



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO DE PUNO

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



**DIAGNÓSTICO DEL IMPACTO POR LA EXISTENCIA DE
LETRINAS EN LA CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA PARA
EL CONSUMO HUMANO EN LOS BARRIOS 15 DE AGOSTO Y
SAN SALVADOR DEL DISTRITO DE JULIACA,
SAN ROMÁN-PUNO**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. EDWIN PANCCA MAMANI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÍCOLA

PUNO - PERÚ

2021



DEDICATORIA

A Dios por brindarme cada día de vida y por haberme permitido llegar a este tan anhelado momento de mi vida.

A mi querida madre Saturnina Mamani de Pancca, y mi padre Juan Valero Pancca Mamani, por el gran sacrificio y amor incondicional que me brindaron, por ser unos grandes padres luchadores por la que me siento muy orgulloso y hare lo posible para darte muchas alegrías con mis logros.

A mis hermanos y hermanas Caselyno, Ruth, Doris, Elvis, Yessica, Aldo y Ronald, por su apoyo incondicional y moral en los momentos difíciles y también en los felices durante mi formación como profesional.

A mi esposa Anali que siempre está a mi lado brindándome su amor y apoyo, y a mis queridos hijos Ariadna Luna y Ludwig Manuel que es la razón que me motiva a ser una mejor persona y seguir luchando en la vida.

A mis familiares que siempre me acompañan en las buenas y en las malas, gracias por su apoyo.

Gracias por confiar en mí.

Edwin Pancca Mamani



AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, le doy gracias a Dios por darme cada día de vida y guiarme por el camino correcto y acompañarme por donde vaya.

A la Universidad Nacional del Altiplano, en especial a la Facultad de Ingeniería Agrícola, Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola por haber contribuido en mi formación profesional durante mis años de estudio.

Al Dr. Roberto Alfaro Alejo director y asesor del presente trabajo de investigación, por su apoyo incondicional, valiosa enseñanza y acertada dirección.

Mis cordiales agradecimientos a cada uno de los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola, por haberme brindado sus conocimientos y experiencias durante los cinco años de estudio.

Agradecimiento sincero a todas las personas, amigos y familiares que de manera directa e indirecta motivaron y contribuyeron en la ejecución y culminación de la presente tesis de investigación.

Edwin Pancca Mamani



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

RESUMEN 15

ABSTRACT..... 16

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 18

1.1.1. Problema general 19

1.1.2. Problemas específicos..... 19

1.2. HIPÓTESIS 20

1.2.1. Hipótesis general 20

1.2.2. Hipótesis específicas..... 20

1.3. JUSTIFICACIÓN 20

1.4. OBJETIVOS 22

1.4.1. Objetivo general 22

1.4.2. Objetivos específicos..... 22

CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN 23



| | |
|---|-----------|
| 2.1.1. Internacional..... | 23 |
| 2.1.2. Nacional..... | 24 |
| 2.1.3. A nivel local..... | 26 |
| 2.2. MARCO TEÓRICO..... | 27 |
| 2.2.1. Acuífero..... | 27 |
| 2.2.2. Calidad de agua de consumo humano..... | 28 |
| 2.2.3. Clasificación de aguas para consumo humano..... | 28 |
| 2.2.4. Principales indicadores físicos, químicos y biológicos de calidad de agua..... | 29 |
| 2.2.4.1. Indicadores microbiológicos de agua..... | 29 |
| 2.2.4.2. Indicadores organolépticos..... | 35 |
| 2.2.4.3. Indicadores físicos y químicos del agua..... | 37 |
| 2.2.5. Importancia de la calidad de agua..... | 55 |
| 2.2.6. Infecciones transmitidas por el agua..... | 56 |
| 2.2.7. Impacto de la calidad del agua en la salud..... | 57 |
| 2.2.8. Normas que garantizan la calidad de agua..... | 58 |
| 2.2.9. Autoridades competentes de la calidad del agua para consumo humano..... | 60 |
| 2.2.10. Desinfección del agua..... | 61 |
| 2.2.11. Cloración del agua de consumo humano..... | 61 |
| 2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS..... | 62 |
| 2.3.1. Agua cruda..... | 62 |
| 2.3.2. Agua tratada..... | 62 |
| 2.3.3. Agua potable..... | 62 |
| 2.3.4. Aguas subterráneas..... | 62 |
| 2.3.5. Agua de pozos..... | 63 |
| 2.3.6. Calidad de agua..... | 63 |



| | |
|-----------------------------------|----|
| 2.3.7. Cloro | 63 |
| 2.3.8. Cloro residual libre | 64 |
| 2.3.9. Demanda de cloro | 64 |

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

| | |
|--|-----------|
| 3.1. ZONA DE ESTUDIO | 65 |
| 3.1.1. Límites | 66 |
| 3.1.2. Vías de comunicación y accesibilidad..... | 66 |
| 3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN..... | 66 |
| 3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA | 66 |
| 3.3.1. Población | 66 |
| 3.3.2. Muestra | 67 |
| 3.3.3. Ubicación de puntos de muestreo | 67 |
| 3.3.4. Toma de muestras | 69 |
| 3.3.5. Acondicionamiento preservación y traslado de muestras..... | 70 |
| 3.4. PROCEDIMIENTO DE MUESTREO | 72 |
| 3.4.1. Análisis fisicoquímico | 72 |
| 3.4.2. Análisis bacteriológico | 72 |
| 3.5. IDENTIFICACIÓN DE PRINCIPALES FACTORES DE CONTAMINACIÓN | 73 |
| 3.6. CARACTERÍSTICAS DE POZOS EXISTENTES PARA EL DISEÑO DE POTABILIDAD DEL AGUA EN LOS POZOS..... | 74 |
| 3.6.1. Caracterización del estado actual del pozo..... | 74 |
| 3.6.2. Evaluar la operación del sistema de cloración..... | 74 |



CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

| | |
|---|-----------|
| 4.1. CARACTERÍSTICAS FISICO QUÍMICAS Y BACTERIOLÓGICAS DEL | |
| AGUA..... | 76 |
| 4.1.1. Color..... | 76 |
| 4.1.2. Olor y sabor..... | 77 |
| 4.1.3. PH..... | 78 |
| 4.1.4. Conductividad eléctrica..... | 80 |
| 4.1.5. Dureza total..... | 82 |
| 4.1.6. Alcalinidad..... | 83 |
| 4.1.7. Cloruros..... | 85 |
| 4.1.8. Sulfatos..... | 86 |
| 4.1.9. Nitratos..... | 88 |
| 4.1.10. Calcio..... | 89 |
| 4.1.11. Magnesio..... | 91 |
| 4.1.12. Solidos disueltos totales..... | 92 |
| 4.1.13. Aluminio..... | 94 |
| 4.1.14. Cobre..... | 95 |
| 4.1.15. Zinc..... | 96 |
| 4.1.16. Sodio..... | 98 |
| 4.1.17. Turbiedad..... | 99 |
| 4.1.18. Amoniac..... | 101 |
| 4.1.19. Coliformes totales..... | 103 |
| 4.1.20. Coliformes termotolerantes..... | 105 |



| | |
|---|------------|
| 4.2. PRINCIPALES FACTORES DE LA CONTAMINACIÓN EXISTENTE Y PROGRAMA DE EDUCACIÓN SANITARIA Y DESINFECCIÓN DE AGUA. | 107 |
| 4.2.1. Factores de la contaminación | 107 |
| 4.2.1.1. Factores en la primera muestra | 107 |
| 4.2.1.2. Factores en la segunda muestra..... | 110 |
| 4.2.1.3. Factores en la tercera muestra..... | 112 |
| 4.2.1.4. Factores en la cuarta muestra..... | 115 |
| 4.2.2. Propuesta de educación sanitaria y desinfección de agua. | 118 |
| 4.2.2.1. Sesión 01: Fuente de agua..... | 118 |
| 4.2.2.2. Desarrollo de sesión 01 | 119 |
| 4.2.2.3. Desarrollo de sesión 02 | 123 |
| 4.2.2.4. Sesión de 03: Almacenamiento de agua | 125 |
| 4.2.2.5. Desarrollo de sesión 03 | 126 |
| 4.2.2.6. Sesión de 04: Desinfección de agua..... | 127 |
| 4.2.2.7. Desarrollo de sesión 04 | 128 |
| 4.3. PROPUESTA DE DISEÑO PARA LA POTABILIDAD DEL AGUA EN LOS POZOS. | 136 |
| 4.3.1. Hipoclorador de flujo constante | 136 |
| 4.3.1.1. Consumo aproximado por familia | 136 |
| 4.3.1.2. Tanque de solución madre | 137 |
| V. CONCLUSIONES..... | 141 |
| VI. RECOMENDACIONES | 142 |
| VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 143 |
| ANEXOS..... | 148 |



| | |
|--|-----|
| Anexo 1. Toma de muestra | 148 |
| Anexo 2. Toma de medida de los pozos | 148 |
| Anexo 3. Ubicación de diferentes letrinas | 149 |
| Anexo 4. Nivelación de ubicación de pozos..... | 149 |
| Anexo 5. Resultado de la muestra 1..... | 150 |
| Anexo 6. Resultado de la muestra 2..... | 151 |
| Anexo 7. Resultado de la muestra 3..... | 152 |
| Anexo 8. Resultado de la muestra 4..... | 153 |

Área : Ingeniería y Tecnología

Línea : Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente

FECHA DE SUSTENTACION: 17 de marzo del 2021.



ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Clasificación de las aguas para consumo humano..... | 29 |
| Tabla 2. Tipos de microorganismo en el agua. | 31 |
| Tabla 3. Olores característicos de agua y su origen | 37 |
| Tabla 4. Clasificación de agua en términos de dureza | 44 |
| Tabla 5. LMP de parámetros microbiológicos y parasitológico | 59 |
| Tabla 6. Límites máximos permisibles de parámetros de calidad organoléptica | 60 |
| Tabla 7. Vías de comunicación acceso | 66 |
| Tabla 8. Viviendas localizadas del ámbito de estudio. | 67 |
| Tabla 9. Ubicación de puntos de muestreo. | 68 |
| Tabla 10. Verificación de color | 76 |
| Tabla 11. Cuadro comparativo de olor y sabor..... | 77 |
| Tabla 12. Cuadro comparativo de pH..... | 79 |
| Tabla 13. Análisis de conductividad eléctrica | 80 |
| Tabla 14. Análisis de dureza total..... | 82 |
| Tabla 15. Análisis de alcalinidad | 83 |
| Tabla 16. Análisis de cloruro | 85 |
| Tabla 17. Análisis de Sulfatos | 87 |
| Tabla 18. Análisis de nitratos..... | 88 |
| Tabla 19. Análisis de calcio | 90 |
| Tabla 20. Análisis de magnesio. | 91 |
| Tabla 21. Análisis de sólidos disueltos totales..... | 92 |
| Tabla 22. Análisis de aluminio | 94 |
| Tabla 23. Análisis de cobre..... | 95 |
| Tabla 24. Análisis de zinc | 96 |



| | |
|---|-----|
| Tabla 25. Análisis de sódio..... | 98 |
| Tabla 26. Análisis de turbiedad. | 100 |
| Tabla 27. Análisis de amoniaco..... | 101 |
| Tabla 28. Análisis de coliformes totales | 103 |
| Tabla 29. Análisis de coliformes termotolerantes..... | 105 |
| Tabla 30. Medida de letrina- pozo muestra 1. | 107 |
| Tabla 31. Medida de letrina- pozo muestra 2. | 110 |
| Tabla 32. Medida de letrina- pozo muestra 3. | 113 |
| Tabla 33. Medida de letrina- pozo muestra 4. | 115 |
| Tabla 34. Cantidad de cloro que se debe agregar al agua..... | 135 |
| Tabla 35. Consumo aproximado por familia..... | 136 |



ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|-----|
| Figura 1. Modelo de un acuífero..... | 28 |
| Figura 2. Bacterias patógenas en el agua | 32 |
| Figura 3. Algas presentes en el agua..... | 34 |
| Figura 4. Área de estudio..... | 65 |
| Figura 5. Ubicación del punto de muestreo. | 68 |
| Figura 6. Líneas equipotenciales y sentido de flujo de aguas subterráneas..... | 69 |
| Figura 7. Medición del pH..... | 79 |
| Figura 8. Medición de la conductividad eléctrica..... | 81 |
| Figura 9. Medición de la dureza total..... | 82 |
| Figura 10. Medición de la alcalinidad..... | 84 |
| Figura 11. Medición de cloruros..... | 85 |
| Figura 12. Medición de sulfatos..... | 87 |
| Figura 13. Medición de nitratos..... | 89 |
| Figura 14. Medición de calcio..... | 90 |
| Figura 15. Medición de magnesio..... | 91 |
| Figura 16. Medición de sólidos disueltos totales..... | 93 |
| Figura 17. Medición de aluminio..... | 94 |
| Figura 18. Medición de cobre..... | 96 |
| Figura 19. Medición de zinc..... | 97 |
| Figura 20. Medición de sodio..... | 98 |
| Figura 21. Medición de turbiedad..... | 100 |
| Figura 22. Medición de amoníaco..... | 102 |
| Figura 23. Medición de coliformes totales..... | 104 |
| Figura 24. Medición de coliformes termotolerantes..... | 105 |



| | |
|---|-----|
| Figura 25. Vivienda familia Pacompia. | 108 |
| Figura 26. Vivienda familia Paucar. | 111 |
| Figura 27. Vivienda familia Mamani. | 113 |
| Figura 28. Vivienda familia Apaza. | 116 |
| Figura 29. Tipos de filtro. | 131 |
| Figura 30. Filtro lento de arena para el hogar. | 132 |
| Figura 31. Filtro de bioarena fijo y muy economico para el hogar. | 133 |
| Figura 32. Estructura de hipoclorador constante. | 137 |



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

| | |
|----------------|---|
| DIGESA: | Dirección General de Salud Ambiental. |
| EPS: | Empresa Prestadora de Servicio. |
| JASS: | Juntas Administradoras de Servicios de Saneamiento. |
| LMP: | Limites Máximo Permisible. |
| OMS: | Organización Mundial de la Salud. |
| OPS: | Organización Panamericana de la Salud. |
| MINAM: | Ministerio del Ambiente. |
| MINSA: | Ministerio de Salud. |



RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar el impacto por la existencia de letrinas en la calidad del agua subterránea para el consumo humano en los barrios 15 de Agosto y San Salvador, en relación a las principales causas de contaminación para su mejoramiento con tecnologías sencillas. Consistió en analizar e interpretar las características físico-químico y bacteriológicas de agua para el consumo humano en base a los estándares de calidad de agua, se comprobó que los parámetros físico químicos como color, olor, sabor, pH, cloruro, sulfatos, nitratos, magnesio, sólidos disueltos totales, zinc, sodio, turbiedad, amoníaco, se encuentran dentro de los Límites Máximos Permisibles (LMP); excepto, dureza excediendo en sus 4 muestras un promedio de 29%, alcalinidad en la muestra 1 el 16.1 %, calcio en sus 4 muestras un promedio del 25%, Aluminio en la muestra 2 el 50%, coliformes totales y termotolerantes (fecales) en sus 4 muestras en un promedio de 262% y 87.25%. La existencia de coliformes en el agua de pozo se debe por prácticas inadecuadas de higiene, el sistema de desagüe sanitario está atendido por silos o letrinas, inadecuada ubicación de letrinas y limitado conocimiento en educación sanitaria, posterior a ello se ha propuesto un programa de educación sanitaria y uso de un hipoclorador de flujo constante para garantizar un agua libre de microorganismos.

Palabras clave: calidad agua subterránea, letrina, pozos domésticos, Saneamiento.



ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the impact of the existence of latrines on the quality of groundwater for human consumption in the 15 de Agosto and San Salvador neighborhoods, in relation to the main causes of contamination for its improvement with simple technologies. It consisted of analyzing and interpreting the physical-chemical and bacteriological characteristics of water for human consumption based on the water quality standards, it was verified that the physical-chemical parameters such as color, odor, taste, pH, chloride, sulfates, nitrates, magnesium, total dissolved solids, zinc, sodium, turbidity, ammonia, are within the Maximum Permissible Limits (MPL); Except, hardness exceeding an average of 29% in its 4 samples, alkalinity in sample 1 16.1%, calcium in its 4 samples an average of 25%, Aluminum in sample 2 50%, total and thermotolerant (fecal) coliforms in its 4 samples by an average of 262% and 87.25%. The existence of coliforms in well water is due to inadequate hygiene practices, the sanitary drainage system is served by silos or latrines, inadequate location of latrines and limited knowledge in health education, after which an education program has been proposed sanitary ware and use of a constant flow hypochlorinator to guarantee water free of microorganisms.

Keywords: groundwater quality, latrine, domestic wells, sanitation.



CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

Aunque el agua es el elemento más frecuente en la tierra, únicamente el 2.53 % del total es agua dulce y el resto es agua salada, siendo gran parte de esta agua subterránea, y propensa a contaminarse, es especial si son superficiales.

Actualmente los barrios 15 de Agosto y San Salvador de la ciudad de Juliaca, no cuentan con agua potable conectado a los servicios públicos de la EPS Seda-Juliaca, es por eso que su fuente de abastecimiento son pozos de tipo Caisson. El sistema de desagüe está atendido por silos o letrinas que se construyen artesanalmente y se ubican cerca a los pozos domésticos de agua, siendo inevitable la contaminación a las aguas de los pozos existentes, que los pobladores han construido para la extracción de agua subterránea.

Por las razones expuestas, el presente trabajo se enfoca en identificar el nivel de contaminación que se tiene por la existencia de letrinas en la calidad de agua subterránea para el consumo humano en los barrios 15 de Agosto y San Salvador, donde se identificó las características de contaminación físico químico y bacteriológico de agua para el consumo humano, también se identificó la principales causas de la contaminación existente e implemento un programas de educación sanitaria y desinfección de agua y posterior a ello se verifico las características y componentes de los pozos existentes y se ha propuesto un diseño de filtro que garantice la potabilidad del agua en los pozos, en los barrios 15 de Agosto y San Salvador del distrito de Juliaca.

El trabajo de investigación presenta cuatro capítulos:



En el primer capítulo se plantean los problemas: general y específicos; objetivos: general y específicos; hipótesis: general y específicos; los cuales justifican el trabajo de investigación.

El segundo capítulo presenta la revisión literaria mostrando conceptos, información teórica, en control de la calidad de agua subterránea, base para la ejecución del presente trabajo de tesis.

En el tercer capítulo se muestra la metodología, como el tipo de investigación, la población y muestra a fin de exponer e identificar el nivel de contaminación que se tiene por la existencia de letrinas en la calidad de agua subterránea. Obteniendo los resultados y diagnóstico final que permiten plantear el programa de educación sanitaria y se ha propuesto un hipoclorador por flujo constante que garantice la potabilidad del agua en los pozos.

Finalmente se efectúan las conclusiones y recomendaciones.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las letrinas de pozo son uno de los sistemas de eliminación de excretas humanas más comunes en los países de bajos ingresos, y su uso va en aumento a medida que los países buscan alcanzar la meta relacionada con el saneamiento de los Objetivos de Desarrollo del Milenio. Sin embargo, existe la preocupación de que las descargas de contaminantes químicos y microbianos de las letrinas de pozo al agua subterránea puedan afectar negativamente la salud humana en especial en áreas periurbanas hay un incremento del uso de letrinas de hoyo seco (Graham, J., & Matthew, 2013).

Se tomaron muestras de letrinas comunitarias antes y después de la limpieza diaria, mientras que las muestras de los hogares se recolectaron al mediodía, para reflejar las condiciones normales. Las concentraciones de coliformes totales y *Escherichia coli* se



midieron utilizando métodos de filtración por membrana. Los resultados casi no encontraron diferencias entre la contaminación bacteriana en las superficies de las letrinas en las letrinas comunitarias y domésticas, con la excepción de las losas / asientos de las letrinas que estaban más contaminadas en las letrinas comunitarias en condiciones de suciedad (McGinnis, S., & Marini, 2019).

En la actualidad la Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda realizar la cloración del agua como una medida sanitaria positiva para lograr el abastecimiento de agua segura y prevenir enfermedades de transmisión hídrica.

Por otro lado los barrios 15 de Agosto y San Salvador de la ciudad de Juliaca, no cuentan con agua potable conectado a los servicios públicos de la EPS Seda Juliaca; peor aún su sistema de desagüe está atendido por silos o letrinas de desagüe que se construyen artesanalmente y se ubican cerca a los pozos domésticos de agua, siendo inevitable la contaminación a las aguas de los pozos existentes, para abastecerse de agua para el consumo humano los pobladores han construido pozos domésticos para la extracción de agua subterránea.

1.1.1. Problema general

¿Cuál es el nivel de contaminación que se tiene por la existencia de letrinas en la calidad de agua subterránea para el consumo humano en los barrios 15 de Agosto y San Salvador?

1.1.2. Problemas específicos.

- ¿Cómo identificar las características de contaminación físico químico y bacteriológico de agua para el consumo humano?
- ¿Cuáles son las principales causas de contaminación existente en los pozos de agua del barrio 15 de agosto y San Salvador?



- ¿Cómo verificar los componentes de los pozos existentes y garantizar el tipo de estructura que garantice el consumo de calidad de agua?

1.2. HIPÓTESIS

1.2.1. Hipótesis general

La instalación de letrinas influye en el deterioro de la calidad del agua subterránea en los barrios de 15 de Agosto y San Salvador de Juliaca – San Román - Puno, siendo no aptas para el consumo humano según los límites máximos permisibles para agua potable.

1.2.2. Hipótesis específicas

- Las características físico-químicas y bacteriológicas de agua subterránea están por debajo de los límites máximos permisibles para agua.
- La instalación de letrinas de hoyo seco es la causa principal de la contaminación de aguas subterráneas, lo que requiere un programa de educación sanitaria y desinfección de agua.
- El planteamiento de una adecuada construcción estructural y sistema de desinfección de pozos domésticos garantiza la potabilidad para el consumo humano.

1.3. JUSTIFICACIÓN

Los barrios 15 de Agosto y San Salvador de la ciudad de Juliaca fueron creados hace más de 20 años. En la actualidad no cuentan con servicio de agua potable administrados por la Empresa Prestadora de Servicios de Saneamiento EPS Seda Juliaca, todos los lotes y viviendas cuentan con pozos domésticos de donde se usa agua para el consumo humano, la construcción inadecuada y la falta de actividades de mantenimiento ocasionan problemas de contaminación; trayendo consecuentemente peligros a la salud



del ser humano; estos pozos están fundamentados solamente en excavaciones, sin protección alguna ni uso de filtros de arena en casos necesarios.

El consumo de agua potable es sumamente importante para la supervivencia humana. Disponer de agua potable es un requisito indispensable en el éxito, en la lucha contra la pobreza, el hambre, la desigualdad de género, la morbimortalidad especialmente en la población infantil; las razones para ello son evidentes. Sin embargo, durante mucho tiempo y a la fecha las localidades en mención no han tenido acceso a un servicio de agua potable, es decir el nivel de cobertura es de 0%. La mayoría de las familias se ven obligados a consumir agua de fuentes como (Huaquisto, Belizario, & Tudela, 2020): acequias, pozos artesianos en estado de deterioro, pozos someros construidos por los mismos habitantes, que actualmente vienen siendo contaminados con la instalación de letrinas artesanales construidas por los mismos ya que en el área de estudio no existe sistema de desagüe. Así mismo por la inadecuada disposición de residuos sólidos y orgánicos; lo que conlleva a que el agua que se consume no cuente con las condiciones mínimas de salubridad para el consumo humano.

La carencia de este servicio representa una de las principales causas de enfermedades gastrointestinales parasitarias y dérmicas; afectando en particular a la población más vulnerable como son los niños, lo cual a su vez incide en la economía de los hogares que aumentan sus gastos en medicamentos, originando seriamente el deterioro de la calidad de vida de los habitantes, reducción de oportunidades y sus expectativas de mejorar sus proyectos como ciudad.

Ante esta realidad la mayoría de estas enfermedades pueden controlarse con la instalación de un sistema de abastecimiento de agua potable, a fin de mejorar la calidad del agua y un acercamiento de la fuente de uso, además realizar acciones de promoción,



educación, capacitación para asegurar que el abastecimiento y el control de la calidad del agua para consumo, sean eficientes, eficaces y sostenibles; para así de esta manera mejorar el bienestar de la población.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo general

Evaluar el impacto por la existencia de letrinas en la calidad del agua subterránea para el consumo humano en los barrios 15 de Agosto y San Salvador del distrito de Juliaca, San Román-Puno.

1.4.2. Objetivos específicos.

- Analizar e interpretar las características físico-químico y bacteriológicas de agua para el consumo humano en base a los límites máximos permisibles DS N° 031-2010-SA.
- Identificar los principales factores de la contaminación existente e implementar programas de educación sanitaria y desinfección de agua.
- Verificar las características y componentes de los pozos existentes y así proponer un diseño que garantice la potabilidad del agua en los pozos, en los barrios 15 de Agosto y San Salvador del distrito de Juliaca.



CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. Internacional.

La investigación titulada “Calidad de agua subterránea en el sector centro occidental del Municipio Miranda (Estado Zulia, Venezuela)” donde el objetivo consistió en describir la calidad del agua de 32 pozos profundos del sector centros occidentales del municipio Miranda del estado Zulia, destinados a uso doméstico y/o riego. En la investigación se tomó 3 muestreos en pozos públicos y privados, donde ha tenido una duración de dos meses. Los parámetros que se analizaron: pH, color, turbidez, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales, cloruro, sulfato, sodio, dureza total, hierro total, manganeso total, bacterias coliformes totales y fecales, y metales traza. Los resultados indican que las aguas subterráneas del sector centro occidental del Municipio Miranda, pueden ser adecuadas para uso doméstico y/o riego, luego de su acondicionamiento por procesos de potabilización no convencionales (Gutiérrez & Marín, 2018).

Un estudio titulado “Calidad del agua subterránea: acuífero surde Quintana Roo, México” donde se conocieron el estado de la calidad del agua subterránea del acuífero sur de Quintana Roo. Para este propósito se aplicaron en conjunto el índice de calidad del agua (ICA) y los sistemas de información geográfica (SIG). Los parámetros fisicoquímicos analizados fueron pH, temperatura (T°), sólidos totales disueltos (SDT), dureza total, sodio (Na^{+1}), sulfatos (SO_4^{2-}), cloruros (Cl^{-}) y nitratos (NO_3^{-}). Los constituyentes químicos que excedieron el límite permisible de la NOM-127-SSA1-1994 fueron: STD; dureza total; Na; Cl, y NO_3 . El ICA demostró que la calidad química del



agua subterránea para consumo humano es aceptable para la mayoría de los sitios estudiados (Sánchez & Álvarez, 2016).

Realizaron un estudio en el asentamiento periurbano de Hopley en la ciudad de Harare, donde se utilizan predominantemente letrinas de hoyo seco para la eliminación de excretas. A partir del análisis de las muestras de agua, observaron que, en promedio, solo el 63% y el 48% de las muestras cumplían con los estándares de calidad del agua potable establecidos por las directrices de la Organización Mundial de la Salud y los límites de la Asociación de Normas de Zimbabwe (Ndoziya & Hoko, 2019).

Entre los temas clave de política que necesitan más atención están la racionalización del uso de agua subterránea de los servicios públicos, priorizando la instalación de alcantarillado principal para reducir el riesgo de contaminación del agua subterránea, promoviendo una mejor recarga de agua subterránea para mejorar la sostenibilidad de los recursos el uso de agua subterránea en 'sistemas descentralizados de servicio de agua de circuito cerrado' para satisfacer las demandas de los nuevos distritos urbanos exteriores, y la implementación de una respuesta política coherente al 'boom' del autoabastecimiento privado de pozos de agua (Foster, Eichholz, Nlend, & Gathu, 2020).

2.1.2. Nacional

Un estudio titulado “Diseño del sistema de agua potable y tratamiento de la disposición de excretas y aguas residuales en letrinas sanitarias del caserío de Mullate, distrito de Sarín-Sánchez Carrión- La Libertad” donde consistió en el diseño de Captación, línea de conducción, cámaras rompe presión t-06 reservorio circular apoyado de 10 m³, cámaras rompe presión t-07, válvula de purga, de aire, caja de válvula control y conexiones domiciliarias, proyectado a 20 años, Para el sistema de desagüe se diseñó letrinas de arrastre hidráulico que evacuarán las descargas de cada vivienda, tratadas



mediante un tanque biodigestor con cajas de registro y lodos, mejorando así el medio ambiente y culminando en la zanja de percolación (Flores, 2018).

Una investigación titulada “caracterización del agua de consumo humano del centro poblado los Angeles-Moquegua” donde de acuerdo a los parámetros analizados: el cloro residual y la turbidez se encuentre cumpliendo con los límites máximos permisibles a excepción del mes de febrero, que supera los límites permisibles debido a las avenidas de lluvia, las propiedades organolépticas (color, sabor y olor) se puede apreciar que cumplen lo exigido por las normas DIGESA. Tanto el pH como la conductividad se encuentran dentro de los valores exigidos por la norma. También se aprecia que la cantidad de bacterias coliformes totales y coliformes termotolerantes se encuentran dentro los LMP establecidos por la reglamentación para el estándar de calidad del agua para consumo humano (Apaza & Carpio, 2019).

Una investigación titulada “evaluación de la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua subterránea utilizada para el consumo humano en el centro poblado Pata Pata-2018”, donde tuvo como objetivo principal evaluar la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua subterránea obtenida de 3 puntos de muestreo seleccionados por conveniencia y determinar si estas eran aceptables o no para el consumo humano en el centro poblado. Finalmente se concluyó que el agua de los tres puntos de muestreo no es aceptable para el consumo humano porque hubo presencia excesiva de coliformes tanto totales como termotolerantes, por lo que debe pasar por un proceso de tratamiento. Con respecto a los otros parámetros fisicoquímicos todos se encontraron dentro de los límites a excepción de la turbiedad, que se excedió en el punto AS-03 en el mes de febrero; el oxígeno disuelto, sulfatos, que se excedieron en el punto AS-02 en el mes de junio y nitritos que se excedieron en el punto AS-02 en el mes abril (Soriano, 2018).



2.1.3. A nivel local

Realizo un estudio titulado “Evaluación y planteamiento de diseño del sistema de dosificación de cloro en el tratamiento de agua potable del centro poblado de Cayacaya – Putina”. La investigación se desarrolló en el centro poblado de Cayacaya – Putina - San Antonio de Putina - Puno; en el año 2017. Cuyo objetivo fue: evaluar el sistema de dosificación de cloro en el tratamiento de agua potable por ineficiencia en el proceso de cloración y plantear un diseño mejorado. La metodología empleada fue la siguiente: primero se recopiló la información básica; segundo se evaluó el parámetro de cloro libre residual; tercero se hizo un diagnóstico técnico, físico y operacional del sistema de cloración; y cuarto se conceptualizó y planteó un diseño mejorado para el sistema de cloración (M. Quispe, 2018).

Realizo un estudio titulado “Evaluación de la calidad de agua para el consumo humano en las localidades de Payllas y Miraflores del distrito de Umachiri – Melgar – Puno”. El propósito del presente trabajo de tesis, fue evaluar la calidad del agua de las fuentes para consumo humano y mejorar la cobertura de servicio de agua potable a través del diseño de sistema de agua potable. Para el análisis de la calidad del agua, se ha considerado cuatro muestras representativas, en cada muestra se analizó 20 parámetros, seleccionados por su importancia en el proceso de caracterización, y que estos reflejen la calidad del agua desde un punto de vista fisicoquímico y bacteriológico, según las normas vigentes establecidos por el Ministerio de Salud y la Organización Mundial de la Salud (Ibañez, 2018).

Realizo un estudio titulado “evaluación estructural de pozos de agua para consumo doméstico en la urbanización Taparachi de la ciudad de Juliaca”, donde determino que la construcción de los pozos doméstico se efectúan por excavación, con el empleo de herramientas básicas, alcanzan una profundidad promedio de 3.00 mt; son de



forma circular con diámetro que varía de 0.90 m a 1.20 m; no tienen mayor protección la mayoría de ellos; en mínimo porcentaje se tienen pozos tubulares, para lo que se emplean anillos de concreto y de los cuales se seleccionaron 15 pozos de preferencia uno de cada manzana el cual se realizó el análisis físico como es la turbidez, potencial de hidrogeno y conductividad eléctrica los resultados fueron satisfactorios, en el análisis químico los sulfatos y cloruros han sobrepasado los valores máximos establecidos para el agua potable finalmente los análisis bacteriológicos son preocupantes todos ellos contienen coliformes totales y coliformes termotolerantes (Torres, 2015).

Realizo una investigación titulada “Calidad física, química y bacteriológica de aguas subterráneas de consumo humano en el sector de Tarapachi III de la ciudad de Juliaca, Puno-2016”, donde el objetivos fueron determinar los parámetros físicos: conductividad, temperatura, sólidos totales disueltos, turbidez; determinar los parámetros químicos: pH, dureza total, cloruros, nitratos y sulfatos; y determinar parámetros bacteriológicos: coliformes totales, coliformes fecales y bacterias heterotróficas en aguas subterráneas. Se analizaron muestras de agua procedentes de 70 pozos (32 artesianos y 38 tubulares). Donde los parámetros que excedieron los LMP fueron sulfatos, dureza total, coliformes totales y fecales, por lo tanto, el agua de pozos artesanales y tubulares no son aptas para el consumo humano (Ramirez & Vanessa, 2016).

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Acuífero

Formación geológica, o grupo de formaciones, o parte de una formación, capaz de acumular una significativa cantidad de agua subterránea, la cual puede brotar, o se puede extraer para consumo. Es interesante hacer notar que los acuíferos pueden estar contaminados, ya sea por productos químicos o por microorganismos patógenos, por lo que su uso está cada vez más limitado (Cabrera, 2017).



Figura 1. Modelo de un acuífero.

Fuente: Cabrera (2017).

2.2.2. Calidad de agua de consumo humano.

La calidad del agua es relativa y solo tiene importancia universal si está relacionado con el uso del recurso. Esto nos indica que una fuente de agua está suficientemente limpia, donde permita la vida de los peces puede no ser apta para la natación y un agua útil para el consumo humano puede resultar inadecuada para la industria. Para decidir si un agua califica para un propósito particular, su calidad debe especificarse en función del uso que se le va a dar, bajo estas consideraciones, se dice que un agua está contaminada cuando sufre cambios que afectan su uso real o potencial, es importante anotar que la evaluación de la calidad del agua se realiza usando técnicas analíticas adecuadas para cada caso, para que los resultados de estas determinaciones sean representativos, es necesario dar mucha importancia a los procesos de muestreo y a las unidades y terminología empleadas (Gonzales, 2017).

2.2.3. Clasificación de aguas para consumo humano.

De acuerdo a los estándares de calidad ambiental, las aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable se clasifican, ver tabla 01:

Tabla 1. Clasificación de las aguas para consumo humano.

| tipo | clasificación de las aguas para consumo humano |
|-------------|--|
| 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. |

Fuente: MINAM (2015).

2.2.4. Principales indicadores físicos, químicos y biológicos de calidad de agua.

2.2.4.1. Indicadores microbiológicos de agua

Los indicadores microbiológicos son organismos que tienen un comportamiento similar a microorganismos patógenos cuya procedencia, concentración, hábitat y reacción a factores externos es la de la mayoría (Rios & Agudelo, 2017).

De este grupo, la *Escherichia* y ocasionalmente la *Klebsiella* tienen la capacidad de fermentar la lactosa no solo a las temperaturas indicadas, sino también a 44.5 °C. A los miembros de este grupo se les denomina coliformes termotolerantes (fecales).

a) Coliformes totales

Las bacterias Gram negativas en forma bacilar que fermentan la lactosa a temperatura de 44.5 °C, produciendo ácido y gas (CO₂), aerobias o anaerobias facultativas, son oxidasa negativa, no forman esporas y presentan actividad de la β-galactosidasa. Las bacterias pertenecientes al grupo de los coliformes totales están presentes tanto en aguas residuales como en aguas naturales, así mismo pueden también sobrevivir y proliferar en sistemas de distribución de agua. El grupo coliformes es constante, abundante y casi exclusivo de la materia fecal, por lo que este grupo se utiliza como indicador de contaminación fecal en agua. El grupo de los coliformes está conformado por cuatro grandes grupos, que son: *Escherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacter* y *Klebsiella* (Oblitas & Torrez, 2016).



Características:

El grupo conforme está formado por todas las bacterias Gram. Negativas aerobias y anaerobias facultativas, no formadoras de esporas, con forma de bastón que fermentan la lactosa, produciendo gas y ácido en 48 horas a 35 °C y desarrollándose en presencia de sales biliares y otros agentes tensoactivos.

Riesgos

Su presencia indicaría ineficiencia en el tratamiento de aguas y de la integridad del sistema de distribución.

- Por ingestión o inhalación puede ocasionar gastroenteritis.
- Por contacto infección a la piel, ojos y oído.

b) Coliformes termotolerantes (Fecales)

Las bacterias coliformes fecales o termotolerantes, llamados así porque soportan temperaturas hasta 45 °C, forman parte del total del grupo coliforme, están presentes en concentraciones muy grandes de heces humanas y animales, y por ende es el grupo principal de contaminación fecal. En la mayoría de las aguas, el género predominante es *Escherichia*, pero algunos tipos de bacterias de los géneros *Citrobacter*, *Klebsiella* y *Enterobacter* también son termotolerantes. El 95 % del grupo de los coliformes presentes en heces fecales, están formados por *Escherichia coli*. (Oblitas & Torrez, 2016)

Características:

Pertenece a la familia de las enterobacteriaceas, posee las enzimas beta-galactosidasa, betaglucuronidasa. Se desarrolla a 44 – 45 °C en medios complejos, fermenta la lactosa y el manitol liberando ácido y gas, produciendo índole a partir del triptófano. Algunas cepas pueden desarrollarse a 37 °C, pero no a 44 – 45 °C y algunas no liberan gas. *Escherichia Coli* no produce oxidos ni hidroliza la urea.



Riesgos para la salud:

- La vía de infección primaria es la ingestión. Habitualmente no es patógeno, pero puede ocasionar gastroenteritis.
- Diarreas y vómitos intensos. Deshidratación. Frecuentemente es mortal si no se trata adecuadamente.

c) Bacterias

Son seres de organización simple, unicelulares. Se pueden encontrar en una amplia variedad de sustratos orgánicos (suelo, agua, polvo atmosférico). La mayor parte de bacterias son beneficiosas para el ecosistema acuático. De ellas depende la mayor parte de las transformaciones orgánicas. Favorecen la autodepuración de los cuerpos de agua. Existe otro grupo de bacterias que son patógenas y que pueden causar enfermedades graves en el hombre y en los animales (Marín, 2015).

Tabla 2. Tipos de microorganismo en el agua.

| | |
|-----------------------|--|
| Bacterias | Escherichia coli, Salmonella, Shigella, Vibrio cholerae, Yersinia enterocolitica, Campylobacter jejuni. |
| Virus | Enterovirus, Rotavirus, Adenovirus. |
| Protozoos | Guardia, Cryptosporidium, Entamoeba histolytica, Balantidium coli. |
| Helmintos | Ascaris, Trichuris, Taenia. |
| Cianobacterias | Anabaena, Microcystis. |

Fuente: Marín (2015).



Figura 2. Bacterias patógenas en el agua

Fuente : <http://activematter.dfi.uchile.cl/suspensiones-bacterianas-y-tejidos-celulares/>

d) Algas

Las algas son organismos microscópicos parecidos a las bacterias, son autótrofas y contienen clorofila.

Cuando son muy numerosas le dan un color, olor y sabor desagradable al agua. Las algas microscópicas se encuentran diluidas en toda el agua donde hay luz y se dominan en su conjunto plancton y no suelen ser visibles, a menos que estén en abundantes cantidades, en cuyo caso le dan al agua un color verdoso (Callata, 2015).

Presentan clorofila existen en formas unicelulares, coloniales y pluricelulares. La clasificación sanitaria de las algas está basada en sus características más saltantes y de fácil observación. Dicha clasificación considera los siguientes grupos:

- Algas azul-verdes
- Algas verdes
- Diatomeas
- Algas flageladas.



En las aguas superficiales existe una diversidad de algas: flotantes, epifitas, litorales y bentónicas. Su reproducción guarda estrecha relación con la naturaleza de los distintos hábitats, caracterizados a su vez por diferentes factores ecológicos como la luz, la temperatura, los nutrientes como los nitratos y los fosfatos, el oxígeno, el anhídrido carbónico y las sales minerales (G. Belizario, Capacoila, Huaquisto, Cornejo, & Chui, 2019).

El incremento anormal de las algas se produce por el exceso de nutrientes y cambios en la temperatura (Pari-Huaquisto, Alfaro-Alejo, Pílares-Hualpa, & Belizario, 2020). Este fenómeno se conoce como eutrofización o eutroficación y tiene como consecuencia múltiples dificultades en el tratamiento y la desinfección del agua por la producción de trihalometanos y otras sustancias químicas que alteran el sabor y el olor del agua tratada.

Cuando las algas traspasan ciertos valores por unidad de volumen —valores que dependen de la especie de alga predominante, la temperatura del agua, el tipo de tratamiento, etcétera, causan problemas en las plantas de tratamiento.

Estos problemas son los siguientes:

Sabor y olor. Se ha detectado que algunas algas producen olor a pescado, tierra y pasto, entre otros.

Color. La abundancia de las algas clorófitas produce un color verde en el agua; otras, como la *Oscillatoria rubens*, originan un color rojo.

Toxicidad. Algunos tipos de algas azul-verdes, actualmente denominadas cianobacterias, causan disturbios gastrointestinales en los seres humanos.



Figura 3. Algas presentes en el agua.

Fuente: <https://algas.pro/tipos-de-algas/>

e) Insectos

Constituye el hábitat de diversos insectos acuáticos que desarrollan su ciclo evolutivo en los diferentes estratos de la columna de agua. Otro grupo de insectos solo desarrolla parte de su ciclo evolutivo en el agua, y en sus estadios larvarios y como huevos conforman el zooplancton en forma temporal (Amachi, 2017).

Los grupos de organismos antes mencionados están en permanente actividad dentro del cuerpo de agua, pero ninguno vive aislado. Su existencia depende del medio, definido tal como vimos anteriormente. Como puede observarse, los factores que intervienen en los ecosistemas de aguas superficiales son múltiples. Se considera que la calidad del agua superficial es muy variable y necesita caracterizarse durante un periodo determinado para definir los aspectos que deben considerarse en el tratamiento y los parámetros que servirán para el control del mismo.

En conclusión, la presencia de los organismos de vida libre en condiciones normales es beneficiosa para las aguas superficiales. Se convierte en un problema cuando

su concentración y composición alteran la calidad del agua y se presentan dificultades para el uso y tratamiento del recurso hídrico.

En el apartado siguiente se puede apreciar algunos de los insectos que pueden estar presentes en las aguas.

f) Protozoarios

Son organismos unicelulares, con una amplia distribución en los cuerpos acuáticos. La mayor parte de los protozoarios son beneficiosos, pues contribuyen a preservar el equilibrio de los ecosistemas acuáticos. ¿Su incremento anormal puede ocasionar alteraciones en el ecosistema acuático; otro grupo de protozoarios son parásitos y pueden causar enfermedades en el hombre y en los animales (Cortez, 2015).

2.2.4.2. Indicadores organolépticos

Indica que las características organolépticas del agua, pueden impresionar a los sentidos (vista, olfato, gusto, tacto y etcétera), tienen directas incidencias sobre las condiciones estéticas y de aceptabilidad del agua. Se consideran importantes las siguientes:

a) Color

Indica que las características del agua pueden estar ligada a la turbiedad presentarse independientemente de ella. Aún no es posible establecer las estructuras químicas fundamentales de las especies responsables del color. Esta característica del agua se atribuye comúnmente a la presencia de taninos, lignina, ácidos húmicos, ácidos grasos, ácidos fúlvicos, etcétera. Se considera que el color natural del agua, excluyendo el que resulta de descargas industriales, puede originarse por las siguientes causas:

- La extracción acuosa de sustancias de origen vegetal
- La descomposición de la materia



- La materia orgánica del suelo
- La presencia de hierro, manganeso y otros compuestos metálicos; y
- Una combinación de los procesos descritos.

En la formación del color en el agua intervienen, entre otros factores, el pH, la temperatura, el tiempo de contacto, la materia disponible y la solubilidad de los compuestos coloreados (R. F. Quispe et al., 2019).

Se denomina color aparente a aquel que presenta el agua cruda o natural y color verdadero al que queda luego de que el agua ha sido filtrada.

Existen muchos métodos de remoción del color. Los principales son la coagulación por compuestos químicos como el alumbre y el sulfato férrico a pH bajos y las unidades de contacto o filtración ascendente.

Debido a que el color del agua se origina, en muchos casos, por la presencia de compuestos de naturaleza orgánica, se recomienda que la desinfección se realice luego de que este haya sido removido, para evitar que la aplicación de cloro como desinfectante pueda dar origen a la formación de trihalometanos, compuestos que tienen efecto cancerígeno en animales. El valor guía de la OMS y del Canadá es 15 unidades de color (UC) para aguas de bebida (Cortez, 2015).

Características

El color causado por la materia en suspensión es llamado color aparente y es diferente al color debido a extractos vegetales u orgánicos, que son coloidales, al que se llama color real. En el análisis del agua es importante diferenciar entre el color aparente y el real.

Riesgos para la salud

- No permite el paso de la luz para el desarrollo de la biodiversidad.

- Su presencia indicaría ineficiencia en el tratamiento de aguas y de la integridad del sistema de distribución.

b) Olor y sabor

Estas características constituyen el motivo principal de rechazo por parte del consumidor.

En términos prácticos, la falta de olor puede ser un indicio indirecto de la ausencia de contaminantes, tales como los compuestos fenólicos. Por otra parte, la presencia de olor a sulfuro de hidrógeno puede indicar una acción séptica de compuestos orgánicos en el agua (Amachi, 2017).

En la tabla 3 presenta un resumen de algunos olores característicos del agua, de acuerdo con su origen.

Tabla 3. Olores característicos de agua y su origen

| Naturaleza | Origen |
|---------------------|-------------------------------------|
| Olor balsámico | Flores |
| Dulzor | Coelosphaerium |
| Olor químico | Aguas residuales |
| Olor a cloro | industriales |
| Olor a hidrocarburo | Cloro libre |
| Olor medicamentoso | Refinería de petróleo |
| Olor a azufre | Fenol, yodoformo |
| Olor a pescado | Ácido sulfhídrico, H ₂ S |
| Olor séptico | Pescado, mariscos |
| Olor a tierra | Alcantarilla |
| Olor fecaloide | Arcillas húmedas |
| Olor a moho | Retrete, alcantarilla |
| Olor a legumbres | Cueva húmeda |
| | Hierbas, hojas en descomposición |

Fuente: <http://www.ingenieroambiental.com/4014/uno.pdf>

2.2.4.3. Indicadores físicos y químicos del agua.

Lo define que los parámetros físicos-químicos o las características físicas-químicas del agua se considera que el agua, como solvente universal, puede contener



cualquier elemento de la tabla periódica. Sin embargo, pocos son los elementos significativos para el tratamiento del agua cruda con fines de consumo o los que tienen efectos en la salud del consumidor, se consideran importantes las siguientes (Castillo, 2018).

a) Potencial de Hidrogeno (pH)

Indica que es la medida de la concentración de ion hidrogeno en el agua, expresado como el logaritmo negativo de la concentración molar ion hidrogeno. Las aguas residuales en concentración adversas del hidrogeno son difíciles de tratar biológicamente, alteran la biota de las fuentes receptoras y eventualmente son fatales para los microorganismos. Aguas con pH menor de 6, en tratamiento biológico, favorecen el crecimiento de los hongos sobre las bacterias.

Para descarga de efluente de tratamiento secundario se estipula un pH de 6.0 a 9.0; para procesos biológicos de nitrificación se recomienda valores de pH de 7.2 a 9.0 y para desnitrificación de 6.5 a 7.5. En lagunas de estabilización las algas usan dióxido de carbono para su actividad fotosintética y esto puede dar como resultado aguas de pH alto, especialmente en aguas de baja alcalinidad. En muchos casos las algas usan el ion bicarbonato como fuente de carbono celular y pueden, también, presentarse variaciones diurnas fuertes de pH. En aguas residuales duras, cuando el pH aumenta, puede predominar la alcalinidad por carbonatos e hidróxidos y producirse la precipitación del carbonato de calcio, lo cual impide que el pH siga aumentando (Valdez, 2016).

Entre las reacciones que ocurren en sistemas biológicos y producen disminución de pH se tiene:

- Destrucción de alcalinidad cáustica por producción bioquímica de CO_2 .
- Oxidación bioquímica de sulfuros



- Nitrificación.
- Producción de ácidos orgánicos.

A la vez, la oxidación bioquímica de ácidos orgánicos y la destrucción de sales de ácidos orgánicos producen incremento de pH.

Características:

- La concentración de ion hidrogeno es un parámetro de calidad de gran importancia tanto para el caso de calidad de las aguas naturales como residuales.
- Todas las fases del tratamiento del agua para suministro y residual, como o la neutralización ácida – base, depende del pH.
- El agua residual con concentración de ion hidrogeno presenta elevadas dificultades de tratamiento con procesos biológicos y el efluente puede modificar la concentración de ion hidrógeno en las aguas naturales si ésta no se modifica antes de la evacuación de las aguas.
- A una temperatura determinada, la intensidad del carácter ácido o básico de una solución viene dada por la actividad del ion hidrogeno.
- El pH de los sistemas acuosos puede medirse convenientemente con pH-metro.

Riesgos para la salud:

- El pH no ejerce efectos directos en los consumidores, es uno de los parámetros indicadores de la calidad del agua. Para que la desinfección con cloro sea eficaz es preferible que sea un pH interior a 8.



- En valores superiores de pH 11 produce irritación ocular y agravación de trastornos cutáneos.

b) Temperatura

Sostiene que la determinación exacta de la temperatura es importante para los diferentes procesos de tratamientos y análisis de laboratorio, en estudios de polución de ríos, estudios inmológicos, la temperatura es un dato necesario.

Para obtener buenos los descargas resultados la temperatura debe tomarse en el sitio de muestreo normalmente, la determinación de la temperatura puede hacerse con un termómetro de mercurio de buena calidad. El termómetro debe sumergirse en el agua, preferentemente con el agua en movimiento, y la lectura debe hacerse después de un periodo de tiempo suficiente que permita la estabilización del nivel del mercurio. Como el mercurio es venenoso debe prevenirse cualquier posible rotura del termómetro en el agua utilizada para consumo (Valdez, 2016).

Afirma que es uno de los parámetros físicos más importantes en el agua, pues por lo general influye en el retardo o aceleración de la actividad biológica, la absorción de oxígeno, la precipitación de compuestos, la formación de depósitos, la desinfección y los procesos de mezcla, floculación, sedimentación y filtración (Ramos & Paredes, 2015).

Múltiples factores, principalmente ambientales, pueden hacer que la temperatura del agua varíe continuamente(G. Belizario, 2015).

Características:

- El oxígeno es menor soluble en agua caliente que en agua fría.
- El aumento en las velocidades de las reacciones químicas que produce un aumento en la temperatura, combinado con la reducción de oxígeno presente en las aguas superficiales.



- Es causa frecuente del oxígeno presente en las aguas superficiales, reduciéndose más en los meses de verano.
- Un cambio brusco de temperatura puede conducir a un aumento en la mortalidad de la vida acuática.
- Las temperaturas elevadas pueden dar lugar a conducir a un aumento en la mortalidad de la vida acuática.
- La temperatura óptima para el desarrollo de las actividades se detiene cuando se alcanza los 50 °C a temperaturas de alrededor de 15 °C, las bacterias productoras de metano cesan su actividad.

Riesgos para la salud:

- Las temperaturas anormalmente elevadas pueden dar lugar a una indeseada proliferación de plantas acuáticas y hongos.
- En periodos extendidos de continua inmersión en agua más fría ó $< 15\text{ °C}$ puede causar la muerte de algunos bañistas y será riesgo para todos los bañistas y será riesgo para todos los bañistas que no usen ropa protectora de inmersión. La sobrevivencia de un individuo sumergido en agua de 34 a 35 °C va depender de la tolerancia a una elevada temperatura corporal interna, a un riesgo de daño con la exposición prolongada.

c) Conductividad eléctrica

Se define que es una medida de la resistencia que opone el agua al paso de la corriente eléctrica entre dos electrodos impolarizables sumergidos en la misma. Es una buena apreciación de la concentración de iones en disolución. Se mide en $\mu S/cm$ o mS/cm . (Ramos & Paredes, 2015).



Sostiene que la conductividad del agua es una expresión numérica de su habilidad para transportar una corriente eléctrica. La conductividad del agua depende de la concentración total de sustancias disueltas ionizadas en el agua y de la temperatura a la cual se haga la determinación. Por lo tanto, cualquier cambio de la cantidad de sustancias disueltas, en la movilidad de los iones disueltos y en su valencia, implica un cambio en la conductividad. Por ello, el valor de la conductividad es muy usado en los análisis de agua para obtener un estimado rápido del contenido de sólidos disueltos.

Características:

- De la conductividad eléctrica indica la presencia de sales en el agua, lo que hace aumentar su capacidad de transmitir una corriente eléctrica, propiedad que se utiliza en mediciones de campo o de laboratorio, expresadas en micro Siemens/l ($\mu\text{S/l}$).
- La conductividad eléctrica de un agua se utiliza como una medida indirecta de su concentración de sólidos disueltos totales o de minerales en el agua.

d) Dureza

Corresponde a la suma de los cationes polivalentes expresados como la cantidad equivalente de carbonato de calcio, de los cuales los más comunes son los de calcio y los de magnesio. Aún no se ha definido si la dureza tiene efectos adversos sobre la salud. Pero se la asocia con el consumo de más jabón y detergente durante el lavado. La dureza está relacionada con el pH y la alcalinidad; depende de ambos. Un agua dura puede formar depósitos en las tuberías y hasta obstruirlas completamente. Esta característica física es nociva, particularmente en aguas de alimentación de calderas, en las cuales la alta temperatura favorece la formación de sedimentos (Ramos & Paredes, 2015).



Un agua dura puede formar depósitos en las tuberías y hasta obstruirlas completamente. Esta característica física es nociva, particularmente en aguas de alimentación de calderas, en las cuales la alta temperatura favorece la formación de sedimentos.

La remoción de la dureza en el tratamiento se lleva a cabo mediante la precipitación con cal o mediante el proceso combinado cal-carbonato, conocido como ablandamiento cal-soda.

En términos generales, puede considerarse que un agua es 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). Las normas de calidad no establecen un límite específico para la dureza en el agua para consumo humano.

Características:

- La dureza de las aguas varía considerablemente en los diferentes sitios. En general, las aguas superficiales son más blandas que las aguas profundas. La dureza de las aguas refleja la naturaleza de las formaciones geológicas con las que el agua ha estado en contacto.
- El umbral del gusto es de: 100-300 mg/L y en concentraciones de 200 mg/L puede causar incrustaciones.

Riesgos:

El agua dura no tiene ningún riesgo a la salud, pero puede crear problemas a los consumidores a partir de concentraciones superiores a 200 mg/L pueden afectar la tubería, los calentadores de agua y los lavaplatos. La aceptación de la dureza del agua por el público puede ser muy variable y está en función de las condiciones locales. el umbral de sabor del ion calcio es 100 a 300 mg/L y el umbral de sabor

del magnesio es menor al del calcio. en algunos casos, los consumidores toleran una dureza de más de 500 mg/L.

Las aguas duras que son generalmente aquellas que requieren cantidades considerables de jabón para producir espuma o hacer espuma y que también producen incrustaciones en las tuberías de agua caliente, calentadores, calderas y otras unidades en las cuales se incrementa la temperatura del agua.

El agua varía considerablemente de lugar a lugar. En general, las aguas superficiales son más blandas que las aguas subterráneas. La dureza del agua refleja la naturaleza de las formaciones geológicas con las cuales ha estado en contacto. En el laboratorio la dureza se expresa en mg/L como CaCO_3 (Bueñaño & Sánchez, 2015).

Las aguas se pueden clasificarse en términos de dureza:

Tabla 4. Clasificación de agua en términos de dureza

| Rango | Clasificación |
|---------------|---------------------------|
| 0 a 0.75 mg/L | Aguas blandas |
| 75 a 150 mg/L | Aguas moderadamente duras |
| 150 a 300mg/L | Aguas duras |
| >300mg/L | Aguas muy duras |

Fuente: Elaboración propia.

e) Cloruros

Las aguas naturales contienen cloruros en concentraciones que varían ampliamente. Usualmente, aguas de manantiales o vertientes tienen una concentración baja de cloruros, mientras que aguas de río o subterráneas, usualmente tienen una cantidad considerable. El agua del mar tiene grandes consideraciones de cloruros. Concentraciones razonables de cloruros, no son dañinas a la salud de los humanos.

Concentraciones cercanas a los 205 mg/L de cloruros da un sabor salado al agua, resultando que sea rechazado por mucha gente. Es importante en áreas donde el agua



escasea, se usan fuentes de agua conteniendo tanto como 2,000 mg/L de cloruros, para uso doméstico, sin que se desarrolle efectos adversos, desde que el cuerpo humano se adapta al agua. Para gentes no acostumbradas al uso de esta agua, al ingerirlas, ésta actuaría como laxante.

Las aguas superficiales normalmente no contienen cloruros en concentraciones tan altas como para afectar el sabor, excepto en aquellas fuentes provenientes de terrenos salinos o de acuíferos con influencia de corrientes marinas (Marín, 2015).

En las aguas superficiales por lo general no son los cloruros sino los sulfatos y los carbonatos los principales responsables de la salinidad.

A partir de ciertas concentraciones, los cloruros pueden ejercer una acción disolvente sobre ciertas sales presentes en el agua y también sobre algunos componentes del cemento, al impartirles una acción corrosiva y erosionante, en especial a pH bajo.

Por sus características químicas y la gran solubilidad de la mayoría de los cloruros, su remoción requiere métodos sofisticados y costosos, muchos de ellos impracticables, especialmente cuando se trata de volúmenes relativamente altos.

El método tradicional, que puede resultar más eficiente y práctico, es el de la destilación. Actualmente se está trabajando en este campo para lograr unidades que aprovechen la energía solar y eliminen los cloruros de manera eficiente y a bajo costo. Este sistema puede resultar especialmente útil en comunidades costeras cuya única fuente sea el agua del mar.

Los límites fijados en el agua por las normas de calidad se sustentan más en el gusto que le imparten al agua que en motivos de salubridad.



Tomando en cuenta el límite de percepción del sabor de los cloruros en el agua, se ha establecido un límite de 250 mg/L en aguas de consumo, concentración que puede ser razonablemente excedida según las condiciones locales y la costumbre de los consumidores. La OMS considera que, por encima de esta concentración, los cloruros pueden influir en la corrosividad del agua.

La concentración de cloruros es una medida específica de la salinidad de las descargas de la industria petrolera. Los cloruros son los principales componentes de las salmueras de petróleo.

El incremento de cloruro en el agua ocasiona el aumento de la corrosividad del agua. El alto contenido de cloruros impide que el agua sea utilizada para el consumo humano o el ganado. Altos porcentajes de cloruros en los cuerpos de agua también pueden matar a la vegetación circundante.

El cloruro, en forma de ion (cl) es uno de los aniones inorgánicos principales en el agua natural y residual (Amachi, 2017).

Características:

- Los cloruros que se encuentran en el agua natural proceden de la disolución de suelos y rocas que los contengan y que están en contacto con el agua. En el caso de las aguas costeras, su presencia también es debida a la intrusión de aguas saladas. Otra fuente de cloruros es la descarga de aguas residuales domésticas, agrícolas e industriales a aguas superficiales.
- Las heces humanas, por ejemplo, suponen unos 6.0 gr, de cloruros por persona día. En lugares donde la dureza del agua sea elevada, los compuestos que reducen la dureza del agua son también una importante fuente de aportación de cloruros.



- Un contenido elevado de cloruro puede dañar las conducciones y estructuras metálicas y perjudicar el crecimiento vegetal.
- El umbral del gusto de los cloruros es de 200 mg/L a 300 mg/L.

Riesgos

Los cloruros no tienen un efecto nocivo en la salud, pero en concentraciones superiores a 250 mg/L este valor está basado en el sabor del agua el cual es percibido organolépticamente, y no en algún daño fisiológico conocido.

f) Sulfatos

Los sulfatos son un componente natural de las aguas superficiales y por lo general en ellas no se encuentran en concentraciones que puedan afectar su calidad.

Pueden provenir de la oxidación de los sulfuros existentes en el agua y, en función del contenido de calcio, podrían impartirle un carácter ácido.

Los sulfatos de calcio y magnesio contribuyen a la dureza del agua y constituyen la dureza permanente. El sulfato de magnesio confiere al agua un sabor amargo.

Un alto contenido de sulfatos puede proporcionar sabor al agua y podría tener un efecto laxante, sobre todo cuando se encuentra presente el magnesio.

Este efecto es más significativo en niños y consumidores no habituados al agua de estas condiciones.

Cuando el sulfato se encuentra en concentraciones excesivas en el agua, le confiere propiedades corrosivas.

La remoción de sulfato puede resultar costosa y requerir métodos complicados, por lo cual es preferible elegir fuentes naturales con niveles de sulfato por debajo de los límites aconsejados.



Por sus efectos laxantes, su influencia sobre el sabor y porque no hay métodos definidos para su remoción, la OMS recomienda que, en aguas destinadas al consumo humano, el límite permisible no exceda 250 mg/L, pero indica, además, que este valor guía está destinado a evitar la probable corrosividad del agua. Las Guías de Calidad para Agua de Bebida del Canadá recomiendan un máximo de 500 mg/L.

Los sulfatos están presentes en forma natural en numerosos minerales y se utilizan comercialmente, sobre todo en las industrias químicas. Se descargan a través de los desechos industriales y de los depósitos atmosféricos; no obstante, las mayores concentraciones se dan, por lo común, en las aguas subterráneas estas se forman al moverse el agua a través de formaciones rocosas y suelos que contienen minerales sulfatados, una parte del sulfato se disuelve en las aguas subterráneas. El sulfato (SO_4^{2-}) se distribuye ampliamente en la naturaleza y puede presentarse en aguas naturales en concentraciones que van desde unos pocos a varios miles de miligramos por litro. Los residuos del drenado de minas pueden aportar grandes cantidades de SO_4^{2-} debido a la oxidación de la pirita (Condori, 2018).

Características:

- Los compuestos sulfatados se originan a partir de la oxidación de las menas de sulfato, la presencia de esquistos, y la existencia de residuos industriales. el sulfato es uno de los principales constituyentes disueltos de la lluvia.
- El umbral del sabor para el sulfato de sodio y sulfato de calcio en agua es: 250 mg/l y 100 mg/l respectivamente.

Riesgos.

El sulfato es uno de los aniones menos tóxicos; sin embargo, en grandes concentraciones, se han observado catarsis, deshidratación e irritación gastrointestinal.



- Las personas que no están acostumbradas a beber agua con niveles elevados de sulfato pueden experimentar diarrea y deshidratación. los niños son a menudo más sensibles al sulfato que los adultos. como precaución, aguas con un nivel de sulfatos superior a 400 mg/l no deben ser usadas en la preparación de alimentos para niños. niños mayores y adultos se acostumbran a los niveles altos de sulfato después de unos días.
- Si el sulfato en el agua supera los 250 mg/l, un sabor amargo o medicinal puede hacer que sea desagradable beber esa agua.
- Debido a los efectos gastrointestinales por la ingestión del agua se recomienda, concentraciones no mayores a 500 mg/L.
- Una alta concentración de sulfato en agua potable tiene un efecto laxativo cuando se combina con calcio y magnesio, los dos componentes más comunes de la dureza del agua. Las bacterias, que atacan y reducen los sulfatos, hacen que se forme sulfuro de hidrógeno gas (H_2S).

g) Nitratos

Es un nutriente importante para el desarrollo de los animales y las plantas acuáticas. Por lo general, en el agua se lo encuentra formando amoníaco, nitratos y nitritos.

Si un recurso hídrico recibe descargas de aguas residuales domésticas, el nitrógeno estará presente como nitrógeno orgánico amoniacal, el cual, en contacto con el oxígeno disuelto, se irá transformando por oxidación en nitritos y nitratos.

Este proceso de nitrificación depende de la temperatura, del contenido de oxígeno disuelto y del pH del agua.



En general, los nitratos (sales del ácido nítrico, HNO_3) son muy solubles en agua debido a la polaridad del ion. En los sistemas acuáticos y terrestres, los materiales nitrogenados tienden a transformarse en nitratos.

Los nitritos (sales de ácido nitroso, HNO_2) son solubles en agua. Se transforman naturalmente a partir de los nitratos, ya sea por oxidación bacteriana incompleta del nitrógeno en los sistemas acuáticos y terrestres o por reducción bacteriana (Bautista, 2016).

Características

- Es más difícil eliminar los nitratos que los fosfatos, se utilizan para su eliminación bacterias desnitrificantes para convertir el nitrato en nitrógeno gaseoso.
- Son muy solubles en el agua debido a la polaridad del ion, esta es la forma del nitrógeno más estable termodinámicamente en presencia de oxígeno, por lo que los sistemas acuáticos y nitrogenados tienden a transformarse en nitratos ion NO_3 y sus sales o sales del ácido nítrico, HNO_3 .
- Son nutrientes fácilmente asimilables por las plantas, por lo que son utilizadas como fertilizantes. Los aportes de nitratos al mar y al agua de ríos y lagos favorecen el crecimiento de algas (eutrofización).
- El nitrato es la forma más oxidada del nitrógeno que se puede encontrar en las aguas residuales. Cuando un efluente secundario deba ser recuperado para la recarga de agua subterránea, la concentración del nitrato es importante.
- Se recomienda $< 1 \text{ mg/L}$.



Riesgos

- Los riesgos por la exposición a nitratos y nitritos para la salud no dependen únicamente de la exposición, sino que también influyen la existencia de condiciones favorables para la reducción de nitratos a nitritos y algunos factores inherentes al individuo, esto impide que se pueda formular una relación de dosis-respuesta con respecto a la presencia de nitratos en el agua o en los alimentos
- En niños menores de 6 meses que consuman agua con concentraciones elevadas de nitratos y nitritos, podrían enfermar gravemente de metahemoglobinemia infantil.

h) Oxígeno disuelto (OD)

Señala que su presencia es esencial en el agua; proviene principalmente del aire. Niveles bajos o ausencia de oxígeno en el agua. Puede indicar contaminación elevada, condiciones sépticas de materia orgánica o una actividad bacteriana intensa; por ello se le puede considerar como un indicador de contaminación (Guerrero & Salazar, 2018).

La presencia de oxígeno disuelto en el agua cruda depende de la temperatura, la presión y la mineralización del agua. La ley de Henry y Dalton dice: “la solubilidad de un gas en un líquido es directamente proporcional a la presión parcial e inversamente proporcional a la temperatura”. El agua destilada es capaz de disolver más oxígeno que el agua cruda.

No es posible establecer un contenido ideal de oxígeno en el agua, ya que hay aspectos positivos y negativos de su presencia. Sin embargo, si el agua contiene amoníaco o hierro y manganeso en sus formas reducidas, es preferible que el OD esté cercano al punto de saturación.



Las aguas superficiales no contaminadas, si son corrientes, suelen estar saturadas de oxígeno y a veces incluso sobresaturadas; su contenido depende de la aireación, de las plantas verdes presentes en el agua, de la temperatura y de la hora del día (mañana o tarde), etcétera.

De la observación de los datos de OD en algunos ríos se deduce que en la mayoría de ellos se presentan contaminaciones esporádicas que no afectan para nada el estado general de los mismos y representan solamente fenómenos locales.

Por otra parte, durante el verano el caudal de un río disminuye, por lo que también lo hace la cantidad total de oxígeno disponible y, por tanto, el consumo de este por los seres vivos acuáticos aumenta por unidad de volumen. Por eso no es extraño que haya grandes diferencias entre el verano y el invierno en lo que se refiere al OD.

Igualmente ocurre que este contenido varía del día a la noche, ya que los seres vivos consumen oxígeno para la respiración las 24 horas del día. Sin embargo, la fotosíntesis solo se realiza con el concurso de la luz solar.

Se ha demostrado la existencia de una estrecha relación entre la distribución de oxígeno y la productividad de materia orgánica, viva o muerta. Por otro lado, la cantidad de OD en un cuerpo de agua está relacionada con su capacidad de autodepuración.

En la práctica, se puede comprobar que a 10 °C, la distribución del oxígeno en el agua está regida por la presencia de materias vivas mediante la respiración y muertas mediante la descomposición. En cambio, a temperaturas de 20 °C o mayores, es el metabolismo del conjunto de los organismos vivos presentes el que determina esta distribución.

El agua potable debe contener cierta cantidad de oxígeno disuelto. Debe estar bien aireada y es muy importante tener en cuenta las variaciones relativas de oxígeno disuelto,



ya que, si estas son grandes, es síntoma de un probable aumento de vegetales, materia orgánica, gérmenes aerobios, reductores inorgánicos, etcétera.

En algunos casos, el contenido de OD puede influir en las propiedades corrosivas del agua, dependiendo de la temperatura (a mayor temperatura, mayor corrosión) y del pH (a menor pH, mayor corrosión). Si este es el caso, en aguas que tienen suficiente contenido en calcio, se reduce la corrosión y se eleva el pH al valor de saturación del carbonato cálcico.

i) Magnesio

El magnesio es muy abundante en la naturaleza y se hallan en cantidades importantes en muchos minerales rocosos, como la dolomita, magnesita, olivina y serpentina. Además, se encuentra en el agua del mar, salmueras subterráneas y lechos salinos. Es el tercer metal estructural más abundante en la corteza terrestre, superado solamente por el aluminio y hierro (Onahuel, 2019).

Por otra parte, se encuentra en las aguas en cantidades generalmente menores que el calcio, pero su importancia biológica es grande ya que es indispensable para el desarrollo de ciertos sistemas enzimáticos y para la constitución de los huesos. Desde el punto de vista fisiológico el magnesio junto al calcio, sodio y potasio juega un papel fundamental en la conducción eléctrica de los impulsos cardiacos. Si la cantidad de magnesio en el agua es muy grande, por encima de los 125 mg/L, puede actuar como laxante y diurético e incluso adquirir un sabor amargo, sobre todo cuando el contenido del ion sulfato es notable.

j) Calcio

El calcio es el quinto elemento en orden de abundancia en la corteza terrestre, su presencia en las aguas naturales se debe al paso sobre depósitos de piedra caliza, yeso y



dolomita, la cantidad de calcio puede variar o encontrarse en un rango de 0 a cientos de mg/l, dependiendo de la fuente y el tratamiento del agua. El calcio junto al magnesio forma la “dureza” del agua. Las concentraciones de calcio en aguas varían mucho, pero en general suelen ir asociadas al nivel de mineralización; por esta misma razón, las aguas subterráneas habitualmente presentan contenidos mayores a las superficiales correspondientes. La presencia de calcio en el agua potable la dota de “sabor” que dependerá del anión mayoritario presente. Al mismo tiempo intervendrá en fenómenos de incrustaciones/agresión en tuberías y depósitos de almacenamiento de agua potable y en aguas destinadas a calderas industriales de particular importancia (Marín, 2015).

k) Sólidos totales

Los sólidos en suspensión son productos de la erosión de los suelos, detritus orgánico y plancton los sólidos suspendidos, tales como limo, arena y virus, son generalmente responsables de impurezas visibles. La materia suspendida consiste en partículas muy pequeñas, que no se pueden quitar por medio de deposición pueden ser identificadas con la descripción de características visibles del agua, incluyendo turbidez y claridad, gusto, color y olor del agua:

Características:

- Los análisis de sólidos son importantes en el control de procesos de tratamiento biológico y físico de aguas residuales, y para evaluar el cumplimiento de las limitaciones que regulan su vertido.
- Los “sólidos totales” es la expresión que se aplica a los residuos de material que quedan en un recipiente después de la evaporización de una muestra y su consecutivo secado en estufa a temperatura definida.



- Las sustancias no disueltas usualmente se denominan materia suspendida o sólidos suspendidos, pocas veces se realizan pruebas de sólidos suspendidos, estos generalmente se evalúan por medición de turbiedad.
- Sólidos suspendidos y los sólidos suspendidos volátiles se emplean para evaluar la concentración de los residuos domésticos industriales.

Riesgos

Sólidos son los materiales suspendidos o disueltos en aguas limpias y aguas residuales. Los sólidos pueden afectar negativamente a la calidad del agua o a su suministro de varias maneras. Las aguas con abundantes sólidos disueltos suelen ser de inferior potabilidad y pueden inducir una reacción fisiológica desfavorable en el consumidor ocasional.

2.2.5. Importancia de la calidad de agua

Se define como un elemento vital y se usa como parte de la dieta para las necesidades hídricas del organismo. Desde el punto de vista bromatológico interesa por su abundante uso en la industria alimentaria y su uso como bebida. El agua como alimento debe reunir requisitos de composición química e higiene. El agua pura no interesa porque no es alimento. Interesan las aguas naturales con más iones, concentrado de sustancias orgánicas y minerales que proceden del contacto del agua con la atmósfera y el suelo (Marín, 2015).

La importancia del recurso hídrico para la sociedad está considerada como un bien esencial en el crecimiento económico y desarrollo social de las naciones. De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO 2002), un sector importante para la economía de muchos países como lo es la agricultura, utiliza alrededor del 70% del total del agua extraída, mientras que el sector industrial



utiliza el 20% y el 10% restante es para consumo doméstico. Además de la disponibilidad, otro problema es la mala calidad del agua, según estimaciones de la Organización Mundial de la Salud, hay más de 1000 millones de personas que carecen de acceso a agua no contaminada, siendo las zonas rurales donde al menos el 29% de los habitantes carecen de agua no contaminada y el 62% de sistemas de saneamiento, mientras que en los países en desarrollo, del 90% al 95% de las aguas residuales y el 70% de los desechos industriales se vierten sin ningún tipo de tratamiento en aguas superficiales, de modo que contaminan las existencias de agua utilizable. A su vez las actividades agrícolas, principalmente de países industrializados, ocasionan gran contaminación de los mantos freáticos y los cuerpos superficiales de agua, a través del escurrimiento de fertilizantes y plaguicidas y la lluvia acida (FAO, 2016).

2.2.6. Infecciones transmitidas por el agua

Indican que existen diversos tipos de agentes patógenos que pueden transmitirse por el agua de consumo contaminada, la gama de agentes patógenos cambia en función de factores variables como el aumento de las poblaciones de personas y animales, el incremento del uso de aguas residuales, los cambios de hábitos de la población o de las intervenciones médicas, las migraciones y viajes de la población, y presiones selectivas que favorecen la aparición de agentes patógenos nuevos o mutantes, o de recombinaciones de los agentes patógenos existentes (Rios, S., & Agudelo, 2017).

También indica que existe una considerable variabilidad en la inmunidad de las personas, ya sea adquirida por contacto con un agente patógeno o determinada por factores como la edad, el sexo, el estado de la salud y las condiciones de vida.



2.2.7. Impacto de la calidad del agua en la salud.

El agua de consumo humano ha sido definida en las guías para la calidad del agua potable de la Organización Mundial de la Salud (OMS), como aquella “adecuada para consumo humano y para todo uso doméstico habitual, incluida la higiene personal”. En esta definición está implícito que el uso del agua no debería presentar riesgo de enfermedades a los consumidores.

Reconoce al agua como vehículo de dispersión de enfermedades que data desde hace mucho tiempo. Las enfermedades prevalentes en los países en desarrollo, donde el abastecimiento de agua y el saneamiento son deficientes, son causadas por bacterias, virus, protozoarios y helmintos, estos organismos causan enfermedades que van desde ligeras gastroenteritis hasta enfermedades graves y fatales de carácter epidémico (Quispe, 2018).

Indica que la calidad del agua no es suficiente para asegurar los beneficios a la salud humana; es necesario que adicionalmente se satisfagan tres aspectos; cantidad, continuidad y costo razonable, al margen de las responsabilidades del abastecedor, los consumidores deben tener conocimientos sobre el uso apropiado del agua, de la adecuada nutrición e higiene de los alimentos, así como de la correcta disposición de excrementos. Precisamente, los mensajes dirigidos a mejorar los hábitos y costumbres relacionados con el buen uso del agua, deben realizarse a través de programas educativos y en forma complementaria a las actividades propias del abastecedor para evitar la impresión de que la calidad del agua por sí sola, previene las enfermedades.

Se tiene conocimiento que desde hace tiempo se reconoce la existencia de una correlación entre la calidad y cobertura de los servicios de agua potable y saneamiento con la calidad de vida y la salud de la población. La OPS/OMS (2007), nos dice que la



deficiencia de cobertura del agua potable y la desinfección inadecuada de los sistemas de abastecimiento de agua, aunada a una vigilancia sanitaria limitada, son factores que generan problemas de salud que requieren atención médica para combatirlos.

Nos hace referencia que las infecciones respiratorias y las enfermedades diarreicas continúan siendo la causa de enfermedades y muertes de niños menores de cinco años. Estas enfermedades son causas principales de morbilidad durante los cinco primeros años de vida y en conjunto constituyen el principal motivo de consultas ambulatorias en los servicios de salud y hospitalización. La mayor parte de las defunciones se han debido a enfermedades infecciosas y parasitarias, las que junto con las infecciones intestinales constituyen el grupo más importante (OMS, 2017).

2.2.8. Normas que garantizan la calidad de agua

Hace referencia que la importancia del agua, saneamiento y la higiene para la salud y el desarrollo han quedado reflejados en los documentos finales de diversos foros internacionales sobre políticas, entre los que cabe mencionar conferencias relativas a la salud, como la Conferencia Internacional sobre Atención Primaria de Salud que tuvo lugar en Alma Ata, Kazajstán (ex Unión Soviética) en 1978, conferencias sobre el agua, como la Conferencia Mundial sobre el Agua de Mar de la Plata (Argentina) de 1977, que dio inicio al Decenio Internacional de Agua Potable y del Saneamiento Ambiental, así como los objetivos de Desarrollo del Milenio aprobados por la Asamblea General de las Naciones Unidas (ONU) en 2000 y el documento final de la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible de Johannesburgo de 2002. Más recientemente, la Asamblea General de las Naciones Unidas declaró el periodo de 2005 a 2015 como Decenio Internacional para la acción “El agua, fuente de vida” (Tejada, 2018).

Indica que la OMS ha elaborado las Guías para la Calidad del Agua Potable, dirigidas principalmente a los responsables de la elaboración y gestión de políticas en materia de agua y salud, y a sus asesores, para orientarles en la elaboración de normas nacionales. Muchas otras personas utilizan las guías y documentos asociados como fuente de información acerca de la calidad del agua y la salud, así como sobre métodos de gestión eficaces (M. Quispe, 2018).

La Ley General de Salud Ley N° 26842, la propuesta de reglamentación de la calidad del agua para consumo humano, con la finalidad de asegurar la calidad del agua para consumo, cuyos valores permisibles se muestran en las tablas 5 y 6 (Cisneros, 2019).

Tabla 5. LMP de parámetros microbiológicos y parasitológico

| Parámetros | Unidad de medida | Límite máximo permisible |
|---|-------------------------|---------------------------------|
| 1. Bacterias Coliformes Totales. | UFC/100 ml a 35°C | 0 (*) |
| 2. E. Coli | UFC/100 ml a 44.5°C | 0 (*) |
| 3. Bacterias Coliformes Termotolerantes o Fecales. | UFC/100 ml a 44.5°C | 0 (*) |
| 4. Bacterias Heterotróficas | UFC/ml a 35°C | 500 |
| 5. Huevos y larvas de Helmintos, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos. | N° org/L | 0 |
| 6. Virus | UFC / ml | 0 |
| 7. Organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nemátodos en todos sus estadios evolutivos | N° org/L | 0 |

UFC = Unidad formadora de colonias (*) En caso de analizar por la técnica del NMP por tubos múltiples = < 1.8 /100 ml

Fuente: DIGESA (2010).

Tabla 6. Límites máximos permisibles de parámetros de calidad organoléptica

| Parámetros | Unidad de medida | Límite máximo permisible |
|------------------------------|----------------------------------|--------------------------|
| 1. Olor | --- | Aceptable |
| 2. Sabor | --- | Aceptable |
| 3. Color | UCV escala Pt/Co | 15 |
| 4. Turbiedad | NTU | 5 |
| 5. pH | Valor de pH | 6.5 a 8.5 |
| 6. Conductividad (25°C) | $\mu\text{mho/cm}$ | 1 500 |
| 7. Sólidos totales disueltos | mg L^{-1} | 1 000 |
| 8. Cloruros | mg Cl^{-1} | 250 |
| 9. Sulfatos | $\text{mg SO}_4 = \text{L}^{-1}$ | 250 |
| 10. Dureza total | $\text{mg CaCO}_3 \text{L}^{-1}$ | 500 |
| 11. Amoníaco | mg N L^{-1} | 1.5 |
| 12. Hierro | mg Fe L^{-1} | 0.3 |
| 13. Manganeseo | mg Mn L^{-1} | 0.4 |
| 14. Aluminio | mg Al L^{-1} | 0.2 |
| 15. Cobre | mg Cu L^{-1} | 2.0 |
| 16. Zinc | mg Zn L^{-1} | 3.0 |
| 17. Sodio | mg Na L^{-1} | 200 |

UCV = Unidad de color verdadero
UNT = Unidad nefelométrica de turbiedad

Fuente: DIGESA (2010).

2.2.9. Autoridades competentes de la calidad del agua para consumo humano

Las siguientes autoridades competentes:

- Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA)

Órgano de línea del Ministerio de Salud encargada de normar, supervisar, controlar, evaluar y concertar con gobiernos regionales, locales de acuerdo al (Art. 9 del D.S. 031-2010-SA).

- Dirección Regional de Salud (DIRESA)

Realiza fiscalización sanitaria de los sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano de su jurisdicción de ser el caso aplica las sanciones que correspondan (Art. 29°, 78° del reglamento de calidad de agua del D.S. 031-2010-SA).

- Gobiernos locales, provinciales y distritales

Encargados de velar el sostenimiento de los sistemas de abastecimiento de agua de acuerdo al (Art. 12° D.S. 031-2010-SA). Encargadas de administrar y reglamentar



directa o por concesión el servicio de agua potable, desagüe, disposición de residuos sólidos (Incisos, 2.1, 4.1, Art. 80 de la ley orgánica de Municipalidades Ley N° 26338)

- Proveedor del agua para consumo humano

El D.S. 031-2010-SA, en su Art. 50, establece las obligaciones que debe cumplir el proveedor para satisfacer de agua potable a la población.

Suministrar agua para consumo humano cumpliendo con los requisitos físicos, químicos, microbiológicos y parasitológicos de acuerdo al reglamento de la calidad de agua para consumo humano.

2.2.10. Desinfección del agua

La desinfección del agua para uso humano tiene por finalidad la eliminación de los microorganismos patógenos contenidos en el agua mediante la inclusión de cloro en el agua. Tratándose de agua de manantiales naturales o de pozo, la desinfección es el único tratamiento que se le da al agua para obtener agua potable. Por lo contrario, al potabilizar el agua con un exceso de cloro las personas pueden estar induciendo en enfermedades de alto riesgo como el cáncer de hígado, estómago, riñón, colon, recto (M. Quispe, 2018).

2.2.11. Cloración del agua de consumo humano

Indica que es la aplicación de cloro al agua con el propósito de eliminar los microorganismos o gérmenes que producen enfermedades y que se encuentran contenidas en el agua. Es tratar el agua y hacer apta para el consumo humano (M. Quispe, 2018).

Entre los requisitos para la cloración del agua de consumo humano tenemos:

- Reporte de análisis físico, químico y microbiológico.
- Parámetros básicos de campo.



- Identificación de riesgos.
- Caudal de agua a clorar.
- Operador/personal de JASS capacitada y entrenada.
- Cuidado ambiental.
- Sistema de agua potable acondicionado.
- Pago de cuota familiar.
- Si se cumple con todos estos requisitos se procede con la cloración del agua.

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

2.3.1. Agua cruda

Es aquella agua, que se encuentra en estado natural, captada para abastecimiento que no ha sido sometido a procesos de tratamiento (MINSA, 2019).

2.3.2. Agua tratada

Es toda agua sometida a procesos físicos, químicos y/o biológicos para convertirla en un producto inocuo para el consumo humano (MINSA, 2019).

2.3.3. Agua potable

El agua de consumo es inocua (agua potable), no ocasiona ningún riesgo significativo para la salud cuando se consume durante toda una vida, teniendo en cuenta las diferentes vulnerabilidades que puedan presentar las personas en las distintas etapas de su vida (Castillo, 2018).

2.3.4. Aguas subterráneas

Las aguas subterráneas como el agua que ocupa parcial o totalmente los vacíos dentro del estrato geológico, comprende toda el agua que se encuentra por debajo del nivel freático.



El agua subterránea es de gran importancia, especialmente en aquellos lugares secos, donde el escurrimiento se reduce mucho en algunas épocas del año. Las aguas subterráneas provienen de la infiltración directa en el terreno de las lluvias o nieves, o indirectas de ríos o lagos (García, 2018).

2.3.5. Agua de pozos

Un pozo es un hoyo taladrado con una maquinaria o una excavación manual hecho por el hombre en el suelo que alcanza una fuente de agua o donde el agua brota superficialmente como un surtidor, son el resultado de la perforación o excavación como una vertiente o el acuífero confinado cuyo nivel freático es superior al nivel del suelo. Un pozo que da agua para un pueblo entero se llama un pozo de pueblo y un pozo que solo da agua a una casa se llama un pozo privado (Curo, 2017).

2.3.6. Calidad de agua

El agua de buena calidad aquella que reúne las condiciones mínimas tanto físico-químicas como bacteriológicas establecidas por la OMS permitiendo su consumo directo. Es un conjunto de características del agua que pueden afectar su adaptabilidad a un uso específico, la relación entre esta calidad del agua y las necesidades del usuario. También la calidad del agua se puede definir por sus contenidos de sólidos y gases, ya sea que estén presenten en suspensión o en solución (M. Quispe, 2018).

2.3.7. Cloro

Es un elemento normalmente encontrado como un gas amarillento verdoso aproximadamente 2.5 veces más pesado que el aire.



2.3.8. Cloro residual libre

Es la cantidad de cloro presente en el agua en forma de ácido hipocloroso e hipoclorito que debe quedar en el agua de consumo humano para proteger de posible contaminación microbiológica, posterior a la cloración como parte del tratamiento.

2.3.9. Demanda de cloro

La cantidad de cloro que consumen las sustancias reductoras y la materia orgánica. Cuantitativamente representa la cantidad que se agrega menos la que se conserva al término de la reacción (cloro residual) y se mide en mg/L, o en partes por millón. El tiempo de reacción generalmente se fija en 10 minutos para agua potable y de 15 a 30 minutos para agua residual (M. Quispe, 2018).

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. ZONA DE ESTUDIO

La presente investigación se desarrolló en los barrios de San Salvador y 15 de agosto del distrito de Juliaca provincia de San Román – región Puno; geográficamente está localizado a 3.30 km del centro de la ciudad, y se ubica por el Este 380584.456, Norte 8285160. 457 y una altura entre 3831 m.s.n.m.

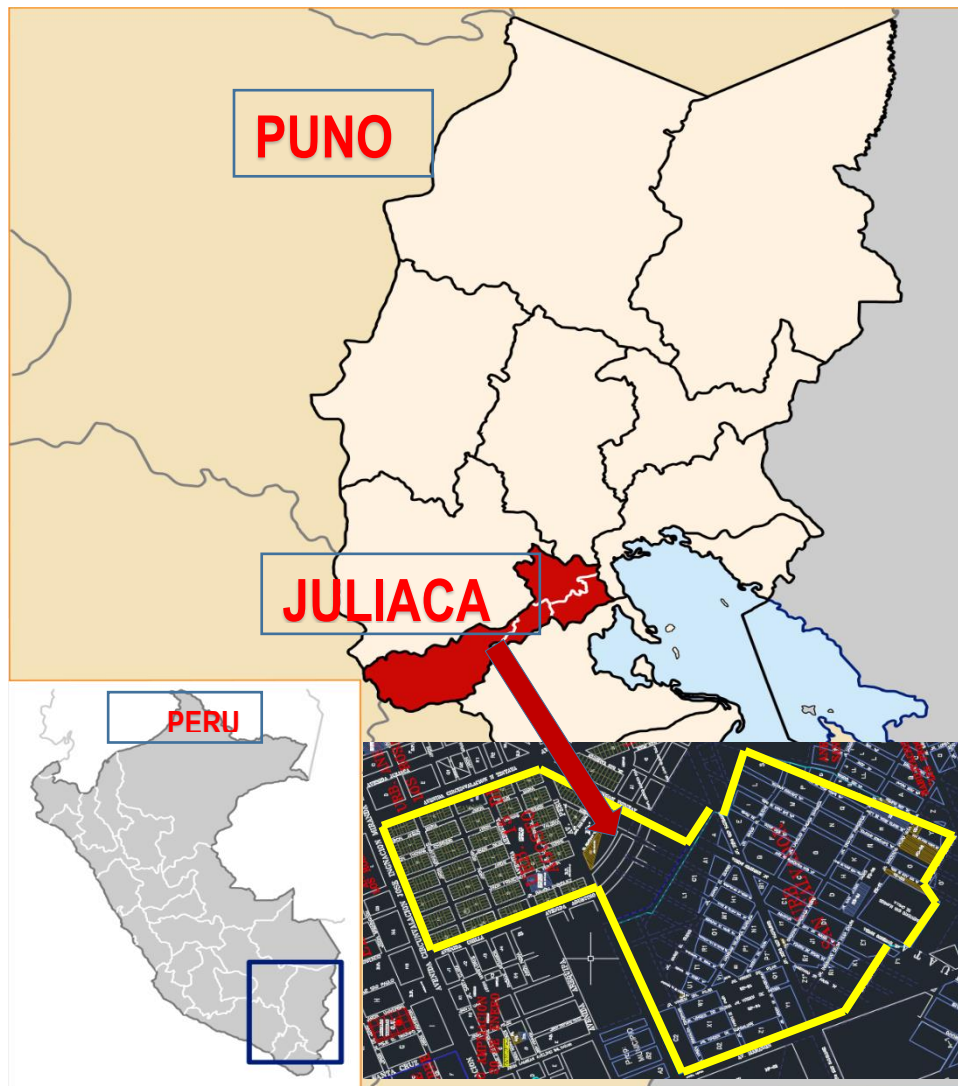


Figura 4. Área de estudio.

Fuente: Elaboración propia



3.1.1. Límites

- Por el este : Provincia de Pusi
- Por el oeste : Región de Lampa
- Por el norte : Provincia de Azángaro
- Por el sur : Provincia de Puno

3.1.2. Vías de comunicación y accesibilidad

El acceso al lugar del proyecto de investigación desde la ciudad de Puno es como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 7. Vías de comunicación acceso

| TRAMO | TIPO DE VIA | VEHICULO | DISTANCIA | TIEMPO | |
|----------------|-------------|------------------|-------------|--------|----|
| DE Puno | A Juliaca | Asfaltado | Combis | 56 | 45 |
| Centro Juliaca | Al Barrio | Asfaltado/trocha | Moto Torito | 3.5 | 15 |

Fuente: Elaboración propia

3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación es de carácter descriptivo, se describe los resultados obtenidos en el campo, se siguió por las características propias del estudio, por el problema, por los objetivos y por las preguntas directrices a las que se dio respuesta sin ninguna manipulación de alguna variable de estudio.

3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.3.1. Población

La presente investigación tomo como población de estudio los barrios de San Salvador, distrito de Juliaca, provincia San Román – región Puno, conformada por 500 familias y el barrio 15 de Agosto distrito de Juliaca, provincia San Román – región Puno con 550 familias, siendo un total de 1050 familias.

3.3.2. Muestra

Se determinó el tamaño de la muestra por 04 vivienda ya que las fuentes de abastecimiento de agua es por vivienda el cual consta con su propia fuente como son pozos tipo caisson, pozos tubulares entre otros de los cuales sacamos un promedio para el cálculo de la cantidad de integrantes por familia.

Se utilizó el procedimiento de muestreo no probabilístico incidental (Alfaro & Gonzales, 2008), que incluye muestras de 04 pozos, ubicados en los barrios de 15 de agosto y San Salvador, ya que incluye las zonas céntricas tomados, donde estos pozos tienen una profundidad de 1.50 a 2.00 m desde el fondo de los pozos hasta el nivel freático.

Tabla 8. Viviendas localizadas del ámbito de estudio.

| N° | Ubicación de fuentes | | | N° de Integrantes |
|----|----------------------|--------------|-----------------|-------------------|
| | Familia | Tipo | Ubicación | |
| 1 | Pacompia | Pozo Caisson | B. 15 de Agosto | 4 |
| 2 | Paucar | Pozo Caisson | B. 15 de Agosto | 7 |
| 3 | Mamani | Pozo Caisson | San Salvador | 7 |
| 4 | Apaza | Pozo Caisson | San Salvador | 4 |

Fuente: Elaboración propia.

3.3.3. Ubicación de puntos de muestreo

Para la ubicación de los puntos de muestreo se consideraron la ubicación de las fuentes de abastecimiento para consumo humano (pozos) y el número de muestras a tomar, previo estudio de las facilidades de acceso y medio de transporte hasta el punto de muestreo, teniendo en cuenta el uso actual y futuro de los mismos que actualmente vienen consumiendo la población. Además, para el registro de información de los puntos de muestreo, se definió mediante coordenadas UTM usando el sistema de posicionamiento satelital (GPS) de manera que permita su ubicación exacta.

Tabla 9. Ubicación de puntos de muestreo.

| Muestras | Ubicación de fuentes | | | Prof (m) | Altitud (m.s.n.m) | Coordenadas UTM wgs 84 | |
|------------|----------------------|--------------|----------------|-------------|----------------------|---------------------------|---------|
| | Familia | Tipo | Uso | | | Este | Norte |
| Muestra 01 | Pacompa | Pozo Caisson | consumo humano | 2.25 | 3833 | 380547 | 8285160 |
| Muestra 02 | Paucar | Pozo Caisson | consumo humano | 2.30 | 3832 | 381182 | 8285167 |
| Muestra 03 | Mamani | Pozo Caisson | consumo humano | 2.35 | 3829 | 381234 | 8285036 |
| Muestra 04 | Apaza | Pozo Caisson | consumo humano | 2.35 | 3829 | 381578 | 8285039 |

Fuente: Elaboración propia.

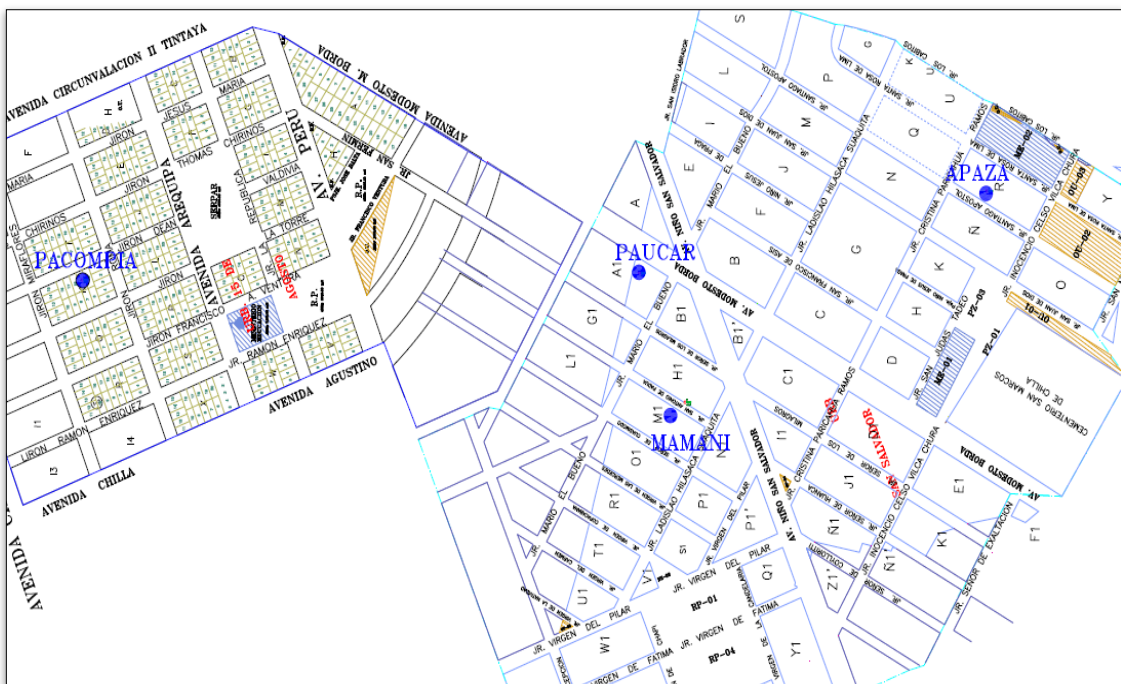


Figura 5. Ubicación del punto de muestreo.

Fuente: Elaboración propia

En la figura 5 se tiene la ubicación de donde se sacaron las muestras las cuales se procesaron en laboratorio.

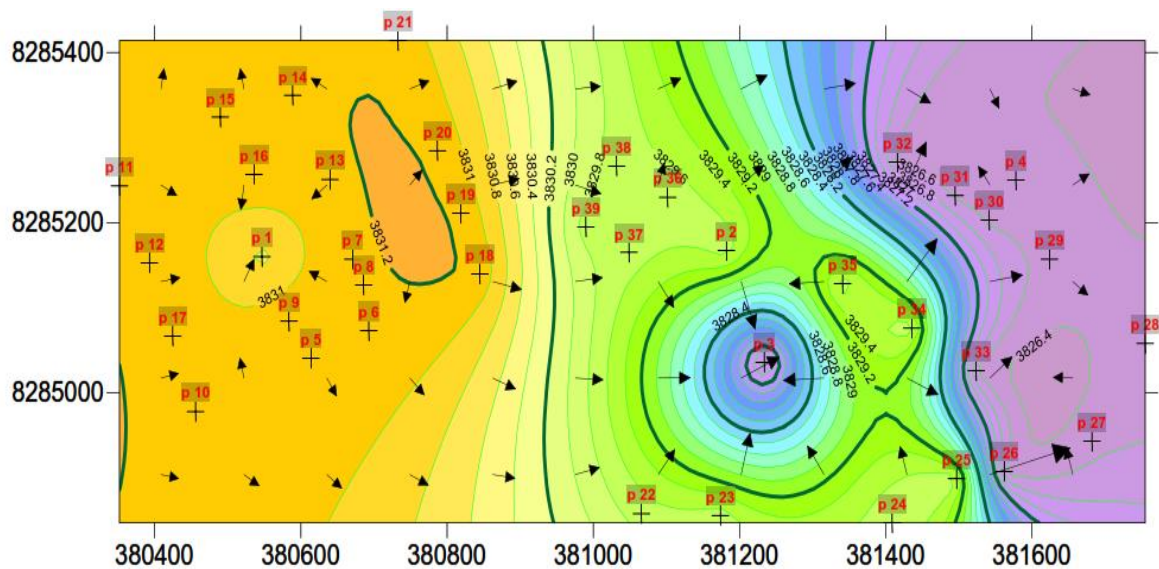


Figura 6. Líneas equipotenciales y sentido de flujo de aguas subterráneas.

Fuente: Elaboración propia

En la figura 6 se tiene la ubicación de pozos de donde se obtuvo datos de la altura del nivel freático para realizar la gráfica de isohipsas e indicar que la cota mínima es de 3826.55, así mismo indicar que la dirección del flujo es hacia aguas abajo, es decir hacia el este o hacia el río Coata.

Varios estudios fueron hechos con la finalidad de determinar el comportamiento de aguas subterráneas, que determinaron un flujo preferente generalmente hacia algún río o lago y así también la variación espacial del nivel freático, lo que se puede apreciar en un mapa de isohipsas (Mamani-Ramos, Alfaro-Alejo, & Mamani-Gomez, 2019).

3.3.4. Toma de muestras

Para la toma de muestra se consideró los puntos críticos, a fin de asegurar que las muestras sean representativas, que durante el muestro y transporte su composición no se modifique. Según los protocolos para la toma de muestras, se tomó en cuenta aspectos importantes como:



Consideraciones para la toma de muestras bacteriológicas:

- Utilizar guantes al momento de la toma de muestras.
- Evitar tocar el interior del frasco o la cara interna del tapón, sujetando esta con la mano mientras se realiza el muestreo, sin colocarlo sobre algún material que lo pueda contaminar.
- Mientras mantiene la tapa en la mano, ponga inmediatamente el frasco debajo del chorro de agua y llénelo dejando un pequeño espacio de aire para facilitar la agitación durante la etapa de análisis.
- Se sacaron 04 muestras las cuales fueron procesadas en laboratorio.

Consideraciones para la toma de muestras fisicoquímicos:

- Utilizar guantes al momento de la toma de muestras.
- Enjuagar de dos a tres veces los frascos de muestreo con el agua a ser recolectada, con la finalidad de eliminar posibles sustancias existentes en su interior, agitar y desechar el agua de lavado.
- Llenar hasta el límite del frasco (no dejar espacio vacío), luego de tomada la muestra y dependiendo del tipo de análisis a ejecutar, se añade el preservante adecuado y cerrar herméticamente.
- Cabe indicar que la toma de muestras se realizó en el mes de agosto (estiaje), sin embargo, podría existir algunas variaciones en los resultados en épocas de lluvia ya que el flujo aumentaría así mismo el nivel freático tendría tendencia a elevarse.

3.3.5. Acondicionamiento preservación y traslado de muestras

a) Rotulado e identificación de las muestras de agua



Los recipientes fueron identificados antes de la toma de muestra con una etiqueta, escrita con letra clara y legible, sin borrones ni enmendaduras, cuya identificación debe coincidir con lo declarado. Se tiene algunos datos básicos para su codificación respectiva de las muestras:

Código de identificación de campo.

- Coordinadas.
- Localidad, distrito, provincia, región.
- Punto de muestreo.
- Fecha y hora de muestreo.
- Tipo de análisis requerido.
- Muestreador.

b) Acondicionamiento y preservación de muestras

Se aseguró que las muestras para el análisis de los parámetros considerados, cumplan con los requisitos (tiempo de vigencia y temperatura), para la recepción de muestras por el laboratorio.

c) Conservación y envío de muestras

Las muestras recolectadas se conservaron en cajas térmicas (cooler), aisladas de la influencia de la luz solar y con disponibilidad de espacio para la colocación del material refrigerante.

d) Medio de transporte

El transporte de las muestras se efectuó en envases cerrados herméticamente (coolers) tan pronto como sea posible, resguardados de la luz solar y evitando que las muestras se calienten, con el fin de mantener las muestras a bajas temperaturas durante el tiempo de almacenamiento.



3.4. PROCEDIMIENTO DE MUESTREO

3.4.1. Análisis fisicoquímico

Consistió en la determinación de las características físicas y químicas ya sean disueltos o en suspensión, estos parámetros reflejen la calidad de agua, verificando el cumplimiento de las legislaciones vigentes para asegurar si son aptas para consumo humano.

El análisis de los parámetros fisicoquímicos de las muestras de agua para consumo humano se realizó en el “laboratorio ambiental de agua suelos y mecánica de suelos”.

Se aplicó el método de Espectrometría, es una técnica de análisis instrumental utilizada para la cuantificación de elementos químicos se fundamenta en la propiedad de los átomos, para el cual, en presencia de energía pasan de su estado fundamental a niveles de mayor energía para luego decaer. En estos cambios puede absorber y/o emitir energía en forma de luz. Sin embargo, esta técnica usa la absorción de la luz para medir la concentración de la fase gaseosa de átomos. La mayoría de las muestras son sólidas o líquidas, los átomos o iones de los analitos deben ser vaporizados a la flama o en un horno de grafito. Los átomos absorben luz visible o ultravioleta realizando transiciones a niveles de energía más altos. La concentración del análisis es determinada por la cantidad de absorción.

3.4.2. Análisis bacteriológico

Esta etapa consistió en el análisis exhaustivo de las muestras de agua para consumo humano, con la finalidad de determinar la presencia o ausencia, tipo y cantidad de microorganismos patógenos principalmente intestinales (Coliformes Totales y Coliformes termotolerantes), que pueden ser contaminadas por desechos humanos y animales.



El análisis de los parámetros bacteriológicos de las muestras de agua del ámbito de estudio, “laboratorio ambiental de agua suelos y mecánica de suelos”, a través del método del número más probable establecido por la norma mexicana.

Para la determinación de los parámetros bacteriológicos se desarrolló mediante la aplicación de la técnica de fermentación múltiple en tubos, número más probable (NMP), se fundamenta en la capacidad de este grupo microbiano de fermentar la lactosa con producción de ácido y gas al incubarlos a $35\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 48 horas, utilizando un medio de cultivo que contenga sales biliares. Esta determinación consta de dos fases. En la fase presuntiva el medio de cultivo que se utiliza es el caldo de lauril sulfato de sodio el cual permite la recuperación de los microorganismos dañados que se encuentran presentes en la muestra y que sean capaces de utilizar a la lactosa como fuente de carbono. Durante la fase confirmativa se emplea como medio de cultivo caldo lactosado bilis verde brillante el cual es selectivo y solo permite el desarrollo de aquellos microorganismos capaces de tolerar tanto las sales biliares como el verde brillante (Fernández, 2017).

3.5. IDENTIFICACIÓN DE PRINCIPALES FACTORES DE CONTAMINACIÓN

Para la determinación de los principales factores de contaminación se realizaron las siguientes actividades.

- Identificación de sistema de dotación de agua.
- Realizar la medición de profundidad de hoyo seco de letrina.
- Realizar la medición de la distancia entre la ubicación de letrina y pozos.
- Determinar el tiempo de uso de letrinas existentes.

la distancia de una letrina de hoyo seco entre un pozo, debe ser 20 m, la vida útil máximo es de 4 años y la profundidad (2m) (OPS/CEPIS, 2005).



Para la implementación de programas de educación sanitaria se realizarán sesiones de aprendizajes de temas como:

- Fuentes de agua.
- Abastecimiento de agua.
- Almacenamiento de agua.
- Desinfección de agua.

3.6. CARACTERÍSTICAS DE POZOS EXISTENTES PARA EL DISEÑO DE POTABILIDAD DEL AGUA EN LOS POZOS

Verificar in situ las características de los pozos existentes para poder realizar la estructura de diseño para la potabilidad del agua.

3.6.1. Caracterización del estado actual del pozo

Verificar si el pozo tiene algún tipo de estructura que se esté utilizando para el consumo de agua realizando un diagnóstico físico en función a los siguientes criterios.

- Determinar si cuenta con algún tipo de sistema de cloración.
- Identificar las partes conformantes del actual sistema.
- Verificar el material y estado en que se encuentra los componentes del pozo.

3.6.2. Evaluar la operación del sistema de cloración.

Coordinar con el responsable de la operación y mantenimiento del sistema de cloración, para su funcionamiento óptimo.

- Capacitar al encargado sobre la operación del sistema de cloración y el preparado de la dosis para cumplir eficientemente sus funciones.



Existen diferentes equipos dosificadores de cloro, dentro de ellos y de mayor uso habitual para los sistemas de abastecimiento de agua en el ámbito rural con poblaciones que no sobrepasen los dos mil (2,000) habitantes, son los hipocloradores por goteo.

- **Hipoclorador de goteo de carga constante de un recipiente.**

Es un modelo de un solo recipiente, que funciona a la vez como tanque preparador y como dosificador. Al balde de volumen conocido, se instala un conducto flexible que termina en una boya, y dotado en su otro extremo de un cuentagotas que permite la regulación del caudal de ingreso. Requiere de mantenimiento constante. Se recomienda el uso para una población menor a 25 familias y un caudal menor a 0.25 L/s.

- **Hipoclorador por goteo con flotador.**

Al hipoclorador por goteo se le adiciona un flotador, constituido de tuberías y accesorios de PVC de 3/4", se coloca dentro del tanque dosificador. Al penetrar en el orificio, la solución clorada fluye dentro de una manquera de plástico flexible que lo conduce hasta la salida del tanque y en secuencia gotea en el reservorio de almacenamiento. Se recomienda el uso para una población entre 26 a 100 familias y un caudal entre 0.26 y 1 L/s.

- **Hipoclorador de goteo de carga constante de doble recipiente**

El recipiente superior contiene la solución más concentrada de hipoclorito o "solución madre", y en el segundo recipiente, más pequeño, se encuentra el dosificador, que cuenta con una salida por goteo de la solución de cloro. En el dosificador se mantiene una carga constante mediante una válvula flotador. Se recomienda el uso para una población mayor a 100 familias para caudales mayores a 1 L/s.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICO QUÍMICAS Y BACTERIOLÓGICAS DEL AGUA.

Los resultados emitidos por los laboratorios, tanto del análisis fisicoquímico y bacteriológico, se muestran en las siguientes tablas, a fin de realizar el análisis correspondiente de acuerdo a las normas vigentes establecidos.

4.1.1. Color

De acuerdo a los resultados, el agua que consume los pobladores de los barrios 15 de agosto y San Salvador presenta un color (incolore), en las muestras 1, 2, 3 y 4, como se puede observar en la tabla.

Tabla 10. Verificación de color

| Parámetro | Unidad | Resultado de análisis químico | | | | LMP |
|-----------|-------------|-------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----|
| | | Muestra 1 | Muestra 2 | Muestra 3 | Muestra 4 | |
| Color | cvPt/ Co | Incolore | Incolore | Incolore | Incolore | 15 |

En la tabla 10, se observa proporción de contaminación de las fuentes de abastecimiento de consumo humano; donde se llegó a determinar, que todas muestras dieron como resultado (Incolore) de un total de 4 muestras, estas no mostraron diferencias significativas ($P \geq 0.05$); lo cual indica la proporción de contaminación del agua de consumo entre la fuente de abastecimiento se evidencia una semejanza, pero aritméticamente no se observa variación. Donde nos indica que están dentro del rango permisible.

En este caso aceptamos la hipótesis, puesto que, el color en las aguas subterráneas de los barrios 15 de agosto y San Salvador se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles, según el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA.

Estos valores encontrados en el presente estudio son iguales al reporte de Belizario, (2011), quien de 8 muestras de agua de pozo tomadas en la comunidad Carata del distrito Coata, es “incolora”, donde en todas las muestras tomadas están dentro del rango permisible. Vale la aclaración cuando el agua tiene color, tiene el problema de que no puede ser utilizada hasta que no se le trata removiendo dicha coloración.

Las aguas pueden estar coloridas debido a la presencia de iones metálicos naturales, humos, materia orgánica y contaminación domésticos. El color que en el agua produce la materia suspendida y disuelta, se le denomina “color aparente”, una vez eliminado el material suspendido, el color remanente se le conoce como “Color verdadero”, siendo este último el que se mide en esta determinación.

4.1.2. Olor y sabor

De acuerdo a los resultados, el agua que consume los pobladores de 15 de agosto y San Salvador presenta un olor desagradable y sabor desagradable, en las muestras 1, 2, 3 y 4, como se puede observar en la tabla.

Tabla 11. Cuadro comparativo de olor y sabor

| Parámetro | Unidad | Resultado de análisis químico | | | | LMP |
|-----------|--------|-------------------------------|--------------|--------------|--------------|-----------|
| | | Muestra 1 | Muestra 2 | Muestra 3 | Muestra 4 | |
| Olor | --- | Desagradable | Desagradable | Desagradable | Desagradable | Aceptable |
| Sabor | | Desagradable | Desagradable | Desagradable | Desagradable | Aceptable |



En la tabla 11, se observa proporción de contaminación de las fuentes de abastecimientos de consumo humano; donde se llegó a determinar que las cuatro muestras presentaron un olor y sabor desagradable, estos mostraron diferencias significativas. lo cual indica la proporción de contaminación del agua de consumo entre la fuente de abastecimiento, se evidencia una semejanza, pero aritméticamente se observa variación.

En este caso rechazamos la hipótesis, puesto que, el olor y sabor en las aguas subterráneas de los barrios 15 de agosto y San Salvador, sobrepasan los límites máximos permisible, según el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA.(aceptable).

Estos valores encontrados en el presente estudio son diferentes al reporte de Belizario (2011) , donde de acuerdo a su investigación, el agua de pozo que consume la comunidad Carata del distrito Coata tiene un olor (Inodoro) y un sabor (Insípido). Se puede deducir que el agua de pozo que consume la comunidad de Carata están dentro de los estándares de calidad ambiental, respecto a los barrios 15 de agosto y San Salvador, no cumplen con los estándares de calidad ambiental, ya que el agua presenta un olor (desagradable) y sabor (desagradable). Cabe mencionar que la mayoría de los pozos de la comunidad de Carata encontraban protegidos y cuidados por los usuarios y no se observó crecimiento de ciertos organismos y otras partículas introducidas.

4.1.3. PH

De acuerdo a los resultados, el agua que consumen los pobladores de los barrios 15 de agosto y San Salvador presenta un olor desagradable y sabor desagradable, en las muestras 1, 2, 3 y 4, como se puede observar en la tabla 12.

Tabla 12. Cuadro comparativo de pH

| Parámetro | Unidad | Resultado de análisis químico | | | | LMP |
|-----------|-------------|-------------------------------|-----------|-----------|-----------|----------|
| | | Muestra 1 | Muestra 2 | Muestra 3 | Muestra 4 | |
| pH | Valor de pH | 7.97 | 7.86 | 7.80 | 7.60 | 6.5 -8.5 |

El pH total en aguas de pozos en los barrios 15 de agosto y San Salvador esta entre 7.60 a 7.97, no muestra diferencia significativa para esta variable, puesto que, el pH en las aguas subterráneas de los barrios 15 de agosto y San Salvador, se encuentra por debajo de los límites máximos permisibles, según el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA. (6.5-8.5).

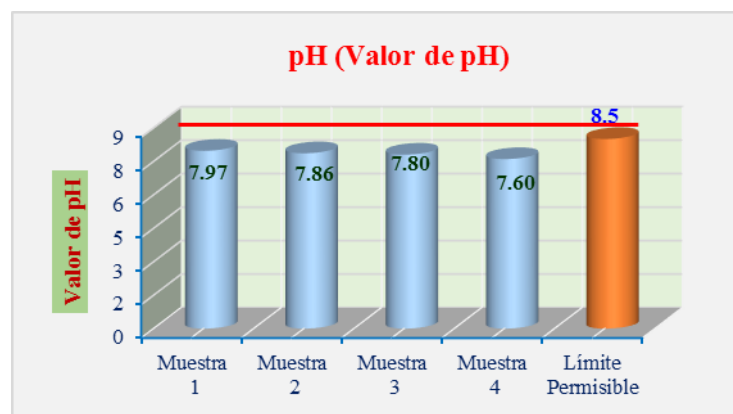


Figura 7. Medición del pH.

Fuente: Elaboración propia

En la figura 7, se observan el nivel de pH de las muestras evaluadas en los 4 pozos de los barrios 15 de agosto y San Salvador.

Estos valores encontrados en el presente estudio son similares al reporte de Belizario (2011), donde el pH fluctúa entre los valores de un mínimo de 7.03 y un máximo de 8.03 unidades, valores que representan a aguas alcalinas, encontrándose dentro de los estándares de calidad ambiental. Se puede deducir que el agua de pozo de los barrios 15

de agosto y San Salvador se encuentran con un pH dentro de los límites máximos permisibles al igual que las aguas de pozo de la comunidad de Carata.

La concentración de ion hidrógeno es un indicador de calidad de agua de gran importancia. Es preferible que sea un pH inferior a 8 porque valores superiores de pH: 11 produce irritación ocular y agravación de trastornos cutáneos tal como mencionan.

El pH presenta una tendencia a pasar de un pH básico a un pH ácido conforme aumentan las lluvias, este efecto se presenta más marcado en las muestras de aguas obtenidas de los pozos, los contaminantes antropogénicos juegan un rol importante en la contaminación del manto acuífero por procesos de difusión por la contaminación presente tal como reporta (Calsín, 2016).

Por consiguiente, de acuerdo a los resultados obtenidos, el parámetro de pH indica que el agua de estos pozos es apta para consumo humano según el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA. (6.5 a 8.5 pH).

4.1.4. Conductividad eléctrica

De acuerdo a los resultados, el agua que consume los pobladores de 15 de agosto y San Salvador presenta una C.E. que no sobrepasa los límites máximos permisibles, en las muestras 1, 2, 3 y 4, como se puede observar en la tabla 13.

Tabla 13. Análisis de conductividad eléctrica

| Parámetro | Unidad | Resultados de análisis químico | | | | LMP |
|-------------------------|--------|--------------------------------|-----------|-----------|-----------|-------------|
| | | Muestra 1 | Muestra 2 | Muestra 3 | Muestra 4 | |
| Conductividad eléctrica | mS/cm | 1.50 | 1.40 | 1.30 | 0.98 | 1.50 |

La conductividad eléctrica en aguas de pozos de los barrios 15 de agosto y San Salvador de la ciudad de Juliaca varía entre 0.95 a 1.50 mS/cm, la concentración de conductividad eléctrica en las aguas subterráneas de los barrios 15 de agosto y San Salvador, se encuentran por de najo de los límites máximos permisible, según el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA. (500 mg/L).

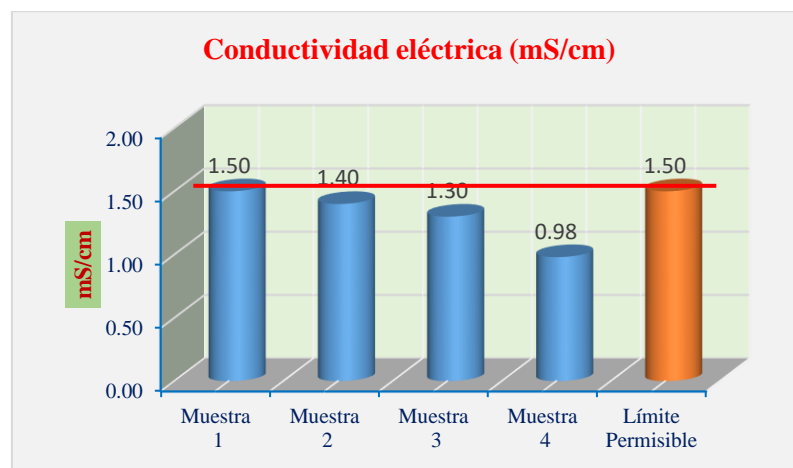


Figura 8. Medición de la conductividad eléctrica.

Fuente: Elaboración propia

En la figura 8, se observan el nivel de conductividad eléctrica de las muestras evaluadas en los 4 pozos de los barrios 15 de agosto y San Salvador.

Estos valores encontrados en el presente estudio son inferiores al reporte de (E. Belizario, 2011), Los resultados del análisis de la conductividad eléctrica fluctúan entre los valores de un mínimo de 0.39 mS/cm. a un máximo de 4.00 mS/cm. Valores que corresponden a aguas de mediana a alta mineralización. Del total de los valores obtenidos de las 8 muestras que representa al 100%, 1 muestra que representa el 12.5 % de los valores corresponde al límite recomendado por el Ministerio de Salud del Perú (500 umhos/cm) y 2 muestras que representa el 25.0 % de los valores están dentro del límite recomendado por la Organización Mundial de Salud-OMS (hasta 1.50 mS/cm).

4.1.5. Dureza total

De acuerdo a los resultados, el agua que consume los pobladores de 15 de agosto y San Salvador presenta una dureza que sobrepasa los límites máximos permisibles, en las muestras 1, 2, 3 y 4, como se puede observar en la tabla 14.

Tabla 14. Análisis de dureza total

| Parámetro | Unidad | Resultados de análisis químico | | | | LMP |
|--------------|--------|--------------------------------|-----------|-----------|-----------|---------------|
| | | Muestra 1 | Muestra 2 | Muestra 3 | Muestra 4 | |
| Dureza total | mg/L | 860.00 | 620.60 | 550.20 | 550.70 | 500.00 |

La dureza total en aguas de pozos de los barrios 15 de agosto y San Salvador de la ciudad de Juliaca varía entre 860 a 550.20 mg/L, la concentración de dureza en las aguas subterráneas de los barrios 15 de agosto y San Salvador, sobrepasan los límites máximos permisible, según el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA.(500 mg/L).

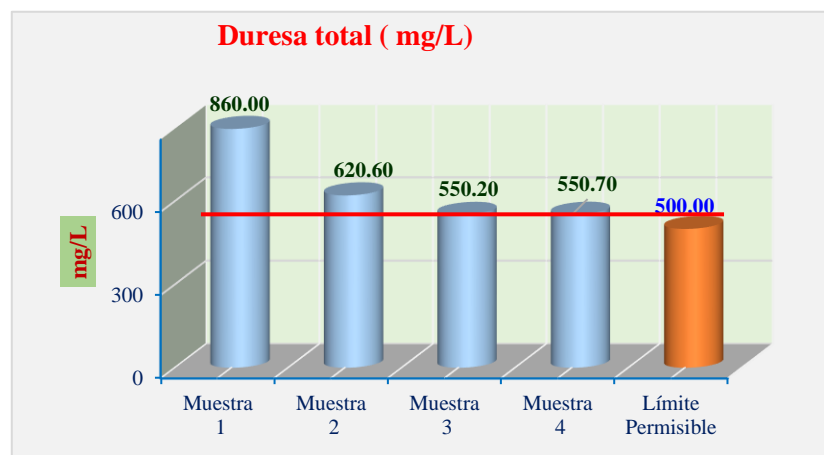


Figura 9. Medición de la dureza total.

Fuente: Elaboración propia

En la figura 9, se observan el nivel de dureza de las muestras evaluadas en los 4 pozos de los barrios 15 de agosto y San Salvador.



Estos valores encontrados en el presente estudio son inferiores al reporte de Belizario (2011), donde la dureza fluctúa entre los valores de un mínimo de 209.88 y un máximo de 1595.88 mg/L, corresponden a la clasificación en términos del grado de dureza de la siguiente manera. Asimismo (Belizario, 2011) reporta valores que fluctúan de un mínimo 45.33 y máximo 628.91 mg/L. indicando que las aguas de los pozos artesanales (628.91 mg/L) es mayor a los límites máximo permisibles emitidos por el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA. (500 mg/L).

4.1.6. Alcalinidad

Los resultados obtenidos del análisis de alcalinidad fluctúan entre 80.30 a 140 mg/L, valores que corresponden a la clasificación según su capacidad neutralizadora a las aguas de baja alcalinidad.

Tabla 15. Análisis de alcalinidad

| Parámetro | Unidad | Resultado de análisis químico | | | | LMP |
|-------------|--------|-------------------------------|-----------|-----------|-----------|--------|
| | | Muestra 1 | Muestra 2 | Muestra 3 | Muestra 4 | |
| Alcalinidad | mg/L | 140.00 | 120.00 | 98.00 | 80.30 | 120.00 |

En la tabla 15. La alcalinidad en aguas de pozos de los barrios 15 de agosto y San Salvador de la ciudad de Juliaca fue de 80.30 a 140.00 mg/L, la concentración de alcalinidad en las aguas subterráneas de los barrios 15 de Agosto y San Salvador, se encuentran por debajo de los límites máximos permisible, excepto en la primera muestra, según el reglamento de la calidad del agua para consumo humano DS N° 031-2010-SA. (500 mg/L).

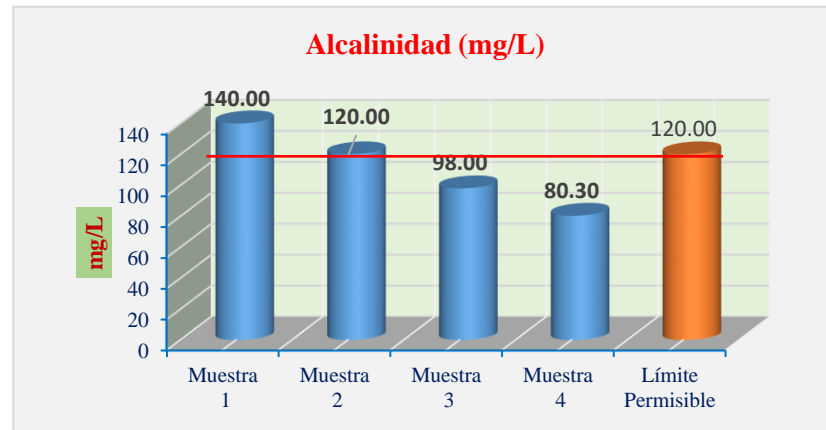


Figura 10. Medición de la alcalinidad.

Fuente: Elaboración propia

En la figura 10, se puede observar que en el primer punto sobrepasa los LMP, segunda punto, tercer punto y cuarto punto, se encuentran dentro del límites máximo permisible emitidos por el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA. Estos valores encontrados en el presente estudio son diferentes al reporte de (Calsín, 2016), la Alcalinidad en su estudio, fluctúan entre los valores de un mínimo de 104.80 mg/L, a un máximo de 544.96 mg/L, donde nos indica que de las 8 muestras de pozos que se tomaron representa el 100% de datos obtenidos en el laboratorio, 2 muestra que representa el 25.0 % de valores corresponde a los límites recomendados por Ministerio de Salud del Perú (120 mg/L) y 5 muestras que representan el 72.5 % de los valores es ligeramente elevado pero está dentro de los límites máximos permisibles establecidos por la Organización Mundial de la Salud – OMS (200 a 500 mg/L) y 1 muestra que representa el 12.5 % supera los límites máximos permisibles establecidos. Además, señala que es natural encontrar valores entre (200 a 500 mg/L), este parámetro no tiene mayor importancia sanitaria y no presenta riesgos a la salud (no aplicable).

4.1.7. Cloruros

Los resultados obtenidos del análisis de cloruros fluctúan entre 25.53 a 249.64 mg/L, valores que se encuentran dentro del límite máximo permisible establecido por el Ministerio de Salud (250 mg/L). Se muestra el alto contenido de cloruros en la muestra 01, los cloruros que se encuentran en el agua natural proceden de la disolución de suelos y rocas que los contengan en contacto con el agua, otra fuente de cloruros es la descarga de aguas residuales domésticas, agrícolas e industriales a aguas superficiales.

Tabla 16. Análisis de cloruro de las aguas subterráneas de los pozos, Juliaca.

| Parámetro | Unidad | Resultado de análisis químico | | | | LMP |
|-----------|--------|-------------------------------|-----------|-----------|-----------|--------|
| | | Muestra 1 | Muestra 2 | Muestra 3 | Muestra 4 | |
| Cloruros | mg/L | 249.64 | 25.53 | 82.27 | 99.29 | 250.00 |

En la tabla 16. El cloruro total en aguas de pozos es de 249.64 a 25.53 mg/L, la concentración de cloruro en las aguas subterráneas de los barrios 15 de agosto y San Salvador, se encuentran por debajo de los límites máximos permisible, según el reglamento de la calidad del agua para consumo humano DS N° 031-2010-SA. (250 mg/L).

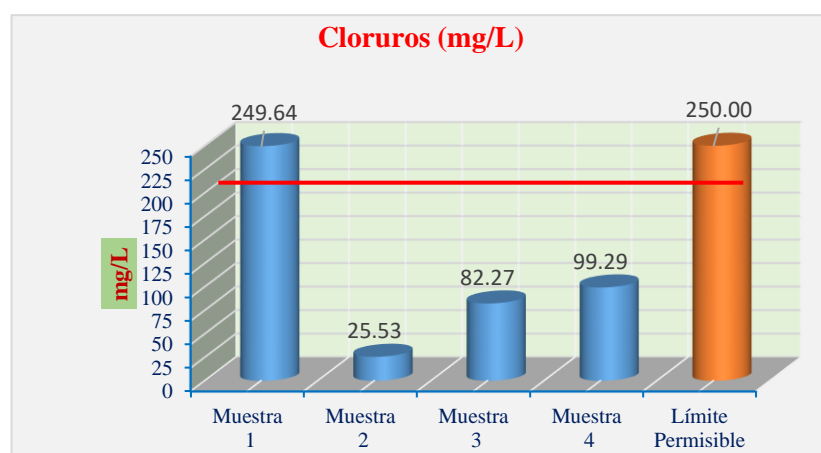


Figura 11. Medición de cloruros.

Fuente: Elaboración propia



En la figura 11, se observan el nivel de Cloruro de las muestras evaluadas en los 4 pozos de los barrios 15 de agosto y San Salvador.

Estos valores encontrados en el presente estudio son similares al reporte de (Calsín, 2016) , el cloruro en su estudio, fluctúan entre los valores de un mínimo de 21.34 mg/l. a un máximo de 206.50 mg/L, respectivamente. Por otra parte, Belizario (2011) reporta valores de cloruros que fluctúan entre los valores de un mínimo de 21.88 mg/L. a un máximo de 634.73 mg/L. Del 100% de datos obtenidos en el laboratorio, 5 muestras que representan el 62.5 % de los valores corresponde a los límites recomendados por el Ministerio de Salud del Perú (250 mg/L) y 3 muestras que representan el 37.5 % de los valores es ligeramente elevado y está por encima de los límites máximos permisibles establecidos por el ministerio de salud del Perú y la organización mundial de salud – OMS (250 – 300 mg/L).

4.1.8. Sulfatos

Los resultados obtenidos del análisis de Sulfatos fluctúan entre 112.00 a 140.00 mg/L, valores que se encuentran dentro del límite máximo permisible establecido por el Ministerio de Salud (250 mg/L). Las mayores concentraciones por lo común están en aguas subterráneas y estas se forman al moverse el agua a través de formaciones rocosas y suelos que contienen minerales sulfatados, una parte del sulfato se disuelve en las aguas subterráneas, por lo tanto, el sulfato (SO_4^{2-}) se distribuye ampliamente en la naturaleza y puede presentarse en aguas naturales en concentraciones que van desde unos pocos a varios miles de mg/L.

Tabla 17. Análisis de sulfatos de las aguas subterráneas de los pozos, Juliaca.

| Parámetro | Unidad | Resultado de análisis químico | | | | LMP |
|-----------|--------|-------------------------------|-----------|-----------|-----------|---------------|
| | | Muestra 1 | Muestra 2 | Muestra 3 | Muestra 4 | |
| Sulfatos | mg/L | 140.00 | 130.00 | 120.00 | 112.00 | 250.00 |

En la tabla 17. La concentración de sulfatos en aguas de los pozos de los barrios 15 de agosto y San Salvador es 112.00 a 140.00 mg/L, la concentración de sulfato en las aguas subterráneas de los barrios 15 de agosto y San Salvador, se encuentran por debajo de los límites máximos permisible, según el reglamento de la calidad del agua para consumo humano DS N° 031-2010-SA (250 mg/L).

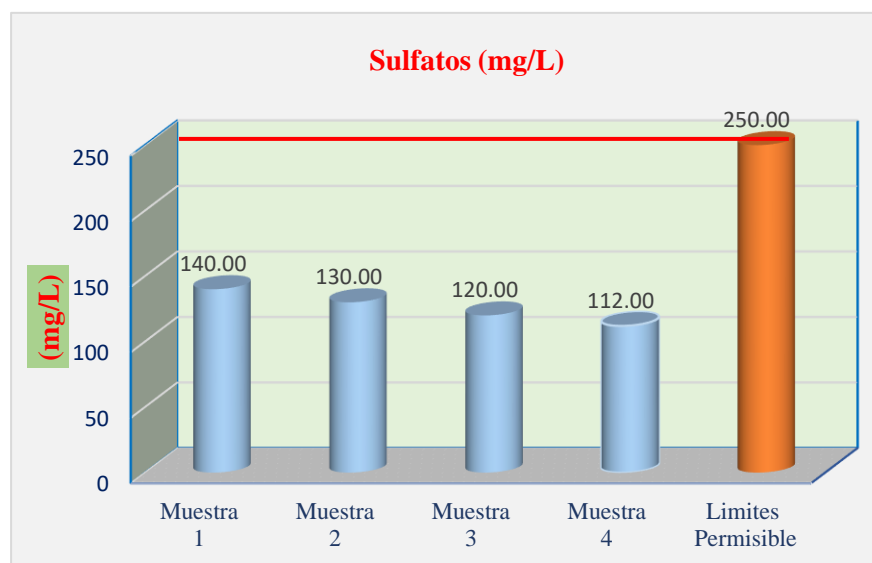


Figura 12. Medición de sulfatos.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 12, se observan el nivel de sulfatos de las muestras evaluadas en los 4 pozos de los barrios 15 de Agosto y San Salvador.

Estos valores encontrados en el presente estudio son diferentes al reporte de (Calsín, 2016) ,donde analizo muestras de agua procedentes de 70 pozos (32 artesianos y 38 tubulares). Los parámetros que excedieron los LMP fueron sulfatos, dureza total,

coliformes totales y fecales, por lo tanto se determino que el agua de pozos artesanales y tubulares no son aptas para el consumo humano el sulfato en su estudio, fluctúan entre los valores de un mínimo de 34.16 mg/L. a un máximo de 226.18 mg/L, respectivamente. Por otra parte, Belizario (2011) reporta valores de Sulfatos fluctúan entre los valores de un mínimo de 36.0 mg/L. a un máximo de 266 mg/L. de 5 muestras que representa el 62.5 % de los valores corresponde al límite recomendado establecidos por el ministerio de salud del Perú (200 mg/L) y 2 muestra que representa el 25.0 % de los valores es elevado, pero está dentro de los límites máximos permisibles establecidos por la organización mundial de la salud – OMS (250 mg/L) y 1 muestra que representa el 12.5 % está por encima de los límites máximos permisibles.

4.1.9. Nitratos

Los resultados obtenidos del análisis de Nitratos, se muestran en la figura 10, fluctúan entre 0.01 a 0.03 mg/L, valores que se encuentran dentro del límite máximo permisible establecido por el ministerio de salud (1.00 mg/L). Las altas concentraciones de nitratos indican la disolución de rocas que los contengan o la oxidación de la materia orgánica por acción bacteriana o lixiviados generados a partir de la fertilización o excretas.

Tabla 18. Análisis de nitratos de las aguas subterráneas de los pozos, Juliaca.

| Parámetro | Unidad | Resultado de análisis físico | | | | LMP |
|-----------|--------|------------------------------|-----------|-----------|-----------|-------------|
| | | Muestra 1 | Muestra 2 | Muestra 3 | Muestra 4 | |
| Nitratos | mg/L | 0.03 | 0.02 | 0.01 | 0.02 | 1.00 |

En la tabla 18. La concentración de nitratos en aguas de pozos en los barrios 15 de agosto y San Salvador es 0.01 a 0.02 mg/L, la concentración de nitratos en las aguas subterráneas de los barrios 15 de Agosto y San Salvador, se encuentran por debajo de los

límites máximos permisible, según el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA (1.00 mg/L).

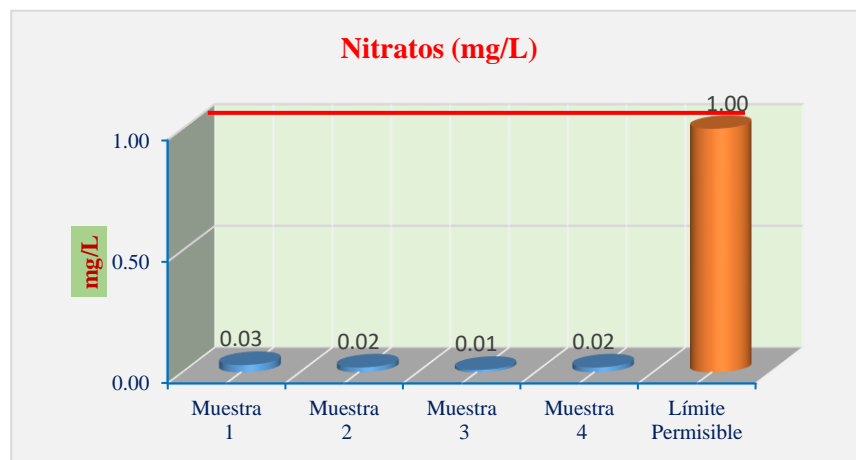


Figura 13. Medición de nitratos.

Fuente: Elaboración propia

En la figura 13, se observan el nivel de nitratos de las muestras evaluadas en los 4 pozos de los barrios 15 de Agosto y San Salvador.

Estos valores encontrados en el presente estudio son diferentes al reporte de (Calsín, 2016) , el nitrato en su estudio, fluctúan entre los valores de un mínimo de 3.70 mg/L. a un máximo de 28.40 mg/l, respectivamente. Por otra parte, Belizario (2011) reporta valores en su totalidad NEGATIVOS (-). Esto nos indica que no existía presencia de nitratos en los 08 pozos muestreados que representa al 100%, se puede afirmar que está dentro de los límites máximos permisibles establecidos por el ministerio de Salud del Perú y la organización Mundial de la Salud – OMS (Por lo general la concentración de nitrato en el agua no debe exceder de 1.0 mg/L).

4.1.10. Calcio

Los resultados obtenidos del análisis de Calcio fluctúan entre 80 a 160.50 mg/L, valores que se sobrepasan el límite máximo permisible establecido por el ministerio de salud (75 mg/L).

Tabla 19. Análisis de calcio de las aguas subterráneas de los pozos, Juliaca.

| Parámetro | Unidad | Resultado de análisis físico | | | | LMP |
|-----------|--------|------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----|
| | | Muestra 1 | Muestra 2 | Muestra 3 | Muestra 4 | |
| Calcio | mg/L | 160.50 | 120.00 | 90.60 | 80.00 | 75 |

En la tabla 19. La concentración de calcio en aguas de pozos en los barrios 15 de agosto y San Salvador es de 80.00 a 160.50 mg/L, la concentración de calcio en las aguas subterráneas de los barrios 15 de Agosto y San Salvador, sobrepasan los límites máximos permisibles, según el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA (75 mg/L).

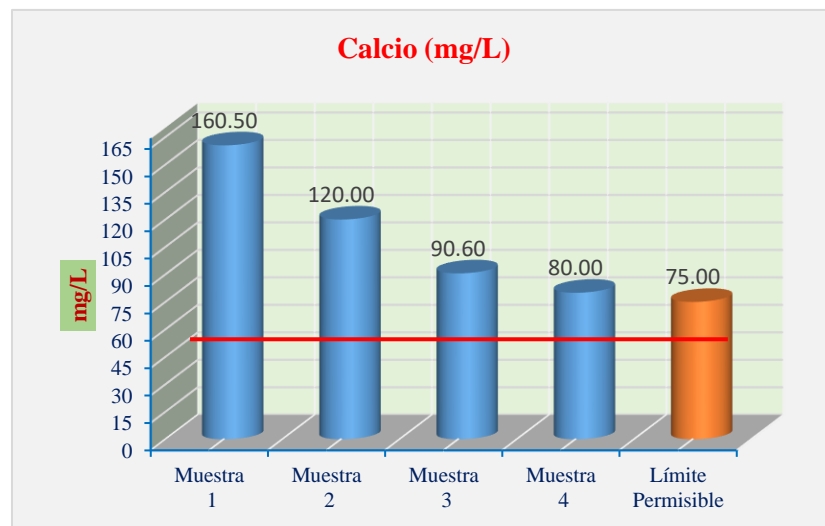


Figura 14. Medición de calcio.

Fuente: Elaboración propia

En la figura 14, se observan el nivel de calcio en las muestras evaluadas de los 4 pozos de los barrios 15 de Agosto y San Salvador.

Estos valores encontrados según el reporte de (Belizario, 2011) . Los resultados del análisis de calcio fluctúan entre los valores de un mínimo de 47.52 mg/L, a un máximo de 462.53 mg/L. del total de muestra que representa al 100% de valores obtenidos, sólo

2 muestra que representa el 25.0 % cumplen con los valores recomendados por el Ministerio de Salud del Perú (75mg/L) y 3 muestras que representan el 37.5 % es ligeramente elevado, pero está dentro de los valores establecidos según la organización mundial de la salud – OMS (200mg/L) y 3 muestras que representa el 37.5 % de los valores superan los límites máximos permisibles establecidos.

4.1.11. Magnesio

Los resultados obtenidos del análisis de Magnesio fluctúan entre 60.00 a 110.20 mg/L, valores que se encuentran dentro del límite máximo permisible establecidos por el ministerio de salud.

Tabla 20. Análisis de magnesio de las aguas subterráneas de los pozos, Juliaca.

| Parámetro | Unidad | Resultado de análisis físico | | | | LMP |
|-----------|--------|------------------------------|-----------|-----------|-----------|---------------|
| | | Muestra 1 | Muestra 2 | Muestra 3 | Muestra 4 | |
| Magnesio | mg/L | 110.20 | 80.00 | 80.10 | 60.00 | 125.00 |

En la tabla 20. La concentración de calcio en aguas de pozos de los barrios 15 de Agosto y San Salvador es de 60.00 a 110.20 mg/L, muestra diferencia significativa para esta variable.

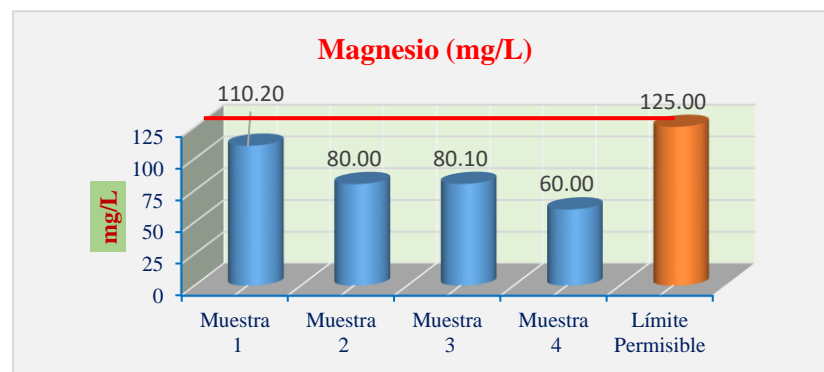


Figura 15. Medición de magnesio.

Fuente: Elaboración propia

En la figura 15, se observan el nivel de nitratos de las muestras evaluadas en los 4 pozos de los barrios 15 de Agosto y San Salvador.

Estos valores encontrados en el reporte por (Belizario, 2011). Los resultados del análisis de Magnesio fluctúan entre los valores de un mínimo de 20.06 mg/L, a un máximo de 127.99 mg/L. 7 muestras que representan el 87.5 % de los valores que están dentro del límite recomendado por el ministerio de Salud del Perú (125 mg/L) y 1 muestra que representa el 12.5 % de los valores está dentro del límite recomendado por la Organización Mundial de la Salud – OMS (150 mg/L). El 100% de los valores están dentro del límite máximo permisible.

4.1.12. Sólidos disueltos totales

Los resultados obtenidos del análisis de Sólidos Disueltos Totales fluctúan entre 490 a 750 mg/L, valores que se encuentran dentro del límite permisible establecidos por el Ministerio de Salud (1000 mg/L). Cuando el efecto del incremento de sólidos disueltos totales en las aguas de pozos artesanales superficiales está directamente relacionado por el aporte de residuos sólidos por efecto dilución al momento en que la lluvia llega al suelo.

Tabla 21. Análisis de sólidos disueltos totales de las aguas subterráneas de los pozos, Juliaca.

| Parámetro | Unidad | Resultado de análisis físico | | | | LMP |
|---------------------------|--------|------------------------------|-----------|-----------|-----------|---------|
| | | Muestra 1 | Muestra 2 | Muestra 3 | Muestra 4 | |
| Sólidos Disueltos Totales | mg/L | 750.00 | 700.00 | 650.00 | 490.00 | 1000.00 |

En la tabla 21. Los sólidos totales disueltos en aguas de pozos de los barrios 15 de agosto y San Salvador de la ciudad de Juliaca es de 750.00 a 490.00 mg/L, la concentración de sólidos disueltos totales en las aguas subterráneas de los barrios 15 de

Agosto y San Salvador, se encuentran por debajo de los límites máximos permisible, según el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA (1000 mg/L).

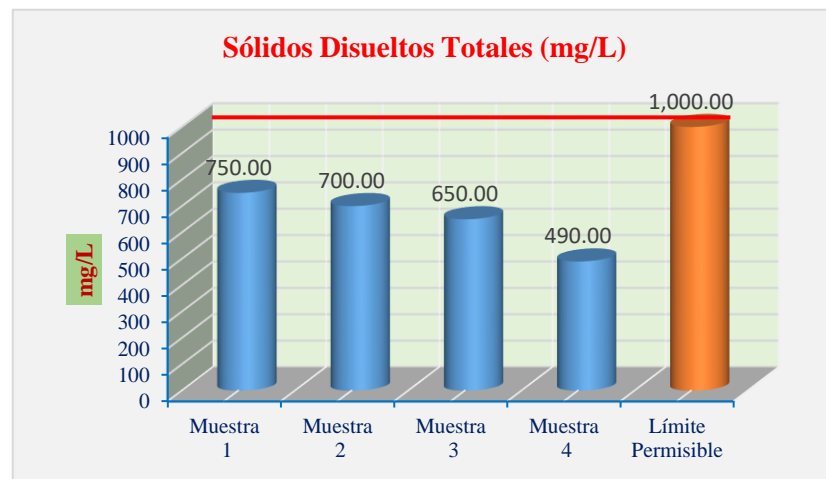


Figura 16. Medición de solidos disueltos totales.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 16, se observan el nivel de solidos disueltos totales de las muestras evaluadas en los 4 pozos de los barrios 15 de Agosto y San Salvador.

Estos valores encontrados son similares al reporte por (Belizario, 2011). Los resultados del análisis de Sólidos Totales fluctúan entre los valores de un mínimo de 69.20 mg/L, a un máximo de 74.36 mg/L. Valores que corresponden dentro de los límites máximos permisibles para el consumo humano establecidos por el Ministerio de Salud del Perú y la OMS (1000 mg/L). Asimismo, por otro lado (Calsín, 2016) en estudio reporta valores que fluctúan 509.82 ± 41.20 , donde los valores fueron mayores que en las aguas de pozos tubulares, sin embargo, ambos promedios se encontraron por debajo de los límites máximo permisibles (1000 mg/L) emitidos por el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031- 2010-SA.

4.1.13. Aluminio

Los resultados obtenidos del análisis de aluminio fluctúan entre 0.10 a 0.30 mg/L, valores que en la muestra 1,3 y 4 se encuentran dentro de los límites máximos permisibles establecidos por el Ministerio de Salud (0.20 mg/L), excepto en la muestra 2, sobrepasa los límites máximos permisibles.

Tabla 22. Análisis de aluminio de las aguas subterráneas de los pozos, Juliaca.

| Parámetro | Unidad | Resultado de análisis físico | | | | LMP |
|-----------|--------|------------------------------|-----------|-----------|-----------|-------------|
| | | Muestra 1 | Muestra 2 | Muestra 3 | Muestra 4 | |
| Aluminio | mg/L | 0.20 | 0.30 | 0.20 | 0.10 | 0.20 |

En la tabla 22. Los sólidos totales disueltos en aguas de pozos de los barrios 15 de agosto y San Salvador de la ciudad de Juliaca fueron de 0.10 a 0.20 mg/L, la concentración de aluminio en las aguas subterráneas de los barrios 15 de Agosto y San Salvador, se encuentran por debajo de los límites máximos permisible, excepto en la segunda muestra, según el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA (0.20 mg/L).

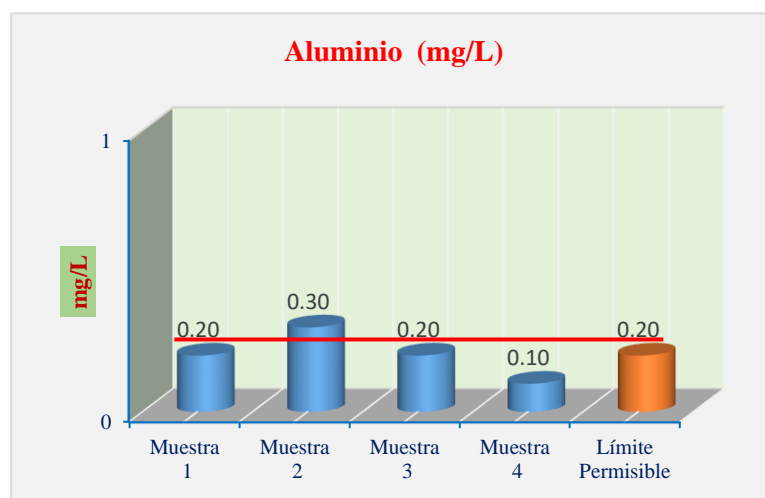


Figura 17. Medición de aluminio.

Fuente: Elaboración propia

En la figura 17, se observan el nivel de aluminio de las muestras evaluadas en los 4 pozos de los barrios 15 de Agosto y San Salvador.

Estos valores encontrados son similares al reporte por (Belizario, 2011). Los resultados del análisis de aluminio fluctúan entre los valores de un mínimo de 0.20 mg/L, a un máximo de 0.30 mg/L. Valores que corresponden dentro de los límites máximos permisibles para el consumo humano establecidos por el Ministerio de Salud del Perú y la OMS (0.20 mg/L).

4.1.14. Cobre

Los resultados obtenidos del análisis de cobre efectúan en 1 a 2 mg/L, valores que se encuentran dentro del límite máximo permisible establecidos por el Ministerio de Salud (2 mg/L).

Tabla 23. Análisis de c6bre de las aguas subterranneas de los pozos, Juliaca.

| Parámetro | Unidad | Resultado de análisis físico | | | | LMP |
|-----------|--------|------------------------------|-----------|-----------|-----------|-------------|
| | | Muestra 1 | Muestra 2 | Muestra 3 | Muestra 4 | |
| Cobre | mg/L | 2.00 | 2.00 | 1.00 | 1.00 | 2.00 |

En la tabla 23. La concentración de cobre en las aguas de los pozos de los barrios 15 de agosto y San Salvador la ciudad de Juliaca es de 1.00 a 2.00 mg/L, la concentración de cobre en las aguas subterráneas de los barrios 15 de Agosto y San Salvador, se encuentran por debajo de los límites máximos permisible, según el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA (2 mg/L).

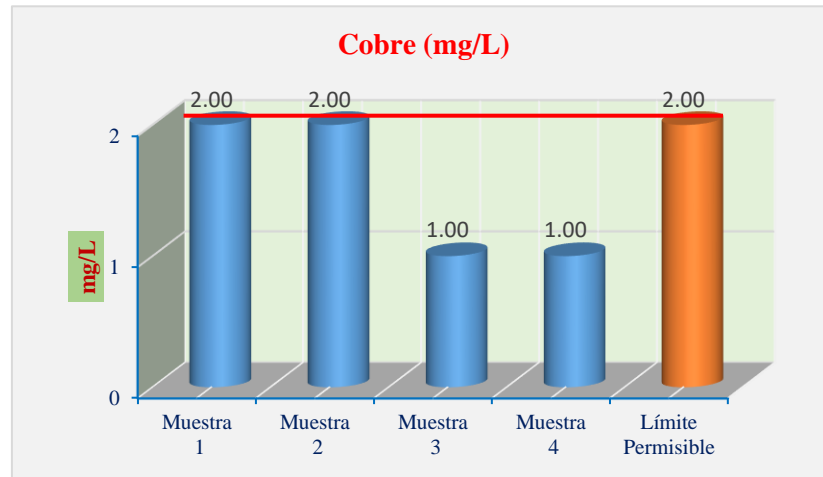


Figura 18. Medición de cobre.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 18, se observan el nivel de cobre de las muestras evaluadas en los 4 pozos de los barrios 15 de Agosto y San Salvador.

Las presencias de metales pesados en el agua subterránea se dan por las descargas de fuentes puntuales (plantas industriales de metales y de otras industrias, como refinerías y fundiciones), vertidos domésticos, botes de pintura y lixiviados metálicos, así como de fuentes más lejanas como la escorrentía que arrastra fertilizantes, pesticidas, deposición atmosférica, tratamientos antialgas de aguas, etc.

4.1.15. Zinc

Los resultados obtenidos del análisis de Zinc fluctúan entre 0.00 a 0.00 mg/L, valores que se encuentran dentro del límite máximo permisible establecidos por el Ministerio de Salud (3.00 mg/L).

Tabla 24. Análisis de zinc de las aguas subterráneas de los pozos, Juliaca.

| Parámetro | Unidad | Resultado de análisis físico | | | | LMP |
|-----------|--------|------------------------------|-----------|-----------|-----------|------|
| | | Muestra 1 | Muestra 2 | Muestra 3 | Muestra 4 | |
| Zinc | mg/L | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 3.00 |

En la tabla 24. Se puede observar que el zinc en las aguas de pozos de los barrios 15 de agosto y San Salvador de la ciudad de Juliaca es de 0.00 ± 0.00 mg/L, la concentración de Zinc en las aguas subterráneas de los barrios 15 de Agosto y San Salvador, se encuentran por debajo de los límites máximos permisible, según el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA. (3 mg/L).

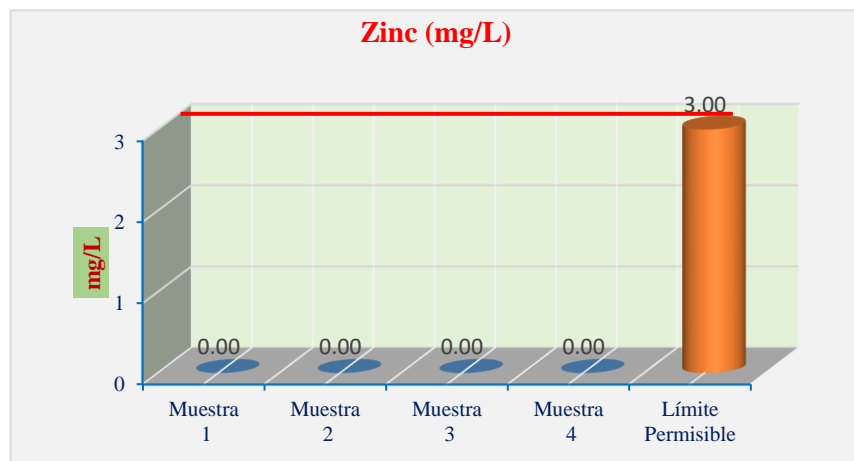


Figura 19. Medición de zinc.

Fuente: Elaboración propia

En la figura 19, se observan el nivel de Zinc de las muestras evaluadas en los 4 pozos de los barrios 15 de Agosto y San Salvador, donde se tomó (1 muestra por cada pozo), donde el valor reporta valores en su totalidad NEGATIVOS (-). Esto nos indica que no existía presencia de nitratos en las 4 muestras de agua de pozos que se tomaron. La ingesta de agua con concentración de zinc produce enfermedades como anorexia, enanismo, anemia, hipogonadismo, hiperqueratosis, acrodermatitis, disminución de la inmunidad y efectos teratogénicos.

Por consiguiente, de acuerdo a los resultados de análisis de Zinc indican que el agua de pozos es apta para consumo humano por ser menores a los límites máximo

permisibles emitidos por el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA (3.00 mg/L).

4.1.16. Sodio

Los resultados obtenidos del análisis de sólidos fluctúan entre 2.00 a 3.00 mg/L, valores que se encuentran dentro del límite máximo permisible establecidos por el Ministerio de Salud (200 mg/L).

Tabla 25. Análisis de sódio.

| Parámetro | Unidad | Resultado de análisis físico | | | | LMP |
|-----------|--------|------------------------------|-----------|-----------|-----------|--------|
| | | Muestra 1 | Muestra 2 | Muestra 3 | Muestra 4 | |
| Sodio | mg/L | 3.00 | 3.00 | 2.50 | 2.00 | 200.00 |

En la tabla 25. Nos muestra el análisis de sodio en aguas de pozos de la ciudad de Juliaca es de 2.00 ± 3.00 mg/L, la concentración de sodio en las aguas subterráneas de los barrios 15 de Agosto y San Salvador, se encuentran por debajo de los límites máximos permisible, según el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA (200 mg/L).

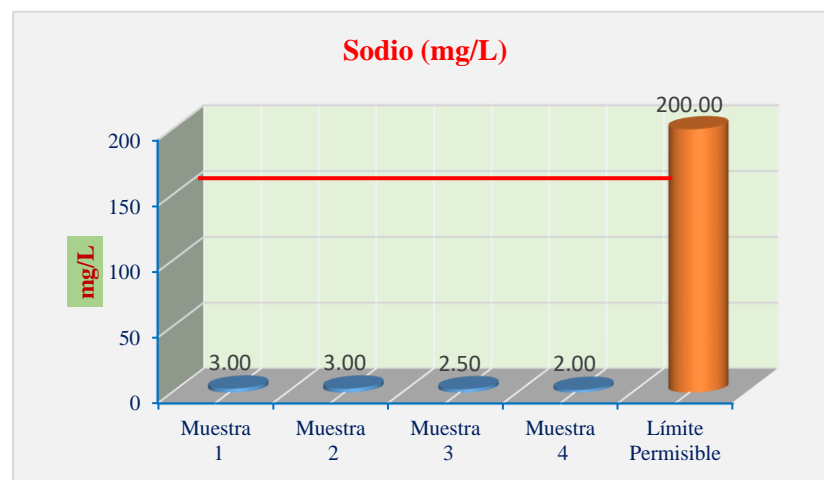


Figura 20. Medición de sodio.

Fuente: Elaboración propia



En la figura 20, se observan el nivel de sodio de las muestras evaluadas en los 4 pozos de los barrios 15 de Agosto y San Salvador.

Las sales de Na son altamente solubles y tienden a permanecer en solución ya que no se producen entre ellas reacciones de precipitación como ocurre en el caso del Ca. Sin embargo, el Na puede ser adsorbido en arcillas de elevada capacidad de cambio catiónico y puede ser intercambiado por Ca provocando una disminución de la dureza de las aguas (ablandamiento natural). La presencia de sodio en cantidades elevadas es muy perjudicial para la agricultura ya que tiende a impermeabilizar los suelos, especialmente en zonas de drenaje deficiente: la presencia de Ca y Mg atenúa este efecto. La concentración de Na en aguas naturales es muy variable. pudiendo alcanzar hasta 120.000 mg/L. en zonas evaporíticas; sin embargo, raramente sobrepasa 100 ó 150 mg/L. en aguas dulces normales.

Por consiguiente, de acuerdo a los resultados de análisis de sodio indican que el agua de pozos es apta para consumo humano por ser menores a los límites máximo permisibles emitidos por el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA. (3.00 mg/L).

4.1.17. Turbiedad

Los resultados obtenidos del análisis de Turbiedad fluctúan entre 0.1 a 0.03 UNT, valores que se encuentran dentro del límite permisible (5 UNT), esto nos indica que el agua no se encuentra turbia y que no existe materias en suspensión, como arcillas, cieno o materias orgánicas e inorgánicas finamente divididas, compuestos orgánicos solubles coloreados, plancton, sedimentos procedentes de la erosión y microorganismos.

Tabla 26. Análisis de turbiedad.

| Parámetro | Unidad | Resultado de análisis físico | | | | LMP |
|-----------|--------|------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----|
| | | Muestra 1 | Muestra 2 | Muestra 3 | Muestra 4 | |
| Turbiedad | UNT | 0.03 | 0.02 | 0.01 | 0.02 | 5.0 |

En la tabla 26. La turbiedad en aguas de pozos de los barrios 15 de agosto y San Salvador de la ciudad de Juliaca es de 0.10 a 0.30 NTU. En este caso aceptamos la hipótesis, puesto que, la concentración de turbiedad en las aguas subterráneas de los barrios 15 de Agosto y San Salvador, se encuentran por debajo de los límites máximos permisible, según el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA. (1.50 mg/L).

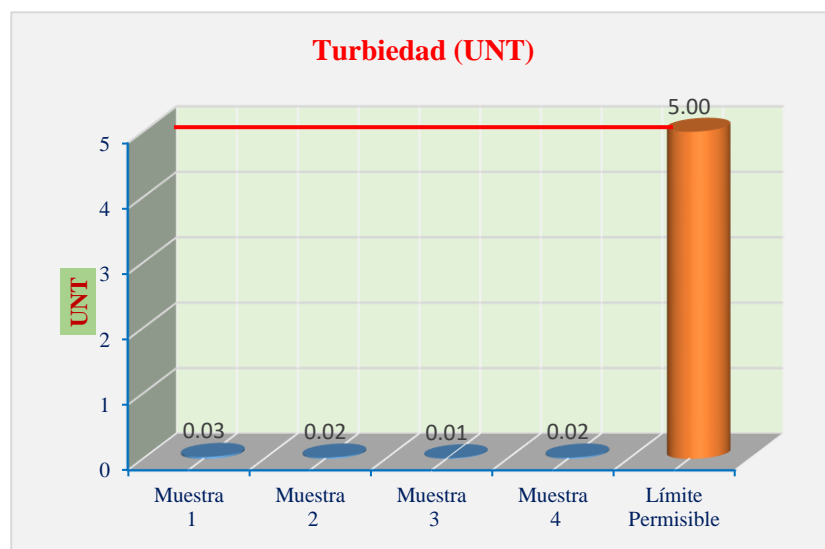


Figura 21. Medicion de turbiedad.

Fuente: Elaboración propia

En la figura 21, se observan el nivel de turbiedad de las muestras evaluadas en los 4 pozos de los barrios 15 de Agosto y San Salvador.

Estos valores encontrados por (Calsín, 2016) en estudio reporta valores que fluctúan 509.82 ± 41.20 donde se encontraron fuera de los límites máximo permisibles

emitidos por el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA (5 NTU).

Por consiguiente, de acuerdo a los resultados obtenidos, el parámetro de turbiedad indica que el agua de estos pozos no existe materias en suspensión, como arcillas, cieno o materias orgánicas e inorgánicas finamente divididas, compuestos orgánicos solubles coloreados, plancton, sedimentos procedentes de la erosión y microorganismos. La turbiedad se utiliza para indicar la calidad del agua y la eficiencia de la filtración para determinar si hay presencia de organismos que provocan enfermedades.

En su estudio encontraron que el 63% y el 48% de las muestras cumplían con los estándares de calidad del agua potable establecidos por las directrices de la Organización Mundial de la Salud y los límites de la Asociación de Normas de Zimbabwe. Comparado (Soriano, 2018) en su investigación obtuvo la presencia excesiva de coliformes tanto totales como termotolerantes, por lo que debe pasar por un proceso de tratamiento. Con respecto a los otros parámetros fisicoquímicos todos se encontraron dentro de los límites a excepción de la turbiedad (Ndoziya & Hoko, 2019)

4.1.18. Amoniacó

Los resultados obtenidos del análisis de Amoniacó fluctúan entre 0.10 a 0.30 mg/L, valores que se encuentran dentro del límite permisible (1.5 mg/L), esto nos indica que el agua que está consumiendo la población no presentan altos niveles de amoniacó.

Tabla 27. Análisis de amoniacó de las aguas subterráneas de los pozos, Juliaca.

| Parámetro | Unidad | Resultado de análisis físico | | | | LMP |
|-----------|--------|------------------------------|-----------|-----------|-----------|-------------|
| | | Muestra 1 | Muestra 2 | Muestra 3 | Muestra 4 | |
| Amoniacó | mg/L | 0.30 | 0.20 | 0.10 | 0.10 | 1.50 |

En la tabla 27. El amoniaco en aguas de pozos de los barrios 15 de Agosto y San Salvador de la ciudad de Juliaca se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles, según el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA. (1.50 mg/L).

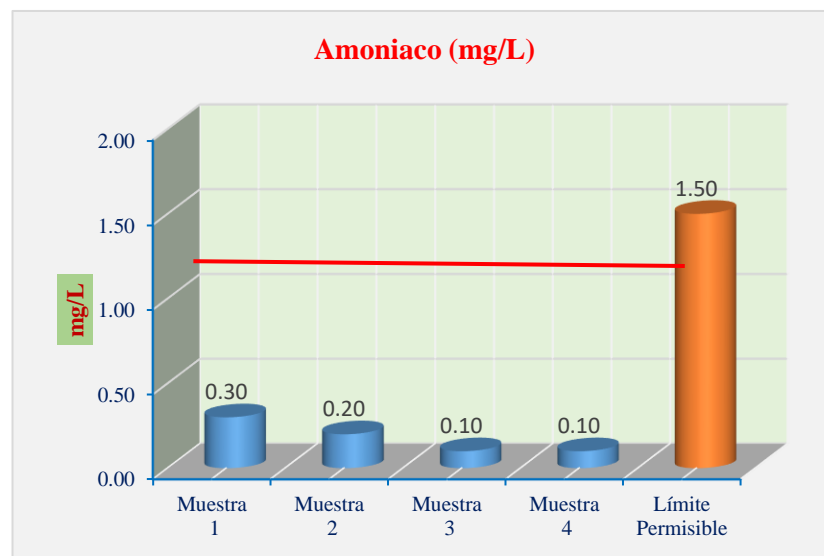


Figura 22. Medición de amoniaco.

Fuente: Elaboración propia

En la figura 22, se observan el nivel de amoniaco de las muestras evaluadas en los 4 pozos de los barrios 15 de Agosto y San Salvador. Donde nos indica que la presencia de amoníaco en el agua de consumo no tiene repercusiones inmediatas sobre la salud, de modo que no se propone un valor de referencia basado en efectos sobre la salud. No obstante, el amoníaco puede reducir la eficiencia de la desinfección, ocasionar la formación de nitrito en sistemas de distribución, obstaculizar la eliminación de manganeso mediante filtración y producir problemas organolépticos.

Estos valores encontrados por Sánchez & Álvarez (2016) reporta valores de parámetros fisicoquímicos analizados fueron pH, temperatura (T°), sólidos totales disueltos (SDT), dureza total, sodio (Na^{+1}), sulfatos (SO_4^{2-}), cloruros (Cl^{-}) y nitratos

(NO₃⁻). Donde indica que parámetros que excedieron el límite permisible de la NOM-127-SSA1-1994 fueron: STD; dureza total; Na; Cl, y NO₃. El ICA demostró que la calidad química del agua subterránea para consumo humano es aceptable para la mayoría de los sitios estudiados.

4.1.19. Coliformes totales

Los resultados obtenidos del análisis de Coliformes Totales de las muestras 1, 2, 3 y 4 fluctúan entre 150 a 400 NMP/100 ml, valores que superan el límite máximo permisible establecidos por el Ministerio de Salud (0 NMP/100 ml).

Tabla 28. Análisis de coliformes totales de las aguas subterráneas de los pozos, Juliaca.

| Parámetro | Unidad | Resultado de análisis físico | | | | LMP |
|------------|------------|------------------------------|-----------|-----------|-----------|-------------|
| | | Muestra 1 | Muestra 2 | Muestra 3 | Muestra 4 | |
| C. Totales | NMP/100 ml | 400.00 | 300.00 | 200.00 | 150.00 | 0.00 |

En la tabla 28. Los coliformes totales en aguas de pozos de los barrios 15 de agosto y San Salvador muestra diferencia significativa para esta variable. En este caso aceptamos la hipótesis, puesto que, la presencia de coliformes totales en las aguas subterráneas de los barrios 15 de agosto y San Salvador, sobrepasan los límites máximos permisible, según el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA. (0.00 mg/L).

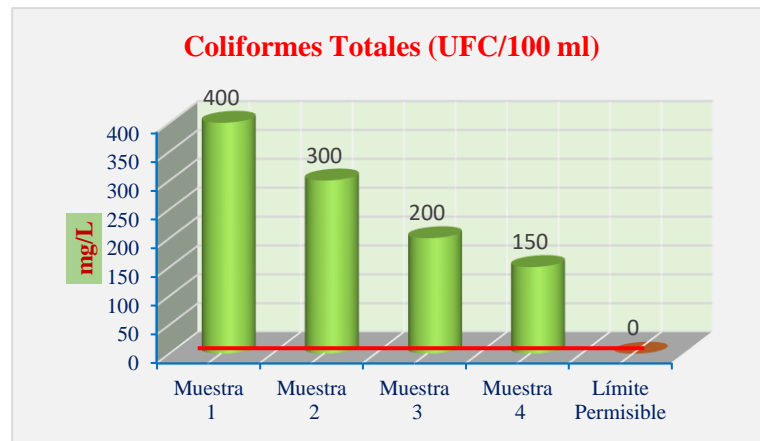


Figura 23. Medición de coliformes totales.

Fuente: Elaboración propia

En la figura 23, se observan la concentración de coliformes totales de las muestras evaluadas en los 4 pozos de los barrios 15 de agosto y San Salvador, donde se observa que estas aguas presentan un alto grado de contaminación biológica de coliformes totales y es una de las principales causas de transmisión de enfermedades gastrointestinales. Por lo tanto, no es apto para consumo humano. La calidad microbiológica de las muestras se debe a la disposición inadecuada de los desechos domésticos, las prácticas de saneamiento en el lugar, así mismo se encuentra la ubicación de letrinas artesanales en el lugar.

Estos valores comparados en el reporte por Calsín (2016). El promedio de las aguas de los pozos fluctúa (378.16 ± 62.60) respectivamente exceden los límites máximo permisibles emitidos por el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA. (0 UFC/100 ml). Por otro lado (Belizario, 2011) reporta valores de coliformes totales, donde fluctúan entre un mínimo de 9 NMP/100ml a un máximo de 2000 NMP/100ml. Donde Se puede observar que sobrepasa los límites máximos permisibles.

Por consiguiente, Nawab & Esser, (2017) en su investigación indica que más de la mitad de las muestras de agua se encontraron libres de bacterias coliformes. Mas el resto de las muestras se encontraron dentro del rango de 2 a 11 coliformes MPN 100/ml, excepto dos muestras tomadas de pozos abiertos con 1600 coliformes MPN/100 ml.

4.1.20. Coliformes termotolerantes.

Los resultados obtenidos del análisis de coliformes termotolerantes de las muestras 1, 2, 3 y 4 superan el límite máximo permisible establecidos por el Ministerio de Salud (0 UFC/100 ml).

Tabla 29. Análisis de coliformes termotolerantes.

| Parámetro | Unidad | Resultado de análisis físico | | | | LMP |
|-----------|-----------|------------------------------|-----------|-----------|-----------|-------------|
| | | Muestra 1 | Muestra 2 | Muestra 3 | Muestra 4 | |
| C.fecales | UFC100 ml | 133.00 | 100.00 | 66.00 | 50.00 | 0.00 |

En la tabla 29. Los coliformes termotolerantes (fecales) en aguas de los pozos de los barrios 15 de agosto y San Salvador de la ciudad de Juliaca fueron de 133.00 a 50 UFC/100ml. En este caso rechazamos la hipótesis, puesto que, la presencia de coliformes fecales en las aguas subterráneas sobrepasan los límites máximos permisible.

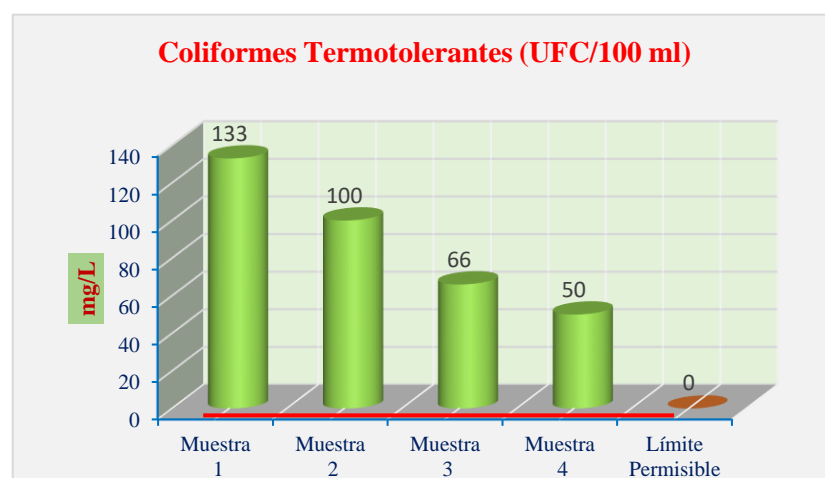


Figura 24. Medición de coliformes termotolerantes.

Fuente: Elaboración propia



En la figura 24, se observan que la presencia de coliformes termotolerantes (fecales) en los 4 pozos de los barrios 15 de Agosto y San Salvador se verifican que estas aguas presentan un alto grado de contaminación biológica de coliformes fecales y es una de las principales causas de transmisión de enfermedades gastrointestinales. Por lo tanto, no es apto para su consumo humano.

Estos valores encontrados en el reporte por (Calsín, 2016) el promedio de las aguas de los pozos artesanales y pozos tubulares (378.16 ± 96.03^a y $226.21 \pm 62.60a$) respectivamente exceden los límites máximo permisibles emitidos por el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA. (0 UFC/100 ml). Por otro lado (Belizario, 2011) indica que los resultados de coliformes fecales (termotolerantes) fluctúan entre los valores de 0 NMP/100 ml y un máximo de 150 NMP/100ml, respectivamente exceden los límites máximo permisibles emitidos por el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA. (0 UFC/100 ml).

Posteriormente (Nawab & Esser, 2017), reporta valores más de la mitad de las muestras de agua se encontraron libres de bacterias coliformes. El resto de las muestras estuvieron dentro del rango de 2 a 11 coliformes MPN 100/ml, excepto dos muestras tomadas de pozos abiertos con 1600 coliformes MPN/100 ml. Los pozos abiertos, junto con su diseño, operación y entorno circundante, sugirieron fuertemente que esta contaminación era en realidad de la superficie en lugar de filtraciones de letrinas de pozo. También nos indica que los estratos de regolitos de arcilla-arena-grava parecen haber proporcionado un escudo protector al agua subterránea contra bacterias coliformes y posiblemente también contra otras contaminaciones bacteriológicas. Mientras (Roger, M., & Pacheco, 2015), encontraron de 10 a 100 coliformes fecales de MPN/100 ml en 95 de 272 muestras.

4.2. PRINCIPALES FACTORES DE LA CONTAMINACIÓN EXISTENTE Y PROGRAMA DE EDUCACIÓN SANITARIA Y DESINFECCIÓN DE AGUA.

A continuación, se presenta los principales factores de la contaminación de las aguas subterránea y la propuesta de educación de educación sanitaria para la presente investigación.

4.2.1. Factores de la contaminación

4.2.1.1. Factores en la primera muestra

En la primera muestra (familia Pacompia), se encontró que la distancia entre letrina- pozo es de 10 m y la profundidad que tiene el hoyo seco 2.25 m. Asimismo se determinó que la vida útil de letrina es de 6 años. De acuerdo (OPS/CEPIS, 2005) la distancia de una letrina de hoyo seco entre un pozo debe ser 20 m, vida útil máximo es de 4 años y la profundidad 2.25.

Tabla 30. Medida de letrina- pozo muestra 1.

| Muestra 1 Familia Pacompia | Medida | Especificaciones técnicas de letrinas de hoyo seco / CEPIS |
|---------------------------------------|---------------|---|
| Distancia letrina- Pozo | 10 m | 20 m |
| Vida útil | 6 años | 4 años |
| Profundidad | 2.25 m | 2 m |

Fuente: OPS/CEPIS (2005).

En la tabla 30. Se puede observar la medida, letrina entre el pozo, donde nos indica que la distancia es (10 m), vida útil (6 años) y la profundidad (2.25 m). Comparado con las especificaciones técnicas según OPS/CEPIS (2005) para instalación de letrinas de hoyo seco no cumple.

En este caso aceptamos la hipótesis, ya que la causa principal de la contaminación sería la instalación de letrinas de hoyo seco. Puesto que no cumple con las especificaciones técnicas según OPS/CEPIS (2005) para instalación de letrinas de hoyo seco .

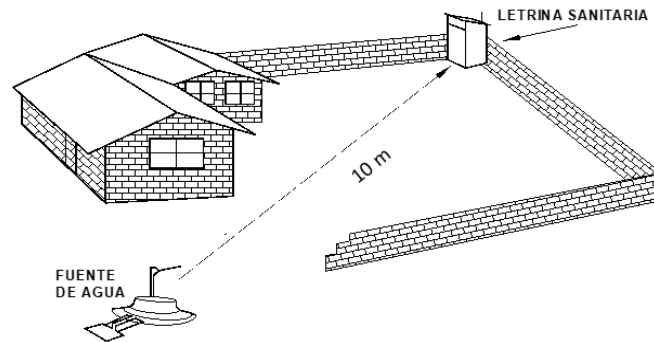


Figura 25. Vivienda familia Pacompia.

Figura: Elaboración propia

En la figura 25. Nos muestra la primera muestra (familia Pacompia), donde se encontró que la distancia entre letrina- pozo es de 10 m y la profundidad que tiene el hoyo seco 2.25 m. También se determinó que la vida útil de letrina es de 6 años. De acuerdo a OPS/CEPIS (2005), la distancia de una letrina de hoyo seco entre un pozo , debe ser 20 m, la vida útil máximo es de 4 años y la profundidad (2m) . Esto demostraría que la letrina entre el pozo de la muestra 1 (familia Pacompia) no cumple con las especificaciones técnicas como indica OPS/CEPIS (2005). Asimismo, los resultados bacteriológicos, sobrepasan los límites máximos permisibles, lo cual indica que estas aguas presentan un alto grado de contaminación biológica de coliformes fecales. Esto demostraría que la causa de la contaminación, es la inadecuada instalación de la letrina de hoyo seco, como se puede observar en la figura 25.



Estos valores comparados con (Nawab & Esser, 2017), en su investigación, nos muestra que los pozos se purifican de forma natural cuando se desplaza unos 5 m a través del suelo. Parecían menos conscientes del papel de las estructuras geológicas del subsuelo y del mecanismo de purificación de aguas residuales durante la filtración de arena. Asimismo, nos muestra que las letrinas de pozo tienen aspectos positivos (es decir, un saneamiento mejorado que reduce las enfermedades transmitidas por el agua) y negativos (es decir, la contaminación del agua subterránea y el desperdicio de nutrientes vegetales). Los aspectos negativos de las letrinas de pozo pueden minimizarse e incluso controlarse si el pozo se diseña adecuadamente o se mantiene seco y / o se convierte en un saneamiento sostenible donde el enfoque es romper el ciclo de patógenos, reciclar nutrientes y ahorrar agua y energía. Nawab & Esser (2017) indica que sería prudente suministrar agua corriente segura a una comunidad de fuentes distintas al agua subterránea contaminada de los pozos y dejar que la comunidad use letrinas de pozo. Otra opción beneficiosa para todos podría ser desviar las aguas negras de los pozos a las alcantarillas subterráneas y tratar las aguas residuales mediante procesos de tratamiento natural, como los humedales. Esto ayudaría a reciclar los nutrientes de las plantas y las aguas residuales que de otro modo permanecerían fuera del ciclo en los pozos y contaminan las aguas subterráneas. Por lo tanto, es necesario repensar las opciones definitivas de saneamiento y suministro de agua y desarrollar las mejores opciones de saneamiento específicas para la ubicación y la región con objetivos claros de salud, medio ambiente y conservación de recursos.

4.2.1.2. Factores en la segunda muestra

En la segunda muestra (familia Paucar), se encontró que la distancia entre letrina- pozo es de 12 m y la profundidad que tiene el hoyo seco 2.30 m. Asimismo se determinó que la vida útil de letrina es de 5 años. De acuerdo a (OPS/CEPIS, 2005), la distancia de una letrina de hoyo seco entre un pozo debe ser 20 m , vida útil máximo es de 4 años y la profundidad 2.25.

Tabla 31. Medida de letrina- pozo muestra 2.

| Muestra 2 Familia Paucar | Dimensiones | Especificaciones técnicas de letrinas de hoyo seco / CEPIS |
|-------------------------------------|--------------------|---|
| Distancia letrina- Pozo | 12 m | 20 m |
| Vida útil | 5 años | 4 años |
| Profundidad | 2.30 m | 2 m |

Fuente: OPS/CEPIS (2005)

En la tabla 31. Se puede observar la medida, letrina entre el pozo, donde nos indica que la distancia es (12 m), vida útil (5 años) y la profundidad (2.30m). Comparado con las especificaciones técnicas según OPS/CEPIS (2005) para instalación de letrinas de hoyo seco no cumple.

En este caso aceptamos la hipótesis, ya que la causa principal de la contaminación sería la instalación de letrinas de hoyo seco. Puesto que no cumple con las especificaciones técnicas según OPS/CEPIS (2005) para instalación de letrinas de hoyo seco .

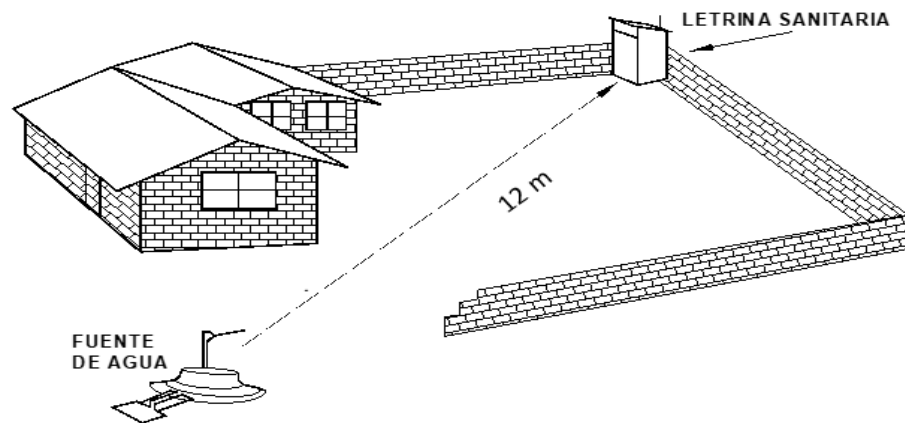


Figura 26. Vivienda familia Paucar.

Fuente: Elaboración propia

En la figura 26. Nos muestra la segunda muestra (familia Paucar), donde se encontró que la distancia entre letrina- pozo es de 12 m y la profundidad que tiene el hoyo seco 2.30 m. También se determinó que la vida útil de letrina es de 5 años. De acuerdo a OPS/CEPIS (2005), la distancia de una letrina de hoyo seco entre un pozo , debe ser 20 m, la vida útil máximo es de 4 años y la profundidad (2m) . Esto demostraría que la letrina entre el pozo de la muestra 2 (familia Paucar) no cumple con las especificaciones técnicas como indica OPS/CEPIS (2005). Asimismo, los resultados bacteriológicos, sobrepasan los límites máximos permisibles, lo cual indica que estas aguas presentan un alto grado de contaminación biológica de coliformes fecales. Esto demostraría que la causa de la contaminación, es la inadecuada instalación de la letrina de hoyo seco, como se puede observar en la figura 26.

Estos valores comparados con (Nawab & Esser, 2017), en su investigación, nos muestra que los pozos se purifican de forma natural cuando se desplaza unos 5 m a través del suelo. Parecían menos conscientes del papel de las estructuras



geológicas del subsuelo y del mecanismo de purificación de aguas residuales durante la filtración de arena. Asimismo, nos muestra que las letrinas de pozo tienen aspectos positivos (es decir, un saneamiento mejorado que reduce las enfermedades transmitidas por el agua) y negativos (es decir, la contaminación del agua subterránea y el desperdicio de nutrientes vegetales). Los aspectos negativos de las letrinas de pozo pueden minimizarse e incluso controlarse si el pozo se diseña adecuadamente o se mantiene seco y / o se convierte en un saneamiento sostenible donde el enfoque es romper el ciclo de patógenos, reciclar nutrientes y ahorrar agua y energía. (Nawab & Esser, 2017), indica que sería prudente suministrar agua corriente segura a una comunidad de fuentes distintas al agua subterránea contaminada de los pozos y dejar que la comunidad use letrinas de pozo. Otra opción beneficiosa para todos podría ser desviar las aguas negras de los pozos a las alcantarillas subterráneas y tratar las aguas residuales mediante procesos de tratamiento natural, como los humedales. Esto ayudaría a reciclar los nutrientes de las plantas y las aguas residuales que de otro modo permanecerían fuera del ciclo en los pozos y contaminan las aguas subterráneas. Por lo tanto, es necesario repensar las opciones definitivas de saneamiento y suministro de agua y desarrollar las mejores opciones de saneamiento específicas para la ubicación y la región con objetivos claros de salud, medio ambiente y conservación de recursos.

4.2.1.3. Factores en la tercera muestra

En la tercera muestra (familia Mamani), se encontró que la distancia entre letrina- pozo es de 15 m y la profundidad que tiene el hoyo seco 2.35 m. Asimismo se determinó que la vida útil de letrina es de 5 años. De acuerdo a (OPS/CEPIS, 2005), la distancia de una letrina de hoyo seco entre un pozo debe ser 20 m , vida útil máximo es de 4 años y la profundidad 2.25.

Tabla 32. Medida de letrina- pozo muestra 3.

| Muestra 3 Familia Mamani | Dimensiones | Especificaciones técnicas de letrinas de hoyo seco / CEPIS |
|-------------------------------------|--------------------|---|
| Distancia letrina- Pozo | 15 m | 20 m |
| Vida útil | 5 años | 4 años |
| Profundidad | 2.35 m | 2 m |

Fuente: OPS/CEPIS (2005).

En la tabla 32. Se puede observar la medida, letrina entre el pozo, donde nos indica que la distancia es (15 m), vida útil (5 años) y la profundidad (2.35 m). Comparado con las especificaciones técnicas según OPS/CEPIS (2005) para instalación de letrinas de hoyo seco no cumple.

En este caso aceptamos la hipótesis, ya que la causa principal de la contaminación sería la instalación de letrinas de hoyo seco. Puesto que no cumple con las especificaciones técnicas según OPS/CEPIS (2005) para instalación de letrinas de hoyo seco .

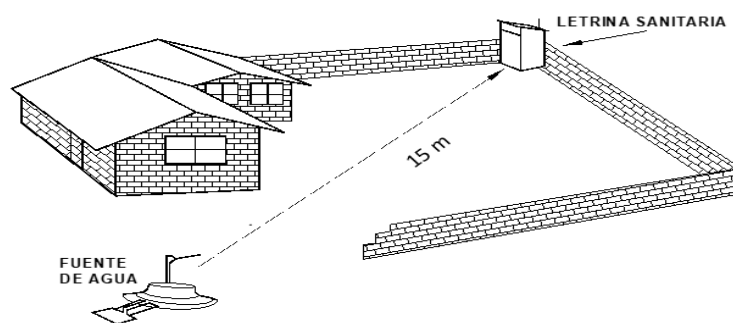


Figura 27. Vivienda familia Mamani.

Fuente: Elaboración propia

En la figura 27. Nos muestra la tercera muestra (familia Mamani), donde se encontró que la distancia entre letrina- pozo es de 15 m y la profundidad que tiene el hoyo seco 2.35 m. También se determinó que la vida útil de letrina es de 5 años.



De acuerdo a OPS/CEPIS (2005), la distancia de una letrina de hoyo seco entre un pozo , debe ser 20 m, la vida útil máximo es de 4 años y la profundidad (2m) . Esto demostraría que la letrina entre el pozo de la muestra 3 (familia Mamani) no cumple con las especificaciones técnicas como indica OPS/CEPIS (2005). Asimismo, los resultados bacteriológicos, sobresalen los límites máximos permisibles, lo cual indica que estas aguas presentan un alto grado de contaminación biológica de coliformes fecales. Esto demostraría que la causa de la contaminación, es la inadecuada instalación de la letrina de hoyo seco, como se puede observar en la figura 26.

Estos valores comparados con (Nawab & Esser, 2017), en su investigación, nos muestra que los pozos se purifican de forma natural cuando se desplaza unos 5 m a través del suelo. Parecían menos conscientes del papel de las estructuras geológicas del subsuelo y del mecanismo de purificación de aguas residuales durante la filtración de arena. Asimismo, nos muestra que las letrinas de pozo tienen aspectos positivos (es decir, un saneamiento mejorado que reduce las enfermedades transmitidas por el agua) y negativos (es decir, la contaminación del agua subterránea y el desperdicio de nutrientes vegetales). Los aspectos negativos de las letrinas de pozo pueden minimizarse e incluso controlarse si el pozo se diseña adecuadamente o se mantiene seco y/o se convierte en un saneamiento sostenible donde el enfoque es romper el ciclo de patógenos, reciclar nutrientes y ahorrar agua y energía. Nawab & Esser (2017) indica que sería prudente suministrar agua corriente segura a una comunidad de fuentes distintas al agua subterránea contaminada de los pozos y dejar que la comunidad use letrinas de pozo. Otra opción beneficiosa para todos podría ser desviar las aguas negras de los pozos a las alcantarillas subterráneas y tratar las aguas residuales mediante procesos de

tratamiento natural, como los humedales. Esto ayudaría a reciclar los nutrientes de las plantas y las aguas residuales que de otro modo permanecerían fuera del ciclo en los pozos y contaminan las aguas subterráneas. Por lo tanto, es necesario repensar las opciones definitivas de saneamiento y suministro de agua y desarrollar las mejores opciones de saneamiento específicas para la ubicación y la región con objetivos claros de salud, medio ambiente y conservación de recursos.

4.2.1.4. Factores en la cuarta muestra

En la cuarta muestra (familia Apaza), se encontró que la distancia entre letrina- pozo es de 17 m y la profundidad que tiene el hoyo seco 2.35 m. Asimismo se determinó que la vida útil de letrina es de 6 años. De acuerdo a (OPS/CEPIS, 2005), la distancia de una letrina de hoyo seco entre un pozo debe ser 20 m , vida útil máximo es de 4 años y la profundidad 2.25 m.

Tabla 33. Medida de letrina- pozo muestra 4.

| Muestra 3 Familia Apaza | Dimensiones | Especificaciones técnicas de letrinas de hoyo seco / CEPIS |
|------------------------------------|--------------------|---|
| Distancia letrina- Pozo | 17 m | 20 m |
| Vida útil | 6 años | 4 años |
| Profundidad | 2.35 m | 2 m |

Fuente: OPS/CEPIS (2005).

En la tabla 33. Se puede observar la medida, letrina entre el pozo, donde nos indica que la distancia es (17 m), vida útil (6 años) y la profundidad (2.35 m). Comparado con las especificaciones técnicas según OPS/CEPIS (2005) para instalación de letrinas de hoyo seco no cumple.

En este caso aceptamos la hipótesis, ya que la causa principal de la contaminación sería la instalación de letrinas de hoyo seco. Puesto que no cumple con las especificaciones técnicas según OPS/CEPIS (2005) para instalación de letrinas de hoyo seco .

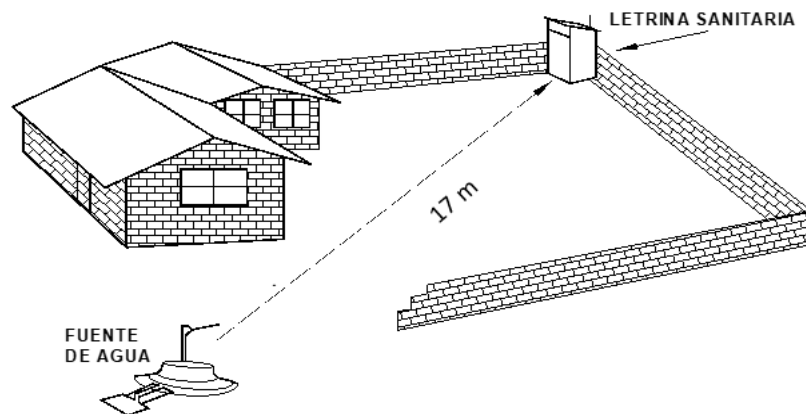


Figura 28. Vivienda familia Apaza.

Fuente: Elaboración propia

En la figura 28. Nos muestra la cuarta muestra (familia Apaza), donde se encontró que la distancia entre letrina- pozo es de 17 m y la profundidad que tiene el hoyo seco 2.35 m. Asimismo se determinó que la vida útil de letrina es de 6 años. De acuerdo a OPS/CEPIS (2005), la distancia de una letrina de hoyo seco entre un pozo , debe ser 20 m, la vida útil máximo es de 4 años y la profundidad (2m) . Esto demostraría que la letrina entre el pozo de la muestra 3 (familia Mamani) no cumple con las especificaciones técnicas como indica OPS/CEPIS (2005). Asimismo, los resultados bacteriológicos, sobrepasan los límites máximos permisibles, lo cual indica que estas aguas presentan un alto grado de contaminación biológica de coliformes fecales. Esto demostraría que la causa de la contaminación, es la inadecuada instalación de la letrina de hoyo seco, como se puede observar en la figura 28.



Estos valores comparados con Nawab & Esser (2017) en su investigación, nos muestra que los pozos se purifican de forma natural cuando se desplaza unos 5 m a través del suelo. Parecían menos conscientes del papel de las estructuras geológicas del subsuelo y del mecanismo de purificación de aguas residuales durante la filtración de arena. Asimismo, nos muestra que las letrinas de pozo tienen aspectos positivos (es decir, un saneamiento mejorado que reduce las enfermedades transmitidas por el agua) y negativos (es decir, la contaminación del agua subterránea y el desperdicio de nutrientes vegetales). Los aspectos negativos de las letrinas de pozo pueden minimizarse e incluso controlarse si el pozo se diseña adecuadamente o se mantiene seco y / o se convierte en un saneamiento sostenible donde el enfoque es romper el ciclo de patógenos, reciclar nutrientes y ahorrar agua y energía. Nawab & Esser (2017) indica que sería prudente suministrar agua corriente segura a una comunidad de fuentes distintas al agua subterránea contaminada de los pozos y dejar que la comunidad use letrinas de pozo. Otra opción beneficiosa para todos podría ser desviar las aguas negras de los pozos a las alcantarillas subterráneas y tratar las aguas residuales mediante procesos de tratamiento natural, como los humedales. Esto ayudaría a reciclar los nutrientes de las plantas y las aguas residuales que de otro modo permanecerían fuera del ciclo en los pozos y contaminan las aguas subterráneas. Por lo tanto, es necesario repensar las opciones definitivas de saneamiento y suministro de agua y desarrollar las mejores opciones de saneamiento específicas para la ubicación y la región con objetivos claros de salud, medio ambiente y conservación de recursos.

4.2.2. Propuesta de educación sanitaria y desinfección de agua.

La propuesta de educación sanitaria se planteó de acuerdo a las causas identificadas en la presente investigación. El programa de educación sanitaria, contiene la propuesta del tema que se pretende aplicar y posterior a ello el desarrollo de los temas como: Fuente de agua, abastecimiento de agua, almacenamiento de agua y desinfección de agua.

4.2.2.1. Sesión 01: Fuente de agua

Lugar : “Barrio 15 de agosto y San Salvador, Juliaca-Puno”

Duración : 1 hora

Título de la sesión: Fuente de agua

| Competencia | Indagación y experimentación | |
|-----------------------------|------------------------------|--|
| Propósito de sesión | Capacidad | Establece diferencias entre los tipos de fuente y reconoce los potenciales contaminantes del agua. |
| Aprendizaje esperado | Conocimiento | <ul style="list-style-type: none">• Define que es fuente de agua.• Reconoce los tipos de agua.• Reconoce los contaminantes del agua en su localidad• Analiza las fuentes de agua dentro de su localidad.• Reconoce los contaminantes de la fuente de agua en su localidad. |

Secuencia:

| Momentos | Actividades y/o estrategias | Recursos | Tiempo |
|---|---|--|--------|
| Recuperación de saberes previos | <ul style="list-style-type: none">• Se conversa sobre el agua que consume, las características que presenta y los problemas que tienen, considerando la fuente de donde provienen el agua.• Se pide ejemplos de problemas que tengan relación con la fuente de agua. | Lluvia de ideas | 15' |
| Construcción y aplicación de un nuevo conocimiento. | <ul style="list-style-type: none">• A partir de ejemplos el educador en salud define que es una fuente de agua. | <ul style="list-style-type: none">• Pizarra• Plumones• USB | 20' |



| | | | |
|--|---|--|-----|
| Transferencia de los nuevos saberes a la vida cotidiana | <ul style="list-style-type: none"> • A partir de imágenes el educador en salud indica los tipos de fuentes de agua que existen en los barrios 15 de agosto y San Salvador. • A partir de imágenes el educador en salud indica los contaminantes de las fuentes de agua. • Los pobladores reconocen los tipos de fuentes de agua. • Se verifica el logro de la capacidad a través de un examen oral. | <ul style="list-style-type: none"> • Pizarra • Plumones de pizarra • Material de concreto | 20' |
| Salida | Retroalimentación | | 5' |
| Evaluación | | | |
| Criterio de evaluación | | Indicador | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Indaga sobre el tema. • Expresión oral • Comprensión de significados | | <ul style="list-style-type: none"> • Participa activamente. • Identifica tipos de fuentes de agua y los clasifica. | |

Fuente: Elaboración propia.

4.2.2.2. Desarrollo de sesión 01

A. Introducción sesión

A.1. Motivación

Presentación de un video introductorio:

<https://www.youtube.com/watch?v=Qbk1CI6-0i4>

A.2. Saberes previos

Ejecución de los siguientes interrogantes:

- ¿Cuál es la importancia del agua?
- ¿Cuáles son los tipos de fuente de agua?
- ¿Por qué proteger las fuentes de agua?



B. Tema de sesión.

B.1. Fuente de agua.

Lugar donde brota una corriente de agua, ya sea del suelo, de entre las rocas, de un caño o de una llave. Un manantial o naciente es una fuente natural de agua que brota de la tierra o entre las rocas. Puede ser permanente o temporal. Se origina en la filtración de agua, de lluvia o de nieve, que penetra en un área y emerge en otra de menor altitud, donde el agua no está confinada en un conducto impermeable. (Matamoros, A., & Toro, 2017).

B.2. Tipos de fuente de agua.

Las fuentes de abastecimiento de agua pueden ser:

- Subterráneas: manantiales, pozos, nacientes.
- Superficiales: lagos, ríos, canales.
- Pluviales: aguas de lluvia.

B.2.1. Agua subterránea.

Las aguas subterráneas son aquellas situadas por debajo de la superficie, que han sido filtradas por la fuerza de la gravedad a través del suelo y de los cuerpos de agua (ríos, lagunas, etc.) y se mueven lentamente a través de los espacios vacíos que tienen las rocas y suelos (poros), constituyendo acuíferos (Calizaya, 2019).

El agua subterránea es de gran importancia, especialmente en aquellos lugares secos, donde el escurrimiento se reduce mucho en algunas épocas del año. Las aguas subterráneas provienen de la infiltración directa en el terreno de las lluvias o nieves, o indirectas de ríos o lagos (Belizario, 2011).

- Pozos agua: Los pozos sirven a modo de pequeños depósitos a los cuales migra el agua subterránea y de los cuales puede bombearse a la superficie.



- Pozos artesianos: Son aquellas en la que el agua subterránea bajo presión asciende por encima del nivel del acuífero.

B.2.2. Contaminación del agua subterránea.

Existen factores externos, especialmente de origen antrópico, que pueden alterar la composición natural de las aguas subterráneas.

Una de las principales fuentes de contaminación de las aguas subterráneas son las aguas fecales. Entre ellas se encuentran un número creciente de fosas sépticas, así como sistemas de alcantarillado inadecuados o rotos y los desechos de las granjas. Si las aguas residuales que están contaminadas con bacterias y entran en el sistema de aguas subterráneas' pueden purificarse mediante procesos naturales (Chávez & López, 2015).

B.3. Protección de las fuentes de agua.

El agua representa la posibilidad de vida en un determinado ambiente. Además de la cantidad, la calidad del agua es muy importante. Por qué es un aspecto fundamental para la sostenibilidad, como la salud humana, la salud animal, la calidad del suelo y de los productos agropecuarios. El uso de agua de mala calidad puede representar enfermedades para humanos y animales, salinidad y otros tipos de contaminación del suelo, contaminación de productos bajo riego, entre otros aspectos. Proteger las fuentes, para que éstas puedan tener agua disponible durante todo el año, en mayor cantidad y de mejor calidad, es ofrecer más oportunidades de desarrollo económico y humano a las comunidades y, por consiguiente, al país.



Sesión 02: Abastecimiento de agua

Lugar : “Barrio 15 de agosto y San Salvador, Juliaca-Puno”

Duración : 1 hora

Título de la sesión : Abastecimiento de agua

| Competencia | Indagación y experimentación | |
|-------------------------------|--|--|
| Propósito de la sesión | Capacidad | Establece el uso correcto de las tuberías y el material utilizado para la limpieza del tanque y tuberías. |
| | Conocimiento | <ul style="list-style-type: none"> • Formas de disposición de las tuberías de conducción del agua. • Materiales utilizados para la limpieza del tanque y las tuberías de agua. |
| Aprendizaje esperado | <ul style="list-style-type: none"> • Analizar las características del depósito de agua. • Reconoce la frecuencia de limpieza del depósito de agua. | |

Secuencia :

| Momentos | Actividades y/o estrategias | Recursos | Tiempo |
|--|---|--|--------|
| Recuperación de saberes previos. | <ul style="list-style-type: none"> • Se intercambia opiniones sobre la forma como están tendidas las redes de tuberías y como debe ser la forma correcta. • Considerando el tendido de las redes de agua en los barrios 15 de agosto y San Salvador se les pide que califiquen si es adecuado o no. | <ul style="list-style-type: none"> • Lluvias de ideas | 15' |
| Construcción y aplicación de un nuevo conocimiento | <ul style="list-style-type: none"> • A partir de ejemplos el educador en salud define que es abastecimiento de agua. • A partir de imágenes el educador en salud reconoce zonas donde las tuberías están bien colocadas y mal colocadas. • El educador en salud indica los productos y materiales utilizados para la limpieza del tanque y tuberías de agua. • Los pobladores reciben separatas con información sobre la disposición correcta de las tuberías de agua y los productos y materiales que se debe usar en la limpieza del tanque y las tuberías. | <ul style="list-style-type: none"> • Pizarra • Laptop • Material de concreto | 20' |
| Transferencia de los nuevos saberes a la vida cotidiana | <ul style="list-style-type: none"> • Los pobladores reconocen la forma correcta e incorrecta del tendido de redes de tuberías. • Los pobladores reconocen los productos y materiales utilizados en la limpieza de tanques y tuberías. Se verifica el logro de | <ul style="list-style-type: none"> • Reproductor multimedia • USB • Material concreto | 20' |



| | la capacidad a través de un examen oral. | |
|--|--|---|
| Salida | • Retroalimentación del tema expuesto. | 5' |
| Evaluación | | |
| Criterio de evaluación | | Indicador |
| Indaga sobre el tema. Expresión oral. Comprensión de significados. | | Comenta oral y espontáneamente. Identifica la forma correcta e incorrecta del tendido de tuberías de abastecimiento. Responde correctamente las preguntas del cuestionario. |

Fuente: Elaboración propia

4.2.2.3. Desarrollo de sesión 02

A. Introducción de la sesión

A.1. Motivación

Presentación de un video introductorio:

<https://www.youtube.com/watch?v=Kpafy9oyrF4>

A.2. Saberes previos

Ejecución de los siguientes interrogantes:

¿Qué es abastecimiento de agua?

¿Cuáles son los niveles de abastecimiento de agua?

B. Temas de la sesión

B.1. Abastecimiento de agua

Se conoce como red de abastecimiento de agua potable al sistema que permite que llegue el agua desde el lugar de captación al punto de consumo en condiciones correctas, tanto en calidad como en cantidad.

B.2. Niveles de servicio en abastecimiento de agua

Se define “nivel de servicio” a la forma como se brinda el servicio al usuario.

Los niveles de servicio pueden ser público o por conexión domiciliaria.



B.2.1. Público o multifamiliar

Reciben el servicio a través del acceso a pequeñas fuentes de abastecimiento de agua de uso exclusivo, o a partir de piletas o surtidores públicos abastecidos por una red. Las familias deben transportar el agua hasta su domicilio.

B.2.2. Conexión domiciliaria o familiar

Reciben el servicio individualmente en sus viviendas, por medio de conexiones domiciliarias conectadas a una red pública a las que se empalman las instalaciones intradomiciliarias. Éstas pueden estar ubicadas:

- Fuera de la vivienda (punto de agua al exterior de la vivienda)
- Dentro de la vivienda (conexión con módulos sanitarios).

El nivel de servicio debe ser de acuerdo a las necesidades de las familias, pero se ve influenciado por la capacidad de la fuente, el monto de la inversión disponible, los costos de operación y mantenimiento y la capacidad técnica y económica de los usuarios.

El nivel de servicio con conexión intradomiciliaria es el que proporciona mayor garantía sanitaria al usuario, ya que disminuye el requerimiento de almacenamiento intra domiciliario del agua y los riesgos de contaminación asociados a esa práctica.

B.3. Limpieza

Con el agua presente en el tanque inicie el lavado en forma manual, comenzando por las paredes internas y luego con el piso del tanque, utilizando material no abrasivo, con el fin de remover los residuos adheridos al tanque.



- Abra la válvula de salida de agua del tanque hasta drenar todo el líquido del mismo, de no contar con válvula de salida retire de forma manual los residuos sólidos y líquidos generados en el proceso.
- Abra la válvula de entrada y salida del tanque para permitir el ingreso de agua con el fin de enjuagar el tanque dejando que esta recorra las tuberías, pasado un tiempo en donde se garantice la remoción total de los residuos cierre las válvulas con el fin de comenzar el proceso de desinfección.

4.2.2.4. Sesión de 03: Almacenamiento de agua

Lugar : “Barrio 15 de agosto y San Salvador, Juliaca-Puno”

Duración : 1 hora

Título de la sesión : Almacenamiento de agua

| Competencia | Indagación y experimentación | |
|-------------------------------|--|--|
| Propósito de la sesión | Capacidad | Establece pautas para el correcto uso del depósito de agua, su limpieza, ubicación y forma de extraer el agua del depósito. |
| | Conocimiento | <ul style="list-style-type: none"> • Características del depósito de agua. • Frecuencia de limpieza del depósito de agua. • Ubicación del depósito de agua. • Forma de extraer agua del depósito |
| Aprendizaje esperado | <ul style="list-style-type: none"> • Analizar las características del depósito de agua. • Reconoce la frecuencia de limpieza del depósito de agua. • Ubica el lugar apropiado donde debe colocarse el depósito de agua. • Reconoce la forma correcta de extraer agua del depósito. | |

Secuencia :

| Momentos | Actividades y/o estrategias | Recursos | Tiempo |
|---|--|---|--------|
| Recuperación de saberes previos. | <ul style="list-style-type: none"> • Se intercambia opiniones sobre las características que debe tener el depósito de agua. • Establece cada que tiempo debe hacerse limpieza de los depósitos de agua. • Reconoce un lugar apropiado donde debe ponerse el depósito de agua. • Identifica la forma correcta de extraer agua del depósito. | <ul style="list-style-type: none"> • Lluvia de ideas. | 15' |
| Construcción y aplicación de un nuevo conocimiento. | <ul style="list-style-type: none"> • Conoce las características que debe reunir u depósito de agua. • Indica cada cuando debe realizarse la limpieza del depósito. | <ul style="list-style-type: none"> • Equipo de audio y video • Pizarra • Plumones de pizarra | 20' |



| | | | |
|---|--|--|-----|
| | <ul style="list-style-type: none"> • Conoce las características del lugar donde debe colocarse el depósito de agua. • Menciona qué consecuencias puede traer la incorrecta extracción de agua del depósito. | <ul style="list-style-type: none"> • Material concreto | |
| Transferencia de los nuevos saberes a la vida cotidiana | <ul style="list-style-type: none"> • Distingue el lugar más aparente donde debe colocarse el depósito de agua. • Establece y marca en el calendario las fechas en que debe realizarse la limpieza del depósito. • Escoge el lugar más apropiado donde debe colocarse el depósito de agua considerando características técnicas. • Indica la forma correcta de extraer agua del depósito. | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Reproductor multimedia. ✓ Material concreto | 20' |
| Salida | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Retroalimentación | | 5' |

Evaluación

| Criterio de evaluación | Indicador |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Indaga sobre el tema. • Comprensión de significados | <ul style="list-style-type: none"> • Comenta oral y espontáneamente. • Identifica las características del depósito de agua. • Establece cada que tiempo debe realizarse la limpieza del depósito de agua. • Indica el lugar correcto donde debe colocarse el depósito de agua. • Responde correctamente las preguntas del cuestionario. |

Fuente: Elaboración propia

4.2.2.5. Desarrollo de sesión 03

A. Introducción de la sesión

A.1. Motivación

Presentación de videos de un video introductorio:

<https://www.youtube.com/watch?v=rGQL2FsFspk>

A.2. Saberes previos

¿Qué es el consumo responsable?

¿Cómo almacenar el agua?

B. Temas de la sesión

B.1. Almacenamiento de agua



Acto mediante el cual se guarda agua cuando la fuente de agua no tiene un caudal suficiente durante todo el año para suplir la cantidad de agua necesaria.

B.2. Cómo almacenar el agua segura.

Un almacenamiento de agua seguro abarca la utilización de recipientes, contenedores limpios y cubiertos, la adopción de comportamientos de higiene apropiados que prevengan la contaminación en el momento de recoger, transportar y almacenar el agua en el hogar. En el caso de recipientes de boca angosta, se debe alentar a los usuarios a lavarlos regularmente con una solución jabonosa, un desinfectante químico. En el caso de recipientes de boca ancha, se les debe recomendar mantenerlos cubiertos e idear un sistema de servir el agua sin que las manos entren en contacto con ella.

- Los recipientes deben mantenerse limpios, cubiertos y fuera del alcance de los niños.
- Lo mejor es que utilicen un recipiente para recoger el agua y otro para almacenarla.
- En el caso de recipientes de boca angosta, se debe alentar a los usuarios a lavarlos regularmente con una solución jabonosa, un desinfectante químico (si hay disponible).
- En el caso de recipientes de boca ancha, se les debe recomendar mantenerlos cubiertos e idear un sistema de servir el agua sin que las manos entren en contacto con ella.

4.2.2.6. Sesión de 04: Desinfección de agua

Lugar : “Barrio 15 de agosto y San Salvador, Juliaca-Puno”

Duración : 1 hora

Título de la sesión : Desinfección del agua

| Competencia | Indagación y experimentación | |
|-------------------------------|---|---|
| | Capacidad | Establece pautas para la desinfección del agua. |
| Propósito de la sesión | Conocimiento | <ul style="list-style-type: none"> • Propiedades del cloro. • Proporción de cloro en agua. • Tiempo de espera de acción del cloro. |
| Aprendizaje esperado | <ul style="list-style-type: none"> • Reconoce las propiedades del cloro en el tratamiento de agua. • Indica la proporción de cloro que se debe usar en la desinfección del agua. • Indica el tiempo necesario para que actúe el cloro en la desinfección del agua. | |

Secuencia:

| Momentos | Actividades y/o estrategias | Recursos | Tiempo |
|--|---|---|--------|
| Recuperación de saberes previos. | <ul style="list-style-type: none"> • Intercambio de opiniones sobre la desinfección del agua. • Identifica en qué casos se debe realizar la desinfección del agua. • Determina el tiempo necesario para que el cloro desinfecte el agua. | Lluvias de ideas | 15' |
| Construcción y aplicación de un nuevo conocimiento. | <ul style="list-style-type: none"> • Conoce las propiedades del cloro en la desinfección del agua. • Indica la proporción de cloro que debe usarse para la desinfección del agua. • Menciona cuanto tiempo se debe esperar para que el cloro desinfecte el agua. | <ul style="list-style-type: none"> • Pizarra • Plumones de pizarra • Reproductor multimedia • USB | 20' |
| Transferencia de los nuevos saberes a la vida cotidiana. | <ul style="list-style-type: none"> • Usa el cloro en la desinfección del agua. • Usa el cloro en la desinfección del agua estableciendo la proporción necesaria para la desinfección. • Indica y espera el tiempo requerido para que el cloro actúe en la desinfección del agua. | <ul style="list-style-type: none"> • Reproductor multimedia • Material concreto | 20' |
| Salida | Retroalimentación | | 5' |

Evaluación

| Criterio de evaluación | Indicador |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Expresión oral • Comprensión de significados. | <ul style="list-style-type: none"> • Comenta oral y espontáneamente. • Identifica las propiedades del cloro. • Establece la proporción de cloro y agua. • Reconoce el tiempo necesario para que el cloro actúe en la desinfección del agua. • Responde correctamente las preguntas del cuestionario. |

Fuente: Elaboración propia

4.2.2.7. Desarrollo de sesión 04

A. Introducción de la sesión

A.1. Motivación



Presentación de un video introductorio:

<https://www.youtube.com/watch?v=Kpafy9oyrF4>

A.2. Saberes previos

Ejecución de los siguientes interrogantes:

¿Desinfectas el agua que consumes?

¿Qué métodos de desinfección utilizas?

B. Temas de la sesión

B.1. Desinfección de agua.

La desinfección del agua significa la extracción, desactivación o eliminación de los microorganismos patógenos que existen en el agua. La destrucción y/o desactivación de los microorganismos supone el final de la reproducción y crecimiento de estos microorganismos. Si estos microorganismos no son eliminados el agua no es potable y es susceptible de causar enfermedades. El agua potable no puede contener estos microorganismos.

B.2. Método de desinfección de agua cruda.

Son tecnologías apropiadas de desinfección, de bajo costo y de fácil implementación que permiten alcanzar niveles aceptables de descontaminación en regiones rurales, de escasos recursos hídricos y económicos que resulten aceptables y sean socios económicamente viables.

Entre los factores que influyen en el método a elegir para la desinfección del agua se pueden mencionar:

- La naturaleza y número de organismos a ser destruidos.
- El tipo y concentración del desinfectante usado.



- La temperatura del agua a ser desinfectada: a mayor temperatura más rápida la desinfección.
- El tiempo de contacto del desinfectante: a mayor contacto desinfección es más completa.
- La naturaleza del agua a ser desinfectada: si el agua contiene partículas coloidales y orgánicas obstaculiza el proceso de desinfección.
- El pH, acidez o alcalinidad del agua.
- Mezcla: buena mezcla de los desinfectantes a través de toda el agua.

B.2.1. Desinfección física

a) Hervido

Esta práctica es segura y tradicional que destruye virus, bacterias, quistes y huevos. Es un método efectivo como tratamiento casero, pero no es factible para abastecimientos público. Esta acción consiste en hacer hervir el agua vigorosamente por 10 a 12 minutos. En realidad, un minuto a 100 °C, destruirá la mayoría de los patógenos, incluidos los del cólera y muchos mueren a 70 °C.

b) Radiación solar

- Elegir botellas transparentes y lavarlas bien.

Llenar Es un método efectivo para aguas claras, pero su efectividad es reducida cuando el agua es turbia o contiene constituyentes tales como el nitrato, sulfato, hierro en su forma ferrosa.

El tratamiento consiste en llenar recipientes transparentes de agua y exponerlos a plena luz solar por unas cinco horas (dos días consecutivos bajo un cielo que está 100% soleado). La desinfección ocurre por una combinación de radiación y tratamiento térmico (la temperatura del agua no necesita subir muy por

encima de 50 °C). La desinfección solar requiere agua relativamente clara (turbidez inferior a 30 NTU). 5 pasos que muestra el método SODIS para la desinfección del agua.

- las botellas con agua clara.
- Colocar las botellas en el techo o en el suelo sobre calamina.
- Exponer al sol desde la mañana hasta la tarde por lo menos durante 6 horas.
- El agua está lista para su consumo.

c) La filtración

Este método incluye el tamizado mecánico, la absorción y la adsorción y, en particular, en filtros de arena lentos, los procesos bioquímicos. Según el tamaño, el tipo y la profundidad del filtro, y la tasa de flujo y las características físicas del agua sin tratar, los filtros pueden extraer los sólidos en suspensión, los patógenos y ciertos productos químicos, sabores y olores.



Figura 29. Tipos de filtro.

Fuente: Belizario (2011).

Tipos de filtros para el hogar y la comunidad

Con algunos filtros se puede obtener agua casi tan potable como la que ha sido hervida o purificada por desinfección solar o con cloro.

- Filtro lento para el hogar y la comunidad:

Este Método es más seguro, efectivo y económico para filtrar el agua del hogar. Este filtro puede purificar por lo menos 50 litros al día, suficiente para una pequeña familia.

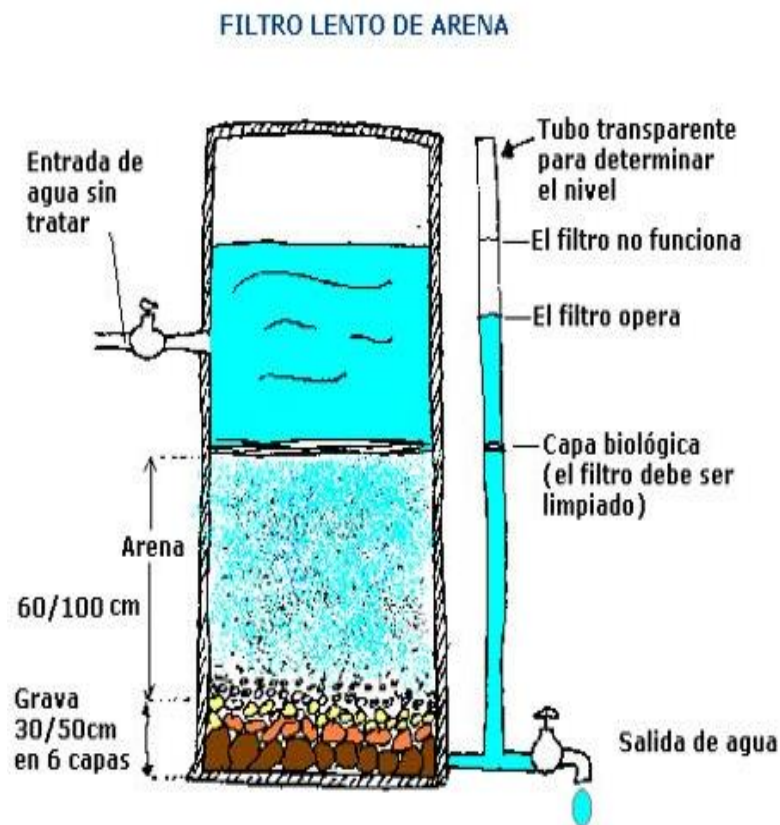


Figura 30. Filtro lento de arena para el hogar.

Fuente: Belizario (2011).

- Filtro de bioarena

Es otra alternativa para que las familias puedan tener agua limpia o segura. El filtro bioarena es un filtro del tipo lento de arena, que permite la remoción de hasta

el 99% de virus, bacterias, protozoarios y helmintos, dejando el agua lista para tomar y con un fresco sabor de manantial.

Ventajas.

- Elimina bacterias hasta en un 99.90%.
- Es muy económico y fácil de usar.
- Purifica entre 20 y 60 litros al día.
- Elimina virus hasta en un 99.00% y helmintos (huevos de gusanos) hasta en un 100%.
- Se puede usar agua que no tenga contaminantes solubles (como jabones, fertilizantes).
- Para eliminar metales como el hierro es eficaz.
- Es muy durable.

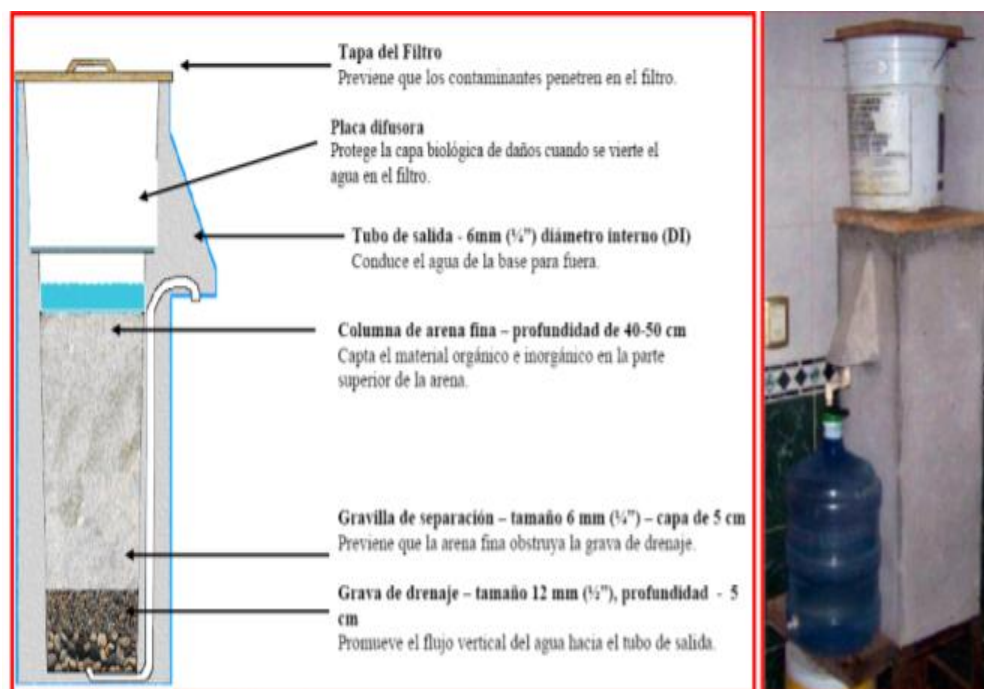


Figura 31. Filtro de bioarena fijo y muy economico para el hogar.

Fuente: Belizario (2011).



B.2.2. Desinfección química

a) La cloración

Es el método más ampliamente utilizado para desinfectar el agua. La cloración, es la introducción del cloro en el agua, no sólo para desinfectarla, sino también para lograr otros resultados biológicos o químicos. El problema del cloro es que, si se usa muy poco, no mata los microbios ni hace el agua potable. Si se usa demasiado, el agua tendrá mal sabor y la gente no deseará beberla.

- Las condiciones básicas para aconsejar el uso del cloro como desinfectante de las aguas son: Destruye los organismos causantes de enfermedades, realizando esta acción a la temperatura del medio ambiente y en un tiempo corto.
- Su grado de concentración en el agua es determinado fácilmente.
- Es inocuo para el hombre y los animales, en las dosis utilizadas en la desinfección de las aguas.
- Deja un efecto residual que protege al agua de posteriores contaminaciones.

Cantidad de cloro que se debe agregar al agua.

La cantidad de cloro necesaria para desinfectar el agua depende de cuán contaminada esté (de cuántos microbios tenga y de qué tipo). Mientras más microbios haya en el agua, mayor cantidad de cloro se necesita para eliminarlos. Es importante usar suficiente cloro para que una parte quede en el agua después de eliminar los microbios.



Tabla 34. Cantidad de cloro que se debe agregar al agua

| Volumen de Agua a Desinfectar | Cantidad de Cloro Líquido a agregar en tiempo normal | Cantidad de Cloro Líquido a agregar en emergencia |
|--------------------------------------|---|--|
| 1 Litro | 2 gotas | 8 gotas |
| 2 Litro | 8 gotas | 16 gotas |
| 1 Galon | 15 gotas | 30 gotas (1 ½ mililitros) |
| 5 Litro | 20 gotas (1 mililitro) | 40 gotas (2 mililitro) |
| 10 Litros | 40 gotas (2 mililitros) | 4 mililitros (½ tapita) |
| 20 Litros (5 Galones) | 4 mililitros (½ tapita) | 8 mililitros (1 tapita) |
| 100 Litros (25 Galones) | 20 mililitros (2 ½ tapitas) | 40 mililitros (5 tapitas) |
| 200 Litros (50 Galones) | 40 mililitros (5 tapitas) | 80 mililitros (10 tapitas) |
| 1000 Litros (250 Galones) | 200mililitros (25 tapitas) | 400 lilitros (50 tapitas) |

Fuente: Belizario (2011).

b) Cal-soda

Este método es utilizado para reducir lá dureza del agua. Este proceso consiste en aplicar cal $\text{Ca}(\text{OH})_2$ y carbonato de sodio (Na_2CO_3) al agua cruda. La cal reacciona con los bicarbonatos solubles de calcio y de magnesio, que son los que causan dureza por carbonatos y forman carbonato de calcio e hidróxido de magnesio que son insolubles.

Determinación de la Cal y Soda necesarias en el proceso de ablandamiento

Hay tres pasos a seguir en la determinación de las cantidades de cal y soda requerida en el proceso de ablandamiento.

- Determinar lá calidad de agua deseada o sea el grado de ablandamiento. Por lo general se elige una dureza final entre 70 a 100mg/l como CaCO_3 . La alcalinidad elegida generalmente está entre 35 a 50 mg/L como CaCO_3 . Estos intervalos son para aguas clasificadas como duras como se encuentran entre las concentraciones de 105 mg/l de CaCO_3 . – 300 mg/L de CaCO_3 .



- Calcular la cantidad de cal requerida usando la relación.
- Calcular la cantidad de soda requerida en base a la relación.

4.3. PROPUESTA DE DISEÑO PARA LA POTABILIDAD DEL AGUA EN LOS POZOS.

4.3.1. Hipoclorador de flujo constante

Teniendo en cuenta los resultados de los parámetros microbiológicos, se propone la implementación de un hipoclorador de flujo constante, con la finalidad de garantizar la disponibilidad de agua libre de microorganismos perjudiciales para la salud.

Mediante la implementación de este sistema, se pretende lograr un goteo constante de solución en el interior del tanque (pozo) de almacenamiento de agua potable.

Para la implementación se tendrá en cuenta lo siguiente:

4.3.1.1. Consumo aproximado por familia

SEDAPAL (2015) afirmó que, en el Perú, una persona promedio consume un máximo de 163 LT/DIA de agua, pese a que la Organización Mundial de la Salud (OMS) indica que una persona debe consumir 100 litros diarios. Por lo tanto, una familia consume:

$$\text{Consumo de agua por familia} = 163 \text{ LT/DIA} \times 5 = 815 \text{ LT/DIA}$$

El consumo estimado para una familia peruana es aproximadamente 815 L/día.

Tabla 35. Consumo aproximado por familia.

| Descripción | Unidad | Cantidad |
|------------------------------|---------------------|----------|
| Consumo diario familiar | litros/día | 815 |
| Consumo mensual por familiar | m ³ /mes | 24.45 |

Fuente: Elaboración propia.

4.3.1.2. Tanque de solución madre

La implementación del hipoclorador constará de un tanque de plástico de 50 Litros, la que servirá para la preparación de la solución química o también llamada solución madre, que contiene el preparado de hipoclorito de calcio de alta concentración disuelto en agua, la que será conducida por tuberías y por gravedad.

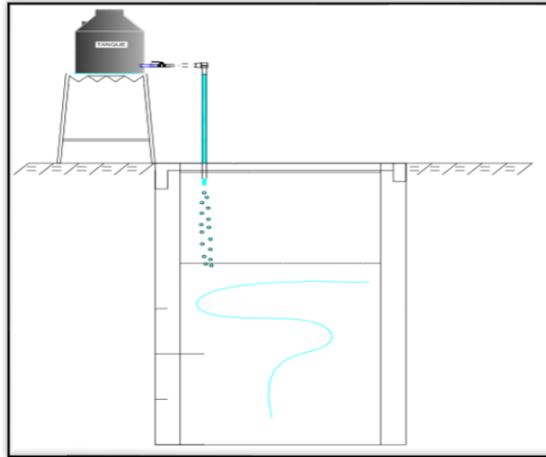


Figura 32. Estructura de hipoclorador constante.

Fuente: Elaboración propia

A. Proceso de instalación

A.1. Instalación del tanque de solución madre

Se instalarán en simultaneo, el tanque de solución madre realizándose las conexiones de manera secuencial:

- Colocar el tanque de polietileno sobre una estructura metálica.
- Se enroscará el multiconector en la salida del tanque de polietileno.
- Se conectarán en el multiconector, por la parte superior, el visor de control de nivel de solución clorada y por la parte lateral, un niple hacia las conexiones con el recipiente dosificador.
- Seguidamente, se conecta en forma secuencial cada uno de los accesorios como son:



- Niple PVC de $\frac{1}{2}$ " x 1.5" con rosca (CR),
 - Codo PVC de $\frac{1}{2}$ " x 90° CR.
 - Unión universal de $\frac{1}{2}$ " CR.
 - Válvula de paso PVC de $\frac{1}{2}$ ".
 - Niple PVC de $\frac{1}{2}$ " CR (adaptado a la longitud requerida).
 - Unión universal de $\frac{1}{2}$ " CR.
 - Reductor de $\frac{3}{4}$ " a $\frac{1}{2}$ ".
- e) Perforar un orificio circular de $\frac{3}{4}$ " en la parte lateral-inferior del tanque de solución madre, calculando 10 cm de la base del tanque.
- f) Hacer uso de una empaquetadura de jebe de $\frac{1}{2}$ ", que será acondicionado en la salida del tanque de solución madre.
- g) Acondicionar la salida del tanque de la solución madre, colocando en el interior:
- h) Posteriormente se trasladará al interior del tanque de almacenamiento utilizando accesorios roscados y tubería PVC de $\frac{1}{2}$ ".
- i) En la Tee roscada, se tendrá que instalar un grifo de PVC que sirve para medir el caudal de goteo.
- j) Finalmente, se unirán las piezas roscadas. Verificando que la caída de solución clorada coincida con el ingreso del agua hacia el tanque (pozo) de almacenamiento.

A.2. Cálculos para la dosificación de cloro del barrio de 15 de agosto y San Salvador.

En cuanto a la solución clorada se recomienda el uso de hipoclorito de calcio o sodio en presentación sólida, debido a que el recurso agua será aprovechado por una cantidad reducida de personas.



La solución clorada o solución madre se preparará en un tanque de polietileno utilizando hipoclorito de calcio al 65 - 70% (o hipoclorito de sodio) a una determinada concentración (no mayor a 5000 ppm).

A.2.1. Peso de hipoclorito de calcio para un periodo de tiempo

Para calcular la cantidad de hipoclorito de calcio a utilizar para un periodo de tiempo, teniendo en cuenta que debe ser suministrada con un goteo de 40 mL/min para zonas frías. Se puede aplicar la siguiente forma, aplicando la siguiente formula:

Según la OMS, una persona necesita al menos 50 litros diarios de agua para satisfacer sus necesidades básicas y 100 litros para atender todas las necesidades de manera óptima.

Datos:

- Población: 550 familias (01 familia = 5 integrantes)
- Dotación: 80 litros (L) por persona por día.
- Concentración de cloro de la solución madre: 5000 ppm o mg/L.

Solución:

- Volumen demanda de agua necesario para un día = Población actual x dotación (litros-habitante-día).
- Volumen demanda de agua necesario para un día = 5 x 80 = 400.00 L.
- El volumen de agua se convierte en caudal promedio diario:

a) Caudal de ingreso al reservorio (pozo) (L/s).

$$Q = \frac{\text{Volumen (litros)}}{\text{tiempo (segundos)}} = \frac{400 \text{ L}}{86400 \text{ s}} = 0.0046 \text{ L/S}$$

$$Q = 0.0046 \text{ L/s}$$

$$\text{Caudal que deseamos clorar} = 0.0046 \text{ L/s}$$



Volumen de tanque de cloración = 20.00 L

Concentración deseado total = 0.50% (5000 mg/L)

Tipo hipoclorito calcio = 70 %

Tiempo clorado por día = 24.00 h/día

La cantidad de cloro a requerir

$$\text{Peso de cloro}_{(gr)} = \frac{\text{volumen de agua} * \text{dosis de cloro}}{10 * \text{concentracion del cloro granulado}}$$

Peso de hipoclorito = 0.26 g

Según tabla 33 la cantidad de cloro que se debe agregar al agua deducimos que para el diseño se tiene:

La cantidad de hipoclorito que se requiere para desinfectar 400 litros. = 80 mililitros.

1 mililitro = 20 gotas

Cantidad de gotas por día = 80*20= 1600 gotas

Cantidad de gotas por horas = 1600/24 = 66.66 gotas/hora

Cantidad de gotas por minuto = 66.66/60 = 1.1 gotas/min.



V. CONCLUSIONES

- De acuerdo a los resultados se puede llegar a la conclusión que el agua que consumen los pobladores de los barrios San Salvador y 15 de Agosto tiene las siguientes características: Color, incoloro; olor, desagradable y sabor desagradable se encuentran dentro de los parámetros de aceptación; pH (7.60 a 7.97); cloruro (25.53 a 249.64); sulfatos (112 a 140); nitratos (0.01 a 0.03); magnesio (60.00 a 110.20); solidos disueltos totales (490 a 750); aluminio (0.10 a 0.30); cobre (1 a 2); zinc (0.00 a 0.00); sodio (2 a 3); turbiedad (0.01 a 0.03); amoniaco (0.10 a 0.30, se encuentran dentro de los límites máximos permisibles; excepto dureza (550.70 a 860.00) en las 4 muestras; alcalinidad (80.30 a 140.00); calcio (80.30 a 140.00); Aluminio (0.10 a 0.30) en la muestra 2; coliformes totales y termotolerantes (fecales), se sobre pasan los LMP en las 4 muestras.
- Se llegó identificar los principales factores directos: Parámetros físicos químicos y microbiológicos por encima de los valores permitidos, existencia de coliformes en el agua de pozo, inadecuadas prácticas de higiene.
Indirectas: Sistema de desagüe está atendido por silos o letrinas, inadecuada ubicación de letrinas y limitado acceso a letrinas ecológicas, limitado conocimiento en educación sanitario. De acuerdo a las causas identificadas se ha propuesto los siguientes temas para el programa de educación sanitaria: fuente de agua, abastecimiento, almacenamiento y desinfección de agua.
- Para que el agua garantice la potabilidad del agua en los pozos de los barrios 15 de agosto y San Salvador se ha propuesto un hipoclorador de flujo constante, con la finalidad de garantizar un agua libre de microorganismos. Se pretende lograr un goteo de 1600 gotas/día (80 mililitros) constante de solución en el interior del tanque (pozo) de almacenamiento de agua potable.



VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar un monitoreo constante de los parámetros físico-químico y bacteriológicos de agua para el consumo humano en base a los estándares de calidad de agua.
- Educar a la población sobre la ubicación de letrinas distantes para prevenir la contaminación biológica por coliformes totales y termotolerantes, medio ambiental y evitar la propagación de enfermedades.
- Se recomienda a las autoridades locales, entidades competentes y población a promover la implementación de las acciones y/o alternativas de solución propuestas en el presente estudio para beneficio de la población del ámbito de estudio.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alfaro, R., & Gonzales, V. (2008). *Estadística y probabilidades para ingenieros* ((1st ed.)). Puno, Peru: UNA Puno.
- Amachi, A. (2017). *Evaluación de los niveles de contaminación del agua del río Ilave y sus tributarios*. Universidad Nacional del Altiplano, PUNO.
- Apaza, F., & Carpio, J. (2019). *Caracterización del agua de consumo humano del centro poblado los ángeles-Moquegua*. Universidad Nacional de San Agustín, AREQUIPA.
- Bautista, J. (2016). *Evaluación y tratamiento del agua proveniente del canal de regadío del distrito cerro colorado, para su uso en piscinas*. Universidad Nacional de San Agustín Arequipa, Arequipa.
- Belizario, E. (2011). *Evaluación de la calidad de agua subterránea para fines de consumo humano de la comunidad Carata del distrito Coata*. Universidad Nacional del Altiplano, Puno.
- Belizario, G. (2015). Efectos del cambio climático en la agricultura de la cuenca Ramis, Puno-Perú. *Rev. Investig. Altoandin.*, 17(1), 47–52. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.18271/ria.2015.77>
- Belizario, G., Capacoila, J., Huaquisto, E., Cornejo, D. A., & Chui, H. N. (2019). Determinación del contenido de fósforo y arsénico, y de otros metales contaminantes de las aguas superficiales del río Coata, afluentes del Lago Titicaca, Perú. *Rev. Boliv. Quim.*, 36(5), 223–228. <https://doi.org/10.34098/2078-3949.36.5.4>
- Bueñaño, M., & Sánchez, H. (2015). *Análisis químico – bromatológico de agua de consumo de los caseríos del distrito de laredo - provincia de trujillo 2015*". Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo.
- Cabrera, S. (2017). *Determinación del nivel de vulnerabilidad a la contaminación del acuífero del centro poblado de Jayllihuaya-Puno por el método GOD, 2017*. Universidad Nacional del Altiplano, Puno.
- Calizaya, D. (2019). *Evaluación de la calidad de las aguas subterráneas de las minas*. Universidad Nacional del Altiplano, Puno.



- Callata, F. (2015). *Monitoreo y evaluación del cuerpo de agua de la bahía interior de Puno-Lago Titicaca*. Universidad Nacional del Altiplano, Puno.
- Castillo, I. (2018). *Estudio fisicoquímico, microbiológico, contenido de metales pesados y alternativas de solución en el agua potable del distrito de Ilave-Puno 2018*. Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa.
- Cisneros, R. (2019). *Evaluación de la calidad del agua para consumo humano en Comas (Lima) y Coronel Portillo (Ucayali) Durante el 2017*. Universidad Ricardo Palma, Lima.
- Condori, M. (2018). *Evaluación de los efluentes de la empresa industria pelotera peruana S.A.* Universidad Nacional Agraria de la Selva.
- Cortez, D. (2015). *Características físicoquímica y biológicas de las aguas de las fuentes de abastecimiento y de consumo humano en el distrito de Talavera, Andahuaylas-Apurímac 2012*. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.
- Curo, M. (2017). *Calidad bacteriológica y físicoquímica del agua de pozos con fines de consumo humano en el distrito de Huata-Puno, 2016*. Universidad Nacional del Altiplano, Puno.
- FAO. (2016). *El estado mundial de la agricultura y alimentación*.
- Flores, J. (2018). *Diseño del sistema de agua potable y tratamiento de la disposición de excretas y aguas residuales en letrinas sanitarias del caserío de Mullate, distrito de Sarín-Sánchez Carrión- La Libertad*. Universidad César Vallejo, Trujillo.
- Foster, S., Eichholz, M., Nlend, B., & Gathu, J. (2020). *Securing the critical role of groundwater for the resilient water-supply of urban Africa*. *Water Policy*. [https://doi.org/22\(1\), 121–132](https://doi.org/22(1), 121–132)
- García, R. (2018). *Comportamiento y evolución espacio-temporal del arsénico en aguas subterráneas de la república Argentina*. Universidad Nacional de la Pampa, Buenos Aires.
- Gonzales, E. (2017). *Control de calidad de agua potable en la empresa prestadora de servicio de agua potable E.P.S Nor Puno S.A.* Universidad Nacional Altiplano, Puno.



- Graham, J., & Matthew, L. (2013). *Letrinas de pozo y sus impactos en la calidad del agua subterránea: una revisión sistemática*.
- Guerrero, T., & Salazar, J. (2018). *Eficiencia de un sedimentador laminar y convencional para eliminar sólidos*. *Rev Soc Quim Perú*, 1-14.
- Gutiérrez, J., & Marín, J. (2018). *Calidad de agua subterránea en el sector centro occidental del Municipio Miranda*. 1-8.
- Huaquisto, E., Belizario, G., & Tudela, J. W. (2020). Disponibilidad a cooperar por los servicios de sanamiento rural. *Revista de Investigaciones de La Escuela de Posgrado*, 10(2), 1553–1565. <https://doi.org/10.26788/riepg.2020.2.171>
- Ibañez, W. (2018). *Evaluación de la calidad de agua para el consumo humano en las localidades de Payllas y Miraflores del distrito de Umachiri-Melgar-Puno*. Universidad Nacional Altiplano, Puno.
- Mamani-Ramos, A. P., Alfaro-Alejo, R., & Mamani-Gomez, J. A. (2019). Base flow estimation by water balance, groundwater numerical modelling and water table fluctuation method, Case study Chumpe river sub-basin Yauli-Junin. *38th IAHR World Congress - Water Connecting the World*. <https://doi.org/10.3850/38WC092019-0874>
- Marín, D. (2015). *Evaluación de la calidad de agua para fines de riego en la sub-cuenca alto Apurimac*. Universidad Nacional del Altiplano, Puno.
- Matamoros, A., & Toro, E. (2017). *Programa educativo "Agua segura" en el conocimiento sobre el consumo de agua en la comunidad de Callqui Chico, Huancavelica-2017*. Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica.
- McGinnis, S., & Marini, D. (2019). Bacterial contamination on latrine surfaces in community and household latrines in Kathmandu, Nepal. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(2). <https://doi.org/10.3390/ijerph16020257>
- MINAM. (2015). *Modifican los Estándares Nacionales de calidad ambiental para agua y establecen disposiciones complementarias para su aplicación*. Perú.
- MINSA. (2019). *Programa de entrenamiento en salud pública dirigido a personal de servicio militar voluntario*. Ministerio de Salud, Lima.



- Nawab, B., & Esser, K. (2017). Impact of pit latrines on drinking water contamination in Khyber Pakhtunkhwa, Pakistan. *Environmental Forensics*, (Vol. 18).
- Ndoziya, A., & Hoko, Z. (2019). Assessing the impact of pit latrines on groundwater contamination in the Hopley Harare settlement, Zimbabwe. *Journal of Water, Sanitation and Hygiene for Development*.
- Oblitas, Y., & Torrez, L. (2016). *Identificación de coliformes totales, coliformes fecales y Escherichia coli aisladas del agua potable del distrito de Cajamarca*. Tesis, Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo, Cajamarca.
- OMS. (2017). *Organización Mundial de la Salud*.
- Onahuel. (2019). *Manual del usuario. Onahuel, 1*.
- OPS/CEPIS. (2005). *Especificaciones técnicas para la construcción de letrinas de procesos secos*. Lima.
- Pari-Huaquisto, D. C., Alfaro-Alejo, R., Pilares-Hualpa, I., & Belizario, G. (2020). Seasonal variation of heavy metals in surface water of the Ananea river contaminated by artisanal mining, Peru. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 614(1), 1–8. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/614/1/012167>
- Quispe, M. (2018). *Evaluación y planteamiento de diseño del sistema de dosificación de cloro en el tratamiento de agua potable del centro poblado de Cayacaya-Putina*. Universidad Nacional Altiplano, Puno.
- Quispe, R. F., Belizario, G., Chui, H. N., Huaquisto, S., Calatayud, A. P., & Yábar, P. S. (2019). Concentración de metales pesados: Cromo, cadmio y plomo en los sedimentos superficiales en el río Coata, Perú. *Rev. Boliv. Quim.*, 36(2), 83–90. <https://doi.org/10.34098/2078-3949.36.2.3>
- Ramirez, C., & Vanessa, K. (2016). *Calidad física, química y bacteriológica de aguas subterráneas de consumo humano en el sector de Taparachi III de la ciudad de Juliaca, Puno - 2016*. Universidad Nacional del Altiplano, Puno.
- Ramos, L., & Paredes, P. (2015). *Captación, evaluación, tratamiento y diseño de una planta de consumo de agua potable en la localidad pampas de Pajonal distrito de Mollebaya*. Universidad Nacional de San Agustín Arequipa, Arequipa.



- Rios, S., & Agudelo, C. (2017). *Patógenos e indicadores microbiológicos de calidad del agua para consumo humano*.
- Rios, S., & Agudelo, R. (2017). *Patógenos e indicadores microbiológicos de calidad del agua para consumo humano*.
- Roger, M., & Pacheco, J. (2015). *Calidad microbiológica de pozos de abastecimiento de agua potable en Yucatán, México. Ingeniería, 19, 51-61*.
- Sánchez, J., & Álvarez, T. (2016). *Calidad del agua subterránea: acuífero surde Quintana Roo, Mexico. Tecnología y Ciencias del Agua, 1-23*.
- Soriano, M. (2018). *Evaluación de la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua subterránea utilizada para el consumo humano en el Centro poblado Pata Pata-2018*. Universidad Privada del Norte, Cajamarca.
- Tejada, D. (2018). *Simposio a 40 años de alma alta, conferencia internacional de atención primaria de la salud. Rev Perú Ginecol Obstet. 2018*.
- Torres, K. (2015). *Evaluación estructural de pozos de agua para consumo doméstico en la urbanización Tarapachi de la ciudad de Juliaca*. Universidad Andina " Néstor Cáceres Velásquez, Juliaca.
- Valdez, A. (2016). *Aplicación de microorganismos eficaces (EM) para el tratamiento de las aguas residuales domésticas en la localidad de Chucuito*. Universidad Nacional del Altiplano, Puno.

ANEXOS

Anexo 1. Toma de muestra.



Anexo 2. Toma de medida de los pozos



Anexo 3. Ubicación de diferentes letrinas



Anexo 4. Nivelación de ubicación de pozos.





Anexo 5. Resultado de la muestra 1



LABORATORIO AMBIENTAL DE AGUA SUELOS Y MECÁNICA DE SUELOS

ANÁLISIS
Físico - Químico - Microbiológico
Agua, suelo, alimentos
Medio ambiente
Mecánica de suelos y otros.



RESULTADO DE ANÁLISIS

ASUNTO: ANALISIS FISICOQUÍMICO MUESTRA DE AGUA 001

PROCEDENCIA : BARRIO 15 DE AGOSTO Y SAN SALVADOR DISTRITO DE JULIACA ,
PROVINCIA DE SAN ROMAN JULIACA – PUNO.
INTERESADO : BACH. EDWIN PANCCA MAMANI
MOTIVO : Análisis Físico-químico y Bacteriológico
PROYECTO : Diagnóstico del impacto por la existencia de letrinas en la calidad del agua sub
Terránea para el consumo humano en los barrios 15 de agosto y San Salvador,
del Distrito de Juliaca – San Román – Puno.
MUESTREO : 12/08/2020 (por el interesado)
ANALISIS : 13/08/2020

CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS:

Aspecto : Líquido
Color : Incoloro
Olor : Desagradable
Sabor : Desagradable

CARACTERÍSTICAS FÍSICO – QUÍMICA:

pH : 7.97

C.E.: 1.50 mS/cm.

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS:

| | | | |
|---|---|--------|---|
| Dureza total (como CaCO ₃) | : | 860.00 | mg/l |
| Alcalinidad (como CaCO ₃) | : | 140.00 | mg/l |
| Cloruros (como Cl ⁻) | : | 249.64 | mg/l |
| Sulfatos (como SO ₄ ⁼) | : | 140.00 | mg/l |
| Nitratos (como NO ₃ ⁻) | : | 0.03 | mg/l |
| Calcio (como Ca ⁺⁺) | : | 160.50 | mg/l |
| Magnesio (como Mg ⁺⁺) | : | 110.20 | mg/l |
| Sólidos Disueltos totales | : | 0.75 | g/l |
| Al | : | 0.2 | mg/l |
| Cu | : | 2 | mg/l |
| Zinc | : | 0.00 | mg/l |
| Na | : | 3.00 | mg/l |
| Turbiedad | : | 0.03 | Unidades Nefolométricas de Turbidez NTU |
| Amoniaco | : | 0.30 | mg/l |

PARÁMETROS BIOLÓGICOS:

| PARÁMETROS | | UNIDAD |
|--------------------|-----|-----------|
| Coliformes Totales | 400 | NMP/100ml |
| Coliformes Fecales | 133 | NMP/100ml |

Método del número más probable establecido por la norma mexicana.



Ing. M.Sc. Juan Carlos Luma Cossio
CIP: 200776
ESPECIALISTA EN SUELOS

Jorge Palacios Frisancho
BIOLOGO
CIP: 20066



Anexo 6. Resultado de la muestra 2



LABORATORIO AMBIENTAL DE AGUA SUELOS Y MECÁNICA DE SUELOS

ANÁLISIS
Físico - Químico - Microbiológico
Agua, suelo, alimentos
Medio ambiente
Mecánica de suelos y otros.



RESULTADO DE ANÁLISIS

ASUNTO: ANALISIS FISICOQUÍMICO MUESTRA DE AGUA 002

PROCEDENCIA : BARRIO 15 DE AGOSTO Y SAN SALVADOR DISTRITO DE JULIACA ,
PROVINCIA DE SAN ROMAN JULIACA – PUNO.
INTERESADO : BACH. EDWIN PANCCA MAMANI
MOTIVO : Análisis Físico-químico Y Bagteriológico
PROYECTO : Diagnóstico del impacto por la existencia de letrinas en la calidad del agua sub
Térrea para el consumo humano en los barrios 15 de agosto y San Salvador,
del Distrito de Juliaca – San Román – Puno.
MUESTREO : 12/08/2020 (por el interesado)
ANALISIS : 13/08/2020

CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS:

Aspecto : Líquido
Color : Incoloro
Olor : Desagradable
Sabor : Desagradable

CARACTERÍSTICAS FÍSICO – QUÍMICA:

pH : 7.86

C.E.: 1.40 mS/cm.

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS:

Dureza total (como CaCO₃) : 620.60 mg/l
Alcalinidad (como CaCO₃) : 120.00 mg/l
Cloruros (como Cl⁻) : 25.53mg/l
Sulfatos (como SO₄⁼) : 130.00 mg/l
Nitratos (como NO₃⁻) : 0.02 mg/l
Calcio (como Ca⁺⁺) : 120.00 mg/l
Magnesio (como Mg⁺⁺) : 80.00 mg/l
Sólidos Disueltos totales : 0.70 g/l
Al : 0.3 mg/l
Cu : 2 mg/l
Zinc : 0.00 mg/l
Na : 3.00 mg/l
Turbiedad : 0.02 Unidades Nefolometricas de Turbidez NTU
Amoniaco : 0.20 mg/l

PARÁMETROS BIOLÓGICOS:

| PARÁMETROS | | UNIDAD |
|--------------------|-----|-----------|
| Coliformes Totales | 300 | NMP/100ml |
| Coliformes Fecales | 100 | NMP/100ml |

Método del número más probable establecido por la norma mexicana.



ING. M.Sc. Juan Carlos Loma Quecacho
CIP: 201776
ESPECIALISTA EN SUELOS

Logo Polacios Frisancho
BIOLÓGICO
GPR-2022

Anexo 7. Resultado de la muestra 3



LABORATORIO AMBIENTAL DE AGUA SUELOS Y MECÁNICA DE SUELOS

ANÁLISIS
Físico - Químico - Microbiológico
Agua, suelo, alimentos
Medio ambiente
Mecánica de suelos y otros.



RESULTADO DE ANÁLISIS

ASUNTO: ANALISIS FISICOQUÍMICO MUESTRA DE AGUA 003

PROCEDENCIA : BARRIO 15 DE AGOSTO Y SAN SALVADOR DISTRITO DE JULIACA ,
PROVINCIA DE SAN ROMAN JULIACA – PUNO.
INTERESADO : BACH. EDWIN PANCCA MAMANI
MOTIVO : Análisis Físico-químico Y Bacteriológico
PROYECTO : Diagnóstico del impacto por la existencia de letrinas en la calidad del agua sub
Terránea para el consumo humano en los barrios 15 de agosto y San Salvador,
del Distrito de Juliaca – San Román – Puno.
MUESTREO : 12/08/2020 (por el interesado)
ANÁLISIS : 13/08/2020

CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS:

Aspecto : Líquido
Color : Incoloro
Olor : Desagradable
Sabor : Desagradable

CARACTERÍSTICAS FÍSICO – QUÍMICA:

pH : 7.80

C.E.: 1.30 mS/cm.

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS:

| | | | |
|---|---|--------|--|
| Dureza total (como CaCO ₃) | : | 550.20 | mg/l |
| Alcalinidad (como CaCO ₃) | : | 98.00 | mg/l |
| Cloruros (como Cl ⁻) | : | 82.27 | mg/l |
| Sulfatos (como SO ₄ ⁼) | : | 120.00 | mg/l |
| Nitratos (como NO ₃) | : | 0.01 | mg/l |
| Calcio (como Ca ⁺⁺) | : | 90.60 | mg/l |
| Magnesio (como Mg ⁺⁺) | : | 80.10 | mg/l |
| Sólidos Disueltos totales | : | 0.65 | g/l |
| Al | : | 0.2 | mg/l |
| Cu | : | 1 | mg/l |
| Zinc | : | 0.00 | mg/l |
| Na | : | 2.50 | mg/l |
| Turbiedad | : | 0.01 | 02 Unidades Nefolométricas de Turbidez NTU |
| Amoniaco | : | 0.10 | mg/l |

PARÁMETROS BIOLÓGICOS:

| PARÁMETROS | | UNIDAD |
|--------------------|-----|-----------|
| Coliformes Totales | 200 | NMP/100ml |
| Coliformes Fecales | 66 | NMP/100ml |

Método del número más probable establecido por la norma mexicana.

M.Sc. Juan Carlos Lantieri
CIP: 200728
ESPECIALISTA EN SUELOS

Lordy Palacios
BIOLOGO
CIP: 2125

Oficina: jirón Huallaga N° 142 Barrio Manto Nueva Esperanza Puno



Anexo 8. Resultado de la muestra 4



**LABORATORIO AMBIENTAL DE
AGUA SUELOS Y MECÁNICA DE SUELOS**

ANÁLISIS
Físico - Químico - Microbiológico
Agua, suelo, alimentos
Medio ambiente
Mecánica de suelos y otros.



RESULTADO DE ANÁLISIS

ASUNTO: ANALISIS FISICOQUÍMICO MUESTRA DE AGUA 004

PROCEDENCIA : BARRIO 15 DE AGOSTO Y SAN SALVADOR DISTRITO DE JULIACA ,
PROVINCIA DE SAN ROMAN JULIACA – PUNO.
INTERESADO : BACH. EDWIN PANCCA MAMANI
MOTIVO : Análisis Físico-químico y Bagteriológico
PROYECTO : Diagnóstico del impacto por la existencia de letrinas en la calidad del agua sub
Terránea para el consumo humano en los barrios 15 de agosto y San Salvador,
del Distrito de Juliaca – San Román – Puno.
MUESTREO : 12/08/2020 (por el interesado)
ANALISIS : 13/08/2020

CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS:

Aspecto : Líquido
Color : Incoloro
Olor : Desagradable
Sabor : Desagradable

CARACTERÍSTICAS FISICO – QUÍMICA:

pH : 7.60

C.E.: 098 mS/cm.

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS:

Dureza total (como CaCO₃) : 550.70 mg/l
Alcalinidad (como CaCO₃) : 80.30 mg/l
Cloruros (como Cl⁻) : 99.29 mg/l
Sulfatos (como SO₄⁼) : 112.00 mg/l
Nitratos (como NO₃⁼) : 0.02 mg/l
Calcio (como Ca⁺⁺) : 80.00 mg/l
Magnesio (como Mg⁺⁺) : 60.00 mg/l
Sólidos Disueltos totales : 0.49 g/l
Al : 0.1 mg/l
Cu : 1 mg/l
Zinc : 0.00 mg/l
Na : 2.00 mg/l
Turbiedad : 0.02 Unidades Nefolométricas de Turbidez NTU
Amoniaco : 0.10 mg/l

PARÁMETROS BIOLÓGICOS:

| PARÁMETROS | | UNIDAD |
|--------------------|-----|-----------|
| Coliformes Totales | 150 | NMP/100ml |
| Coliformes Fecales | 50 | NMP/100ml |

Método del número más probable establecido por la norma mexicana.

Ing. M.Sc. Juan Carlos Luna Quecaño
CIP: 200776
ESPECIALISTA EN SUELOS

Lorgio Palacios Frisabato
BIOLOGO
CIP: 2125