros usos, el deterioro de la calidad del agua se ha transformado en motivo de preocupación a nivel mundial a causa del crecimiento de la población, la actividad industrial, agrícola y la amenaza del cambio climático como causa de importantes alteraciones en el ciclo hidrológico.

En Perú a partir del año 1969 contaba con la Ley General de Aguas, D.L. N° 17752, este tenía el objetivo de proteger la calidad de las aguas superficiales, a partir del Código del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales (D.L. N° 613) de 1990 se inicia el interés por la protección del ambiente, después de 15 años se aprueba la Ley General del Ambiente, Ley 28611. Consecutivamente, con la creación del Ministerio del Ambiente, en el año 2008 se promulgaron los



Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua (D.S. N° 002-2008-MINAM), estás fueron actualizados recientemente en el (D.S. N° 004-2017-MINAM); como también los límites máximos permisibles (LMP) que se aplica para diversas industrias y el sector saneamiento. En el año 2009 se promulgó la Ley de Recursos Hídricos, Ley N° 29338 y su reglamento (D.S. N° 001-2010-AG) que reemplazó a la Ley General de Aguas, y otras normas complementarias para las autorizaciones de uso, reusó y vertimiento, esta se designó a la Autoridad Nacional del Agua como el ente rector del Sistema Nacional de los Recursos Hídricos (Bauer *et al.*, 2017).

a. Estándares de calidad ambiental del agua (ECA)

La aprobación de los estándares de calidad ambiental para agua se encuentra en el decreto supremo N°004-2017-MINAM, esta se basa en el numeral 22 del artículo 2 de la Constitución Política del Perú que establece que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida; motivo por el cual existen entidades y órganos correspondientes, que diseñan y aplican las normas que sean necesarias para garantizar el efectivo ejercicio de los derechos y el cumplimiento de las obligaciones y responsabilidades contenidas en la Ley; en el numeral 31.1 del artículo 31 de la Ley, detalla al Estándar de Calidad Ambiental (ECA) como la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente.



Por el numeral 8 del artículo 118 de la Constitución Política del Perú, así como el numeral 3 del artículo 11 de la Ley N° 29158, Ley Orgánica del Poder Ejecutivo; DECRETA:

El artículo 1, 2 y 3 mencionan el objeto de la norma, aprobación y la categorización de los ECA, la norma tiene como objeto compilar las disposiciones aprobadas mediante el Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, N° 023-2009-MINAM y N° 015-2015-MINAM, estas aprueban los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, quedando sujetos a lo establecido en el presente Decreto Supremo y el Anexo que forma parte integrante del mismo. En esta compilación normativa modifica y elimina algunos valores, parámetros, categorías y subcategorías de los ECA, y mantiene otros, que fueron aprobados por los referidos decretos supremos. La categorización de los ECA es en función de varios usos que se da a una fuente de agua, como se muestra en la tabla 1:

Tabla 1

Categorías de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua

Categoría 1 Poblacional	Subcategoría a: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable.	A1 Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección
		A2 Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional
		A3 Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
	Subcategoría b: aguas superficiales destinadas para recreación.	B1. contacto primario
		B2. contacto secundario
Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales	Subcategoría C1: Extracción y cultivo de moluscos, equinodermos y tunicados en aguas marino costeras	Agua destinado a la extracción o cultivo de moluscos, equinodermos y tunicados.
	Subcategoría C2: Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en aguas marino costeras	Aguas destinadas a la extracción o cultivo de otras especies hidrobiológicas para el consumo humano directo e indirecto como los peces y las algas comestibles.
	Subcategoría C2: Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en aguas marino costeras	Aguas aledañas a las infraestructuras marinas portuarias, actividades industriales o servicios de saneamiento como los emisarios submarinos.
	Subcategoría C4: Extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagos o lagunas	Aguas destinadas a la extracción o cultivo de especies hidrobiológicas para consumo humano.
Categoría 3: riego de vegetales y bebida de animales	Subcategoría D1: Riego de vegetales	Agua para riego no restringido Agua para riego restringido
	Subcategoría D2: Bebida de animales	Aguas utilizadas para bebida de animales mayores como ganado vacuno, equino o camélido, y para animales menores como ganado porcino, ovino, caprino, cuyes, aves y conejos.
Categoría 4 Conservación del ambiente Acuático	Subcategoría E1: Lagunas y lagos	Son cuerpos de agua lenticos, que no presentan corriente continua, incluyendo humedales.
	Subcategoría E2: Ríos	Ríos de la costa y sierra Ríos de la selva
	Subcategoría E3: Ecosistemas costeros y marinos	Estuarios Marinos

Fuente: (MINAM, 2017).



2.2.4. Parámetros físicos del agua

Las características físicas del agua, mencionadas así debido a que pueden impresionar a los sentidos (vista, olfato, etc.), tienen directa incidencia sobre las condiciones estéticas y de aceptabilidad del agua (Barrenechea, 2004).

a. Temperatura

La temperatura es un parámetro físico que nos permite medir las sensaciones de calor y el frío (COBCM/COBCLM, 2015), influye en la actividad biológica, absorción de oxígeno, precipitación de compuestos, formación de depósitos, desinfección y los procesos de mezcla, floculación, sedimentación y filtración (Barrenechea, 2004). Este parámetro físico por medio del agua es el responsable de la esencialidad en la homeostasis, función y estructura de las células y tejidos del organismo (Carbajal & González, 2012). Además se influencia con el oxígeno que puede transportar el agua, ya que a menor temperatura transporta más oxígeno y aporta positivamente en la sensibilidad de los organismos frente a los residuos tóxicos (COBCM/COBCLM, 2015).

Existen Múltiples factores, principalmente ambientales que pueden hacer que la temperatura del agua varíe continuamente (Barrenechea, 2004). Por otro lado, APHA *et al.*, (1992) menciona que el aumento de la temperatura es a consecuencia de los vertidos de agua caliente de plantas industriales y las aguas de escorrentía urbanas, afectando en los ciclos reproductivos, la digestión, la respiración de los organismos que habitan en las aguas, la fotosíntesis de plantas y algas y cuando la temperatura es demasiado elevada, se presenta muerte en peces (ANA, 2018).



La temperatura dentro de otros parámetros de calidad influye en el pH, el déficit de oxígeno, la conductividad eléctrica y otras variables fisicoquímicas (DIGESA, 2006).

Para consumo humano y bebida de animales: $\Delta 3$: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio del área evaluada (MINAM, 2017). Sin embargo según la legislación canadiense para agua de consumo la concentración máxima aceptable de temperatura es 15°C (DIGESA, 2006).

b. Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica (CE) del agua es una medida que tiene la capacidad de transportar la corriente eléctrica, dependiendo de la presencia de sales disueltas en el agua (calcio, magnesio, sodio, potasio, bicarbonatos, cloruros, sulfatos, etc.) y concentración total, la movilidad y concentraciones relativas (APHA *et al.*, 1992; HiDRAQUA, 2017). Solís *et al.*, (2018) menciona que en el Sistema Internacional de Unidades la conductividad eléctrica se expresa como siemens por metro (S/m), sin embargo por simplicidad se utiliza $\mu\text{S}/\text{cm}$ a una temperatura de 25 °C, la solubilidad de las sales en el agua va de la mano con la temperatura, por ello la conductividad se modifica en conformidad con la temperatura del agua.

En agua pura la concentración de sales es mínima, razón por la cual la conductividad tiende a ser baja y mediante el agua tenga más sales disueltas mayor será la conductividad eléctrica, como es el caso del agua de mar que llega a valores entre 50000 – 55000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (HiDRAQUA, 2017). La variación de los valores de conductividad aparte de la temperatura, varía en función de la fuente de agua como pueden ser: agua subterránea, agua de escorrentía de la agricultura, aguas



residuales y precipitación, asimismo, influye en la debilitación a especies de plantas, animales y organismos si esta es elevada (Inquilla, 2020), la influencia en las plantas se debe a los efectos osmóticos que provoca la concentración total de las sales en el hídrico del suelo, la toxicidad de los iones y la dispersión de las partículas de suelo provocado por la presencia del sodio (DIGESA, 2006); las aguas residuales tiende a presenciar la concentración de Cl^- , NO_3^- y SO_4^{2-} razón por la que la conductividad tiende a elevarse (Tortora *et al.*, 2007).

Si la conductividad es mayor que $800 \mu\text{S}/\text{cm}$ puede ocasionar sarro en las tuberías y daño de filtros (UICN, 2018). Según la APHA *et al.*, (1992) la conductividad de las aguas residuales domesticas puede estar próxima a la del suministro hídrico local, pero algunos residuos industriales exhiben conductividades superiores a $10.000 \mu\text{mhos}/\text{cm}$.

Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable con tratamiento convencional: $1600 \mu\text{S}/\text{cm}$ (MINAM, 2017).

Aguas superficiales destinadas para bebida de animales: $5000 \mu\text{S}/\text{cm}$ (MINAM, 2017).

2.2.5. Parámetros químicos del agua

El agua es un solvente universal, por ello puede contener cualquier elemento de la tabla periódica, existe algunos elementos significativos para el tratamiento del agua cruda con fines de consumo o los que tienen efectos en la salud del consumidor (Barrenechea, 2004).



a. Potencial de hidrógeno

El pH interviene en algunos fenómenos que pasa en el agua, tal como es la corrosión y las incrustaciones en las redes de distribución, también puede influir en procesos de tratamiento del agua, se considera que el pH de las aguas tanto crudas como tratadas deben estar de 5.0 y 9.0 unidades (Barrenechea, 2004). Por otro lado APHA *et al.*, (1992) mencionan que el pH se manipula en las determinaciones de alcalinidad y dióxido de carbono y en otros equilibrios de ácido-base, ante ello la mayoría son ligeramente básicas porque hay presencia de bicarbonatos y carbonatos de los metales alcalinos y alcalinotérreos.

El pH no ejerce efectos inmediatos en los consumidores, pero en valores elevados de pH 11 produce irritación ocular y agravación de trastornos cutáneos y en cuanto a la desinfección con cloro es mejor cuando el pH es inferior a 8 (DIGESA, 2006).

El pH fisiológicamente en el ser humano y otros animales tiene mucha importancia ya que la concentración de los hidrogeniones extracelular se relaciona con la concentración de hidrogeniones intracelulares, debido a la existencia de variaciones provenientes de la dieta o metabolismo tisular modifican de forma sustancial la velocidad de muchas reacciones químicas catalizadas por enzimas llegando a ocasionar acidosis o alcalosis (Vásquez *et al.*, 2012). La hemoglobina es una de las proteínas presentes en el ser humano y animales su función es que permite la unión del oxígeno al grupo hem y realiza el intercambio de CO₂ entre los pulmones y tejidos; el pH, la temperatura y concentración de 2.3 – difosfoglicerato son factores que afecta la afinidad de la hemoglobina por el oxígeno, el efecto Bohr o efecto pH es el que favorece la unión y transporte del



oxígeno y dióxido de carbono, sin embargo si el pH es acida la hemoglobina disminuye la afinidad por el oxígeno (Ariznavarreta *et al.*, 2005).

El origen de los cambios del pH se debe a dos factores principales: la capacidad del obstáculo, la entrada de sustancias básicas o acidas ya sean sintéticas o naturales y entre otros factores es el aumento de la temperatura que ocasiona la disminución del pH, sin embargo el elevado crecimiento de algas puede ocasionar cambios diurnos en el pH ya que las algas al crecer y reproducirse usan CO₂ y esta acción hace que el pH sea más alcalina, así mismo los desperdicios sintéticos vertidos al agua reducen el pH como la lluvia acida que proviene de desechos domésticos, industriales, automotrices y drenajes mineros (California environmental protection agency, 2010). El pH en aguas cuando son demasiado ácidas disuelven los metales en las conducciones como el plomo, cobre y zinc, estas al ser bebidos afectan peligrosamente la salud (Pérez, 2016).

Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable con tratamiento convencional: 5.5 - 9.0 (MINAM, 2017).

Aguas superficiales destinadas para bebida de animales: 6.5 - 8.4 (MINAM, 2017).

b. Dureza total

La dureza del agua es una medida de la capacidad para precipitar el jabón, esta es precipitado destacadamente por los iones de calcio y magnesio (APHA *et al.*, 1992), estos elementos son iones alcalinotérreos (Harris, 2007), también se debe a la presencia de hierro; se originan en áreas que tienen la capa superficial gruesa y contienen formaciones de piedra caliza, estas aguas son satisfactorias



para consumo humano por denotar una simple desinfección, las aguas superficiales son más blandas que las aguas profundas por ello no tiene riesgo directo a la salud pero puede causar problemas a los consumidores a concentraciones mayores de 200 mg/l al gasto de jabón en un lavado (DIGESA, 2006).

Harris (2007), indica que la dureza del agua es beneficiosa en agua para riego, debido a los iones alcalinotérreos tienden a flocular las partículas coloidales del suelo, por consiguiente aumenta la permeabilidad del suelo al agua.

La dureza total es la suma de las concentraciones de calcio y magnesio, ambos expresados como carbonato cálcico, en miligramos por litro (mg/l).

Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable con tratamiento convencional: no se aplica (MINAM, 2017).

Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable con desinfección: 500 mg/l (MINAM, 2017).

Aguas superficiales destinadas para bebida de animales: no aplica (MINAM, 2017).

El agua se puede considerarse blanda cuando tiene dureza menor de 100 mg/l; medianamente dura, cuando tiene de 100 a 200 mg/l; y dura cuando tiene de 200 a 300 mg/l en todos los casos, como CaCO_3 (Barrenechea, 2004), debido a que las normas de calidad no establecen un límite específico para la dureza a excepción para el consumo humano con desinfección, el impacto de la dureza en la salud, al estar compuesta por calcio y magnesio, los cuales son esenciales para el organismo debido a que el calcio es el más abundante en el organismo humano



aporta 1.5 a 2.0% del peso total, es responsable de las funciones que afectan el sistema óseo, además tiene importancia en la transmisión neuromuscular de estímulos químicos y eléctricos; el magnesio tiene la importancia como cofactor y activador de reacciones enzimáticas entre ellas la glucólisis, el metabolismo del ATP, entre otros; a ello la dureza posiblemente no tiene efectos adversos en la salud, pero según Neira (2006) indica que exceso ocasiona sabores desagradables, sequedad en la piel y cabello, incrementa la incidencia de los ataques cardíacos, anomalías del sistema nervioso y la litiasis urinaria, a causa de la hipercalcemia y la hipermagnesemia (Leder *et al.*, 2009; NIH, 2020).

En los animales el calcio es un mineral que cumple con la función en la presión sanguínea, contracción y relajación muscular, transmisión nerviosa, activación de enzimas y sobre todo en la producción de leche y formación de cascara de huevo; la deficiencia de esta ocasiona retraso del crecimiento, baja producción de leche y entre otros, en contraste el exceso del calcio puede ocasionar la secreción de calcitonina ocasionando osteoporosis y cálculos renales al igual que en el ser humano; el magnesio cumple las mismas funciones que en el ser humano a excepción que este mineral sirve como alcalinizante y de forma tampón ruminal mejorando los niveles de grasa y producción de leche en bovinos (Reyes & Mendieta, 2000).

El impacto de la dureza en la industria o de uso doméstico el calcio y el magnesio son los principales contaminantes que forman incrustaciones en la mayoría de los abastecimientos de agua cruda (DIGESA, 2006).



c. Cloruros

Los cloruros es la medida de la concentración de salinidad en descargas de industrias petroleras y residuales, la concentración elevada de cloruro es corrosiva en el agua impidiendo el uso para el consumo humano y el ganado (DIGESA, 2006), el cloruro en forma de ion (Cl^-), es el anión inorgánico principal en el agua residual y natural, en agua potable el sabor salado producido por el cloruro es variable y depende de la composición química del agua ya que puede ser también por el sodio, en aguas naturales el cloruro proviene de la disolución de suelos y rocas que están en contacto con el agua, Barrenechea (2004) indica que en aguas superficiales los cloruros no es el factor de salinidad por general sino los sulfatos y carbonatos.

El cloruro como un elemento pasivo al sodio, es un potente electrolito biológicamente activo, este anión es el más fuerte en la sangre constituyendo dos tercios de todas las cargas negativas en el plasma y un tercio de la tonicidad plasmática, la función que cumple es en la regulación de fluidos corporales, balance electrolítico, la preservación de la electroneutralidad del estado ácido básico y es un componente esencial de muchas condiciones patológicas. Los valores anormales simbolizan desórdenes metabólicos como la acidosis metabólica o alcalosis (Rojas, 2019).

Las concentración de cloruro es mayor en aguas residuales que en las naturales a causa del cloruro de sodio (NaCl) por ser el más común en la dieta y ser metabolizado en el aparato digestivo, también pueden dañar las conducciones, estructuras metálicas y perjudicar el crecimiento vegetal (APHA *et al.*, 1992).



Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable con tratamiento convencional: 250 mg/l (MINAM, 2017).

Aguas superficiales destinadas para bebida de animales: no aplica (MINAM, 2017).

Aguas superficiales destinadas riego de vegetales: 500 mg/l (MINAM, 2017).

d. Sulfatos

Los sulfatos son sales o ésteres del ácido sulfúrico que contienen como unidad normal un átomo de azufre; este parámetro se combina con otros elementos para originar una variedad de sales con una amplia gama de características químicas, como son los sulfatos de sodio, potasio y magnesio los cuales son solubles en agua, la unidad básica del sulfato (el azufre) está dentro de los aminoácidos cisteína y metionina, polipéptidos, proteínas y enzimas teniendo importancia en la biología molecular (Mera, 2016); Reyes & Mendieta (2000), acota que el azufre está presente en la tiamina y biotina estas vitaminas son parte de la saliva, bilis y en la hormona de la insulina.

El sulfato se distribuye ampliamente en la naturaleza, es un componente natural de las aguas superficiales (Barrenechea, 2004), las mayores concentraciones se pueden deber a los residuos del drenado de minas por la oxidación de la pirita (APHA *et al.*, 1992), el sulfato es uno de los aniones de baja toxicidad, pero en grandes concentraciones puede ocasionar catarsis, deshidratación e irritación gastrointestinal llegando a niveles elevados de percibir diarrea y deshidratación a esto los niños son más sensibles al sulfato a



comparación de los adultos (DIGESA, 2006) y en los animales como en los caballos la toxicidad por azufre causa hiperparatiroidismo, en conejos aumenta la mortalidad prenatal, en aves existe una reducción de huevos y en los mamíferos puede ocasionar abortos (Reyes & Mendieta, 2000).

Las sales de los sulfatos son solubles en agua a excepción de los de Pb, Ba y Sr; el ion procede fundamentalmente de los procesos de disolución de yesos ($\text{CaSO}_4 - 2\text{H}_2\text{O}$) (Moreno *et al.*, 2011), descargas a través de los desechos industriales y de los depósitos atmosféricos, y sin olvidar las cantidades procedentes de la oxidación bacteriana de sulfuros (DIGESA, 2006). En aguas superficiales los sulfatos y carbonatos son el factor de salinidad (Barrenechea, 2004).

Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable con tratamiento convencional: 500 mg/l (MINAM, 2017).

Aguas superficiales destinadas para bebida de animales y riego de vegetales: 1000 mg/l (MINAM, 2017).

e. Alcalinidad total

La alcalinidad es la capacidad para neutralizar ácidos, en la diversidad de fuentes hidrográficas superficiales depende primordialmente del contenido en carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos (APHA *et al.*, 1992), está influenciada por el pH y composición general del agua (Barrenechea, 2004), este parámetro no se aplica para algunos estándares de calidad de agua a excepción para uso de riego debido al exceso de concentración de metales alcalinotérreos, es por ello que es una medida agregada del agua, y solamente puede interpretarse en términos de sustancias específicas cuando se conoce la composición química de la muestra, la



importancia también es la interpretación y control de los procesos de tratamiento de aguas limpias y residuales, las aguas residuales domésticas por lo general tienen alcalinidad menor o ligeramente mayor que el suministro (APHA *et al.*, 1992).

Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable con tratamiento convencional: no aplica (MINAM, 2017).

Aguas superficiales destinadas para bebida de animales: no aplica (MINAM, 2017).

Aguas superficiales destinadas riego de vegetales: bicarbonatos 518 mg/l (MINAM, 2017).

f. Nitratos

El nitrógeno tiene importancia en el desarrollo de los animales y las plantas acuáticas, en el agua se encuentra formando amoníaco, nitratos y nitritos (Barrenechea, 2004).

Los nitratos son compuestos químicos inorgánicos formado por 3 átomos de oxígeno, un nitrógeno y con carga negativa (Armestre, 2022), estas surgen a partir de los nitritos (NO_2) que son oxidados por el grupo de nitrobacterias (DIGESA, 2006), la presencia de nitratos en el agua tiene dos orígenes según Armestre (2022):

- Nitrógeno inorgánico: su ingreso es por el lavado de suelos ricos en nitratos como consecuencia de aplicación de fertilizantes químicos, esta forma de contaminación es más estable en el tiempo y no es fácil de eliminar.



- Nitrógeno orgánico: su entrada es debido a la contaminación de vertido al medio natural de excrementos de animales (la ganadería) y el vertido de aguas residuales urbanas o la infiltración procedentes de las fosas sépticas mal diseñados y abandonadas.

Los nitratos son muy solubles en agua debido a la polaridad del ion por lo que son movilizados con facilidad de los sedimentos por las aguas superficiales y subterráneas (DIGESA, 2006).

Las elevadas concentraciones de nitratos afecta en la salud humana debido a la toxicidad que tiene en la conversión a nitritos, el grupo que más riesgo tiene son en los bebés menores de 6 meses (Armestre, 2022), debido a que esta sustancia una vez que esté en la sangre, el nitrito reacciona con el ion ferroso (Fe^{2+}) de la desoxihemoglobina y forma la metahemoglobina, ocasionando que el hierro se encuentre en estado férrico (Fe^{3+}), como consecuencia esta es incapaz de transportar el oxígeno, llegando a ocasionar una anomalía en la sangre de los niños llamada metahemoglobinemia por la ingestión de aguas con contenido de nitratos (Barrenechea, 2004). Esta sustancia al ser químicos inorgánicos derivados del nitrógeno, su presencia en la dieta se ha relacionado históricamente con un alto riesgo de desarrollar cáncer en diferentes tejidos debido a su capacidad de transformarse en N-nitrosaminas, altamente carcinogénicas (Londoño & Gómez, 2020).

Los nitratos en agua destinada para bebida de animales tiene importancia en los ganados en caso de los vacunos los nitratos son utilizados por la microbiota para producir las proteínas que necesitan para el crecimiento y reproducirse (Luna *et al.*, 2021), pero según, Carriquiri (2009), menciona que el elevado consumo de



nitratos puede producir gastroenteritis en porcinos, bovinos, ovinos y equinos, también pueden ocasionar un grave cuadro de insuficiencia respiratoria debido a la unión del nitrito que se une a la hemoglobina ocasionando la metahemoglobina.

Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable con tratamiento convencional: 50 mg/l (MINAM, 2017).

Aguas superficiales destinadas para bebida de animales y riego de vegetales: 100 mg/l (MINAM, 2017).

g. Hierro

El hierro es el 4to elemento más abundante en la corteza terrestre equivaliendo un 5%, se caracteriza por ser un metal maleable, tenaz, de color gris plateado y magnético (DIGESA, 2006), el origen del hierro en el agua se debe a la filtración por el suelo y las piedras que pueden disolver estos minerales y en aguas residuales se debe a los tubos de hierro que pueden corroerse y lixiviar hierro (Mcfarland & Dozier, 2006), en el agua puede encontrarse en forma de solución autentica, coloidal que puede ser peptizado por materia orgánica, en complejos inorgánicos u orgánicos de hierro en forma ferrosa o férrica, en muestras filtradas de aguas superficiales oxigenadas, el hierro raramente puede alcanzar concentraciones de 1 mg/l, pero en algunas aguas subterráneas y drenajes superficiales el hierro existe en más cantidad (APHA *et al.*, 1992).

El hierro es un constituyente del organismo humano ya que forma parte de la hemoglobina, por ello no son tóxicos si se encuentran en cantidades estandarizadas, pero si se encuentra mayor de lo estandarizado es realmente fatal, ya que el cuerpo no puede deshacerse de la cantidad extra que desborda, el hierro



se almacena en forma de hemosiderina, esto conlleva a la hemosiderosis una enfermedad causada por los excesivos depósitos hemosiderina en el hígado y en el bazo y la hemocromatosis que es ocasionada por el exceso de hierro en los tejidos corporales (Amatriain, 2000). Puede generar también una fibrosis de hígado e inclusive de una cirrosis hepática, y acelera el desarrollo de otras complicaciones como un carcinoma hepatocelular (DIGESA, 2006), y externamente afecta en el sabor del agua, produce manchas en artefactos sanitarios y prendas de vestir (Barrenechea, 2004).

Según los estándares de calidad del agua recomiendan los siguientes niveles para los diferentes usos:

Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable con tratamiento convencional: 1 mg/l (MINAM, 2017).

Aguas superficiales destinadas para bebida de animales: no aplica (MINAM, 2017).

Aguas superficiales destinadas riego de vegetales: 5 mg/l (MINAM, 2017).

2.2.6. Parámetros bacteriológicos del agua

La calidad bacteriológica del agua engloba indicadores capaces de detectar la contaminación fecal del agua y ofrece una idea de la posible presencia de agentes patógenos que pongan en riesgo la salud de la población. En este sentido, el recuento de heterótrofos y la presencia de coliformes totales dan una idea de la calidad del agua y *Escherichia coli* y los enterococos son indicadores de contaminación fecal (Ishii & Sadowsky, 2008).



Los coliformes son bacterias que se encuentran mayormente en el agua, en especial las bacterias entéricas que habitan el tracto gastrointestinal del hombre y son eliminadas a través de las heces, la introducción de estas bacterias en el agua las condiciones ambientales se diferencian ante ello la capacidad de reproducirse y metabolizar son limitadas, para investigaciones la detección y recuento a nivel de laboratorio son lentos y laboriosos, por ello el grupo alternativo de indicadores son las bacterias coliformes (RIPDA CYTED, 2003); estas se caracterizan por ser indicadores de contaminación del agua y los alimentos (Fernández, 2017), estas bacterias indicadoras permiten realizar la clasificación sanitaria de las aguas para diferentes usos, la determinación de criterios para las normas de calidad, la identificación de contaminantes, el control de procesos de tratamiento de agua y estudios epidemiológicos (Larrea *et al.*, 2013).

a. Coliformes totales y Coliformes termotolerantes

Los coliformes totales es el grupo que comprende a todos los bacilos Gram- negativos aerobios o anaerobios facultativos, no esporulados, que fermentan la lactosa con producción de gas en un lapso máximo de 48 horas a $35^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, este grupo está conformado por 4 géneros principalmente como: *Enterobacter*, *Escherichia*, *Citrobacter* y *Klebsiella* (Camacho *et al.*, 2009); en aguas tratadas, los coliformes totales funcionan como un alerta de que ocurrió contaminación, sin identificar el origen, indican que hubo fallas en el tratamiento, en la distribución o en las propias fuentes domiciliarias su presencia acciona los mecanismos de control de calidad y de procesamiento dentro de la planta de tratamiento de agua, e intensifica la vigilancia en la red de distribución (RIPDA CYTED, 2003).



Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable con tratamiento convencional: no aplica (MINAM, 2017).

Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable con desinfección: 50 NMP/100 ml (MINAM, 2017).

Aguas superficiales destinadas para bebida de animales: no aplica (MINAM, 2017).

Los coliformes termotolerantes o fecales son aquellos coliformes que comprende a los géneros de *Escherichia* y en menor grado *Klebsiella*, *Enterobacter* y *Citrobacter*, este grupo de organismos puede fermentar la lactosa entre 44 - 45 °C (DIGESA, 2006), la capacidad de reproducirse de estos coliformes fuera del intestino de los animales homeotérmicos es favorecida por la existencia de condiciones adecuadas de materia orgánica, pH, humedad, entre otros (RIPDA CYTED, 2003). Se les considera como indicadores de contaminación, ya que el alto recuento de coliformes termotolerantes de una muestra analizada inhabilita el uso de distintas actividades (Mora & Calvo, 2010).

Escherichia coli es la bacteria más común dentro de los coliformes termotolerantes que se encuentra en abundancia en el tracto digestivo del ser humano considerándose como un miembro de la flora normal, puede generar infecciones *E. coli* enteropatógena, esta causa infecciones por la producción de enterotoxinas y respecto a esta bacteria enteropatógena produce la exotoxina provocando la activación de la adenilciclase desarrollando la concentración de AMPc como resultado ocasiona una hipersecreción intensa, prolongada del agua, cloruros e inhibe la resorción de sodio trayendo como consecuencia la diarrea explosiva (Macías *et al.*, 2019).



Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable con tratamiento convencional: 2000 NMP/100 ml (MINAM, 2017).

Aguas superficiales destinadas para bebida de animales: 1000 NMP/100 ml (MINAM, 2017).

La presencia de estos coliformes ponen en riesgo en la salud al tener contacto directo pueden ocasionar infecciones en heridas, mucosas de ojos y oídos y por ingestión ocasionan gastroenteritis aguda (DIGESA, 2006).

2.2.7. Contaminación de aguas superficiales

En el Perú la mayor parte de la población está ubicada en la costa lugar que hay menos agua disponible y se ocasiona la mayor cantidad de aguas residuales domésticas y municipales, como también el sector agricultura utiliza para el riego, el mayor volumen de agua de las fuentes naturales, un estudio realizado por la Autoridad Nacional del Agua (ANA) en el año 2012, demostraba que más del 50% de los recursos hídricos superficiales evaluados tienen un alto grado de contaminación poniendo en grave riesgo su uso, debido a la afectación de la calidad del agua por vertimiento de las aguas residuales municipales, agrícolas, industriales, mineros (informales), de pasivos ambientales, la erosión de suelos y la contaminación de origen geológico. La contaminación de los recursos hídricos afecta directamente a la salud de la población, gasto en medicinas; ocasiona un acrecentamiento de costos para el tratamiento de las aguas, origina conflictos sociales por la contaminación del agua y por otro lado restringe su uso para riego y para consumo, hay una pérdida de oportunidad en la exportación de productos de consumo directo (Bauer *et al.*, 2017).



a. Principales problemas que afectan la calidad del agua en el Perú

- Las aguas residuales y las basuras domésticas

La contaminación por aguas residuales y las basuras domésticas y municipales se debe a la densidad de la población humana, en el mundo desarrollado el consumo urbano diario de agua alcanza la cifra de 400 litros por persona a causa de ello el volumen de aguas residuales domésticas también es alta, estas aguas contienen gran cantidad de sales disueltas, materias orgánicas, partículas, sólidos en suspensión y microorganismos contaminantes, existen muchos vertimientos que no están sujetas a tratamientos y si en caso de que exista tratamientos en algunos pueblos no tiene la verificación adecuada y simplemente están abandonadas (IGME, 2004).

Los residuos sólidos afectan la calidad del agua cuando se encuentran ubicados cerca de bofedales, en las riberas de los ríos y en las quebradas, puesto que al discurrir el agua en épocas de lluvia arrastran los desperdicios y diversos contaminantes a los ríos más cercanos (Bauer *et al.*, 2017).

En el Perú genera un aproximado de 2 217 946 m³ por día de aguas residuales descargadas a la red de alcantarillado de las EPS Saneamiento y solo el 32% de estas recibe tratamiento, por persona la cantidad de agua residual que genera en la selva es de 136 litros/ habitantes /día, en la sierra 144 litros/ habitantes /día y en la costa 145 litros/ habitantes /día (Gómez *et al.*, 2014).

- Minería y metales pesados

Los vertimientos de las aguas residuales causantes de los diferentes tipos de minería contienen trazas de metales pesados de acuerdo al tipo de mineral que



se extrae, además de los insumos químicos empleados en el proceso productivo; en caso de la minería informal afectan directamente a la calidad del agua debido a que emplean en sus procesos artesanales para la obtención del oro, mercurio y cianuro, y esos son vertidos directamente a los cuerpos de agua a través de relaves y drenajes ácidos de mina (Bauer *et al.*, 2017).

- **Otros (agroquímicos, industria, petróleo, detergentes sintéticos, residuos radioactivos, entre otros.)**

Los agroquímicos son usados en la agricultura que es la acción que representa la mayor fuente no puntual de fósforo en las aguas superficiales debido al uso de fertilizantes, la extensión y tipo de ganadería (vacuno, ovino, porcino y aves) y las escorrentías o lluvias que arrastran los residuos de los suelos (Bauer *et al.*, 2017).

La contaminación por las industrias aportan negativamente fluidos ácidos o alcalinos como (metales pesados, fosfatos, nitratos, sulfatos, aceites y grasas, sólidos suspendidos y materia orgánica que se miden como demanda química de oxígeno), los valores máximos admisibles (VMA), en el alcantarillado público para estos parámetros son: pH entre 6 y 9, demanda bioquímica de oxígeno hasta 500 mg/l, demanda química de oxígeno hasta 1000 mg/l, sólidos suspendidos totales hasta 500 mg/l y aceites y grasas hasta 100 mg/l; mientras que para descargar en un cuerpo natural de agua los valores límites máximo permisibles (LMP) son: pH entre 6.5 y 8.5; demanda bioquímica de oxígeno hasta 100 mg/l; demanda química de oxígeno hasta 200 mg/l; sólidos suspendidos totales hasta 150 mg/l y aceites y grasas hasta 20 mg/l (Bauer *et al.*, 2017).



La contaminación por petróleo y sus derivados, como es el caso de la gasolina, naftas, aceites, alquitrán, gas-oil, fueloil, están incrementándose cada día más, los complejos petroquímicos ocasionan serios problemas ya que pueden infiltrarse e invaden acuíferos subterráneos produciendo consecuencias imprevisibles (Gómez *et al.*, 2014).

La contaminación por detergentes sintéticos, se debe al el conjunto de detergentes sintéticos que se usa para el aseo lavado de ropa y limpieza del hogar, esta se ha multiplicado respecto al riesgo de contaminación de las aguas superficiales, ya que su presencia de estos detergente en el agua disminuye la acción biológica de las bacterias presentes en su proceso de depuración (Gómez *et al.*, 2014).

La contaminación por residuos radioactivos son provenientes de los hospitales, industrias y laboratorios químicos-farmacéuticos donde utilizan radioelementos artificiales que pueden contribuir a la contaminación radiactiva del agua (IGME, 2004).

2.2.8. Río Ayaviri

La Subcuenca del río Ayaviri tiene un área de 2 668 36 km² con un perímetro de 297.75 km, la parte más elevada es en la cota de 5100 msnm en el cerro Sapansalla y su parte más baja se ubica en la cota 3839 msnm, lugar que se confluye con el río Azángaro, la longitud total del río principal es de 152.24 km, y este tiene una pendiente media de 0.0003 %; sus principales ríos son el Ayaviri, el Cahuasiri-Puncu Puncu, el Vilamarca, el Umachiri, el Condormilla, el Actani, el Vilcamayo, el Machamarca y el Sora, y su laguna más importante, la de Tantani. El río Ayaviri se forma de la unión de los ríos Santa Rosa y Llallimayo;



el primero nace en las faldas del nevado Kunurana y en el lugar denominado La Raya, en la divisoria con las nacientes del río Urubamba, a una altura de 3895 msnm (Ocola & Laqui, 2017).

En el ámbito de la cuenca del río Ayaviri-Pucará existen ocho centros urbanos (Ayaviri, Llalli, Macari, Santa Rosa, Umachiri, JD Choquehuanca, Pucará y Chupa) en ellos albergan la mayor cantidad de población y están ubicados a lo largo de la cuenca entre el río Santa Rosa hasta antes de la confluencia con el río Azángaro, y que pasan durante su recorrido cerca de Pucará y José Domingo Choquehuanca.

Las fuentes contaminantes en el río Ayaviri están representadas por vertimientos de aguas residuales industriales, municipales y botaderos municipales de residuos sólidos (Tabla 2).

Tabla 2

Inventario de fuentes contaminantes (aguas residuales industriales, municipales y botaderos municipales).

Vertimientos industriales	Vertimientos municipales	Botaderos municipales
- Plantas queseras (privadas).	- Aguas residuales del CP de Kunurana Alto, distrito de Santa Rosa, Macari, Laguna facultativa del distrito de Cupi, planta de tratamiento del distrito de Ocuvi, laguna facultativa del distrito de Melgar, planta de tratamiento del distrito de José Domingo Choquehuanca, laguna facultativa del distrito de Pucará y la laguna facultativa del distrito de Calapuja.	- BM residuos sólidos al margen izquierdo del río Ayaviri a 300 m del cauce proveniente del distrito Llalli.
- centro de investigación Chuquibambilla (Universidad Nacional del Altiplano, Puno).		- BM residuos sólidos al margen izquierdo del río Ayaviri a 200 m del cauce proveniente del distrito Santa Rosa.
- Camal municipal (Melgar).		- BM residuos sólidos al margen izquierdo del río Ayaviri proveniente del distrito de Melgar.
- Planta de producción La Raya (Universidad Nacional del Altiplano, Puno).		- BM residuos sólidos a la margen derecha del río Ayaviri a 190 m del cauce proveniente del distrito de Pucará.
		- BM residuos sólidos en trinchera proveniente de JD Choquehuanca.

Fuente: Ocola & Laqui, 2017 (BM=botadero municipal)

En una investigación realizada en las plantas de tratamiento en la Región Puno indica que en José Domingo Choquehuanca, Yunguyo y Pucará, no cumplen los niveles de eficiencia mínimos debido a que en la planta con filtro percolador



en JD Choquehuanca se encontró una eficiencia de remoción de carga orgánicas en 37.14%, mientras que en la planta que usa lagunas facultativas del distrito de Pucará se alcanza una eficiencia entre el 9 y 30% y en de lodos activos en Yunguyo un 78.26% del 90% que debían lograrse (Mamani, 2015).



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. ZONA DE ESTUDIO

El estudio se realizó en la desembocadura de aguas residuales de la localidad de Pucará del río Ayaviri, en los meses de mayo y junio del año 2023, ubicado en la provincia de Lampa, a una latitud $-15^{\circ} 04' 25''$, longitud $-70^{\circ} 36' 78''$, altitud 3 884 msnm cuenta con 52 600 hectáreas, presenta un clima polar y está comprometida por las coordenadas por el lado sur $15^{\circ} 2' 33''$ y el lado oeste $70^{\circ} 22' 4''$, es reconocido como el lugar cuna de artesanos por el Torito de Pucará.

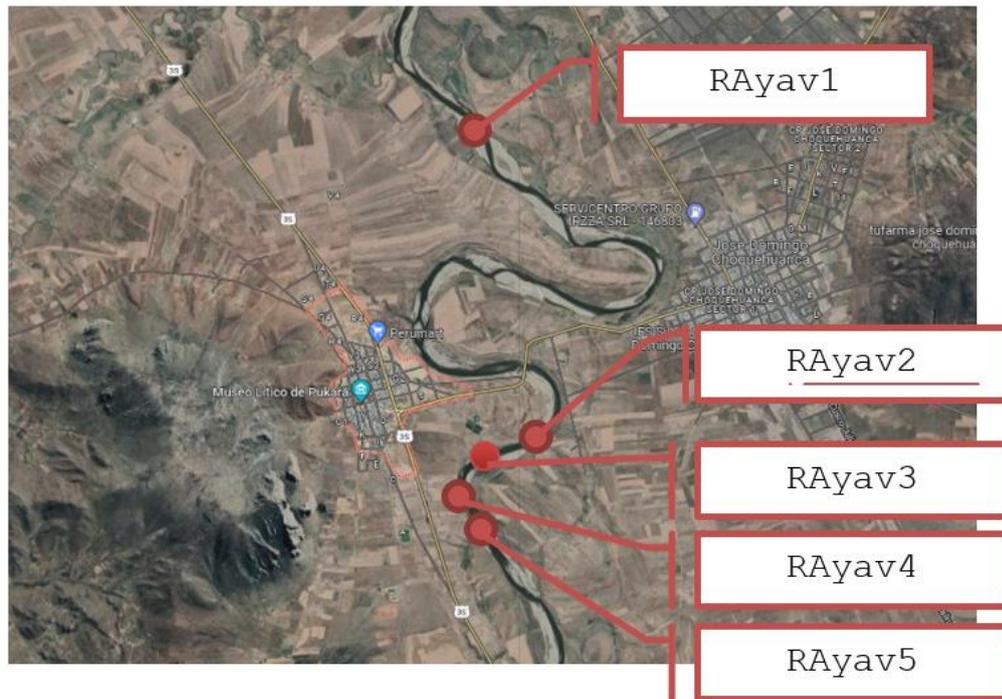
Los análisis fisicoquímicos y bacteriológicos se realizaron en el Laboratorio de Microbiología en la Facultad de Ciencias Biológicas - Universidad Nacional del Altiplano está ubicado en la ciudad de Puno a orillas del Lago Titicaca a 3827 msnm., se encuentra a $15^{\circ} 50' 26''$ de latitud sur, $70^{\circ} 01' 28''$ de longitud Oeste del meridiano de Greenwich.

Los puntos de muestreo en diferentes zonas del río Ayaviri identificadas como (RAYav1, RAYav2, RAYav3, RAYav4 y RAYav5), el punto RAYav1 se denomina como punto control esta no está afectada por vertimientos residuales industriales, municipales y botaderos municipales de las localidades de Pucará y José Domingo Choquehuanca, la corriente que discurre al punto de muestreo RAYav2 es el punto de muestreo que se realizó a 400 metros después del vertimiento de aguas residuales proveniente de la planta de tratamiento con filtro percolador del distrito de José Domingo Choquehuanca, el RAYav3 se denomina la confluencia de la desembocadura de vertimiento residual municipal proveniente de la laguna facultativa del distrito de Pucará con el río Ayaviri, el RAYav4 es el punto de muestreo realizado a 200 metros luego del vertimiento residual municipal

del distrito de Pucará y finalmente el RAYav5 realizó a 400 metros después del vertimiento residual municipal del distrito de Pucará (figura 1).

Figura 1

Ubicación de los puntos de muestreo.



Fuente: Elaboración propia

3.2. DISEÑO Y TIPO DE INVESTIGACIÓN

Se ejecutó bajo un diseño observacional, en razón que se evaluó los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos del río Ayaviri a nivel de la desembocadura de las aguas residuales de la localidad de Pucará.

La investigación fue de tipo descriptivo (Hernández *et al.*, 2014), debido a que se realizó la descripción de los resultados de los valores, concentraciones y recuentos del pH, temperatura, conductividad eléctrica, dureza, cloruros, sulfatos, alcalinidad-bicarbonatos, nitratos, hierro y coliformes totales – termotolerantes en cada punto de muestreo, estos resultados se compararon a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA)



para Agua del DECRETO SUPREMO N° 004-2017-MINAM para estimar si cumple para el consumo humano con tratamiento convencional y bebida de animales. Adicionalmente, fue transversal porque se desarrolló entre los meses de mayo a Julio del año 2023.

3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

La población fue constituida por las aguas del río Ayaviri y la muestra se constituyó de un volumen de 30 litros de agua, se aplicó el criterio por conveniencia, por ello se diseñó la distribución de las unidades de muestreo y puntos de muestreo en la zona, tal como se estima en la Figura 1 y la Tabla 3.

En la Tabla 3, se muestra la distribución de colección de muestra de agua en el río Ayaviri por puntos de muestreo y en los meses de evaluación. Como se mencionó anteriormente se evaluó los valores, concentraciones y recuentos del pH, temperatura, conductividad eléctrica, dureza, cloruros, sulfatos, alcalinidad-bicarbonatos, nitratos, hierro y coliformes totales – termotolerantes en los puntos de muestreo RAYav2, RAYav3, RAYav4 y RAYav5, estas mencionadas se contrastaron con el punto de muestreo RAYav1, quien se caracteriza por no poseer influencia por los vertimientos residuales industriales, municipales y botaderos municipales de las localidades de Pucará y José Domingo Choquehuanca.

En los meses mencionados (mayo y junio) se realizó 6 repeticiones en cada punto de muestreo sumando 15 muestreos por mes.

Tabla 3

Distribución de toma de muestras de aguas del río Ayaviri por puntos y meses de muestreo.

Puntos de Muestreo	MESES DE MUESTREO		TOTAL
	Mayo - 2023	Junio- 2023	
RAyav1	3	3	6
RAyav2	3	3	6
RAyav3	3	3	6
RAyav4	3	3	6
RAyav5	3	3	6
Total	15	15	30

Toma de muestras según ANA (2016)

Se utilizó frascos de vidrio de boca ancha con cierre hermético esterilizado, con un litro de capacidad.

- **Muestreo:** Se sumergió el frasco boca abajo a una profundidad de 20 cm, sin abrir hasta el momento del muestreo, el muestreo se realizó en dirección opuesta al flujo del río (contra la corriente) y se dejó una porción del frasco sin llenar para que el aire asegure un adecuado suministro de oxígeno para los microorganismos que lo necesitan hasta el momento del análisis.
- **Etiquetado y rotulado:** Las muestras de agua después de la recolección se etiquetó de acuerdo a los puntos de muestreo considerando R(Río), las 4 primeras letras de la palabra del cuerpo de agua con numeración continua.



- **La conservación y transporte:** Se usó cajas térmicas donde se conservó las muestras a baja temperatura para ello se utilizó refrigerantes para el control de temperatura (ice pack, otros).
- Las consideraciones tomadas en cuenta fueron: el uso de guantes descartables antes del inicio de la toma de muestras, se midió los parámetros de campo como es el caso de la temperatura y el pH, se evitó la remoción de sedimentos o partículas que pueden alterar los resultados y finalmente se registró la información de la recolección de las muestras.

3.4. DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS EN LA DESEMBOCADURA DE AGUAS RESIDUALES DE LA LOCALIDAD DE PUCARÁ DEL RÍO AYAVIRI, PROVINCIA DE LAMPA, PUNO.

a. Temperatura

Método: Termometría según APHA *et al.*, (1992).

Fundamento: es la medición de la lectura de las cifras de temperatura, esta interviene en el cálculo de otros parámetros fisicoquímicos de alcalinidad, saturación, en el cálculo de la salinidad y otras operaciones generales de laboratorio.

Procedimiento: La temperatura se midió directamente en el punto de muestreo (*in situ*) para minimizar cualquier error (Figura 17).

b. Conductividad eléctrica

Método: electrométrico según APHA *et al.*, (1992).



Fundamento: estima el contenido de constituyentes iónicas indicando la presencia de sales en la muestra de agua, ocasionando la capacidad de transmitir corriente eléctrica.

Procedimiento: En un vaso precipitado se midió un volumen de la muestra, el conductivímetro (HANNA) se calibró y se cambió las unidades de medición, se sumergió en la muestra el equipo sin tocar el fondo o paredes del vidrio, se esperó a que no varié los valores de la conductividad eléctrica en el equipo al cual se denominó como el resultado y finalmente se anotaron los valores con la unidad de medida en micro Siemens/cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$) (Figura 17).

c. Variables analizadas

Variable: Parámetros físicos.

d. Análisis estadístico

Los datos que se ha obtenido de los ítems de los valores físicas son sujetos a pruebas descriptivas (promedio), los cuales son contrastados con los Estándares de calidad ambiental para agua destinadas para ser potabilizada con tratamiento convencional y para bebida de animales.

3.5. DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS QUÍMICOS EN LA DESEMBOCADURA DE AGUAS RESIDUALES DE LA LOCALIDAD DE PUCARÁ DEL RÍO AYAVIRI, PROVINCIA DE LAMPA, PUNO.

a. Potencial de Hidrogeniones (pH)

Método: electrométrico según APHA *et al.*, (1992).

Fundamento: la concentración de “iones hidronio presentes en el agua “el equipo



(pHmetro) está constituida por el electrodo de vidrio que genera una corriente eléctrica proporcional a la concentración de protones de la solución, a partir de ello se evalúa si la muestra de agua es ácida, neutra o básica, es neutra debido a que el contenido de los átomos de hidrógeno y de oxhidrilos son iguales, pero si la cantidad de átomos de hidrógeno (H^+) es más de la cantidad de átomos del oxhidrilo (OH^-), la muestra es ácida.

Procedimiento: En un vaso precipitado de 250 ml se midió un volumen de la muestra consecutivamente de ser homogenizada para sacar las burbujas de aire, el pH metro (HANNA) estuvo calibrado, se enjuagó con agua destilada el electrodo y se sumergió en la muestra el equipo sin tocar el fondo o paredes del vidrio (Figura 17).

b. Sulfatos

Método: turbidimetría según APHA *et al.*, (1992).

Fundamento: mide los sulfatos que se encuentran distribuidos en las aguas duras, donde el ion sulfato precipita en medio de ácido acético con cloruro de bario formando cristales de sulfato de bario de tamaño uniforme.

Procedimiento: En un Matraz Erlenmeyer de 100 ml se transfirió 25 ml de la muestra, se adicionó una pisco de cristales de cloruro de bario, sucesivamente se reposó durante 20 minutos y se realizó la lectura antes de los 5 minutos en espectrofotómetro a 420nm (Figura 21). Los cálculos se calcularon en la siguiente formula:

$$\text{mg SO}_4^{2-} / \text{L} = \frac{\text{mg SO}_4^{2-} / \text{L} * 1.000}{\text{ml muestra}}$$



c. Alcalinidad

Método: titulación según APHA *et al.*, (1992).

Fundamento: tiene la capacidad de neutralizar ácidos, representando la suma de todas las bases titulables, la alcalinidad se debe al contenido de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos.

Procedimiento: en un matraz Erlenmeyer se midió 25 ml de la muestra, se añadió 3 gotas de fenolftaleína (virando a color rosa pálido), para que el líquido vire a un color incoloro se tituló con ácido sulfúrico 0.10N del cual se anotó el gasto que originó la descoloración, a la solución incolora se agregó 3 - 4 gotas de heliantina y se continuó la valoración hasta que el líquido viró de amarillo naranja a naranja intenso metálico, se anotó el gasto de ácido (Figura 18) y finalmente los resultados de los gastos se reemplazó en la formula.

$$\text{Alcalinidad como mg CaCO}_3/\text{L} = \frac{\text{A} * \text{N} * 50 * 1000}{\text{ml de muestra}}$$

Donde:

A: ml de ácido sulfúrico gastados en la titulación.

N: normalidad del ácido sulfúrico.

d. Nitratos

Método: Colorimétrico

Fundamento: El nitrato es el estado de mayor oxidación del nitrógeno, las bacterias autótrofas convierten el amoníaco en nitrito y luego en nitrato en condiciones aeróbicas (HACH) ; en este método los iones nitratos se reducen a



iones nitritos en medios ácidos; estas forman con una amina aromática adecuada un colorante azoico amarillo anaranjado.

Procedimiento: En dos tubos (A - B) se llenó 5 ml de muestra, el tubo A se usó para comparador, sin embargo en el tubo B se añadió 5 gotas de NO_3^-1 y una pizca de NO_3^-2 , después de 5 minutos los tubos A y B se colocaron al comparador y se desplazó hasta alcanzar la igualdad de color en la tarjeta de comparación de colores, que inicia del color blanco a un amarillo intenso (Figura 22) (Visocolor ECO, 2022).

mg/l NO_3^-	1	3	5	10	20	30	50	70	90	120
mg/l $\text{NO}_3^- \text{N}$	0.2	0.7	1.1	2.3	4.5	6.8	11	16	20	27

Fuente: (Visocolor ECO, 2022)

e. Dureza total

Método: titulométrico de EDTA según APHA *et al.*, (1992).

Fundamento: se basa en la capacidad que tiene la sal sódica del ácido etilendiaminotetraacético para crear complejos de quelato solubles al añadir a soluciones de algunos cationes metálicos.

Procedimiento: En un matraz se midió 25ml, luego se adicionó 1 ml de solución tampón y una cucharilla de indicador negro de eriocromo T (torna a un color rojo vino), sucesivamente se tituló con EDTA 0.01 hasta que cambió el color a azul, se anotó el volumen que se gastó (Figura 19) y finalmente se reemplazó el gasto de volumen en la siguiente fórmula:

$$\text{Dureza} = \frac{V_G \text{ EDTA} * M \text{ EDTA} * \text{mmolCaCO}_3 * 10^6}{\text{Volumen de la muestra}}$$

Volumen de la muestra



Donde: V_G = Gasto de EDTA (ml)

M= Molaridad del EDTA (0.0095 M)

meqCO₃ = miliequivalente de CaCO₃

f. Cloruros

Método: argentométrico según APHA *et al.*, (1992).

Fundamento: el cloruro es un anión principal del agua, en el método el cromato potásico puede indicar el punto final de la titulación de cloruros con nitrato de plata precipitando cloruro de plata cuantitativamente antes de formarse el cromato de plata rojo.

Procedimiento: Se usó un Erlenmeyer de 250 ml, se transfirió 25 ml de la muestra, luego se agregó 1 ml de cromato de potasio al 5% (la muestra viró a color amarillo brillante), a continuación, se tituló con nitrato de plata 0.012N hasta el cambio de color a amarillo rojizo, la cantidad de AgNO₃ gastada se anotó (Figura 20) y finalmente se reemplazó el gasto de volumen en la siguiente fórmula:

$$\text{Cloruros (mg/L)} = \frac{V_G \text{ AgNO}_3 * N \text{ AgNO}_3 * \text{meqCl} * 10^6}{\text{Volumen de la muestra}}$$

Dónde: V_G = Gasto de nitrato de plata (ml)

N= Normalidad del nitrato de plata (0.02 N)

meqCl = miliequivalente del Cl.

g. Hierro

Método: colorimétrico



Fundamento: es la propiedad de determinar las sustancias solubles, también llamadas reveladores o indicadores de dar a un medio ácuo coloraciones o tonalidades (López & Fernández, 1988), en caso del hierro el reactivo contiene un agente reductor que cambia el hierro precipitado o suspendido, como óxido, a hierro ferroso (Fe^{2+}), mostrando el indicador en el reactivo forma un color azul con hierro ferroso (HACH, 2016).

Procedimiento: En dos tubos (A-B) se llenó hasta la línea indicadora de la muestra, el tubo A se usó para comparador, sin embargo en el tubo B se añadió el sobre de reactivo en polvo de hierro TPTZ, esta se agito inversamente y se dejó reposar 3 minutos los tubos A y B se colocaron al adaptador de ruta larga para la prueba de rango bajo muestra el color en los tubos de arriba abajo, hasta alcanzar la igualdad de color (Figura 22) (HACH, 2016).

h. Variables analizadas

Variable: Parámetros químicos.

i. Análisis estadístico

Los datos que se ha obtenido de los ítems de las concentraciones químicas son sujetos a pruebas descriptivas (promedio), los cuales son contrastados con los Estándares de calidad ambiental para agua destinadas para ser potabilizada con tratamiento convencional y para bebida de animales.



3.6. DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS BACTERIOLÓGICOS EN LA DESEMBOCADURA DE AGUAS RESIDUALES DE LA LOCALIDAD DE PUCARÁ DEL RÍO AYAVIRI, PROVINCIA DE LAMPA, PUNO.

a. Coliformes totales

Método: Número más probable o tubos múltiples (NMP)

Fundamento: este método consiste en un ensayo de presunción con caldo triptosa y sulfato lauril (el caldo se puede reemplazar con caldo lactosado ya que es otro similar específico para coliformes), seguido de este ensayo presuntivo se realiza la confirmación de los tubos que han producido gas, para el cual se utiliza caldo verde brillante bilis y lactosa, incubado cada tubo durante 24-48 horas a 37 °C (Laura, 2017).

Procedimiento:

Prueba presuntiva: Se inoculó volúmenes de 10 ml, 1 ml y 0.1 ml de las muestras en una serie de 9 tubos con caldo lactosado y con campanas de Durham invertidos, considerando siempre el uso de pipeta nueva para cada inóculo.

- **Incubación:** Las muestras inoculadas en los tubos con caldo lactosado se incubaron a 37 °C durante 24-48 horas.
- **Lectura - test presuntiva:** se consideró positivo aquellos tubos que fermentaron la lactosa y generaron gas en 24 horas.

Prueba confirmativa: De los tubos positivos de la prueba presuntiva, se transfirió un inóculo con asa de platino en aro esterilizado a tubos con caldo verde brillante bilis lactosa con campanas de Durham invertido y sucesivamente se incubó a 37 °C durante 24-48 horas



- **Lectura – test confirmativo:** Se consideró positivos a los tubos que formaron gas y turbidez y finalmente se compararon con la tabla de Hoskins de cálculo NMP.

b. Coliformes Termotolerantes

Método: Número más probable o tubos múltiples (NMP)

Fundamento: este método consiste en un ensayo de presunción con caldo triptosa y sulfato lauril (el caldo se puede reemplazar con caldo lactosado ya que es otro similar específico para coliformes), seguido de este ensayo presuntivo se realiza la confirmación de los tubos que han producido gas, para el cual se utiliza caldo verde brillante bilis y lactosa, incubado cada tubo durante 24 horas a temperaturas de 45.5°C (Laura, 2017).

Procedimiento:

Prueba presuntiva: Se inoculó volúmenes de 10 ml, 1 ml y 0.1 ml de las muestras en una serie de 9 tubos con caldo lactosado y con campanas de Durham invertidos, considerando siempre el uso de pipeta nueva para cada inóculo.

- **Incubación:** Las muestras inoculadas en los tubos con caldo lactosado se incubaron a 45.5 °C durante 24 horas.
- **Lectura - test presuntiva:** se consideró positivo aquellos tubos que fermentaron la lactosa y generaron gas en 24 horas.

Prueba confirmativa: De los tubos positivos de la prueba presuntiva, se transfirió un inóculo con asa de platino en aro esterilizado a tubos con caldo verde brillante bilis lactosa con campanas de Durham invertido y sucesivamente se incubó a 45.5 °C durante 24 horas.



- **Lectura – test confirmativo:** Se consideró positivos a los tubos que formaron gas y turbidez y finalmente se compararon con la tabla de Hoskins de cálculo NMP.

c. Variables analizadas

Variable: Parámetros bacteriológicos.

d. Análisis estadístico

Los datos que se ha obtenido de los ítems de los parámetros bacteriológicos son sujetos a pruebas descriptivas (promedio), los cuales son contrastados con los Estándares de calidad ambiental para agua destinadas para ser potabilizada con tratamiento convencional y para bebida de animales.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. PARÁMETROS FÍSICOS: TEMPERATURA Y CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA EN LA DESEMBOCADURA DE AGUAS RESIDUALES DE LA LOCALIDAD DE PUCARÁ DEL RÍO AYAVIRI, PROVINCIA DE LAMPA, PUNO.

4.1.1. Evaluación de la temperatura

Tabla 4

Temperatura en la desembocadura de aguas residuales de la localidad de Pucará del río Ayaviri, provincia de Lampa, Puno.

Temperatura (°C)							
Puntos de Muestreo	R1	R2	R3	R4	R5	R6	Promedio
RAyav1	12.20	11.70	7.70	9.50	8.20	12.36	10.28
RAyav2	13.30	13.10	7.30	8.00	7.21	13.65	10.43
RAyav3	14.00	10.80	9.00	10.00	8.79	13.11	10.95
RAyav4	16.10	12.40	8.50	8.90	7.93	15.03	11.48
RAyav5	12.60	12.60	8.80	8.70	8.46	12.90	10.68
Promedio General: 10.76 °C							
VALOR ECA	Categoría 1			Categoría 3			
	A2: Δ 3			D2: Δ 3			

Donde: R = repetición (de los puntos de muestreo); Δ 3= significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

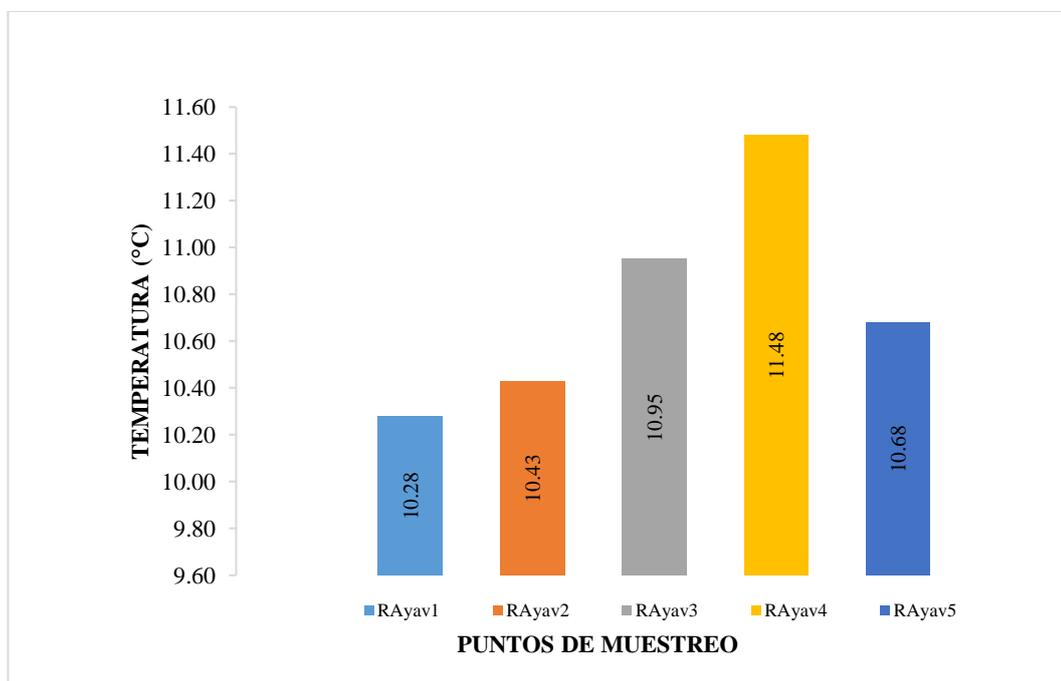
En la Tabla 5, se observa la temperatura evaluada en la desembocadura de aguas residuales de la localidad de Pucará del río Ayaviri, obteniendo promedio general de 10.76 °C de las 6 repeticiones que se realizó en los 5 puntos de

muestreo, los promedios de temperatura por punto de muestreo fueron: 10.28 °C para RAYav1 con un rango de (7.70 – 12.36 °C), 10.43 °C para RAYav2 (7.21 – 13.65 °C), 10.95 °C para RAYav3 (9 – 14 °C), 11.48 °C para RAYav4 (7.93 – 16.10 °C) y 10.68 °C para RAYav5 (8.46 – 12.90 °C).

La temperatura de los puntos de muestreo (RAYav1, RAYav2, RAYav3, RAYav4 y RAYav5), no existe variación de los 3 grados Celsius respecto a los promedios indicado en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua (D.S. 004-2017- MINAM) para las subcategorías A2 y D2 (Figura 2).

Figura 2

La temperatura en la desembocadura de aguas residuales de la localidad de Pucará del río Ayaviri, provincia de Lampa, Puno, comparado con la normatividad vigente (D.S. 004-2017- MINAM).



Fuente: elaboración propia.

La temperatura analizada en la desembocadura de aguas residuales de la localidad de Pucará del río Ayaviri, no existe diferencia de 3 grados Celsius



respecto a los ECAs, estos resultados son inferiores a los obtenidos por Pérez *et al.*, (2021), quienes en el río Grande de Tárcoles (Costa Rica), obtuvieron la temperatura de promedio 26.7 °C, asimismo son inferiores a lo reportado por Rodríguez (2019), quien en el río Mashcón en Huambocancha Baja y Bella Unión (Cajamarca) obtuvo valores de temperatura con media entre 16.28 °C – 18.76 °C y a lo mencionado por Tapia (2021), quien en la bocatoma de planta de tratamiento de Loreto (Perú), reportó la temperatura entre 21.7 °C – 22.3 °C no existiendo la variaciones de los 3 °C.

Por otro lado los resultados obtenidos por Cajahuaman & Vasquez (2022), quienes reportan valores de temperatura muy elevadas entre 40.6 °C a 85.9 °C en el río Shanay - distrito de Honora (Huánuco-Perú) en esta existe la variación de los 3 °C, la causa de esta variación se debe a que el río Shanay Timpishka forma parte de un sistema de manantiales de aguas termales haciéndola tener temperaturas altas.

La evaluación de la temperatura permitió medir las sensaciones de calor y frío en los 5 puntos de muestreo del río Ayaviri, los cuales son inferiores según la legislación canadiense que para agua de consumo la concentración máxima aceptable de temperatura es 15 °C, ya que al tener una temperatura mayor a esta, existe más proliferación de microorganismos (DIGESA, 2006).

La temperatura es un parámetro de suma importancia que por medio del agua interviene en la homeostasis, estructura y funcionamiento de las células por su función termorreguladora (Carbajal & González, 2012), esto lo afirma Barrenechea (2004); ANA (2018), indicando que la temperatura tiene importancia en la actividad biológica de los ciclos reproductivos, la digestión, la respiración



de los organismos que habitan en las aguas, la fotosíntesis de plantas y algas y cuando la temperatura es demasiado elevada ocasiona muerte en peces y otros organismo, asimismo está relacionado en la absorción del oxígeno, ya que a menor temperatura transporta más oxígeno y aporta positivamente en la sensibilidad de los organismos frente a los residuos tóxicos (COBCM/COBCLM, 2015).

Sin embargo, en los ECAs para las categorías A2 y D2 establecida por el MINAM (2017) no hay un valor establecido, sino indica que la temperatura no debe variar más de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada y esta relaciona a las circunstancias climáticas, no conforme a ello se debe verificar el significado de los resultados, en caso de una temperatura elevada se debe a vertimientos de agua caliente, tal como lo afirma APHA *et al.*, (1992) mencionando que el aumento de la temperatura es a consecuencia de los vertidos de agua caliente de plantas industriales, las aguas de escorrentía urbanas, y al contacto de aguas termales como es el caso del río Shanay que resultó temperaturas elevadas por formar parte de un sistema de manantiales de aguas termales (Cajahuaman & Vasquez, 2022).

4.1.2. Evaluación de la conductividad eléctrica

Tabla 5

Conductividad Eléctrica en la desembocadura de aguas residuales de la localidad de Pucará del río Ayaviri, provincia de Lampa, Puno.

Conductividad Eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)							
Puntos de Muestreo	R1	R2	R3	R4	R5	R6	Promedio
RAyav1	556	657	731	744	586	758	672.00
RAyav2	508	623	706	739	541	747	644.00
RAyav3	951	733	898	927	779	976	877.25
RAyav4	833	690	785	787	714	834	773.75
RAyav5	613	648	734	743	620	749	684.50
Promedio General: 730 $\mu\text{S}/\text{cm}$							
VALOR ECA	Categoría 1			Categoría 3			
	A2: 1 600			D2: 5 000			

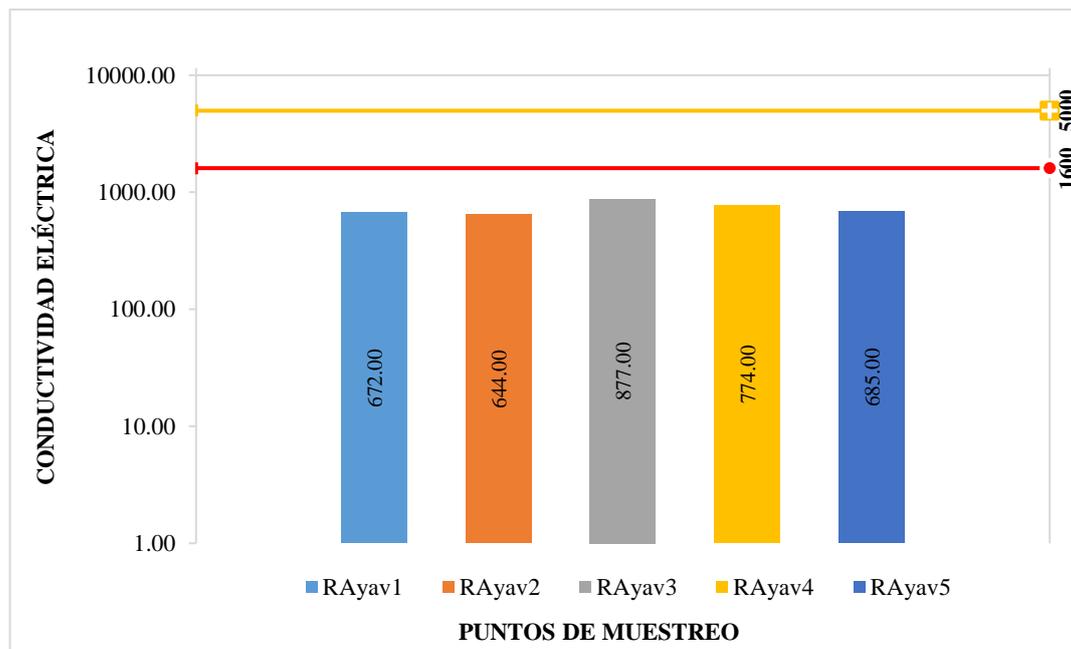
Donde: R = repetición (de los puntos de muestreo); $\mu\text{S}/\text{cm}$ = micro Siemens por centímetro.

En la Tabla 6, la conductividad eléctrica en la desembocadura de aguas residuales de la localidad de Pucará del río Ayaviri obtuvo promedio general de 730 $\mu\text{S}/\text{cm}$ los promedios del pH por punto de muestreo fueron de 672 $\mu\text{S}/\text{cm}$ RAYav1 con valores de (556 – 758 $\mu\text{S}/\text{cm}$), 644 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el punto RAYav2 (508 – 747 $\mu\text{S}/\text{cm}$), 877.25 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el punto RAYav3 (733 – 976 $\mu\text{S}/\text{cm}$), 773.75 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el punto RAYav4 (690 – 834 $\mu\text{S}/\text{cm}$) y 684.50 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el punto RAYav5 con valores entre (613 – 749 $\mu\text{S}/\text{cm}$), llegando a estimar que existe más concentración de sales en el punto RAYav3 lugar de confluencia de la desembocadura de aguas residuales de la localidad de Pucará con el río Ayaviri.

Los valores de conductividad eléctrica de los puntos de muestreo (RAYav1, RAYav2, RAYav3, RAYav4 y RAYav5), se encuentran por debajo de los valores permitidos por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua (D.S. 004-2017- MINAM) para la subcategoría A2 agua que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional (1600 $\mu\text{S}/\text{cm}$) y la subcategoría D2 agua para bebida de animales (5 000 $\mu\text{S}/\text{cm}$) (Figura 3).

Figura 3

Conductividad Eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) en la desembocadura de aguas residuales de la localidad de Pucará del río Ayaviri, provincia de Lampa, Puno, comparado con la normatividad vigente (D.S. 004-2017- MINAM).



Dónde: línea roja=categoría A2; línea amarilla=categoría D2.

La conductividad eléctrica en la desembocadura de aguas residuales de la localidad de Pucará del río Ayaviri no superó los ECAs para agua en la categoría 1: poblacional – subcategoría A2 agua que puede ser potabilizada con tratamiento convencional, los resultados de la investigación fueron similares a lo obtenido por Inquilla (2020), quien reportó y contrastó la conductividad eléctrica (CE) con los



ECAs para agua, para ser potabilizada con desinfección (A1) del río Coata (Puno-Perú), presentando valores de 620.33, 672.67 y 1195.67 $\mu\text{S}/\text{cm}$, este ultima CE supera respecto a la subcategoría A1 contrastada, así mismo los resultados de la investigación son similares a los obtenidos por Marrero *et al.*, (2019), quienes dentro de los 24 puntos analizados esta la captación del río Ayaviri obteniendo en este punto 734.33 $\mu\text{S}/\text{cm}$ de conductividad eléctrica, respectivamente encontrándose dentro los ECAs para agua.

La conductividad eléctrica contrastadas con la subcategoría D2: para bebida de animales no supera a los valores recomendados, estos resultados son similares a las investigaciones que también contrastaron con la categoría 3 agua para riego de vegetales y bebida de animales a lo obtenido por Rodríguez (2019), quien en el río Mashcón en Huambocancha Baja y Bella Unión (Cajamarca) obtuvo promedio de conductividad eléctrica entre 472 – 791 $\mu\text{S}/\text{cm}$, así mismo son similares a los publicados por Castillo & Quispe (2018), quienes en el río Chonta (Cajamarca-Perú), reportaron valores de conductividad eléctrica 460.677 y 295 $\mu\text{S}/\text{cm}$ encontrándose dentro de los valores establecidos. Sin embargo los resultados de la investigación son inferiores a lo obtenido por Gamboa (2018), quien en el río Tingo (Pasco - Perú), reportó valores de conductividad eléctrica de 3835 $\mu\text{S}/\text{cm}$ no superando a los ECAs para la categoría 3.

Los valores de conductividad eléctrica obtenidas no superan los valores establecidos en los ECAs para agua en las subcategorías A2 y D2, pero si se estima que en el punto de muestro RAYav3 se reportó una conductividad mayor respecto a los otros puntos de muestreo, este valor elevado es debido a la presencia de aguas residuales ya que según, Tortora *et al.*, (2007) menciona que el aumento de



concentración de Cl^- , NO_3^- y SO_4^{2-} , la conductividad tiende a elevarse y en este punto existe la contaminación de aguas residuales de la laguna facultativa del distrito de Pucará.

Los puntos de muestreo analizados del río Ayaviri están siendo usadas para consumo humano sin tratamiento convencional por personas que no cuentan con el agua potable, bebida de animales y en algunos casos se usa para riego, y en este último uso es donde la conductividad tiene más importancia ya que una conductividad elevada influencia en el crecimiento y desarrollo de las plantas por los efectos osmóticos que provoca la concentración total de las sales en el hídrico del suelo, la toxicidad de los iones y la dispersión de las partículas de suelo provocado por la presencia del sodio (DIGESA, 2006).

Se rechaza la hipótesis planteada en el proyecto de tesis, en razón de que las concentraciones o valores obtenidos de los parámetros físicos (temperatura y conductividad eléctrica) del río Ayaviri, se encuentran dentro los valores permitidos y no supera los valores de la categoría 1 (subcategoría A2) y categoría 3 (subcategoría D2) en los ECAs para agua.

Luego del análisis, discusión e interpretación antes mencionada respecto a los resultados obtenidos de los valores de temperatura y conductividad eléctrica en las aguas del río Ayaviri, se afirma que las desembocadura de aguas residuales del distrito de Pucará, no afectan el recurso hídrico respecto a los parámetros físicos debido a que no superan los valores permitidos en las normas ECAs para agua en la categoría 1 (subcategoría A2 agua que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional) y categoría 3 (subcategoría D2 agua para bebida de animales).

4.2. PARÁMETROS QUÍMICOS: pH, DUREZA TOTAL, CLORUROS, SULFATOS, ALCALINIDAD, NITRATOS Y HIERRO EN LA DESEMBOCADURA DE AGUAS RESIDUALES DE LA LOCALIDAD DE PUCARÁ DEL RÍO AYAVIRI, PROVINCIA DE LAMPA, PUNO.

4.2.1. Evaluación del pH

Tabla 6

pH en la desembocadura de aguas residuales de la localidad de Pucará del río Ayaviri, provincia de Lampa, Puno.

Valores de pH (unidades)							
Puntos de Muestreo	R1	R2	R3	R4	R5	R6	Promedio
RAyav1	8.27	8.29	8.10	7.60	7.74	8.39	8.07
RAyav2	8.58	8.50	8.50	8.04	8.66	8.16	8.41
RAyav3	7.42	8.00	7.87	8.31	7.53	8.27	7.90
RAyav4	7.87	8.31	8.20	8.36	7.97	8.49	8.20
RAyav5	8.24	8.48	8.42	8.23	8.21	8.47	8.34
Promedio General: 8.18 unidades							
VALOR ECA	Categoría 1			Categoría 3			
	A2: 5.5 – 9.0			D2: 6.5 – 8.4			

Donde: R = repetición (de los puntos de muestreo).

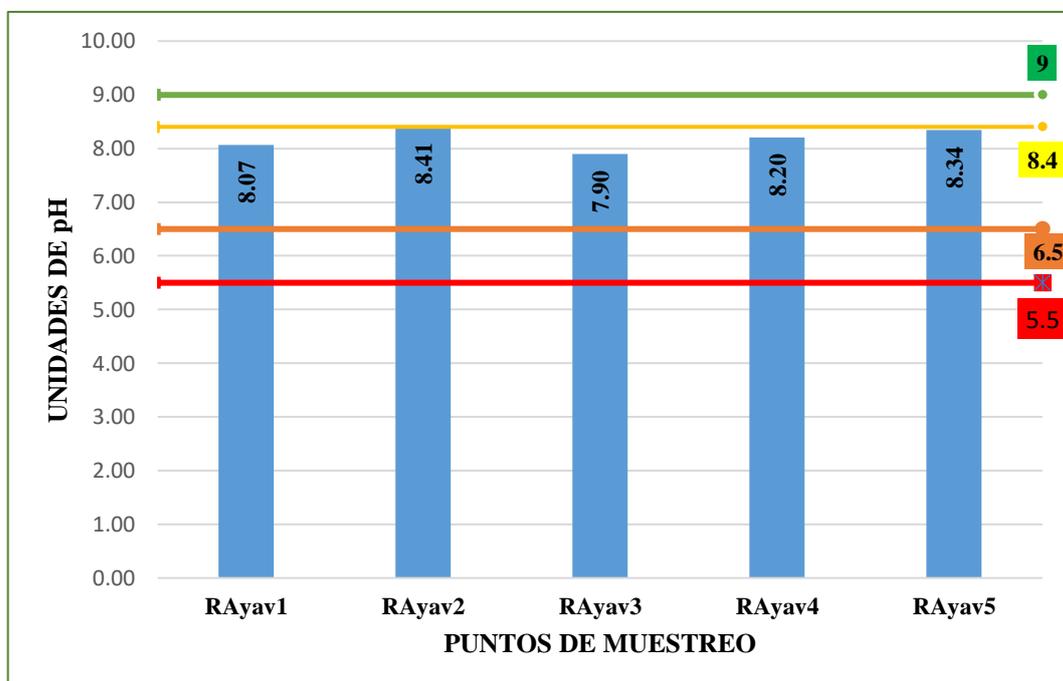
En la Tabla 4, se estima el potencial de hidrogeniones (pH) evaluados en la desembocadura de aguas residuales de la localidad de Pucará del río Ayaviri obteniendo promedio general 8.18 unidades de las 6 repeticiones que se realizó en los 5 puntos de muestreo, los promedios del pH por punto de muestreo fueron de 8.07 unidades para RAYav1 con un rango de (7.60 – 8.39 unidades), 8.41 unidades para RAYav2 (8.04 – 8.66 unidades), 7.90 unidades para RAYav3 (7.42 – 8.31 unidades), 8.20 unidades para RAYav4 (7.87 – 8.49 unidades) y 8.34 unidades

para Raya5 (8.21 – 8.48 unidades), estimando un pH más neutro en el punto RAYav3 lugar de confluencia de la desembocadura de aguas residuales de la localidad de Pucará con el río Ayaviri.

Los valores de pH de los puntos de muestreo (RAYav1, RAYav2, RAYav3, RAYav4 y RAYav5), se encuentran dentro de los valores permitidos por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua (D.S. 004-2017- MINAM) para la subcategoría A2 agua que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional (5.5 – 9.0) y la categoría D2 agua para bebida de animales (6.5 – 8.4 unidades) (Figura 4).

Figura 4

Valores de pH en la desembocadura de aguas residuales de la localidad de Pucará del río Ayaviri, provincia de Lampa, Puno, comparado con la normatividad vigente (D.S. 004-2017- MINAM).



Dónde: línea roja y verde categoría A2; línea naranja y amarillo categoría D2.



En la investigación, los valores de pH en la desembocadura de aguas residuales de la localidad de Pucará del río Ayaviri se encuentran dentro de los ECAs para agua para la ser potabilizada con tratamiento convencional, estos resultados son similares a los obtenidos por Pérez *et al.*, (2021), quienes en el río Grande de Tárcoles (Costa Rica), obtuvieron valores de pH de promedio 7.61 unidades, de igual forma a lo obtenido por Tapia (2021), quien en la bocatoma de la planta de tratamiento de Loreto (Perú), reportó valores de pH entre 7.56 – 7.81 unidades, a los registrados por Cajahuaman & Vasquez (2022) quienes reportaron valores de pH de 7.89 - 8.26 unidades, a los obtenidos por Espinoza & Chavez (2021), quienes en el río Ichu en el distrito de (Huancavelica-Perú) obtuvieron valores de pH entre 7.3 a 7.5 unidades y a lo reportado por Inquilla (2020), quien en el río Coata (Puno-Perú), obtuvo valores de pH entre 7.50 – 7.64 unidades, respecto a este parámetro todos los antecedentes mencionados se encuentran dentro de la categoría 1 poblacional - subcategoría A que son aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable.

Respecto a la categoría 3 – subcategoría D2: bebida de animales los resultados obtenidos también se encuentran dentro de los ECAs para agua, los resultados obtenidos son similares a lo reportado por Rodríguez (2019), quien en el río Mashcón en Huambocancha Baja y Bella Unión (Cajamarca) obtuvo promedio de pH 7.9 unidades, asimismo a lo mencionado por Rodríguez (2021), quien en la cuenca Chancay (Lambayeque-Perú) determinó monitoreos fisicoquímicos en ríos en el 2013, 2014, 2015 y 2016 donde obtuvo valores de pH entre 7.4 – 8.5 unidades, a lo publicado por Gamboa (2018), quién en el río Tingo (Pasco-Perú) obtuvo un promedio de pH 7.61 unidades y los obtenidos por Castillo & Quispe (2018) quienes evaluaron en el río Chonta (Cajamarca-Perú)



reportando pH de 8.28 - 8.39 unidades, todos estos resultados reportados, los valores de pH se encuentran dentro de la categoría 3: agua para riego de vegetales y bebida de animales.

Los valores de pH se encuentran dentro de los valores que establece los ECAs para la subcategoría A2 y D2 (MINAM, 2017). Pero se observó que en el punto RAYav2 tiene un pH más básico (8.41 unidades) y el punto RAYav3 tiene un pH neutro, indicando que existe más contaminación de aguas residuales por parte de la localidad de Pucará proveniente de la laguna facultativa, tal como lo menciona Inquilla (2020) que cuanto más contaminación existe el pH va bajando; sin embargo cuando el pH es más básico como es el caso del punto RAYav2 se debe a una baja contaminación la cual está relacionado a la PTAR con filtro percolador que tiene 37% de eficiencia de remoción de carga orgánica, a pesar de que debe tener un 90% de eficiencia (Mamani, 2015).

Los desperdicios que son vertidos por parte de la población hacia la laguna facultativa de la localidad de Pucará ocasiona cambios en el pH (California environmental protection agency, 2010), esto se evidencia en los resultados del punto RAYav3 que se ha obtenido un valor de pH menor en comparación a los otros puntos de muestreo. La evaluación de los valores de pH es de suma importancia, ya que es uno de los parámetros indicadores de la calidad del agua (DIGESA, 2006); este parámetro interviene en fenómenos químicos y biológicos que pasa en el agua, como es el caso de la corrosión, las incrustaciones en las redes de distribución, en procesos de tratamiento del agua (Barrenechea, 2004), y disuelve los metales en las conducciones como el plomo, cobre y zinc si es acida, estas al ser bebidos afectan a la salud (Pérez, 2016).



El pH en la salud pública no ocasiona efectos inmediatos pero si son valores inferiores o elevados de los valores normales produce irritación ocular, agravación de trastornos cutáneos (DIGESA, 2006), y sistemáticamente acidosis o alcalosis al ser humano y animales rumiantes a causa de la concentración de hidrogeniones extracelulares que puede variar la concentración de hidrogeniones intracelulares ocasionando la modificación de la forma sustancial de la velocidad de reacciones químicas catalizadas por enzimas (Vásquez *et al.*, 2012).

Al existir esta relación entre las concentraciones de hidrogeniones, puede afectar a la hemoglobina en el ser humano y animales ya que su función de esta proteína es transportar oxígeno e intercambiar CO₂, el pH en este proceso cumple un rol significante del efecto Bohr que es el que favorece la unión, transporté e intercambio del oxígeno y el dióxido de carbono de los pulmones con los tejidos, pero cuando existe una acidosis afecta negativamente en la hemoglobina ya que ocasiona la disminución de la afinidad por el oxígeno, interviniendo negativamente en la hematosi (Ariznavarreta *et al.*, 2005).

En cuanto a una desinfección con cloro es más eficaz cuando el pH es inferior a 8 (DIGESA, 2006). La importancia del pH en otros parámetros de la calidad del agua según, *APHA et al.*, (1992) mencionan que el pH se manipula en las determinaciones de alcalinidad y dióxido de carbono y en otros equilibrios de ácido-base, ante ello la mayoría son ligeramente básicas porque hay presencia de bicarbonatos y carbonatos de los metales alcalinos y alcalinotérreos.

4.2.2. Evaluación de Dureza

Tabla 7

Dureza total en la desembocadura de aguas residuales de la localidad de Pucará del río Ayaviri, provincia de Lampa, Puno.

Dureza (mg/l)							
Puntos de Muestreo	R1	R2	R3	R4	R5	R6	Promedio
RAyav1	26	34	40	50	27	48	37.50
RAyav2	24	40	36	42	27	44	35.50
RAyav3	20	32	36	42	23	42	32.50
RAyav4	34	38	34	64	28	57	42.50
RAyav5	28	38	36	46	30	44	37.00
Promedio General: 37 mg/l							
VALOR ECA	Categoría 1			Categoría 3			
	A2: **			D2: **			
	A1: 500 mg/l						

Donde: R = repetición (de los puntos de muestreo); mg/l = miligramos por litro; **=no se aplica.

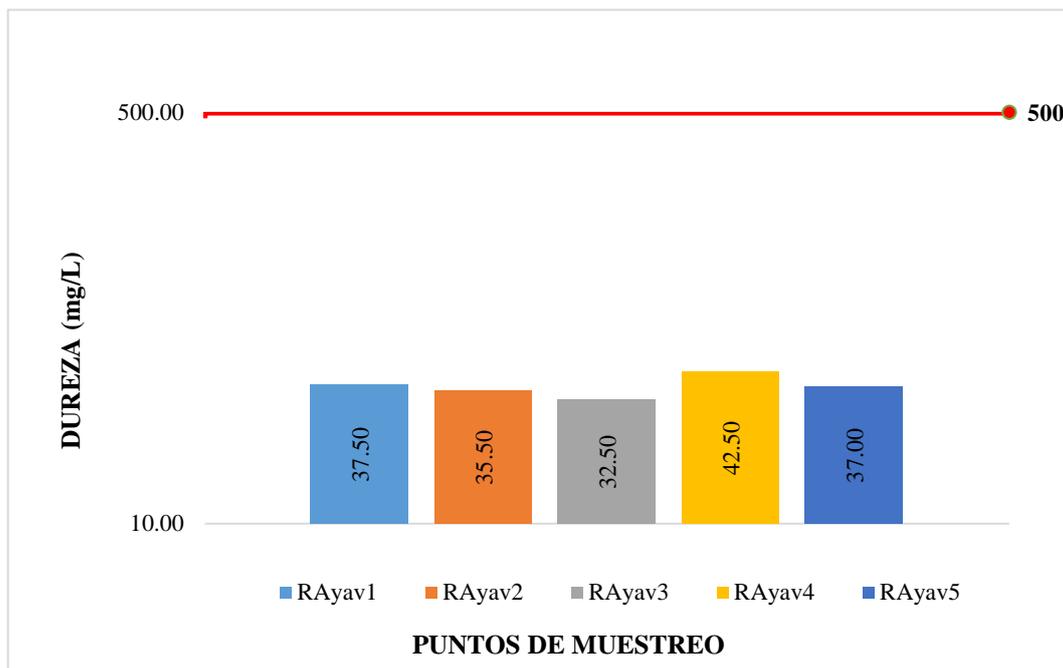
En la Tabla 7, se observa la dureza obtenida en la desembocadura de aguas residuales de la localidad de Pucará del río Ayaviri, llegando al promedio general de 37 mg/l, los promedios de dureza por puntos de muestreo fueron de 37.50 mg/l en el punto RAYav1 con valores de (26 – 50 mg/l), 35.50 mg/l en el punto RAYav2 (24 – 44 mg/l), 32.50 mg/l en el punto RAYav3 (20 – 42 mg/l), 42.50 mg/l en el punto RAYav4 (28 – 64 mg/l) y 37 mg/l en el punto RAYav5 (28 – 46 mg/l).

Los resultados obtenidos de la dureza en los puntos de muestreo (RAYav1, RAYav2, RAYav3, RAYav4 y RAYav5), se encuentran por debajo de los valores permitidos por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua (D.S. 004-2017- MINAM) para la subcategoría A1 agua que pueden ser potabilizadas con desinfección (500 mg/l), ya que para agua que pueden ser potabilizadas con

tratamiento convencional subcategoría A2 y D2 agua para bebida de animales este parámetro no se aplica (Figura 5).

Figura 5

Dureza (mg/l) en la desembocadura de aguas residuales de la localidad de Pucará del río Ayaviri, provincia de Lampa, Puno, comparados con la normatividad vigente (D.S. 004-2017- MINAM).



Dónde: línea roja=categoría A1.

La dureza total en la desembocadura de aguas residuales de la localidad de Pucará del río Ayaviri no superó los ECAs para agua, en la subcategoría A1 agua para ser potabilizada con desinfección (500 mg/l) ya que en la subcategoría A2 y D2 no se aplica este parámetro químico, los resultados obtenidos son inferiores a lo reportado por Inquilla (2020), quien en el río Coata (Puno - Perú), reportó valores de dureza entre 293.69 a 347.62 mg/l, por otro lado los resultados obtenidos por Cajahuaman & Vasquez (2022), en el río Shanay - distrito de Honora (Huánuco - Perú) obtuvieron dureza total de 355, 207 y 45 mg/l los cuales



no superan los ECAs para agua respecto a la subcategoría A1, la tendencia descendente que existe en el río Shanay está relacionado con la temperatura del agua, ya que el bicarbonato de calcio es menos soluble en agua caliente que en agua fría, por lo que se precipita fuera de la solución.

En los puntos analizados y sobre todo en el punto RAYav3 se reporta el valor más inferior que es el punto de la confluencia de la desembocadura de aguas residuales de la localidad de Pucará con el río Ayaviri, permitiendo beneficio a la población que realiza uso doméstico e industrial con este recurso hídrico, ya que si estos valores los ECAs ocasionaría incrustaciones en las tuberías de calcio y magnesio, gasto de insumos para limpieza debido a que existe minerales que precipitan el jabón (Neira, 2006; APHA *et al.*, 1992).

En la salud no tiene riesgo directo ya que al estar compuesta por calcio y magnesio mayormente, el calcio es esencial para el organismo debido a que se encuentra en el organismo humano aportando 1.5 a 2.0% del peso total, es responsable de las funciones que afectan el sistema óseo, además tiene importancia en la transmisión neuromuscular de estímulos químicos y eléctricos; sin embargo en exceso causan hipercalcemia provocando osteoporosis y cálculos en el riñón (Leder *et al.*, 2009); el magnesio tiene la importancia como cofactor y activador de reacciones enzimáticas entre ellas la glucólisis, el metabolismo del ATP, entre otros, pero en exceso ocasiona una hipermagnesemia causando diarrea, náuseas y cólicos estomacales (NIH, 2020). En general cuando la dureza es elevada ocasiona sabores desagradables, sequedad en la piel y cabello (Neira, 2006).



En los animales el calcio cumple las mismas funciones que en el ser humano a excepción de que también cumple la función con la producción de leche y en la formación de cascara huevo, cuando existe una deficiencia de calcio ocasiona retraso del crecimiento, baja producción de leche y entre otros, pero si se encuentra en exceso ocasiona osteoporosis y cálculos renales al igual que en el ser humano; en caso del magnesio también cumple con las mismas funciones pero en los bovinos al ser animales rumiantes el magnesio sirve como alcalinizante y tampón ruminal mejorando los niveles de grasa y producción de leche (Reyes & Mendieta, 2000).

El origen de los valores de la dureza está relacionado respecto a las características del tipo de suelo a su alrededor, tal como lo mencionan en DIGESA (2006) que los minerales presentes se originan en áreas que tienen la capa superficial gruesa y contienen formaciones de piedra caliza. Por otro lado Harris (2007), indica que la dureza del agua es beneficiosa en agua para riego, debido a los iones alcalinotérreos que tienden a flocular las partículas coloidales del suelo, por consiguiente aumenta la permeabilidad del suelo al agua. Las aguas analizadas en la investigación se consideran agua blanda debido a que tienen la dureza menor de 100 mg/l (Barrenechea, 2004), lo cual indica que existe mínima concentración de calcio y magnesio.

4.2.3. Evaluación de Cloruros

Tabla 8

Cloruros en la desembocadura de aguas residuales de la localidad de Pucará del río Ayaviri, provincia de Lampa, Puno.

Cloruros (mg/l)							
Puntos de Muestreo	R1	R2	R3	R4	R5	R6	Promedio
RAyav1	7.40	6.81	5.11	10.61	5.76	11.70	7.90
RAyav2	10.40	10.21	8.51	11.91	4.83	12.19	9.68
RAyav3	3.40	5.11	6.81	5.11	3.72	6.50	5.11
RAyav4	5.11	3.40	5.11	6.81	3.72	6.50	5.11
RAyav5	4.70	5.11	6.81	3.40	4.06	6.46	5.09
Promedio General: 6.58 mg/l							
VALOR ECA	Categoría 1			Categoría 3			
	A2: 250 mg/l			D1: 500mg/l D2: **			

Donde: R = repetición (de los puntos de muestreo); mg/l = miligramos por litro; **=no se aplica.

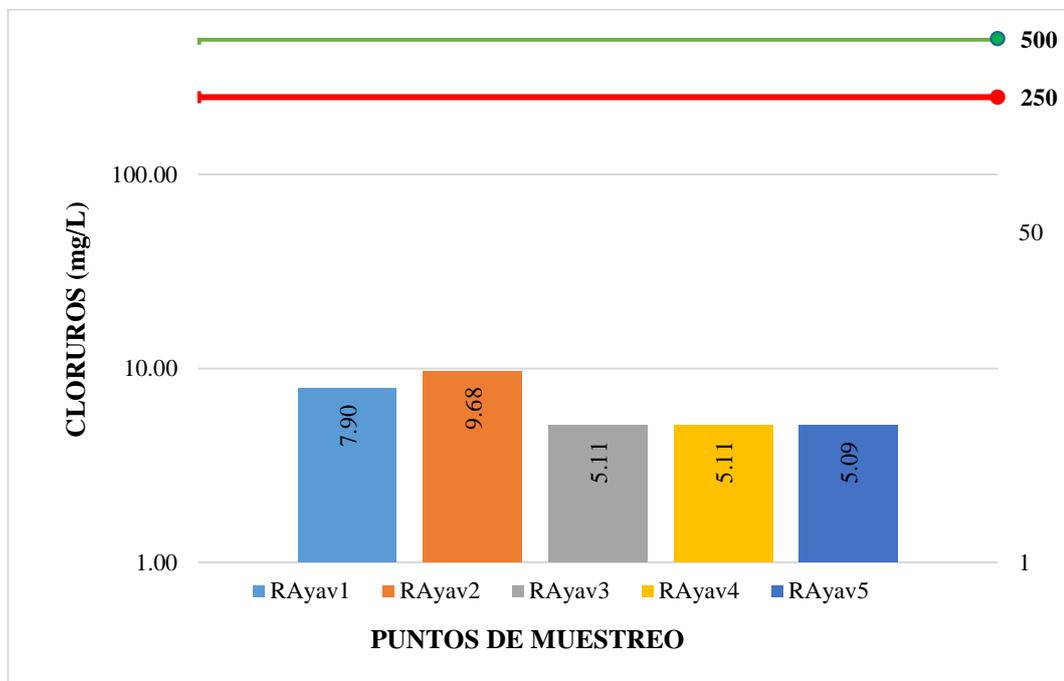
En la Tabla 8, se presenta la concentración de cloruros (mg/l) en la desembocadura de aguas residuales de la localidad de Pucará del río Ayaviri, llegando al promedio general de 6.58 mg/l de los 5 puntos de muestreo, donde los promedios obtenidos en los puntos de muestreo fueron de 7.90 mg/l en el punto RAYav1 con valores de (5.11 – 11.70 mg/l), 9.68 mg/l en el punto RAYav2 (4.83 – 12.19 mg/l), 5.11 mg/l en el punto RAYav3 (3.40 – 6.81 mg/l) desde este punto se visualiza la menor concentración de cloruros, 5.11 mg/l en el punto RAYav4 (4.40 – 6.81 mg/l) y 5.09 mg/l en el punto RAYav5 (3.40 – 6.81 mg/l).

Los resultados de cloruros en los puntos de muestreo (RAYav1, RAYav2, RAYav3, RAYav4 y RAYav5), se encuentran por debajo de los valores permitidos por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua (D.S. 004-2017- MINAM)

en la categoría 1 (subcategoría A2 agua que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional 250 mg/l) y en la categoría 3 (subcategoría D1 agua para riego (500 mg/l) y en la D2 agua para bebida de animales este parámetro no se aplica) (Figura 6).

Figura 6

Cloruros (mg/l) en la desembocadura de aguas residuales de la localidad de Pucará del río Ayaviri, provincia de Lampa, Puno, comparados con normatividad vigente (D.S. 004-2017- MINAM).



Dónde: línea roja = subcategoría A2; línea verde = subcategoría D1.

En la investigación, el cloruro del río Ayaviri de la desembocadura de aguas residuales de la localidad de Pucará, no superaron los valores permitidos de los ECAs para agua respecto a la subcategoría A2. Sin embargo estos resultados son notablemente inferiores a los obtenidos por Pérez *et al.*, (2021), quienes en el río Grande de Tárcoles (Costa Rica), obtuvieron la concentración de cloruros de 69.7 mg/l y a lo reportado por Inquilla (2020), quien en el río Coata (Puno - Perú)



obtuvo concentración de cloruros de 272.58 mg/l a 342.56 mg/l los cuales superaron los ECAs para agua destinada para ser potabilizada con desinfección, por otro lado, también en el río Coata Espinoza (2023), le resulto la concentración de cloruros de 307.90 y 319.90 mg/l, pero no contraste con la categoría 1: poblacional sino con la categoría 3: agua destinadas para la conservación del ambiente acuático.

En la subcategoría D2 no se aplica este parámetro, pero para la subcategoría D1: riego de vegetales si se aplica y respecto a los resultados obtenidos en la investigación no superó la concentración de cloruros, estos resultados fueron similares con lo obtenido por Rodríguez (2019), quien en el río Mashcón (Cajamarca), en en Huambocancha Baja (RMash1) obtuvo 4.04 mg/l de cloruros no ocasionando variación de concentración de cloruros en el río Mashcón.

Los cloruros obtenidos en la investigación indica que hay una mínima concentración de salinidad en el río Ayaviri y que la desembocadura de aguas residuales de la localidad de Pucará aporta la más mínima cantidad de salinidad (cloruros), tal como lo afirma DIGESA (2006), al mencionar que los cloruros es la medida de la concentración de salinidad que ocasiona las descargas de industrias petroleras y residuales, debido a que está formado principalmente por el ion (Cl^-) siendo el anión principal de las aguas residuales y naturales, este ion en forma de cloruro de sodio (NaCl) es el más común en la dieta y son metabolizados en el aparato digestivo (APHA *et al.*, 1992).

Este parámetro biológico activo regula los fluidos corporales preservando la electroneutralidad del estado ácido básico, al estar relacionado con el pH los valores anormales ocasiona desórdenes metabólicos como la acidosis metabólica

o alcalosis (Rojas, 2019), en los animales también cumplen las mismas funciones, pero en caso de los pollos cuando consumen dietas con baja cantidad de cloruro presentan síntomas nerviosos inducidos por ruidos repentinos (Reyes & Mendieta, 2000).

El cloruro elevado tiene reacciones corrosivas en el agua impidiendo el uso para el consumo humano y el ganado, como también daña las conducciones y estructuras metálicas y perjudica el crecimiento vegetal (DIGESA, 2006).

4.2.4. Evaluación de sulfatos

Tabla 9.

Sulfatos en la desembocadura de aguas residuales de la localidad de Pucará del río Ayaviri, provincia de Lampa, Puno.

Sulfatos (mg/l)							
Puntos de Muestreo	R1	R2	R3	R4	R5	R6	Promedio
RAyav1	128	92	86	92	80	119	99.50
RAyav2	98	80	56	40	54	116	74.00
RAyav3	360	218	260	250	211	333	272.00
RAyav4	116	168	156	98	102	167	134.50
RAyav5	128	120	86	128	96	136	115.67
Promedio General: 139.13 mg/l							
VALOR ECA		Categoría 1			Categoría 3		
		A2: 500 mg/l			D2: 1000 mg/l		

Donde: R = repetición (de los puntos de muestreo); mg/l = miligramos por litro.

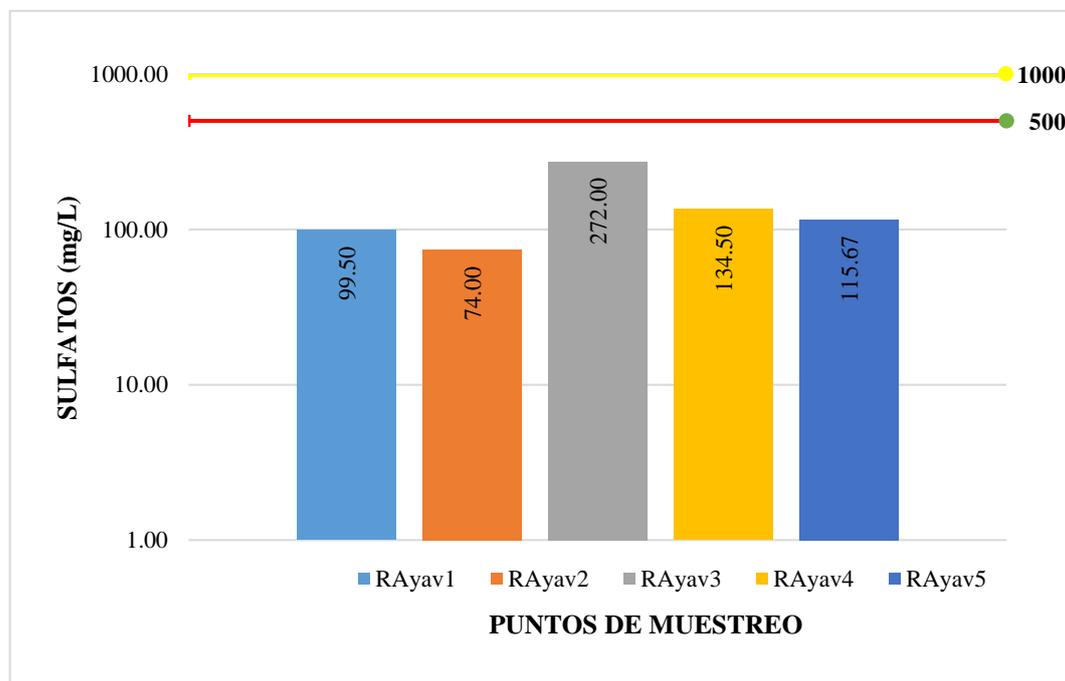
En la Tabla 9, la concentración de sulfatos en la desembocadura de aguas residuales de la localidad de Pucará del río Ayaviri se obtuvo promedio general de 129.13 mg/l de las 6 repeticiones que se realizó en los 5 puntos de muestreo, los promedios de los sulfatos por punto de muestreo fueron 99.50 mg/l en el punto

RAyav1 con valores que oscilaron entre (80 – 128 mg/l), 74 mg/l en el punto RAYav2 (40 – 116 mg/l), 272 mg/l en el punto RAYav3 (211 – 360 mg/l), 134.50 mg/l en el punto RAYav4 (98 – 168 mg/l) y 115.67 mg/l en el punto RAYav5 (86 – 136 mg/l), visualizando que existe una elevación desde el punto RAYav3 lugar de confluencia de la desembocadura de aguas residuales con el río Ayaviri.

Los valores de sulfatos en los 5 puntos de muestreo no superaron los valores recomendados en los ECAs para agua en la categoría 1 (subcategoría A2: 500 mg/l) y en la categoría 3 (subcategoría D2: 1000mg/l) (Figura 7).

Figura 7

Sulfatos (mg/l) en la desembocadura de aguas residuales de la localidad de Pucará del río Ayaviri, provincia de Lampa, Puno, comparadas con la normatividad vigente (D.S. 004-2017- MINAM).



Dónde: línea roja = subcategoría A2; línea amarilla= subcategoría D2.

La concentración de sulfatos del río Ayaviri, no superaron a los ECAs para agua, respecto a la subcategoría A2 agua para ser potabilizada con tratamiento



convencional de la categoría 1, estos resultados son similares a lo obtenido por Inquilla (2020), quien en el río Coata (Puno-Perú), obtuvo sulfatos que variaron de 61.63 a 73.80 mg/l no superando la subcategoría A1 contrastada, pero si son superiores a lo obtenido por Pérez *et al.*, (2021), quienes en el río Grande de Tárcoles (Costa Rica), obtuvieron promedio de sulfatos 23.5 mg/l.

La concentración de sulfatos del río Ayaviri no superó respecto a la subcategoría D2: para bebida de animales, los antecedentes que se mencionaran a continuación también contrastaron con esta subcategoría, estimando que existe similitud con lo reportado por Rodríguez (2019), quien en el río Mashcón en Huambocancha Baja y Bella Unión (Cajamarca), obtuvo valores de sulfatos entre 150.1 mg/l a 207.5 mg/l, sin embargo Castillo & Quispe (2018), el río Chonta (Cajamarca - Perú) obtuvieron concentración de sulfatos de 32 mg/l siendo menor a los resultados de la investigación.

Los puntos de muestro RAYav1, RAYav2, RAYav3, RAYav4 y RAYav5 no superaron los valores permitidos de sulfatos respecto a las subcategorías A2 y D2, pero en la confluencia de la desembocadura de aguas residuales de la localidad de Pucará con el río Ayaviri (RAYav3) superó los valores permitidos respecto a la subcategoría A1, siendo la causa el tipo de tratamiento para aguas residuales (laguna facultativa), ya que este tratamiento solo cumple con el 9% a 30% de la eficiencia de remoción de carga orgánica a pesar de que debe cumplir con el 90% (DIGESA, 2006; Mamani, 2015), se estimó que las aguas superficiales del río Ayaviri sobre todo en el punto RAYav3 los sulfatos son el factor de salinidad (Barrenechea, 2004).



El sulfato es uno de los aniones con baja toxicidad, ante ello en el campo de la salud solo en grandes concentraciones puede ocasionar catarsis, deshidratación e irritación gastrointestinal llegando a niveles elevados de percibir diarrea y deshidratación a esto los niños que son más sensibles al sulfato a comparación de los adultos a causa del efecto laxativo (DIGESA, 2006), el sulfato al estar conformada por la unidad básica el azufre y 4 átomos de oxígenos, la unidad básica cumple procesos importantes en la biología molecular por estar presente en aminoácidos como la cisteína y la metionina, polipéptidos, proteínas y enzimas (Mera, 2016), además se encuentran en la biotina y tiamina que forman parte de la saliva, bilis y la hormona de la insulina cumpliendo diversos procesos de metabolismo (Reyes & Mendieta, 2000).

En los animales que consumen de fuentes con este parámetro les favorece en la mismas funciones que cumple en el humano pero la toxicidad de la forma básica del sulfato les ocasiona hiperparatiroidismo en caballos, aumenta la mortalidad prenatal en conejos, baja producción de huevos en aves y abortos en los mamíferos (Reyes & Mendieta, 2000).

El origen del sulfato proviene del lado natural y antropogénico, su forma natural se debe a los procesos de disolución de yesos ($\text{CaSO}_4 - 2\text{H}_2\text{O}$) (Moreno *et al.*, 2011) y del lado antropogénico proviene de descargas a través de los desechos industriales, depósitos atmosféricos y residuos del drenado de minas por la oxidación de la pirita (APHA *et al.*, 1992), en este caso la elevación de sulfatos en el punto RAYav3 del río Ayaviri se debe a los sulfatos de origen antropogénico y a la vez natural debido a que la población de la localidad de Pucará y de José

domingo Choquehuanca usan el yeso para poder hacer cerámica ya que es la fuente de economía en ambas localidades.

4.2.5. Evaluación de alcalinidad

Tabla 10

Alcalinidad-Bicarbonato en la desembocadura de aguas residuales de la localidad de Pucará del río Ayaviri, provincia de Lampa, Puno.

Alcalinidad – Bicarbonato (mg/l)							
Puntos de Muestreo	R1	R2	R3	R4	R5	R6	Promedio
RAYav1	100	100	80	60	99	75	85.69
RAYav2	40	80	80	100	100	50	75.00
RAYav3	80	140	80	120	135	75	105.00
RAYav4	60	80	80	100	96	64	80.00
RAYav5	60	100	60	140	100	80	90.00
Promedio General: 87.17 mg/l							
VALOR ECA	Categoría 1			Categoría 3			
	A2: **			D1:518 mg/l D2: **			

Donde: R = repetición (de los puntos de muestreo); mg/l = miligramos por litro; **=no se aplica.

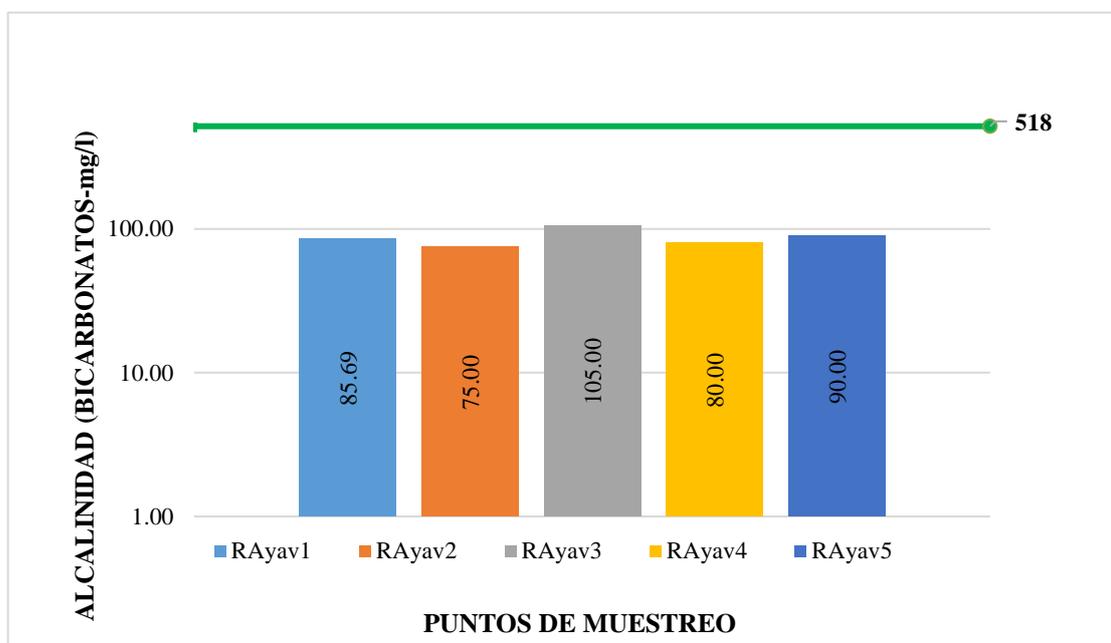
En la Tabla 10, se estima la alcalinidad - bicarbonatos (mg/l) en la desembocadura de aguas residuales de la localidad de Pucará del río Ayaviri, donde se obtuvo promedio general de 87.17 mg/l del cual los promedios de la alcalinidad - bicarbonatos por punto de muestreo fueron 85.69 mg/l en el punto control RAYav1 con valores de (60 – 100 mg/l), 75 mg/l en el punto RAYav2 (40 – 100 mg/l), 105 mg/l en el punto RAYav3 (75 – 140 mg/l), 80 mg/l en el punto RAYav4 (60 – 100 mg/l) y 90 mg/l en el punto RAYav5 (60– 140 mg/l), considerando que existe una elevación desde el punto RAYav3 lugar de

confluencia de la desembocadura de aguas residuales de la localidad de Pucará con el río Ayaviri.

Los resultados de los contenidos de bicarbonatos en los cinco puntos de muestreo, se encuentran por debajo de los valores permitidos por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua (D. S. 004-2017- MINAM) para la subcategoría D1 riego de vegetales (518 mg/l), debido a que para la subcategoría A2 agua que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional y D2 agua para bebida de animales, no aplican y por ende no presentan valores referenciales (Figura 8).

Figura 8

Alcalinidad-Bicarbonatos (mg/l) en la desembocadura de aguas residuales de la localidad de Pucará del río Ayaviri, provincia de Lampa, Puno, comparados con la según normatividad vigente (D.S. 004-2017- MINAM).



Donde: línea verde categoría 3 subcategoría D1; subcategoría A2 y D2 no aplican.



La concentración de Alcalinidad-bicarbonatos obtenidos en el del río Ayaviri, no superaron los valores permitidos los ECAs para agua, respecto a la subcategoría D1, ya que en los otras subcategorías no se aplica el análisis de este parámetro, y la alcalinidad no es propiamente dicha sino depende primordialmente del contenido en carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos (APHA *et al.*, 1992), estos resultados son inferiores a lo reportado por Cepeda (2019), quien en 381 muestras de ríos de las 24 provincias en (República dominicana) evaluó la calidad con fines agrícolas, obteniendo promedio en carbonatos 0.32 mEq/l y bicarbonatos 4.21 mEq/l, indicando que los ríos de Republica dominicana son alcalinas y requieren aditivos acidificantes a causa de los altos valores de bicarbonatos, la cual indica peligro moderado en aspersión al igual que el punto RAYav2 y RAYav3 que está dentro de 1.5-8.5 mEq/l de bicarbonatos.

En la alcalinidad se mide la concentración de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos (APHA *et al.*, 1992), sin embargo los ECAs para agua solo se mide los bicarbonatos en la subcategoría D1 agua para riego (MINAM, 2017), los resultados obtenidos presentan una cierta alcalinidad encontrándose en (peligro moderado en aspersión) (Cepeda, 2019).

Los pH obtenidos en la investigación son ligeramente alcalinos lo cual está relacionado con la alcalinidad, tal como lo afirma Barrenechea (2004), al mencionar que las concentración elevada de carbonato y bicarbonato incita una mayor alcalinidad, pero no representa un problema para la salud (Digiuni, 2021), por ello APHA *et al.*, (1992), indica que la alcalinidad es una medida agregada del agua y solamente se puede interpretarse y controlar los procesos de tratamiento de aguas limpias y residuales.

4.2.6. Evaluación de Nitratos

Tabla 11

Nitratos en la desembocadura de aguas residuales de la localidad de Pucará del río Ayaviri, provincia de Lampa, Puno.

Nitratos (mg/l)							
Puntos de Muestreo	R1	R2	R3	R4	R5	R6	Promedio
RAYav1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
RAYav2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
RAYav3	2.3	1.1	2.3	2.3	2.3	2.3	2.1
RAYav4	0.7	0.7	1.1	1.1	1.1	0.7	0.9
RAYav5	0.7	0.7	0.7	0.7	0.2	0.7	0.6
Promedio General: 0.8 mg/l							
VALOR ECA	Categoría 1			Categoría 3			
	A2: 50 mg/l			D2: 100 mg/l			

Donde: R = repetición (de los puntos de muestreo); mg/l = miligramos por litro.

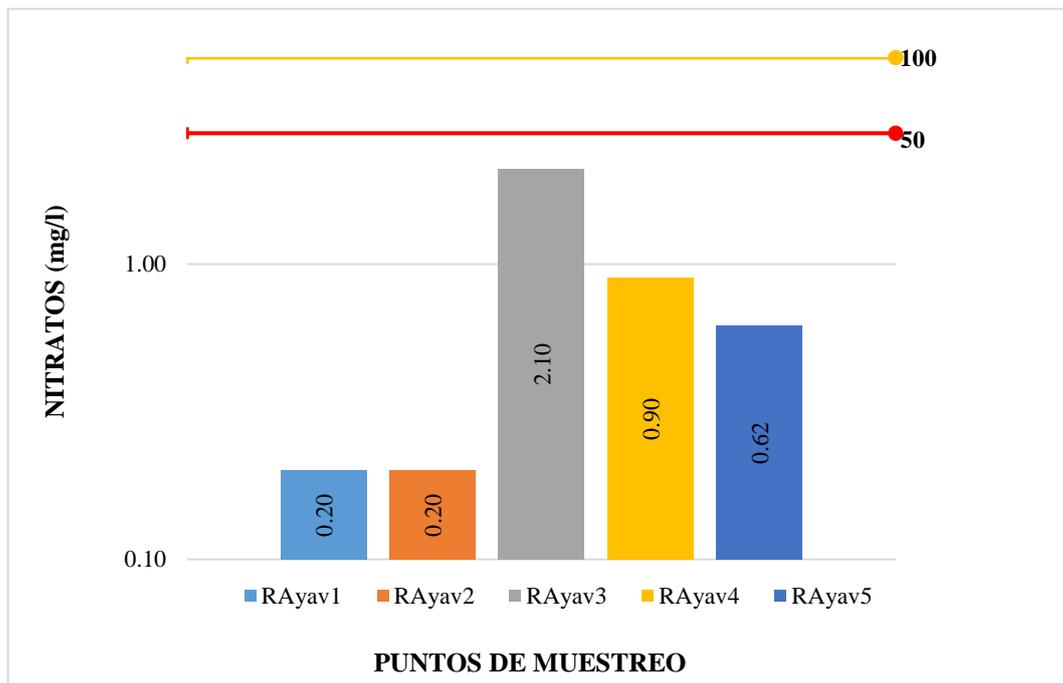
En la Tabla 11, se aprecia la concentración de nitratos (mg/l) en la desembocadura de aguas residuales de la localidad de Pucará del río Ayaviri, donde se obtuvo promedio general de 0.8 mg/l del cual los promedios de nitratos por punto de muestreo fueron 0.2 mg/l en el punto RAYav1, 0.2 mg/l en el punto RAYav2, 2.1 mg/l en el punto RAYav3 con valores que variaron entre (1.1 – 2.3 mg/l), 0.9 mg/l en el punto RAYav4 (0.7 – 1.1 mg/l) y 0.6 mg/l en el punto RAYav5 (0.2 – 0.7 mg/l), encontrándose con una ligera elevación en el punto RAYav3.

La concentración de nitratos en los cinco puntos de muestreo del río Ayaviri, se encuentran por debajo de los valores permitidos por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua (D. S. 004-2017- MINAM) en la

subcategoría A2 agua para ser potabilizada con tratamiento convencional (50 mg/l) y la subcategoría D2 agua para bebida de animales (100 mg/l) (figura 9).

Figura 9

Nitratos (mg/l) en la desembocadura de aguas residuales de la localidad de Pucará del río Ayaviri, provincia de Lampa, Puno, comparados con la normatividad vigente (D.S. 004-2017- MINAM).



Donde: línea roja=categoría 1 subcategoría A2; línea amarilla= categoría 3 subcategoría D2.

Las concentraciones de nitratos en la desembocadura de aguas residuales de la localidad de Pucará del río Ayaviri no superaron los ECAs para agua, respecto a la subcategoría A2, en los antecedentes que se mencionaran a continuación también contrastaron con la subcategoría A: aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable, sin embargo no existe similitud referente a las concentraciones que se tuvo en la investigación, como es el caso de Pérez *et al.*, (2021), quienes evaluaron la contaminación del agua en el río Grande de Tárcoles (Costa Rica), resultándoles la concentración de nitratos de 9.7 mg/l,



así mismo son inferiores a lo obtenido por Tapia (2021), quien en la bocatoma de planta de tratamiento de Loreto (Perú), obtuvo valores de nitratos entre 1.77 mg/l a 3.54 mg/l, a los mencionados por Espinoza & Chavez (2021), quienes en el río Ichu en el distrito de Huancavelica - Perú obtuvieron nitratos entre 9.5 a 13.7 mg/l y a los argumentados por Marrero *et al.*, (2019), quienes en la captación del río Ayaviri uno de los puntos de las 24 puntos analizados obtuvo 1.53 mg/l de nitratos.

Para la subcategoría D2 tampoco superó los ECAs para agua, estos resultados fueron inferiores a los obtenidos por Castillo & Quispe (2018), quienes en el río Chonta (Cajamarca - Perú) obtuvieron concentraciones de nitratos de 3.31025 – 11.633 mg/l los cuales también contrastaron con la subcategoría D1 y D2, por otro lado Gerónimo (2022), determinó la calidad del agua del río Ilave (Puno-Perú), obteniendo la concentración de nitratos de 10.91 mg/l a diferencia de los otros antecedentes es que contraste con la categoría 4 para conservación del ambiente acuático y esta ligera elevación de la concentración se debe a la influencia por la PTAR del distrito de Ilave.

En el punto RAYav3 existe una ligera elevación de nitratos lugar de la confluencia de las aguas residuales de la laguna facultativa del distrito de Pucará con el río Ayaviri, el origen de esta concentración de nitratos se debe al nitrógeno orgánico que ingresa a causa de la contaminación de vertidos al río Ayaviri de excrementos de animales (ganadería) y el vertido de aguas residuales urbanas (Armestre, 2022), los nitratos son muy solubles en el agua debido a la polaridad del ion por lo que son movilizados con facilidad de los sedimentos por las aguas superficiales y subterráneas (DIGESA, 2006).

En el consumo de agua si las concentraciones de nitratos son elevados puede ocasionar metahemoglobinemia (Barrenechea, 2004), debido a la toxicidad que ocasiona la conversión de nitratos a nitritos por los organismos del tracto gastrointestinal (Armestre, 2022), la metahemoglobinemia se ocasiona debido a que el nitrito reacciona con el ion ferroso de la desoxihemoglobina ocasionando la incapacidad de transportar oxígeno (Barrenechea, 2004).

En animales la importancia de los nitratos es en la microbiota que sirve para producir las proteínas que necesitan para el crecimiento y reproducirse (Luna *et al.*, 2021), pero Carriquiri (2009), indica que el elevado consumo de nitratos puede producir gastroenteritis y la metahemoglobina en porcinos, bovinos, ovinos y equinos.

4.2.7. Evaluación de Hierro

Tabla 12

Hierro en la desembocadura de aguas residuales de la localidad de Pucará del río Ayaviri, provincia de Lampa, Puno.

Hierro (mg/l)							
Puntos de Muestreo	R1	R2	R3	R4	R5	R6	Promedio
RAyav1	0.15	0.20	0.15	0.20	0.15	0.20	0.18
RAyav2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
RAyav3	0.20	0.25	0.35	0.35	0.20	0.35	0.28
RAyav4	0.25	0.20	0.25	0.25	0.20	0.25	0.23
RAyav5	0.15	0.10	0.20	0.15	0.10	0.20	0.15
Promedio General: 0.20 mg/l							
VALOR ECA	Categoría 1			Categoría 3			
	A2: 1mg/l			D1: 5 mg/l - D2: **			

Donde: R = repetición (de los puntos de muestreo); mg/l = miligramos por litro; **= no se aplica

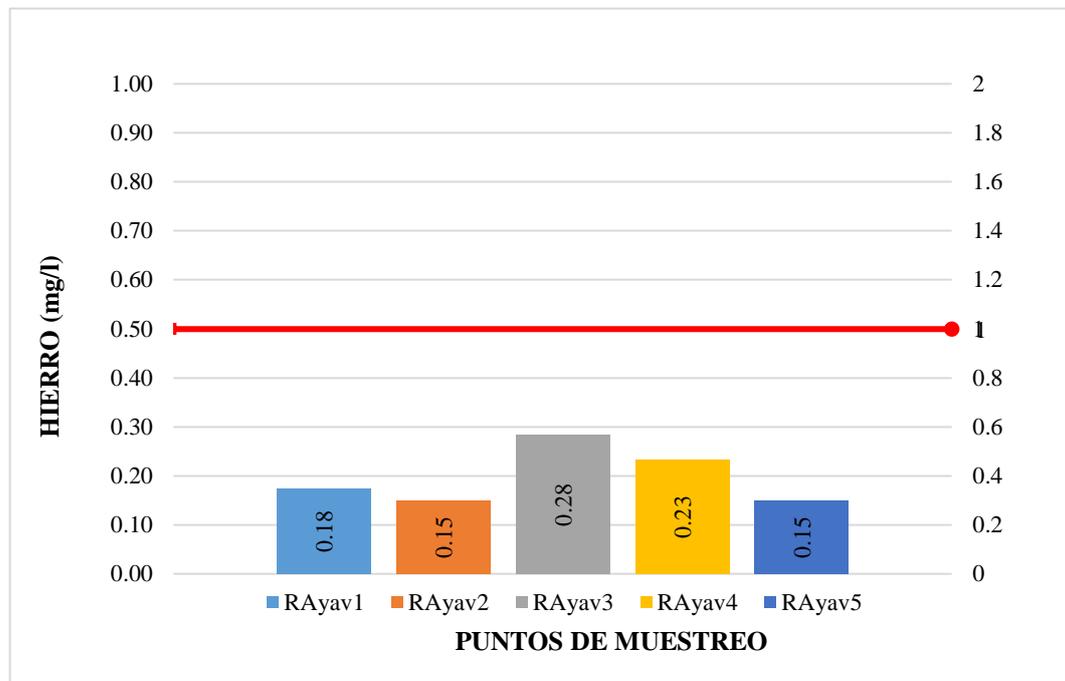


En la Tabla 12, se estima la concentración de hierro evaluados en la desembocadura de aguas residuales de la localidad de Pucará del río Ayaviri obteniendo promedio general de 0.20 mg/l de las 6 repeticiones que se realizó en los 5 puntos de muestreo, la concentración de hierro por punto de muestreo fueron de 0.18 mg/l en el punto RAYav1 con valores entre (0.15 – 0.20 mg/l), 0.15 mg/l en el punto RAYav2, 0.28 mg/l en el punto RAYav3 (0.20 – 0.35 mg/l), 0.23 mg/l en el punto RAYav4 (0.20 – 0.25 mg/l) y 0.15 mg/l en el punto RAYav5 (0.10 – 0.20 mg/l).

El hierro evaluado en el río Ayaviri, se encuentran por debajo de los valores permitidos por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua (D. S. 004-2017- MINAM) en la subcategoría A2 agua para ser potabilizada con tratamiento convencional, quien establece un valor igual a 1 mg/l de hierro, la subcategoría D1 agua para riego de vegetales (5 mg/l) y en la subcategoría D2 no se aplica este parámetro (figura 10).

Figura 10

Hierro (mg/l) en la desembocadura de aguas residuales de la localidad de Pucará del río Ayaviri, provincia de Lampa, Puno, comparadas con la normatividad vigente (D.S. 004-2017- MINAM).



Donde: línea roja=categoría 1 subcategoría A2.

En la investigación, las concentraciones de hierro en la desembocadura de aguas residuales de la localidad de Pucará del río Ayaviri se encuentran dentro de los ECAs para agua para la ser potabilizada con tratamiento convencional, estos resultados son similares a los obtenidos por Marrero *et al.*, (2019), quienes en la captación del río Ayaviri uno de los 24 puntos analizados en la región Puno, obtuvieron 0.25 mg/l de hierro encontrándose dentro de los valores permitidos.

Respecto a la categoría 3 – subcategoría D2: bebida de animales este parámetro no se aplica, pero si se aplica para la subcategoría D1: riego de vegetales, los resultados obtenidos es similar a lo obtenido por Rodríguez (2021), quien en la cuenca Chancay (Lambayeque-Perú), obtuvo la concentración de



hierro entre 0.1 a 0.5 mg/l y a los argumentados por Castillo & Quispe (2018), quienes en el río Chonta (Cajamarca-Perú), obtuvieron valores de hierro de 0.434 mg/l, sin embargo, los resultados de la investigación son inferiores a lo mencionado por Rodríguez (2019), quien en el río Mashcón en Huambocancha Baja y Bella Unión (Cajamarca), les resultó las concentraciones de hierro de 2.04 y 3.38 mg/l las cuales no superan los ECAs para agua en la subcategoría D1.

El punto RAYav3 se presencia una ligera elevación de la concentración de hierro, siendo el origen la filtración por el suelo y las piedras que pueden disolver estos minerales en la laguna facultativa del distrito de Pucará y a los tubos de hierro que pueden corroerse y lixiviar hierro (Mcfarland & Dozier, 2006).

La presencia del hierro es primordial en el organismo humano ya que forma parte de la hemoglobina, haciéndola no tóxicos en cantidades estandarizadas (Barrenechea, 2004) pero siempre en cuando sea un una fuente de agua apta para el consumo, pero si se encuentra mayor de lo estandarizado ocasiona hemosiderosis una enfermedad causada por los excesivos depósitos hemosiderina en el hígado y en el bazo y la hemocromatosis que es ocasionada por el exceso de hierro en los tejidos corporales (Amatriain, 2000), por otro lado Barrenechea (2004), indica que afecta en el sabor del agua, produce manchas en artefactos sanitarios y prendas de vestir.

Se rechaza la hipótesis planteada en el proyecto de tesis, respecto al pH, la dureza total, cloruros, sulfatos, bicarbonatos - alcalinidad, nitratos y hierro, en razón de que las concentraciones o valores obtenidos de los parámetros para determinar la calidad química en la desembocadura de aguas residuales de la localidad de Pucará del río Ayaviri, se encuentran dentro los valores permitidos y



no superó los valores de la categoría 1 (subcategoría A2) y categoría 3 (subcategoría D2) en los ECAs para agua.

Después del análisis, discusión e interpretación anteriormente mencionada respecto a los parámetros de la calidad química en la desembocadura de aguas residuales de la localidad de Pucará del río Ayaviri, en los 5 puntos de muestreo el agua es blanda indicando que hay una mínima concentración de calcio y magnesio, también existe una mínima concentración de salinidad y las desembocaduras de aguas residuales de las localidades cercanas aportan mínima cantidad de cloruros, pero aporta en más cantidad los sulfatos en el punto RAYav3 siendo la causa los procesos de disolución de yesos, que es la fuente para realizar cerámica, no se evidencia una alta alcalinidad debido a existe una mínima cantidad bicarbonatos, en caso de los nitratos se presencia una ligera elevación desde el punto RAYav3 a causa de las aguas residuales de la laguna facultativa de la localidad de Pucará y el hierro presente se debe a la filtración por el suelo y las piedras que pueden disolver estos minerales en la laguna facultativa.

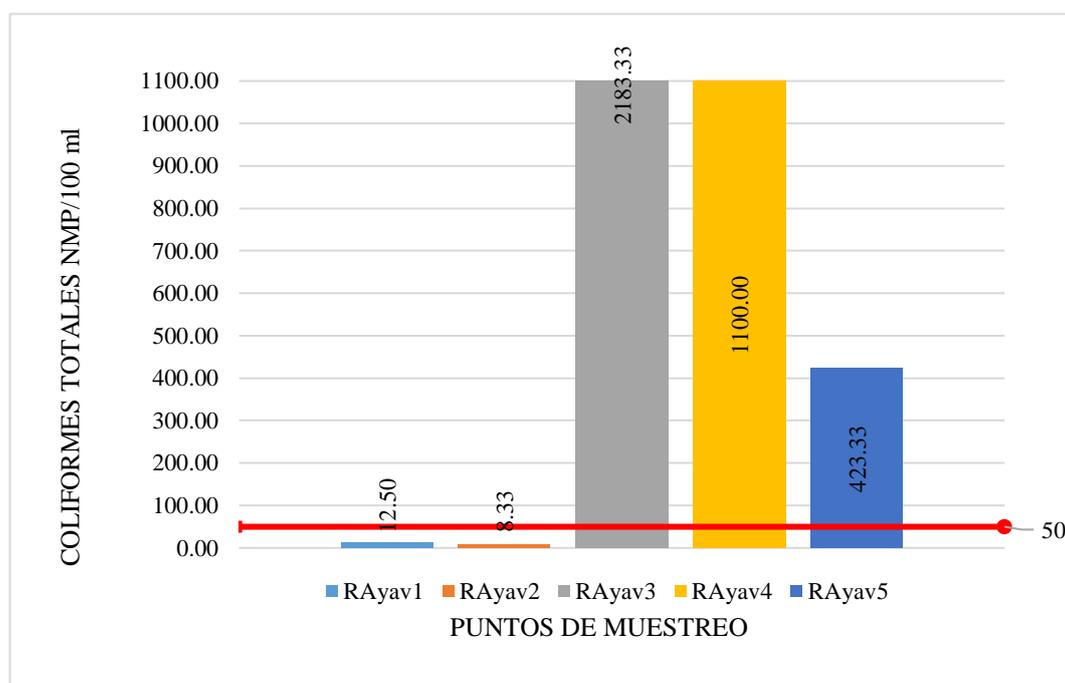
Se afirma que la contaminación de la desembocadura de la PTAR del distrito de José Domingo Choquehuanca, no afecta el recurso hídrico respecto a la calidad química debido a que no superan los valores permitidos en las normas ECA para agua en la categoría 1 (subcategoría A2 agua que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional) y categoría 3 (subcategoría D2 agua para bebida de animales), pero en la desembocadura de aguas residuales de la localidad de Pucará (RAYav3) contrastadas con el punto control RAYav1 y el punto RAYav2, si existe ligeras elevaciones de los parámetros mencionados, afirmando la causa de esta contaminación es la mala eficiencia de remoción de

2183.33 NMP/100 ml en el punto RAYav3 (1100 NMP/100 ml - >2400 NMP/100 ml), 1100 NMP/100 ml en el punto RAYav4 y 423.33 NMP/100 ml en el punto RAYav5 con cifras entre (240 NMP/100 ml - 460 NMP/100 ml).

Los valores de recuentos de coliformes totales en los puntos RAYav1 y RAYav2 no superaron los valores recomendados en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua (D. S. 004-2017- MINAM) en la subcategoría A1 agua para ser potabilizada con desinfección, quien establece 50 NMP/100 ml, mientras que en los puntos RAYav3, RAYav4 y RAYav5 superaron ampliamente a lo recomendado en la norma mencionada, en las subcategorías A2 y D2 no se aplica este parámetro (Figura 11).

Figura 11

Recuento de coliformes totales (NMP/100ml) en la desembocadura de aguas residuales de la localidad de Pucará del río Ayaviri, provincia de Lampa, Puno, comparadas con la normatividad vigente (D.S. 004-2017- MINAM).



Donde: línea roja=categoría 1 subcategoría A1, subcategoría A2 y D2 no se aplican.



El río Ayaviri presentó recuentos de coliformes totales elevados respecto a los valores establecidos para agua potabilizada con desinfección en los ECAs, ya que en las otras categorías no se aplica este parámetro, estos resultados fueron similares y superan los ECAs para agua a los reportados por Cortez *et al.*, (2019), quienes en el río Huaura en la región de Lima (Perú), la presencia de coliformes totales se estimó de 1275 - 1690 NMP/100 ml y a lo obtenido por Inquilla (2020), quien en el río Coata (Puno - Perú), reportó recuentos de coliformes totales de 150 – 2400 NMP/100 ml superando ampliamente los valores recomendados por la subcategoría A1.

Por otro lado Romero (2019), obtuvo recuentos de coliformes totales de 76.33 NMP/100 ml – 2053.33 NMP/100 ml en el estero Libertad (Ecuador) los cuales son similares respecto a los recuentos de esta investigación, pero este río fue evaluado con fines de preservación de flora y fauna del medio acuático, otro caso similar a esta es lo obtenido por Gamboa (2018), quien en el río Tingo (Pasco - Perú), reportó valores mayores de 10^7 NMP/100 ml siendo la causa el botadero Rumiallana de la ciudad de Cerro de Pasco y el canal de desagüe de San Juan Pampa en esta investigación contrastaron con la categoría 3: para riego de vegetales y bebida de animales.

La presencia de coliformes totales, indican que existe contaminación o fallas en el tratamiento, sin identificar el origen (RIPDA CYTED, 2003), en el río Ayaviri los contaminantes proceden de los efluentes producidos por la laguna facultativa por la mínima eficiencia de remoción de carga orgánica que tiene entre el 9 y 30% del distrito de Pucará a causa de que la planta de tratamiento no realizan su debido mantenimiento (Mamani, 2015).



En la investigación los valores de coliformes totales fueron inferiores en el punto de muestreo RAYav1, esta coincide con lo proyectado que en la investigación se consideró como punto de muestreo control con respecto a los otros puntos debido a que no se encontraba factores que contaminen; el recuento en el punto RAYav2 a 400 metros después de la desembocadura de la PTAR con filtro percolador del distrito de José Domingo Choquehuanca no superó los valores permitidos y se debe a la eficiencia que tiene la planta de tratamiento; desde el punto RAYav3 los recuentos de coliformes totales en el río evaluado tienden a incrementarse, la causa de esta incrementación se debe a que existe alrededor de la zona desembocadura de la laguna facultativa y el botadero municipal del distrito de Pucará, respecto a los puntos RAYav4 y RAYav5 disminuyeron los recuentos pero sigue superando los valores permitidos y no puede ser consumido por la población por el mismo hecho que no cuenta con tratamiento convencional .

Los coliformes totales es el grupo que comprende a todos los bacilos Gram (-), aerobios o anaerobios facultativos, no esporulados y los 4 géneros principalmente conformados son: *Enterobacter*, *Escherichia*, *Citrobacter* y *Klebsiella*, están se caracterizan por fermentar lactosa a $35\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 48 horas (Camacho *et al.*, 2009); al ser indicadores de calidad, en el río Ayaviri resulto que no existe una buena calidad y mantenimiento de la laguna facultativa y si beben los humanos como también los animales de esta agua pueden contraer enfermedades o infecciones que puede ser ocasionada por las distintas bacterias que engloba los coliformes totales (DIGESA, 2006).

4.3.2. Evaluación de coliformes termotolerantes

Tabla 14

Coliformes Termotolerantes en la desembocadura de aguas residuales de la localidad de Pucará del río Ayaviri, provincia de Lampa, Puno.

Coliformes Termotolerantes (NMP/100 ml)							
Puntos de Muestreo	R1	R2	R3	R4	R5	R6	Promedio
RAYav1	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3.00
RAYav2	<3	4	<3	3	<3	<3	3.17
RAYav3	>2400	>2400	>2400	>2400	>2400	1100	2183.33
RAYav4	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100.00
RAYav5	460	240	460	460	460	460	423.33
VALOR ECA	Categoría 1			Categoría 3			
	A2: 2000 NMP/100 ml			D2: 1 000 NMP/100 ml			

Donde: R = repetición (de los puntos de muestreo); NMP = número más probable.

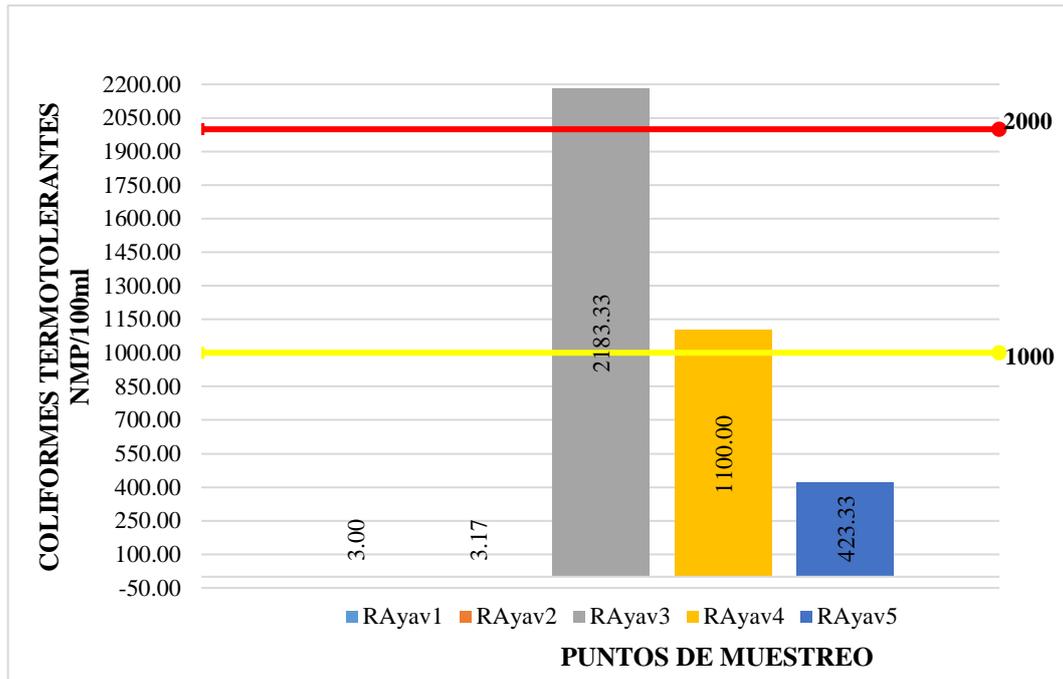
En la Tabla 14, se representa los recuentos de coliformes termotolerantes en aguas del río Ayaviri, donde el punto RAYav1 resultó <3 NMP/100 ml de promedio, 3.17 NMP/100 ml en el punto RAYav2 con valores que variaron entre (3 NMP/100 ml - 4 NMP/100 ml), 2183.33 NMP/100 ml en el punto RAYav3 (1100 NMP/100 ml - >2400 NMP/100 ml), 1100 NMP/100 ml en el punto RAYav4 y 423.33 NMP/100 ml en el punto RAYav5 (240 NMP/100 ml - 460 NMP/100 ml).

Los valores de recuentos de coliformes termotolerantes en el punto RAYav3 superaron los valores recomendados en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua (D. S. 004-2017- MINAM) en la subcategoría A2 agua para ser potabilizada con tratamiento convencional, quien establece 2000 NMP/100 ml; por otro lado, para la subcategoría D2 (1000 NMP/100 ml)

superaron ampliamente los valores permitidos de coliformes termotolerantes en los puntos RAYav3 y RAYav4 (Figura 12).

Figura 12

Recuento de coliformes termotolerantes (NMP/100ml) según normatividad vigente (D.S. 004-2017- MINAM) de las muestras de agua colectadas en la desembocadura de aguas residuales de la localidad de Pucará del río Ayaviri, provincia de Lampa, Puno.



Donde: línea roja= categoría 1 subcategoría A2; línea amarilla= categoría 3 subcategoría D2.

El río Ayaviri mostró recuentos de coliformes termotolerantes elevados respecto a los valores establecidos en los ECAs para agua desde el punto RAYav3, estos resultados son similares a los mencionados por Tomasini & Estrada (2022), quien en el río Tomatal (México), obtuvieron el menor recuento de 773 NMP/100 ml, igualmente a lo registrado por Romero (2019), quien analizó la calidad del agua para fines de preservación de flora y fauna del medio acuático del estero Libertad (Ecuador), donde reportó recuentos de coliformes totales de 43 NMP/100 ml – 806.66 NMP/100 ml y los que contrastaron sus resultados con la subcategoría A1 agua para ser potabilizado con desinfección fueron: Inquilla (2020), quien en



el río Coata (Puno - Perú), estimó recuentos entre 19.33 NMP/100 ml – 124 NMP/100 ml y a los mencionados por Espinoza & Chavez (2021), quienes en el río Ichu en el distrito de (Huancavelica-Perú), reportó valores entre 1500 - 2273 NMP/100 ml de coliformes termotolerantes.

Respecto a la categoría 3 – subcategoría D2: bebida de animales los resultados obtenidos a partir del punto RAYav3 superan en esta subcategoría, estos resultados son inferiores y superan los ECAs a lo reportado por Rodríguez (2019), quien en el río Mashcón en Huambocancha Baja y Bella Unión (Cajamarca) la presencia de coliformes termotolerantes se estimó de 1313 – 7293333 NMP/100 ml superando ampliamente a la subcategoría D2, asimismo a lo mencionado por Gamboa (2018), quién en el río Tingo (Pasco-Perú) reporta recuentos mayores a 10^5 NMP/100 ml, las elevaciones de los coliformes termotolerantes en las investigaciones realizadas, la causa de contaminación se debe a las desembocaduras de aguas residuales de los distritos que están alrededor de la fuente hídrica, tal como es el caso del río Ayaviri que viene siendo contaminada por los efluentes de las plantas de tratamiento de las localidades, en este caso la localidad de Pucará y José Domingo Choquehuanca.

La presencia de coliformes termotolerantes en el río Ayaviri, indican que existe el ingreso de aguas residuales, en especial bacterias entéricas que habitan en el tracto gastrointestinal del hombre y de otros animales a través de las heces, esta es lo que les diferencia con los coliformes totales debido a que en los coliformes totales no se sabe el origen de la contaminación, sin embargo los coliformes termotolerantes son indicadores biológicos en este caso la causa es la contaminación fecal (RIPDA CYTED, 2003), en esta situación proceden de los



efluentes producidos por la planta de tratamiento de aguas residuales con filtro percolador del distrito de José Domingo Choquehuanca y la laguna facultativa del distrito de Pucará.

El ingreso de aguas residuales indica principalmente la presencia de *Escherichia coli* y en menor grado *Klebsiella*, *Enterobacter* y *Citrobacter* (DIGESA, 2006), la *Escherichia coli* es el que se encuentra en abundancia, a pesar de que forma parte de la flora normal en el tracto digestivo de los seres humanos y animales, existen otras variedades que ocasionan enfermedades e infecciones como es el caso de la *E. coli* enteropatógena que causa infecciones por la producción de exotoxina provocando la activación de la adenilciclasa desarrollando la concentración de AMPc como resultado ocasiona una hipersecreción intensa, prolongada del agua, cloruros e inhibe la resorción de sodio trayendo como consecuencia la diarrea explosiva (Macías *et al.*, 2019). Ante ello a estas bacterias se les considera como riesgo para la salud pública ya que podría propagarse enfermedades e infecciones que pueden llegar hasta la muerte.

Los coliformes termotolerantes en la investigación los valores fueron <3 NMP/100 ml en el punto RAYav1, esta concuerda con lo planificado en la presente investigación, debido a que se consideró como punto de muestreo control con respecto a los restantes puntos. Los recuentos de coliformes termotolerantes tiende a incrementarse ampliamente desde el punto RAYav3 superando los valores permitidos de coliformes termotolerantes en aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional y bebida de animales en los ECA para agua. Las bacterias no se multiplican fuera del tracto intestinal, debido a que las condiciones ambientales se diferencian y la capacidad de reproducirse y metabolizar son



limitadas (RIPDA CYTED, 2003), razón por la cual la presencia de coliformes son indicadores de contaminación del agua y alimentos (Fernández, 2017). Los coliformes termotolerantes se caracterizan por fermentar lactosa entre 44 – 45 °C (RIPDA CYTED, 2003).

Se acepta la hipótesis planteada en el proyecto de tesis, donde se afirma la carga bacteriana de coliformes totales y termotolerantes (parámetros de la calidad bacteriológica) del río Ayaviri en la desembocadura de aguas residuales de la localidad de Pucará, en los coliformes totales supera los valores de 50 NMP/100 ml de la subcategoría A1 ya que en las otras subcategorías A2 y D2 no se aplican este parámetro y en los coliformes termotolerantes supera los valores de 2000 NMP/100 ml de la subcategoría A2 y 1000 NMP/100 ml de la subcategoría D2 en las normas ECA para agua.

Luego del análisis, discusión e interpretación realizada a los resultados obtenidos de los parámetros de la calidad bacteriológica en las aguas del río Ayaviri, se testifica que las desembocaduras de aguas residuales de las localidades, incrementan la carga bacteriana de coliformes totales y termotolerantes sobre todo en el punto RAYav3 donde es la confluencia del río Ayaviri con la desembocadura de la laguna facultativa de la localidad de Pucará, se llega a esto debido al contraste con el punto de muestreo control RAYav1 y el punto RAYav2 donde a 400 metros después de la desembocadura de la PTAR de la localidad de José Domingo Choquehuanca los resultados son similares al punto control, desde el punto RAYav3 se viene incrementando ampliamente los recuentos y en los demás puntos continuos se observó una ligera disminución, encontrándose dentro de lo permitido para las subcategorías mencionadas, pero



aun así no es apta para el consumo debido a que no se aplica ningún tratamiento convencional para que la población pueda consumir de esta fuente hídrica ya que traería consecuencias en la salud pública.



V. CONCLUSIONES

- Los promedios para los parámetros físicos fueron: temperatura de 10.76 °C y la conductividad eléctrica de 730 $\mu\text{S}/\text{cm}$, estos parámetros determinados en la desembocadura de aguas residuales de la localidad de Pucará del río Ayaviri no superaron los ECAs para agua que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional y para bebida de animales.
- Los promedios para los parámetros químicos fueron: pH de 8.18 unidades, dureza total de 37 mg/l; cloruros de 6.58 mg/l; sulfatos de 139.13 mg/l; alcalinidad – bicarbonatos de 87.14 mg/l; nitratos de 0.8 mg/l y hierro 0.20 mg/l, estos valores obtenidos en la desembocadura de aguas residuales de la localidad de Pucará del río Ayaviri no superaron los ECAs para agua que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional y para bebida de animales.
- Los promedios para coliformes totales según punto de muestreo fueron: en el punto (RAYav1) 12.50 NMP/100 ml, punto (RAYav2) 8.33 NMP/100 ml, punto (RAYav3) 2183.33 NMP/100 ml, punto (RAYav4) 1100 NMP/100 ml y en el punto (RAYav5) 423.33 NMP/100 ml y para los coliformes termotolerantes en el punto (RAYav1) 3, punto (RAYav2) 3.17, punto (RAYav3) 2183.33, punto (RAYav4) 1100 y el punto (RAYav5) 423.33 NMP/100 ml, estos parámetros bacteriológicos en la desembocadura de aguas residuales de la localidad de Pucará del río Ayaviri, superan ampliamente los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional y para bebida de animales.
- La calidad del río Ayaviri de acuerdo a los parámetros analizados está siendo contaminado por coliformes totales y termotolerantes proveniente de las aguas



residuales de la localidad de Pucará, considerándose como agua contaminada no apto para el consumo animal y humano hasta que exista un tratamiento convencional.



VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda a los investigadores realizar evaluaciones de parámetros que son: aceites y grasas, detergentes, metales pesados y parámetros microbiológicos para detectar el nivel de contaminación que ocasionan las localidades cercanas al río Ayaviri.
- Se recomienda a posteriores investigadores considerar el tamaño de muestra, repeticiones y la toma de muestra, a fin de asegurar la veracidad del estudio y evitar cualquier vacío dentro de la investigación.
- Se recomienda a las instituciones (ANA, SUNASS y la municipalidad) realizar monitoreos y tratamientos en el río Ayaviri y concientizar sobre la contaminación fecal que viene siendo el mayor contaminante en la zona estudiada.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amatriain, M. (2000). Efectos del exceso de hierro sobre la salud. *Medicina Naturista*, Vol. 2, :92-95.
- ANA. (2016a). *Estrategia nacional para el mejoramiento de la calidad de los recursos hídricos*. Ministerio de Agricultura y Riego.
https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/r.j._042-2016-ana_-_copia.pdf.
- ANA. (2016b). *Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales*. Lima- Peru: Resolución Jefatural N° 010 - 2016-ANA.
- ANA. (2018). *Metodología para la determinación del Índice de Calidad de Agua de los Recursos Hídricos Superficiales en el Perú (ICA-PE)*. Peru.
- APHA, AWWA, & WPCF. (1992). *Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales* (17.^a ed.). Editorial Díaz de Santos, S. A. Madrid - España.
- Aquino, P. (2017). *Calidad del agua en el Perú retos y aportes para una gestión sostenible en aguas residuales* (1.^a ed.). Derecho, Ambiente y Recursos Naturales (DAR). Lima-Perú.
- Ariznavarreta, C., Cardinali, D., Gil, P., Mora, F., Tamargo, J., Cachofeiro, V., ... Romano, M. (2005). *Fisiología Humana* (3.^a ed.). Mexico: McGRAW-HILL INTERAMERICANA DE ESPAÑA, S.A.U.
- Armestre, P. (2022). *Amenaza invisible : la contaminación del agua por nitratos*. Recuperado de <https://es.greenpeace.org/es/wp-content/uploads/sites/3/2022/05/informe-aguas-5.pdf>
- Baeza, E. (2016). *Calidad de agua*. En Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. Chile.
<https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/23747/2/Cali>



dad del Agua Final.pdf.

- Barrenechea, A. (2004). *Aspectos fisicoquímicos de la calidade del agua*. En Tratamiento de agua para consumo humano. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. Lima-Peru.<http://www.ingenieroambiental.com/4014/uno.pdf>.
- Bauer, J., Castro, J., & Chung, B. (2017). *Calidad del agua*. En Boletín Científico de la Escuela Superior Atotonilco de Tula: Vol. 4: 1-42.
<https://doi.org/10.29057/esat.v4i7.2202>
- Cajahuaman, A., & Vasquez, T. (2022). *Determinación de la calidad del agua del Rio Shanay-Timpishka del Distrito de Honora, Departamento de Huanuco*. Universidad Nacional de Ucayaly.
- California environmental protection agency. (2010). *The Clean Water Team Guidance Compendium for Watershed Monitoring and Assessment State Water Resources Control Board. Folleto informativo 3.1.4.0 (pH)*. Recuperado de https://www.waterboards.ca.gov/water_issues/programs/swamp/docs/cwt/guidance/3140sp.pdf
- Camacho, A., Giles, M., Ortigón, A., Palao, M., Serrano, B., & Velázquez, O. (2009). *Método para la determinación de bacterias coliformes, coliformes fecales y Escherichia coli por la técnica de diluciones en tubo múltiple (Número más Probable o NMP)*. En *Técnicas para el Análisis Microbiológico de Alimentos*. (2^a ed.). Facultad de Química, UNAM. México.
- Canal de Isabel II Gestión. (2015). *La captación del agua*. En *Canal Educa*.
<https://www.fundacioncanal.com/canaleduca/wp-content/uploads/2019/10/La-captacion-del-agua.pdf>.
- Carbajal, Á., & González, M. (2012). *Propiedades y funciones biológicas del agua*.



- Facultad de Farmacia - Universidad Complutense de Madrid. España.
- Carriquiri, R. (2009). *Intoxicacion por Nitratos y Nitritos*. Bienestar y Salud Animal, 44-45 p. <https://www.planagropecuario.org.uy/publi>.
- Castillo, K., & Quispe, R. (2018). *Calidad físicoquímica y microbiológica del Rio Chonta impactadas por vertimimiento de aguas residuales urbanas e industriales en el Distrito Baños del Inca-Cajamarca, 2018*. Universidad Privada del Norte. <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/21776/Castillo>
- Cusquisiban Katherinne Mensegal - Quispe Baca Rocio Anabell.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Cepeda, J. (2019). *Calidad del agua usada con fines agrícolas en la República Dominicana*. Revista APF, Vol. 8(2), 9-16. <https://www.sodiaf.org.do/apf/index.php/ap>.
- COBCM/COBCLM. (2015). *Descripción de indicadores - Temperatura*. Recuperado 20 de julio de 2023, de https://www.ucm.es/data/cont/docs/952-2015-02-14-Temperatura_f26.pdf
- Cortez, A., Santa Cruz, A., Hernández, A., & Romero, J. (2019). *Análisis de la contaminación microbiológica (coliformes totales y fecales) en el río Huaura – 2018*. Revistas Big Bang Faustiniiano, Vol. 8(4), 17-20. <https://doi.org/10.51431/bbf.v8i4.556>
- DIGESA. (2006). *Parámetros organolépticos GESTA AGUA*. Ministerio de Salud. [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).
- Digiuni, S. (2021). *Determinación de alcalinidad total en agua*. Centro universitario de estudios medio ambientales. <https://rephip.unr.edu.ar/bitstream/handle/2133/22662/Alcalinidad>



total.pdf?sequence=3&isAllowed=y.

Espinoza, A. (2023). *Determinación de los parametros fisicos y quimicos en las aguas superficiales del río Coata, (Puente Independencia) zona baja-Distrito de Coata*. Universidad Privada San Carlos. Puno - Perú.

<http://repositorio.upsc.edu.pe/handle/UPSC/4523>.

Espinoza, J., & Chavez, M. (2021). *Calidad Fisicoquimicay Microbiologica del agua superficial del Rio Ichu en zonas urbanas del Distrito de Huancavelica, 2021*. Universidad Nacional de Huancavelica. Perú.

<http://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/4060/TESIS-2021-ING>.

AMBIENTAL-ESPINOZA SALVATIERRA Y CHAVEZ

LUCAS.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Fernández, A. (2012). *El agua: un recurso esencial*. Revista Quimica Viva, Vol. 11(3), 147-170. <https://doi.org/10.48213/travessia.vi81.866>

Fernández, M. (2017). *Determinación de coliformes totales y fecales en aguas de uso tecnológico para las centrifugas*. ICIDCA. sobre los derivados de la Caña de azúcar, Vol. 51(2), 70-73.

Funcagua. (2020). *Las aguas superficiales: Ríos*. Recuperado de

<https://funcagua.org.gt/wp-content/uploads/2020/04/SF.-Las-aguas-superficiales-ríos.pdf>

Fundación AQUAE. (2022). *Día Mundial del Agua 2022*. Recuperado 26 de mayo de 2023, de <https://www.fundacionaquae.org/wiki/valor-agua-dia-mundial/>

Gamboa, A. (2018). *Determinación de la calidad físico - química y microbiologica segun la clasificación dada por los estándares de calidad ambiental(ECAS) de las aguas del Río Tingo-Pasco-Mayo a Julio 2018*. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrion.



- http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/713/1/T026_70261263_T.pdf.
- Gerónimo, W. (2022). *Deternimación de la calidad fisicoquímica y microbiológica del río Ilave en el área de influencia de la planta de tratamiento de aguas residuales del Distrito de Ilave, Puno*. Universidad Privada San Carlos.
- Gómez, H., Matute, C., & Barrantes, R. (2014). *Fiscalización ambiental en aguas residuales*. Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), Ministerio del Ambiente https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827.
- Guerrero, M. (2012). *El agua* (1.^a ed.). fondo de cultura económica. Mexico. https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=Ommmv6A0e_sC&oi=fnd&pg=P T3&dq=el+agua+&ots=QbEx97Y35a&sig=P5GzX0htOAmWrN-W7O12_UzyVVA#v=onepage&q=el+agua&f=false.
- HACH. (2016). Hierro Iron Test kit. En *Hach Company/Hach Lange GmbH* (1.^a ed.). U.S.A: <https://fr.hach.com/asset-get.download.jsa?id=7639982767>.
- HACH. (2022). *Nitrato y nitrito*. Recuperado 13 de julio de 2023, de <https://es.hach.com/parameters/nitrate>
- Harris, D. (2007). *Análisis químico cuantitativo* (3a edición; Editorial Reverte.S.A., Ed.).
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2014). *Metodología de la investigacion*. En *booksmedicos* (6.^a ed.). McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V. México. <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf%0Ahttp://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25246403%0Ahttp://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=PMC4249520>.
- HiDRAQUA. (2017). *Conductividad*. <https://www.castalla.org/wp-content/uploads/2017/11/Ficha-Conductividad.pdf>.
- IGME. (2004). *Contaminación del agua*.



https://aguas.igme.es/igme/educacion_ambiental/guia_didactica/pdf/in_03.

- Inquilla, C. (2020). *Calidad microbiológica y fisicoquímica de las aguas del río Coata, Puno 2018*. Universidad Nacional del Altiplano. Puno - Perú.
<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/16266>.
- Ishii, S., & Sadowsky, M. (2008). *Escherichia coli in the Environment : Implications for Water Quality and Human Health*. Revista Microbes and Environments, Vol. 23(2), 101-108. <https://doi.org/10.1264/jsme2.23.101>
- Larios, J., Gonzáles, C., & Morales, Y. (2015). *Aguas residuales y sus Consecuencias en el Desarrollo y la producción*. Revista de la Facultad de Ingeniería de la USIL, Vol. 2(2), 9-25.
- Larrea, J., Rojas, M., Romeu, B., Rojas, N., & Heydrich, M. (2013). *Bacterias indicadoras de contaminación fecal en la evaluación de la calidad de las aguas : revisión de la literatura*. Revista CENIC Ciencias Biológicas, Vol. 44(3), 24-34.
- Laura, E. (2017). *Métodos de análisis microbiológicos de los alimentos* (1.^a ed.). Puno - Peru: Mayvar Impresores.
- Leder, B., Silverberg, S., & Stewart, A. (2009). *Exceso de calcio en la sangre (Hipercalcemia)*. The Hormone Foundation.
- Londoño, M., & Gómez, B. (2020). *Nitratos e nitritos , la doble cara de la moneda*. *Revista nutrición clínica y metabolismo*, Vol. 4(1),
<https://revistanutricionclinicametabolismo.org/pub>.
- López, E., & Fernández, F. (1988). *Determinación Colorimétrica*. En Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/fondo/pdf/43700_2.pdf.
- Luna, C., Cedeño, H., & Alpizar, C. (2021). *Nitratos en forrajes de lecherías especializadas: ¿cuál es la magnitud de la contaminación y qué problemas nos*



pueden causar? En Horizonte Lechero de La Cámara Nacional de leche. Costa Rica: <https://ganaderiasos.com/wp-content/uploads/2021/07/NITRATOS-EN-FORRAJES-DE-LECHERIAS-ESPECIALIZADAS-CUAL-ES-LA-MAGNITUD-DE-LA-CONTAMINACION-Y-QUE-PROBLEMAS-NOS-PUEDEN-CAUSAR-.pdf>.

Macías, A., Mera, L., Espinoza, M., Vite, F., Vallejo, P., Mendoza, L., ... Terán, M. (2019). *Microbiología y salud* (3.^a ed.). ÁREA DE INNOVACIÓN Y DESARROLLO, S.L.

Mamani, R. (2015). *Plantas de tratamiento de aguas residuales de la región son ineficientes*. Diario Los Andes.
<https://www.losandes.com.pe/oweb/Regional/20151123/92928.html/>.

Marrero, F., Gutiérrez, P., & Cabel, D. (2019). *Determinación de las características físico químicas y microbiológicas de las aguas de las principales fuentes de consumo en la región Puno*. Juliaca-Perú.

Mcfarland, M., & Dozier, M. (2006). *Problemas del agua potable : El hierro y el manganeso*. En el Sistema Universitario Texas A&M.
<https://texaswater.tamu.edu/resources/factsheets/15451sironandman.pdf>.

Mera, R. (2016). *El sulfato como nutriente esencial en la protección contra los efectos citóxicos del cadmio en la microalga dulceacuícola Chlamydomonas moewusii Gerloff*. Universidade da Coruña.

MINAM. (2017). *DECRETO SUPREMO N° 004-2017-MINAM*. El Peruano.
<https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/aprueban-estandares-de-calidad-ambiental-eca-para-agua-y-e-decreto-supremo-n-004-2017-minam-1529835-2/>.

Mora, J., & Calvo, G. (2010). *Estado actual de contaminación con coliformes fecales de los cuerpos de agua de la Península de Osa*. Revista Tecnología en marcha, Vol.



23(5), 34-40.

- Moreno, H., Ibáñez, S., & Gisbert, J. (2011). *Sulfatos*. Universidad Politecnica de Valencia. https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/13682/sulfatos_revisado_definitivo.pdf?sequence=3.
- Neira, M. (2006). *Dureza en aguas de consumo humano y uso industrial, impactos y medidas de mitigación. Estudio de caso: Chile*. Universidad de Chile.
- NIH. (2020). *Datos sobre el magnesio*. Recuperado de National Institutes of Health website: <https://ods.od.nih.gov/pdf/factsheets/Magnesium-DatosEnEspañol.pdf>
- Ocola, J., & Laquí, W. (2017). *Fuentes contaminantes en la cuenca del Lago Titicaca* (1.^a ed.). Autoridad Nacional del Agua. https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/fuentes_contaminantes_del_titicaca_3.pdf.
- Pérez, E. (2016). *Control de calidad en aguas para consumo humano en la región occidental de Costa Rica*. Revista Tecnología en Marcha, Vol. 29(3), 3-14. <https://doi.org/10.18845/tm.v29i3.2884>
- Pérez, G., Alvarado, V., Rodríguez, J., Herrera, F., & Sánchez, R. (2021). *Calidad fisicoquímica y microbiológica del agua superficial del río Grande de Tárcoles, Costa Rica: un enfoque ecológico*. UNED Research Journal, Vol. 13(1), <https://revistas.uned.ac.cr/index.php/cuadernos/ar>.
- Reyes, N., & Mendieta, B. (2000). *Los minerales en la alimentación animal*. Universidad Nacional Agraria, Managua (Nicaragua).
- RIPDA CYTED. (2003). *Indicadores de contaminación fecal en aguas*. En Agua potable para comunidades rurales, reuso y tratamientos avanzados de aguas residuales domésticas. 224-229.
- Rodríguez, R. (2021). *Análisis de la calidad del agua en ríos de la cuenca Chancay -*



- Lambayeque, Perú. Revista Veritas Ex Scintia, Vol. 10(2), 1-12.*
- Rodríguez, S. (2019). *Evaluación de la calidad fisicoquímica y microbiológica de las aguas del Río Mashcon en Huambocancha baja y bella unión durante setiembre y diciembre del 2017 y mayo del 2018.* Universidad Privada del Norte.
- Rojas, C. (2019). *La solución salina fisiológica y su alta concentración de cloruro.* Revista Ciencia e Investigación, 22(1), 27-30.
- Romero, D. (2019). *Análisis microbiológicos (coliformes totales y fecales), en aguas residuales generadas en puerto libertad que descargan en el Estero Libertad.* Universidad de Guayaquil - Ecuador.
<http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/44926>.
- Solic, M., & Krstulovic, N. (1992). *Separate and Combined Effects of Solar Radiation , Temperature , Salinity , and pH on the Survival of Faecal Coliforms in Seawater.* Revista Marine Pollution Bulletin, Vol. 24(8), 411-416.
- Solís, Y., Zúñiga, L., & Mora, D. (2018). *La conductividad como parámetro predictivo de la dureza del agua en pozos y nacientes de Costa Rica.* Revista Tecnología en Marcha, Vol. 31(1), 35-46. <https://doi.org/10.18845/tm.v31i1.3495>
- SUNASS. (2004). *La calidad del agua potable en el Perú.* Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento. <https://www.sunass.gob.pe/wp-content/uploads/2020/09/Jica-2004.pdf>.
- Tapia, E. (2021). *Calidad fisicoquímica y microbiológica del agua del río Suno previo a su ingreso en la planta de tratamiento cantón Loreto.* Universidad Central del Ecuador.
- Tomasini, A., & Estrada, E. (2022). *Evaluación analítica del Río Tomataly de las descargas de aguas residuales municipales que llegan a la laguna de Tuxpamn, GRO.* Revista Verde, Vol. 1(2), 35-44.

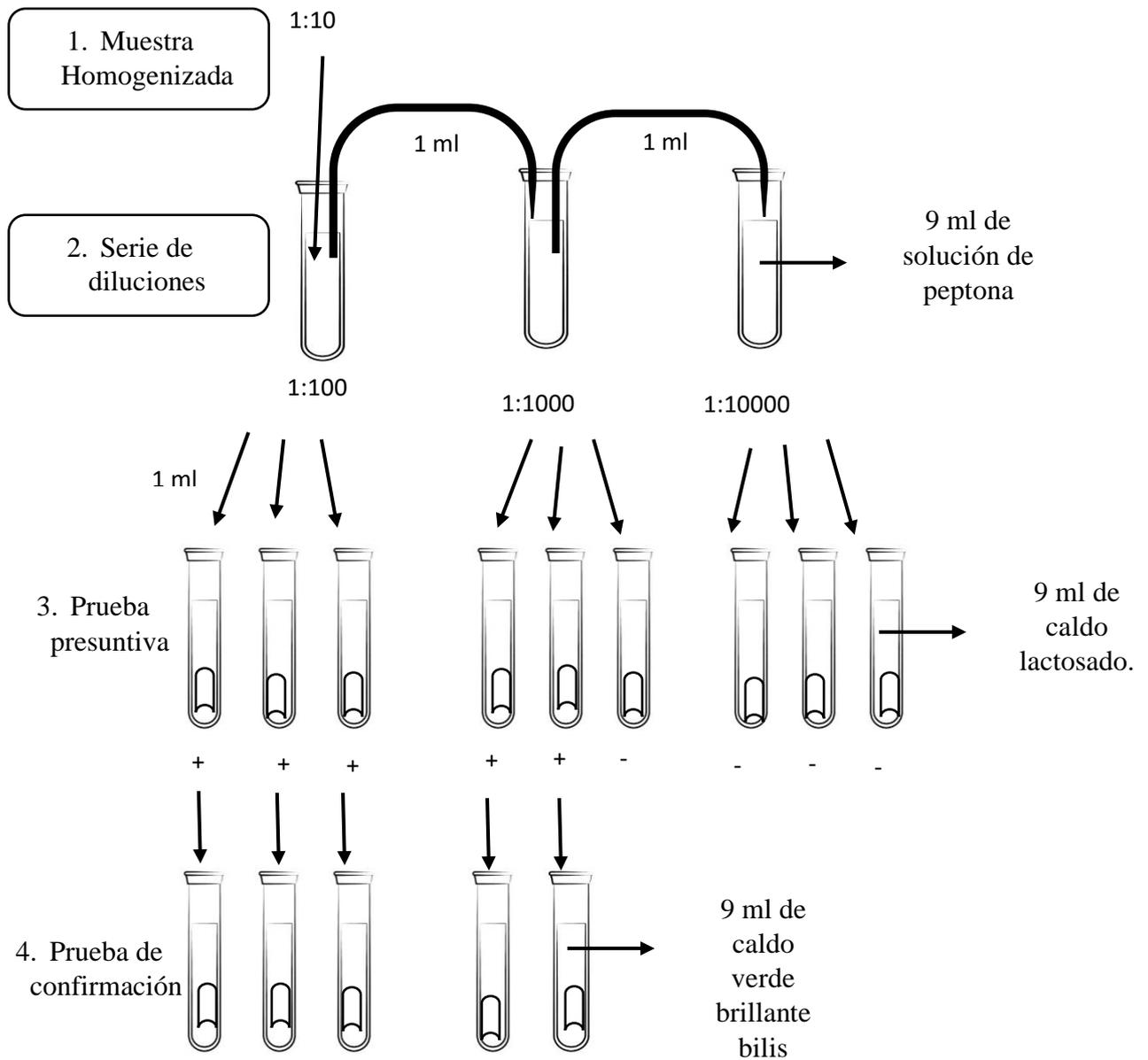


- Torres, P., Cruz, C., & Patiño, P. (2009). *Índice de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano. Una revisión crítica*. Revista Ingenierías Universidad de Medellín, Vol. 8(15), 79-94.
<https://doi.org/10.1039/9781788012669-00386>
- Tortora, G., Funke, B., & Case, C. (2007). *Introducción a la microbiología* (9.^a ed.). Editorial Medica Panamericana. Madrid - España.
- UICN. (2018). *Guía de monitoreo participativo de la calidad de agua*. Quito-Ecuador.
- Valencia, R., Sánchez, J., Ortiz, E., & Gomez, J. (2014). *La contaminación de los ríos, otro punto de vista. Primera parte*. Revista de ciencia y tecnología de la UACJ, 5(1), 35-49.
- Vásquez, M., Rodríguez, J., Lira, B., Cueva, S., Ayón, M., & Mallma, Y. (2012). *pH de la superficie luminal de la mucosa gastrointestinal de crías de alpacas durante las primeras semanas de edad*. Revista Inv Vet Perú, Vol. 23(1), 20-26.
- Visocolor ECO. (2022). *Nitrato Test kit for performing colorimetric tests on nitrate ions in surface water and sewage*. <https://www.carlroth.com/medias/BA-ART-347244-EN.pdf?context=bWFzdGVyfGluc3RydWN0aW9uc3wzNzEyNjh8YXBwbGljYXRpb24vcGRmfGluc3RydWN0aW9ucy9oM2IvaDNhLzkwMjIyNDM0Mzg2MjIucGRmfDYwNGM2ODg4Y2UxNjUzODFINTk3M2E4NzVhYjhhYmNIN2IyNDRkOWY5ZDU0MjFhOGFjZDI2ZTg2OWVkyYTQyNj>.

ANEXOS

Figura 13

Fluxograma de metodología para Numero más probable de coliformes (NMP)



Galería de fotos

Figura 14

Puntos de muestreo en la desembocadura de aguas residuales de la localidad de Pucará del río Ayaviri (A-RAyav1, B- RAYav2, C- RAYav3, D- RAYav4 y E- RAYav5).



(A)



(B)



(C)



(D)



(E)

Figura 15

Uso de las aguas del río Ayaviri para bebida de animales y consumo humano.



Figura 16

Toma de muestra en la desembocadura de aguas residuales de la localidad de Pucará del río Ayaviri.



Figura 17

Análisis de temperatura, pH (in situ) y conductividad eléctrica.



Figura 18

Evaluación de alcalinidad por el método de titulación.



Figura 19

Evaluación de dureza por el método de titulación.



Figura 20

Evaluación de cloruros por el método de titulación.



Figura 21

Evaluación de sulfatos por el método de turbidimetría.



Figura 22

Evaluación de nitratos y hierro por el método colorimétrico.

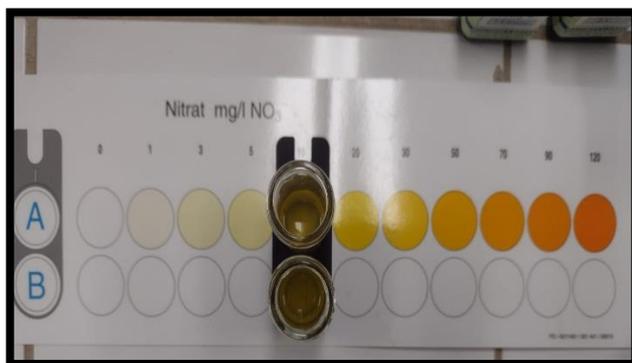
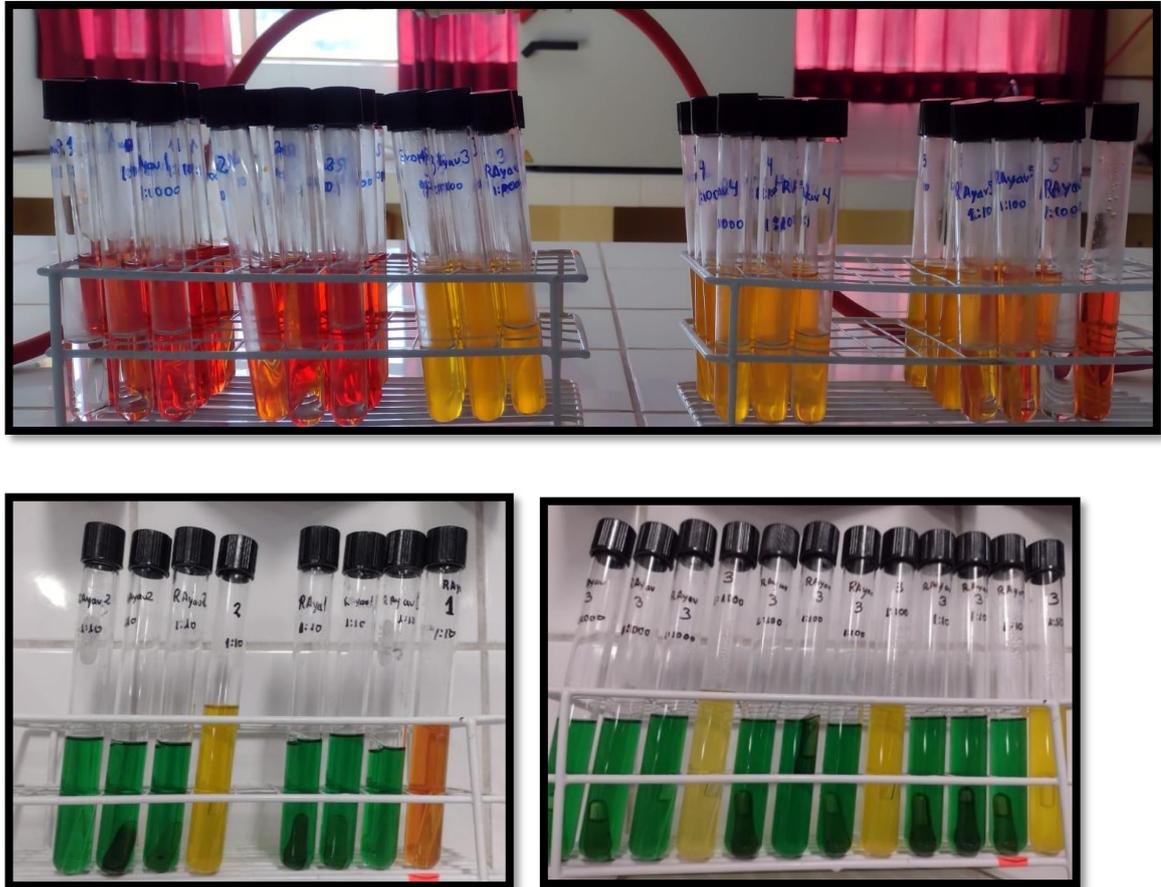


Figura 23

Evaluación de coliformes totales y termotolerantes por el método de Número más Probable (prueba presuntiva y confirmativa).





Universidad Nacional del Altiplano
Facultad de Ciencias Biológicas

Ciudad Universitaria - Teléfono 36 6189 - Apartado Postal 291



CONSTANCIA Nº 67-2023-D-FCCBB-UNA

EL QUE SUSCRIBE, DECANO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS DE LA UNA-PUNO.

HACE CONSTAR.-

Que, la Bachiller **EPIVANY VILCA MAMANI**, es egresada de la Escuela Profesional de Biología de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional del Altiplano - Puno, ha realizado su trabajo de investigación (tesis), titulado **CALIDAD FÍSICOQUÍMICA Y BACTERIOLÓGICA DEL RÍO AYAVIRI EN LA DESEMBOCADURA DE AGUAS RESIDUALES DE LA LOCALIDAD DE PUCARÁ, PROVINCIA DE LAMPA - PUNO**, en el Laboratorio de Microbiología Clínica, de la Escuela Profesional de Biología, Facultad de Ciencias Biológicas, los meses de mayo, junio y julio del 2023.

Se expide la presente constancia a solicitud de la interesada, para los fines que estime por conveniente.

Puno, 01 de setiembre del 2023.



Dr. EDMUNDO GERARDO MORENO TERRAZAS
DECANO

cc
Archivo 2023
EGV/raoz

Constancia de laboratorio de ejecución del proyecto de tesis



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

Por el presente documento, Yo Epiwany Vilca Mamani,
identificado con DNI 76097861 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 Fisicoquímica y Bacteriológica en la desembocadura
de aguas residuales de la localidad de Pucará del río Ayaviri,
Provincia de Lampa, Puno - 2022. ”

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 Epivany Vilca Mamani,
identificado con DNI 76097861 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 en la desembocadura
de aguas residuales de la localidad de Pucará del río Ayaviri,
Provincia de Lampa, Puno - 2022. "

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 2024

FIRMA (obligatoria)



Huella