

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental Celendín



**“EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL
OBLIGATORIO EN EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE LAS
AGUAS PROVENIENTES DE LA QUESERA, DISTRITO DE
CELENDÍN”**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

PRESENTADO POR EL BACHILLER:

CHRISTIAN RAFAEL SILVA CHÁVEZ

Asesores:

Ing. Quim. Jorge Silvestre Lezama Bueno

Dr. Augusto Hugo Mosqueira Estraver

CELENDÍN – PERÚ

2021

COPYRIGHT © 2021 by
CHRISTIAN RAFAEL SILVA CHÁVEZ
Todos los derechos reservados



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

Fundada por Ley N° 14015 del 13 de febrero de 1,962

"Norte de la Universidad Peruana"

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Secretaría Académica

-----000-----

ACTA DE SUSTENTACIÓN VIRTUAL DE TESIS

En la ciudad de Cajamarca, a los veintisiete días del mes de agosto del año dos mil veintiuno, se reunieron en la Plataforma Virtual de la Universidad Nacional de Cajamarca, a través del Google Meet, los miembros del Jurado, designados por el Consejo de Facultad de Ciencias Agrarias, según Resolución de Consejo de Facultad N° 573-2019-FCA-UNC, con el objeto de evaluar la sustentación del trabajo de Tesis titulado: "**EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL OBLIGATORIO EN EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE LAS AGUAS PROVENIENTES DE LA QUESERA, DISTRITO DE CELENDÍN**", ejecutado(a) por el Bachiller en Ciencias Ambientales, don CHRISTIAN RAFAEL SILVA CHÁVEZ para optar el Título Profesional de **INGENIERO AMBIENTAL**.

A las dieciséis horas y dieciséis minutos, de acuerdo a lo estipulado en el Reglamento respectivo, el Presidente del Jurado dio por iniciado el evento, invitando al sustentante a exponer su trabajo de Tesis y, luego de concluida la exposición, el jurado procedió a la formulación de preguntas. Concluido el acto de sustentación, el Jurado procedió a deliberar, para asignarle la calificación. Acto seguido, el Presidente del Jurado anunció la **Aprobación por Unanimidad** con el calificativo de catorce (14); por tanto, el Bachiller queda expedito para que inicie los trámites y se le otorgue el Título Profesional de **Ingeniero Ambiental**.

A las diecisiete horas y cuarenta y tres minutos del mismo día, el Presidente del Jurado dio por concluido el acto y dando las siguientes recomendaciones:

Se recomienda mejorar las conclusiones.

Incluir una conclusión en cuanto a la calidad del agua de consumo humano de la ciudad de Celendín.

Realizar la comparación de la fuente de agua con la categoría A2 del ECA de calidad de agua, DS N° 004-2017-MINAM

Dr. Ing. Glicerio Eduardo Torres Carranza

Dr. Ing. Eduardo Torres Carranza
PRESIDENTE

Ing. M. Sc. Giovana Chávez Horna
SECRETARIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

Fundada por Ley N° 14015 del 13 de febrero de 1962

"Norte de la Universidad Peruana"

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Secretaría Académica

-----000-----

Ing. M. Sc. Edgar Díaz Mori
VOCAL

Ing. Jorge Lezama Bueno
ASESOR

Mg. Augusto Mosqueira Estraver
ASESOR

DEDICATORIA

A Dios por permitirme vivir y disfrutar de cada día

A mis seres queridos por creer en mí

AGRADECIMIENTO

A mis asesores Ing. Jorge Silvestre Lezama Bueno y Mg. Augusto Hugo Mosqueira Estraver, quienes me brindaron su apoyo y tiempo para la culminación de este trabajo.

A Mg. Carmen Elvira Ruiz Aliaga por su constante orientación y su disponibilidad a ayudarme dándome seguridad y apoyo en todo el proceso de este trabajo.

A Elizabeth Guadalupe Ruiz Aliaga, quien ayudó en el desarrollo de este trabajo.

CONTENIDO

| | |
|--|------|
| DEDICATORIA..... | iv |
| AGRADECIMIENTO | v |
| CONTENIDO..... | vi |
| ÍNDICE DE TABLAS..... | viii |
| ÍNDICE DE FIGURAS | ix |
| RESUMEN..... | xi |
| ABSTRACT | xii |
| CAPÍTULO I..... | 1 |
| INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 1.2. Objetivo..... | 2 |
| 1.2.1. Objetivo general | 2 |
| 1.2.2. Objetivos específicos..... | 3 |
| CAPÍTULO II..... | 4 |
| REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA..... | 4 |
| 2.1. Antecedentes | 4 |
| 2.2. Marco teórico..... | 6 |
| 2.2.1. El agua..... | 6 |
| 2.2.2. Agua potable | 6 |
| 2.2.3. Características del agua..... | 7 |
| 2.2.4. Calidad del agua para consumo humano..... | 8 |
| 2.2.5. Factores que intervienen en la aptitud del agua | 10 |
| 2.2.6. Necesidad del control | 10 |
| 2.2.7. Normativa para calidad del agua de consumo humano..... | 11 |
| CAPÍTULO III | 18 |
| MATERIALES Y MÉTODOS..... | 18 |
| 3.1. Localización del área de estudio | 18 |
| 3.2. Descripción del área de estudio del manantial La Quesera | 19 |
| 3.2.1. Cuenca de recolección del manantial La Quesera..... | 19 |
| 3.2.2. Red hidrográfica y topografía de la zona | 20 |
| 3.2.3. Hidrogeología de la zona del manantial La Quesera..... | 21 |
| 3.2.4. Precipitaciones promedio anuales en la zona del manantial La Quesera..... | 22 |
| 3.2.4. Hidrogeología de la zona del manantial La Quesera..... | 22 |
| 3.2.5. Suelos en la zona del manantial La Quesera | 26 |
| 3.2.6. Uso actual del suelo en la zona del manantial La Quesera | 27 |

| | |
|--|----|
| 3.2.7. Ambiente biológico | 28 |
| 3.3. Materiales..... | 29 |
| 3.2.1. Materiales y equipos de laboratorio para análisis | 29 |
| 3.2.2. Materiales de campo..... | 29 |
| 3.4. Metodología | 30 |
| 3.4.1. Actividades pre muestreo | 30 |
| 3.4.2. Muestreo..... | 31 |
| 3.4.3. Trabajo de laboratorio | 33 |
| 3.4.4. Métodos utilizados para análisis de aguas..... | 33 |
| 3.4.4. Comparación de resultados | 34 |
| CAPÍTULO IV | 35 |
| RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 35 |
| 4.1. Resultados de los muestreos | 35 |
| 4.1.1. Potencial de hidrógeno | 37 |
| 4.1.2. Turbiedad | 38 |
| 4.1.3. Cloro libre residual..... | 41 |
| 4.1.4. Color..... | 43 |
| 4.1.5. Coliformes totales | 45 |
| 4.1.6. Coliformes termotolerantes | 47 |
| CAPÍTULO V..... | 50 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 50 |
| 5.1. CONCLUSIONES | 50 |
| 5.2. RECOMENDACIONES | 51 |
| CAPÍTULO VI | 52 |
| LITERATURA CITADA | 52 |
| ANEXOS | 60 |
| Fotografías de los muestreos..... | 60 |
| Informes de ensayo | 67 |
| Cadenas de custodia..... | 75 |
| Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua..... | 77 |
| Límites Máximos Permisibles para Agua | 79 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Límites máximos permisibles de la OMS para agua potable en función a los parámetros de control obligatorio..... | 11 |
| Tabla 2. Parámetros de control obligatorio | 13 |
| Tabla 3. Estándares nacionales de calidad ambiental para agua en función a los parámetros de control obligatorio..... | 17 |
| Tabla 4. Ubicación de los puntos de muestreo en el sistema de abastecimiento de agua potable | 18 |
| Tabla 5. Suelos de la zona del manantial La Quesera | 26 |
| Tabla 6. Uso actual del suelo de la zona del manantial La Quesera..... | 27 |
| Tabla 7. Periodicidad de muestreo. | 31 |
| Tabla 8. Métodos utilizados en el análisis de muestras de agua..... | 34 |
| Tabla 9. Resultados de los muestreos correspondiente al mes de julio de 2019. | 35 |
| Tabla 10. Resultados de los muestreos correspondiente al mes de agosto de 2019. | 36 |
| Tabla 11. Resultados de los muestreos correspondiente al mes de setiembre de 2019. . | 36 |
| Tabla 12. Resultados de los muestreos correspondiente al mes de octubre de 2019. | 36 |
| Tabla 13. Potencial de hidrógeno (pH) registrado durante los meses de julio – octubre del año 2019..... | 37 |
| Tabla 14. Turbiedad registrada durante los meses de julio – octubre del año 2019..... | 38 |
| Tabla 15. Cloro libre residual registrado durante los meses de julio – octubre del año 2019. | 41 |
| Tabla 16. Color registrado durante los meses de julio – octubre del año 2019..... | 43 |
| Tabla 17. Coliformes totales registrados durante los meses de julio – octubre del año 2019. | 45 |
| Tabla 18. Coliformes termotolerantes registrados durante los meses de julio – octubre del año 2019..... | 47 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Ubicación de los puntos de muestreo..... | 19 |
| Figura 2. Delimitación del área La Quesera. | 20 |
| Figura 3. Red hidrográfica y topográfica de la zona del manantial La Quesera. | 21 |
| Figura 4. Recarga hídrica de la zona del manantial La Quesera. | 22 |
| Figura 5. Geología de la zona del manantial La Quesera. | 25 |
| Figura 6. Suelos de la zona del manantial La Quesera. | 26 |
| Figura 7. Uso actual del suelo de la zona del manantial La Quesera. | 27 |
| Figura 8. Potencial de hidrógeno (pH) registrado durante los meses de julio – octubre del año 2019..... | 38 |
| Figura 9. Turbiedad registrada durante los meses de julio – octubre del año 2019. | 40 |
| Figura 10. Cloro libre residual registrado durante los meses de julio – octubre del año 2019. | 42 |
| Figura 11. Color registrado durante los meses de julio – octubre del año 2019. | 44 |
| Figura 12. Coliformes totales registrados durante los meses de julio – octubre del año 2019. | 46 |
| Figura 13. Coliformes termotolerantes registrados durante los meses de julio – octubre del año 2019..... | 48 |
| Figura 14. Captación del manantial La Quesera..... | 60 |
| Figura 15. Toma de datos usando el multiparámetro. | 60 |
| Figura 16. Medición de Cloro Libre Residual en la entrada de la PTAP. | 61 |
| Figura 17. Adición de reactivos para la preservación de Oxígeno Disuelto. | 61 |
| Figura 18. Medición de Temperatura de agua en conexión domiciliaria. | 62 |
| Figura 19. Toma de muestra de agua para análisis de metales totales en la captación. . | 62 |
| Figura 20. Georreferenciación de punto de monitoreo de entrada de agua de la PTAP. | 63 |
| Figura 21. Toma de muestra de agua para análisis de Dureza Total en entrada a Reservorio..... | 63 |
| Figura 22. Determinación de Turbidez usando el espectofotómetro..... | 64 |
| Figura 23. Toma de Conductividad Eléctrica usando el multiparámetro. | 64 |
| Figura 24. Toma de muestra de agua para análisis de Colif. Tot. y Termotolerantes. ... | 65 |
| Figura 25. Medición de Cloro Libre Residual en conexión domiciliaria. | 65 |
| Figura 26. Toma de muestra de agua para análisis de Color. | 66 |
| Figura 27. Medición de Temperatura en la entrada de agua a la PTAP. | 66 |
| Figura 28. Informe de ensayo Laboratorio Regional del Agua del mes de julio de 2019. | 68 |
| Figura 29. Informe de ensayo Laboratorio Regional del Agua del mes de agosto de 2019. | 70 |
| Figura 30. Informe de ensayo Laboratorio Regional del Agua del mes de setiembre de 2019. | 72 |
| Figura 31. Informe de ensayo Laboratorio Regional del Agua del mes de octubre de 2019. | 74 |
| Figura 32. Cadena de custodia de los análisis del mes de agosto de 2019..... | 75 |
| Figura 33. Cadena de custodia de los análisis del mes de octubre de 2019. | 76 |
| Figura 34. Estándares de Calidad Ambiental para Agua..... | 78 |
| Figura 35. Límites Máximos Permisibles del Reglamento de la calidad del agua para consumo humano. | 81 |

LISTA DE ABREVIACIONES

| | |
|----------|---|
| CEPIS: | Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente |
| OMS: | Organización Mundial de la Salud |
| OPS: | Organización Panamericana de la Salud |
| PCO: | Parámetros de Control Obligatorio |
| LMP: | Límite Máximo Permisible |
| ECA: | Estándares de Calidad Ambiental |
| EPS: | Empresa Prestadora de Servicios |
| SEMACEL: | Servicio Municipal de Agua Potable y Alcantarillado Celendín |
| ANA: | Autoridad Nacional del Agua |
| SUNASS: | Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento |
| MINSA: | Ministerio de Salud |
| ANDA: | Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados |

RESUMEN

Se evaluó los parámetros de control obligatorio exigidos por el “Reglamento de la calidad del agua para consumo humano” en el sistema de abastecimiento de agua proveniente de La Quesera, distrito de Celendín, en cuatro puntos de muestreo (según Resolución de Consejo Directivo N° 015-2012-SUNASS) P01: manantial La Quesera, P02: PTAP La Quesera, P03: reservorio El Cumbe y P04: vivienda en red de distribución; durante los meses de julio, agosto, setiembre y octubre del año 2019; recolectándose muestras de agua natural y agua tratada con periodicidad mensual, los parámetros evaluados fueron pH, turbiedad, color, residual desinfectante (cloro libre residual), coliformes totales y coliformes termotolerantes. Los resultados del P01 se compararon con los Estándares de Calidad Ambiental según el D.S. N° 004-2017-MINAM, mientras que los demás puntos se compararon con los Límites Máximos Permisibles según el D.S. N° 031-210-SA.

De las 84 muestras tomadas, 67 (equivalente al 79.76%) cumplen con las normativas antes mencionadas. Es así que los resultados de pH en los 04 puntos se encuentran dentro de las normativas, para turbiedad y color en el mes de octubre el punto P02 muestra valores que incumplen las normativa (turbidez: 11.0 NTU – color: 19.6 UCV Pt/Co), así como en el mes de setiembre en los puntos P02 y P03 (Color: 17.3 y 15.7 UCV Pt/Co), para cloro libre residual en el mes de setiembre los puntos P03 y P04 muestran valores que incumplen las normativas (0.0 mg Cl₂/L en ambos puntos) así como en el mes de octubre en el punto P04 (0.0 mg Cl₂/L), para coliformes totales en el mes de julio en el P02 muestra valores que incumplen las normativas (70.0 NMP/100 mL) así como para los meses de setiembre y octubre en el punto P02 (P02: 540.0 y 92000.0 NMP/100 mL) y por último para coliformes termotolerantes en el mes de octubre en el P01 muestra valores que incumplen las normativas (116000.0 NMP/100 mL) y en el P02 en los meses de setiembre y octubre en el punto P02 (110.0 y 35000.0 NMP/100 mL respectivamente).

ABSTRACT

The mandatory control parameters required by the "Quality's Regulation of water for human consumption" in the water supply system from La Quesera, Celendín district, were evaluated at four sampling points (according to Directive Council Resolution No. 015-2012-SUNASS) P01: La Quesera spring, P02: La Quesera PTAP, P03: El Cumbe reservoir and P04: housing in the distribution network; during the months of July, August, September and October of the year 2019; collecting samples of natural water and treated water on a monthly basis, the evaluated parameters were pH, turbidity, color, disinfectant residual (residual free chlorine), total coliforms and thermotolerant coliforms. The P01 results were compared with the Environmental Quality Standards according to the D.S. N ° 004-2017-MINAM, while the other points were compared with the Maximum Permissible Limits according to the D.S. No. 031-210-SA.

Of the 84 samples taken, 67 (equivalent to 79.76%) comply with regulations aforementioned regulations. Thus, the results of pH in the 04 points are within the standards, for turbidity and color in the month of October, point P02 shows values that do not comply with the standards (turbidity: 11.0 NTU - color: 19.6 UCV Pt/Co), as well as in the month of September in points P02 and P03 (turbidity: 11.0 NTU - color: 19.6 UCV Pt/Co), as well as in the month of September at points P02 and P03 (Color: 17.3 and 15.7 UCV Pt/Co), for free residual chlorine in the month of September points P03 and P04 show values that do not comply with the regulations (0.0 mg Cl₂/L in both points) as well as in the month of October at point P04 (0.0 mg Cl₂/L), for total coliforms in the month of July at P02 shows values that do not comply with the regulations (70.0 NMP/100 mL) as well as for the months of September and October at point P02 (P02: 540.0 and 92000.0 NMP/100 mL) and finally for thermotolerant coliforms in the month of October at P01 shows values that do not comply with the regulations (116000.0 NMP/100 mL) and at P02 in the months of September and October at point P02 (110.0 and 35000.0 NMP/100 mL respectively).

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El año 2016 la Municipalidad Provincial de Celendín gestionó el proyecto denominado “Instalación de la captación y conducción de agua potable para la ciudad de Celendín, Sucre, José Gálvez y Jorge Chávez, provincia de Celendín, departamento de Cajamarca”, con el objetivo de disminuir el alto porcentaje de enfermedades infecciosas y parasitarias en la población de Celendín. Uno de los problemas técnicos fue la disponibilidad de fuente de agua. La alternativa desarrollada consiste en captar el agua de la fuente La Quesera, la cual cuenta con la cantidad de agua necesaria para satisfacer el déficit de agua de la población objetivo; sin embargo, dada la calidad del agua se planteó implementar una planta de tratamiento. Todo el sistema funciona netamente por gravedad conduciendo el agua desde la captación hasta un presedimentador, luego hacia la planta de tratamiento la misma que incluye un sistema de desinfección; y finalmente se conducirá el agua tratada hacia un reservorio existente El Cumbe.

El sistema de abastecimiento de agua potable La Quesera ha quedado bajo la administración de la Municipalidad Provincial de Celendín (SEMACEL), la cual no cuenta con un plan de control de calidad (PCC) aprobado por SUNASS, pero cuentan con un plan de trabajo en el cual se detalla las frecuencias de monitoreo en lo que respecta a la calidad de agua potable que produce y distribuyen a los usuarios, por lo que se

consideró de especial importancia evaluar los parámetros de control obligatorio (PCO) en las etapas de captación, tratamiento, almacenamiento, desinfección y distribución, del sistema de abastecimiento de agua potable proveniente del manantial La Quesera, en el distrito de Celendín.

Por lo expuesto, el presente trabajo realiza 04 monitoreos, iniciándose en julio de 2019 y finalizando en octubre de 2019.

Los lugares de muestreo son: La Quesera (manantial), entrada a la planta de tratamiento de agua potable La Quesera, entrada al reservorio El Cumbe y vivienda en red de distribución, cumpliendo así con los puntos de muestreo establecidos en la Resolución de Consejo Directivo N° 015-2012-SUNASS-CD.

En cumplimiento al Reglamento de la calidad del agua para consumo humano, mediante el cual se establece parámetros de control obligatorio (PCO) los cuales son: coliformes totales, coliformes termotolerantes, color, turbiedad, residual de desinfectante (cloro residual) y pH, se ha procedido a evaluar el grado, nivel o concentración de cada parámetro en relación con lo establecido en los ECA Subcategoría A2 del Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM y a los LMP del Decreto Supremo N° 031-2010-SA.

1.2. Objetivo

1.2.1. Objetivo general

- Evaluar los parámetros de control obligatorio en el sistema de abastecimiento de agua potable, proveniente del manantial La Quesera, en el distrito de Celendín.

1.2.2. Objetivos específicos

- Evaluar los parámetros fisicoquímicos de control obligatorio en el sistema de abastecimiento de agua potable, proveniente del manantial La Qesera, en el distrito de Celendín.
- Evaluar los parámetros microbiológicos de control obligatorio en el sistema de abastecimiento de agua potable, proveniente del manantial La Qesera, en el distrito de Celendín.
- Comparar los parámetros de control obligatorio del sistema de abastecimiento de agua potable, proveniente del manantial La Qesera, con las normas nacionales de agua para consumo humano.

CAPÍTULO II

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Antecedentes

Silva (2008), realizó un estudio con el objetivo de determinar la calidad microbiana del agua potable de la ciudad de Celendín, en 3 puntos de monitoreo (captación caserío Molinopampa, reservorio El Cumbe y red de distribución) llevado a cabo en 4 meses. El agua potable de la ciudad de Celendín presentó resultados que se compararon con la Norma Técnica Nacional: INDECOPI 1997, estándares establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la EPA (Environmental Protection Agency). Concluyó que existe contaminación microbiológica en las aguas de consumo humano de la red de agua potable en la ciudad de Celendín, ya que se superan los estándares para agua potable establecidos en la legislación nacional (presencia de coliformes totales y fecales), e internacional relevante (EPA y OMS).

Díaz (2014), realizó un estudio con el objetivo de determinar los factores que influyen en la calidad del agua del manantial de Molinopampa antes de entrar al sistema de abastecimiento de agua de consumo doméstico de la ciudad de Celendín. Los datos corresponden a tres puntos de monitoreo, que se obtuvieron en la época de lluvia y de estiaje. Los monitoreos se iniciaron en septiembre 2008 y culminaron en

junio 2009, siguiendo un riguroso protocolo de monitoreo para determinar la calidad de aguas para consumo humano y en compañía del personal de DESA Cajamarca, los resultados indican influencia de la calidad de agua del manantial Molinopampa por condiciones geo edáficas y actividades antrópicas. Asimismo, los Índices de la Calidad del Agua (ICA) del manantial de Molinopampa, oscilan entre 62.81 a 77.71; que según la escala de Brown está entre regular a buena, recomendando su tratamiento previo, antes de su consumo en la ciudad de Celendín.

Pereyra (2018), realizó un estudio con el objetivo de determinar la calidad fisicoquímica y microbiológica del manantial La Quesera; a fin de dar a conocer a la población de Celendín el grado, nivel o concentración de cada parámetro en relación a lo establecido en los Estándares de Calidad Ambiental según DS N°004-2017-MINAM. La evaluación se realizó por un periodo de 10 meses. Se evidenció que el Potencial de Hidrógeno, Conductividad Eléctrica, Sólidos Totales, Turbiedad (época seca), Nitratos, Cloruros, Sulfuros, Aluminio y Hierro, cumplen con el ECA-DS N°004-2017-MINAM; así mismo se determinó que existe presencia de Coliformes Fecales y Totales lo que demuestran que el manantial La Quesera no cumple con los requerimientos exigidos por la norma peruana para agua potable.

Por su parte Medina (2018), realizó un estudio con el objetivo de determinar la calidad del agua para consumo humano (teniendo en cuenta la turbidez y coliformes termotolerantes presentes en el agua) en la zona urbana del distrito de Celendín, provincia Celendín, región Cajamarca en 5 puntos de monitoreo, durante 1 año con frecuencia mensual. El agua presentó resultados promedio que se compararon con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental ECA-DS N°004-2017-MINAM a la entrada y salida de la planta y en los otros puntos con los LMP según el DS-N°031-2010-SA DIGESA, obteniéndose en el ingreso a la planta 106,86 NMP/100mL de

coliformes termotolerantes y 4,58 de UNT, a la salida de la planta 6,74 NMP/100ml de coliformes termotolerantes y 0,93 UNT, en el tercer punto luego del proceso de cloración 2,07 NMP/100mL de coliformes termotolerantes y 0,39 UNT, a la llegada al reservorio se registró 2,98 NMP/100mL de coliformes termotolerantes y 0,65 UNT, en la red de distribución 0,41 UNT y 1,15 NMP/100mL, ligeramente menor que 1,18 NMP/100 mL de coliformes termotolerantes. Por lo que la calidad del agua en los dos parámetros evaluados cumple con las normas peruanas, anteriormente citadas.

2.2. Marco teórico

2.2.1. El agua

El agua es un líquido incoloro, casi inodoro e insípido, su fórmula química es H₂O, este líquido esencial para la vida animal y vegetal, es muy empleado como solventes. El agua potable contaminada origina enfermedades tanto en los países en desarrollo como en los desarrollados, al mismo tiempo constituye un recurso fundamental en el desarrollo de la vida humana y de la industria (Gámez 2002).

“El agua es un recurso natural renovable, indispensable para la vida, vulnerable y estratégico para el desarrollo sostenible, el mantenimiento de los sistemas y ciclos naturales que la sustentan, y la seguridad de la Nación” (ANA 2019).

2.2.2. Agua potable

Se denomina agua potable aquella que es apta para consumo humano y que satisface las condiciones y requisitos físicos, químicos, organolépticos y microbiológicos; es decir, sin olor ni color, libre de cualquier gusto objetable y pueda ser consumida en

cantidades deseables sin preocupación de efectos desfavorables sobre la salud (Cruz 2006:14).

2.2.3. Características del agua

Es conocimiento de todos que el agua tiene varias propiedades fijadas que la convierten en un elemento indispensable para la vida, por otro lado, también cuenta con características que determinan su calidad y aptitud.

Sin embargo, para conocer qué tan pura o contaminada está el agua es necesario medir ciertos parámetros (Saravia 2019:10). Las medidas de aptitud de agua, están esencialmente clasificados en físicos, químicos y microbiológicos que determinan su calidad.

2.2.3.1. Parámetros físicos

Se determinan como parámetros físicos aquellas sustancias que tienen incidencia directa sobre las condiciones estéticas del agua, como son: turbiedad, color, olor y sabor, temperatura, solidos suspendidos.

2.2.3.2 Parámetros químicos

Los múltiples compuestos químicos disueltos en el agua pueden ser de origen natural o industrial y serán benéficos o dañinos de acuerdo a su composición y concentración (IAGUA 2016)

Por razones didácticas los parámetros químicos del agua se dividen en dos clases como: indicadores (pH, acidez, alcalinidad) y sustancias químicas (compuestos químicos).

2.2.3.3 Parámetros Biológicos

Las aguas crudas pueden tener una gran variedad de microorganismos. Los microorganismos en el agua pueden ser patógenos o no patógenos, es decir, que uno de ellos puede causar enfermedades a los seres vivos, mientras que por no patógenos se entiende lo contrario (Tacora 2018).

2.2.4. Calidad del agua para consumo humano

El agua destinada al consumo humano es la que sirve para beber, cocinar, preparar alimentos u otros usos domésticos. Cada país regula la calidad del agua destinada al consumo humano; la cual establece que no puede contener ningún tipo de microorganismo, parásito o sustancia, en una cantidad o concentración que pueda suponer un peligro para la salud humana. Así debe estar totalmente exenta de las bacterias como *Escherichia coli* y otras. Normalmente el agua potable es captada de manantiales de aguas cristalinas, o extraída del suelo mediante pozos profundos, extrayendo el agua de un acuífero de buena calidad. No obstante, el agua debe ser tratada para el consumo humano, y puede ser necesaria la extracción de sustancias disueltas, de sustancias sin disolver y de microorganismos perjudiciales para la salud (ANDA 2015).

La calidad del agua se define en función de un conjunto de características variables fisicoquímicas o microbiológicas, así como de sus valores de aceptación o de rechazo. La calidad fisicoquímica del agua se basa en la determinación de sustancias químicas específicas que pueden afectar a la salud, tras cortos o largos periodos de exposición (Rojas, citado por Zegarra 2016:32).

La cantidad de agua dulce existente en la tierra es limitada, y su calidad está sometida a una presión constante. La conservación de la calidad del agua dulce es importante para el suministro de agua de bebida, la producción de alimentos y el uso recreativo. La calidad del agua puede verse comprometida por la presencia de agentes infecciosos, productos químicos tóxicos o radiaciones (OMS 2019).

2.2.4.1. Calidad fisicoquímica del agua

La mayoría de los productos químicos sólo constituyen un peligro en la salud de las personas cuando su presencia ocurre en el agua de manera prolongada; mientras que otros pueden producir efectos peligrosos tras múltiples exposiciones en un periodo corto. Existe una gran cantidad de parámetros químicos los cuales determinan la calidad del agua, sin embargo, son pocas las sustancias de las que se haya comprobado que causan efectos nocivos sobre la salud humana como consecuencia de la exposición a cantidades excesivas de las mismas en el agua de consumo, tales como fluoruro, el arsénico, el nitrato y el plomo (OMS, citado por Saldaña 2017:20).

2.2.4.2. Calidad microbiológica del agua

La verificación de la calidad microbiológica del agua por lo general incluye sólo análisis microbiológicos. Dichos análisis son de suma importancia, ya que el riesgo para la salud más común y extendido asociado al agua de consumo es la contaminación microbiana. Así pues, el agua destinada al consumo humano no debería contener microorganismos indicadores. En la mayoría de los casos, conllevará el análisis de microorganismos indicadores de contaminación fecal, pero también puede incluir, en algunas circunstancias, la determinación de las concentraciones de patógenos específicos. Para determinar la contaminación fecal, generalmente se usa como indicador la presencia de *Escherichia coli*. A su vez, el

análisis de la presencia de bacterias coliformes termotolerantes puede ser una alternativa aceptable en muchos casos (OMS, citado por Saldaña 2017:20).

2.2.5. Factores que intervienen en la aptitud del agua

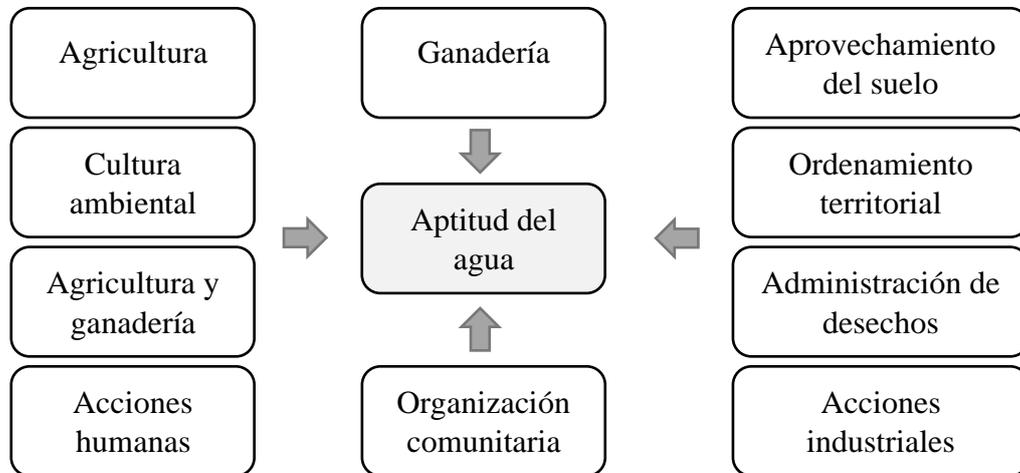


Ilustración 1. Factores que intervienen en la aptitud del agua.

Fuente: Tomado de Evaluación de los parámetros de control obligatorio del agua potable de la zona urbana en la ciudad de Juli, Provincia de Chucuito, Región Puno, 2018:32.

2.2.6. Necesidad del control

2.2.6.1. Control de calidad

El control de calidad del agua para consumo humano es ejercido por el proveedor en el sistema de abastecimiento de agua potable. En este sentido, el proveedor a través de sus procedimientos garantiza el cumplimiento de las disposiciones y requisitos sanitarios, y a través de prácticas de autocontrol, identifica fallas y adopta las medidas correctivas necesarias para asegurar la inocuidad del agua que provee (MINSA 2011:18).

2.2.7. Normativa para calidad del agua de consumo humano

2.2.7.1. Guías para la calidad del agua de consumo humano – Organización

Mundial de la Salud

Las ediciones de las Guías de la OMS para la calidad del agua potable fueron utilizadas por países de todo el mundo, en desarrollo y desarrollados, como base para la elaboración de reglamentos y normas orientados a garantizar la inocuidad del agua potable. Reconocen la necesidad de prestar atención prioritaria a la garantía de la inocuidad del agua y proporcionan valores de referencia correspondientes a numerosos peligros de diferentes orígenes (OMS 2006).

Es así que la cuarta y última edición de la guía de la OMS, se basa en más de 50 años de orientación de la OMS sobre la calidad del agua potable que ha formado una base autorizada para el establecimiento de normas y estándares nacionales para seguridad del agua en apoyo de la salud pública (OMS 2006).

A continuación, se detallan los LMP de los parámetros de control obligatorio (PCO) establecidos por la Organización Mundial de la Salud, los cuales son:

Tabla 1. Límites máximos permisibles de la OMS para agua potable en función a los parámetros de control obligatorio.

| Parámetro | Unidad de medida | LMP |
|---|--------------------|-----------------------------------|
| Coliformes totales | UFC/100 ml a 35°C | 0 |
| Coliformes termotolerantes | UFC/100 ml a 35°C | 0 |
| Color | UCV escala Pt/Co | No se propone valor de referencia |
| Turbiedad | UNT | 0.1 |
| Residual desinfectante (cloro libre residual) | mg L ⁻¹ | 0.2 a 1 |
| pH | Valor de Ph | No se propone valor de referencia |

Fuente: Tomado de Guías para la calidad del agua potable, 2006.

Cabe indicar que las normativas adoptadas en materia de recursos hídricos para consumo humano por diferentes países de mundo están elaboradas en base a las directrices sanitarias de la Organización Mundial de la Salud.

2.2.7.2. Reglamento de la calidad del agua para consumo humano

El año 2000, la Dirección General de Salud Ambiental, asume la tarea de elaborar el “Reglamento de la calidad del agua para consumo humano”, tarea que el 26 de setiembre del 2010, a través del D.S. N° 031-2010-SA, se vio felizmente culminada. Este reglamento, no solo establece límites máximos permisibles, en lo que a parámetros microbiológicos, parasitológicos, organolépticos, químicos orgánicos e inorgánicos y parámetros radiactivos, se refiere; sino también le asigna nuevas y mayores responsabilidades a los gobiernos regionales, respecto a la vigilancia de la calidad del agua para consumo humano (MINSa 2011:8).

En el Artículo 63°.- Parámetros de control obligatorio (PCO) se menciona: “Son parámetros de control obligatorio para todos los proveedores de agua, los siguientes: coliformes totales, coliformes termotolerantes, color, turbiedad, residual de desinfectante, y pH.” (MINSa 2011:28).

Las mismas que deben cumplirse con lo establecido a continuación:

Tabla 2. Parámetros de control obligatorio

| Parámetro | Unidad de medida | Límite máximo permisible |
|---|--------------------|--------------------------|
| Coliformes totales | UFC/100 ml a 35°C | 0 (*) |
| Coliformes termotolerantes | UFC/100 ml a 35°C | 0 (*) |
| Color | UCV escala Pt/Co | 15 |
| Turbiedad | UNT | 5 |
| Residual desinfectante (cloro libre residual) | mg L ⁻¹ | ≥ 0.5 |
| pH | Valor de pH | 6.5 – 8.5 |

UFC = Unidad formadora de colonias

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

Fuente: Tomado del Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, 2011.

- **Coliformes totales**

Las bacterias del grupo de los coliformes totales que son capaces de fermentar lactosa a 44-45 °C se conocen como coliformes termotolerantes. 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 (OMS 2006:233).

“Los coliformes totales se reproducen en el ambiente, proporcionan información sobre el proceso de tratamiento y acerca de la calidad sanitaria del agua que ingresa al sistema y de la que circula en el sistema de distribución” (Cornejo 2020:26). No constituyen un indicador de contaminación fecal (CEPIS 2004).

El Reglamento de la calidad del agua para consumo humano ha establecido un LMP de ≤ 1,8 /100 mL (MINSa 2011:38).

- **Coliformes termotolerantes**

Se sabe que la contaminación fecal del agua está relacionada con la transmisión de agentes patógenos por el agua. Por este motivo, se requieren métodos sensibles que permitan medir el grado de contaminación fecal. “Se denomina coliformes

termotolerantes a ciertos miembros del grupo de bacterias coliformes totales que están estrechamente relacionados con la contaminación fecal” (OMS, citado por Atencio 2018:25). Por este motivo, antes recibían la denominación de coliformes fecales; estos coliformes generalmente no se multiplican en los ambientes acuáticos (OMS 2006).

El Reglamento de la calidad del agua para consumo humano ha establecido un LMP de $\leq 1,8 / 100$ mL (MINSA 2011:38).

- **Color**

Idóneamente, el agua de consumo no debe tener ningún color apreciable. Generalmente, el color en el agua de consumo se debe a la presencia de materia orgánica coloreada (principalmente ácidos húmicos y fúlvicos) asociada al humus del suelo. Asimismo, la presencia de hierro y otros metales, bien como impurezas naturales o como resultado de la corrosión, también tiene una gran influencia en el color del agua (OMS 2006:186).

Esta característica del agua puede estar ligada a la turbiedad o presentarse independientemente de ella. Aún no es posible establecer las estructuras químicas fundamentales de las especies responsables del color. 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 (IAGUA 2016)

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 (CEPIS 2004).

El Reglamento de la calidad del agua para consumo humano ha establecido un LMP de 15 UCV escala Pt/Co (MINSA 2011:39).

- **Turbidez**

La turbidez es originada por las partículas en suspensión o coloides (arcillas, limo, tierra finamente dividida, etcétera). La turbiedad es causada por las partículas que forman los sistemas coloidales; es decir, aquellas que por su tamaño, se encuentran suspendidas y reducen la transparencia del agua en menor o mayor grado. La medición de la turbiedad se realiza mediante un turbidímetro o nefelómetro. Las unidades utilizadas son, por lo general, unidades nefelométricas de turbiedad (UNT) (CEPIS 2004:6).

Las partículas pueden proteger a los microorganismos de los efectos de la desinfección y pueden estimular la proliferación de bacterias. Siempre que se someta al agua a un tratamiento de desinfección, su turbidez debe ser baja, para que el tratamiento sea eficaz (OMS 2006:189).

El Reglamento de la calidad del agua para consumo humano ha establecido un LMP de 5 UNT (MINSA 2011:39).

- **Residual de desinfectante – Cloro libre residual**

MINSA, citado por Saldaña (2017) indica que el cloro libre residual 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.

La finalidad principal de la cloración es la desinfección microbiana. No obstante, el cloro actúa también como oxidante y puede eliminar o ayudar a eliminar algunas sustancias químicas; por ejemplo, puede descomponer los plaguicidas fácilmente oxidables. Por otro lado, un inconveniente del cloro es su capacidad de reaccionar con materia orgánica natural y producir trihalometanos y otros subproductos de la desinfección halogenados (OMS 2006:147).

La mayoría de las personas pueden detectar, mediante el olfato o el gusto, la presencia en el agua de consumo de concentraciones de cloro bastante menores que 5 mg/l, y algunas incluso pueden detectar hasta 0,3 mg/l. Si la concentración de cloro libre residual alcanza valores de 0,6 a 1,0 mg/l, aumenta la probabilidad de que algunos consumidores encuentren desagradable el sabor del agua. El umbral gustativo del cloro es menor que su valor de referencia basado en efectos sobre la salud (OMS 2019:185).

El Reglamento de la calidad del agua para consumo humano ha establecido un LMP de $\geq 0.5 \text{ mg L}^{-1}$ (MINSa 2011:29).

- **pH**

El pH influye en algunos fenómenos que ocurren en el agua, como la corrosión y las incrustaciones en las redes de distribución. Aunque podría decirse que no tiene efectos directos sobre la salud, sí puede influir en los procesos de tratamiento del agua, como la coagulación y la desinfección. Por lo general, las aguas naturales (no contaminadas) exhiben un pH en el rango de 5 a 9. Se considera que el pH de las aguas tanto crudas como tratadas debería estar entre 5,0 y 9,0. Por lo general, este rango permite controlar sus efectos en el comportamiento de otros constituyentes del agua (CEPIS 2004:13).

Se debe prestar mucha atención al control del pH en todas las fases del tratamiento del agua para garantizar que su clarificación y desinfección sean satisfactorias. Para que la desinfección con cloro sea eficaz, es preferible que el pH sea menor que 8; no obstante, el agua con un pH más bajo será probablemente corrosiva (OMS 2006:188).

El Reglamento de la calidad del agua para consumo humano ha establecido un LMP de 6.5 – 8.5 valor de pH (MINSA 2011:39).

2.2.5.1. Estándares nacionales de calidad ambiental para agua

En el año 2008 se promulgaron los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua (D.S. N° 002-2008-MINAM), actualizados recientemente (D.S. N° 004-2017-MINAM); así como los Límites Máximos Permisibles (LMP) para diversas industrias y el sector saneamiento que reemplazaron a normas de la década del 90.

Para el presente estudio solamente se detalla los valores de los ECAs Categoría 1, Subcategoría A2 de los parámetros de control obligatorio (PCO), los cuales son:

Tabla 3. Estándares nacionales de calidad ambiental para agua en función a los parámetros de control obligatorio.

| Parámetro | Unidad de medida | ECA Subcategoría A2 |
|---|--------------------|---------------------|
| Coliformes totales | UFC/100 ml a 35°C | ** |
| Coliformes termotolerantes | UFC/100 ml a 35°C | 2000 |
| Color | UCV escala Pt/Co | 100 |
| Turbiedad | UNT | 100 |
| Residual desinfectante (cloro libre residual) | mg L ⁻¹ | - |
| pH | Valor de pH | 5.5 – 9.0 |

*Nota: El símbolo ** significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.*

Fuente: Adaptado de D.S. N° 004-2017-MINAM.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización del área de estudio

El presente estudio se realizó en el sistema de abastecimiento de agua potable del distrito de Celendín del manantial La Quesera, que se encuentra ubicado en los distritos de Sucre, Jorge Chávez, José Gálvez y Celendín. Se realizó el trabajo en 4 puntos de muestreo, la ubicación georreferenciada se presenta a continuación:

Tabla 4. Ubicación de los puntos de muestreo en el sistema de abastecimiento de agua potable

| PM* | Estación de muestreo | Ubicación Geográfica | | | |
|-----|---------------------------------|----------------------|--------|---------|---------|
| | | Zona | Este | Norte | Altitud |
| P01 | Manantial La Quesera | 17S | 816492 | 9224641 | 2810 |
| P02 | PTAP La Quesera | 17S | 818672 | 9230133 | 2763 |
| P03 | Reservorio El Cumbe | 17S | 814749 | 9239587 | 2678 |
| P04 | Vivienda en red de distribución | 17S | 815432 | 9240024 | 2633 |

Fuente: Elaboración propia, 2019.

UTM: Sistema Universal de Media Transversal.

* = PM: Punto de muestreo.

El distrito de Celendín está ubicado en la parte central oriental de la provincia, tiene una superficie de 409 km², representando el 15,5 % de la superficie provincial. Su capital del mismo nombre, se encuentra a una altitud de 2 620 msnm y tiene una accesibilidad a través de transporte terrestre desde el departamento Amazonas y de la provincia de Cajamarca (Suárez, citado por Díaz 2014:19).

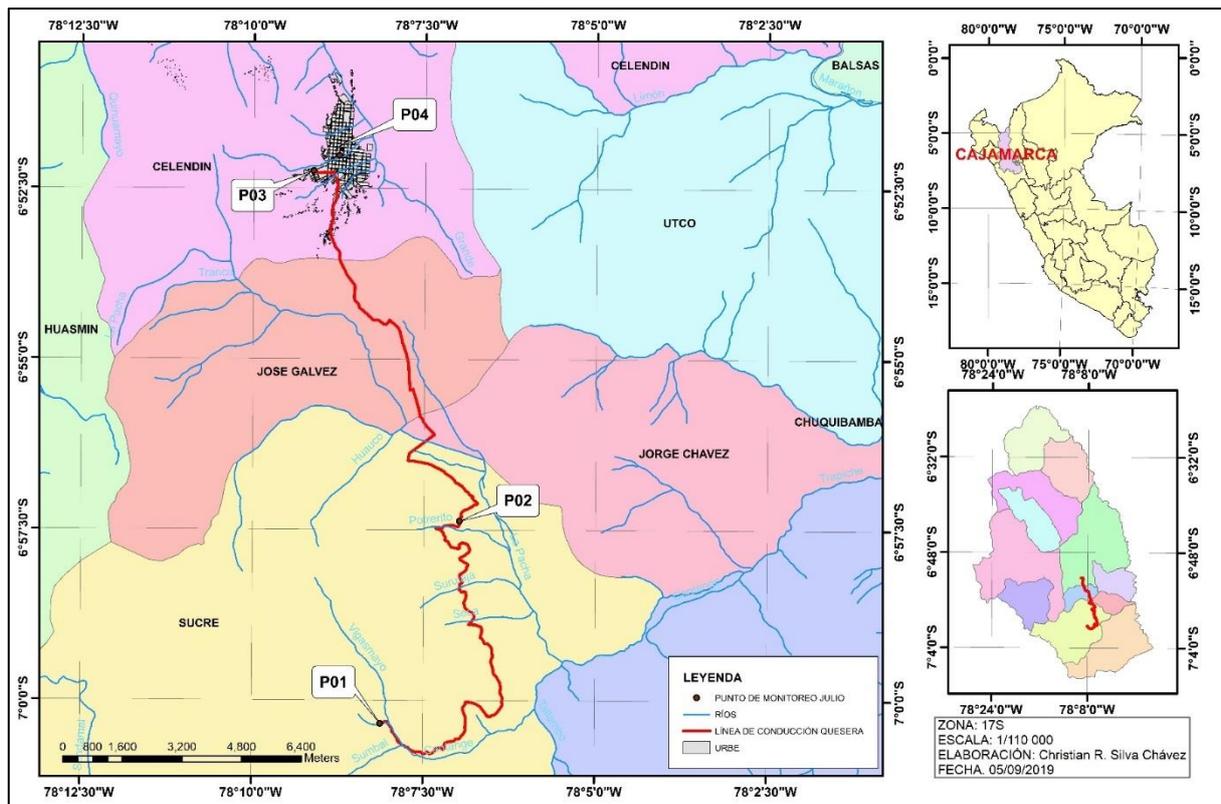


Figura 1. Ubicación de los puntos de muestreo.

3.2. Descripción del área de estudio del manantial La Quesera

3.2.1. Cuenca de recolección del manantial La Quesera

El agua del manantial La Quesera proviene, principalmente, de la cuenca de recolección que ha sido delimitada, se puede observar en la Figura 2 el Caserío Tincat que tiene una PTAR cuyo efluente sale a una parte de la red de drenaje de la cuenca y desemboca en el Tragadero Tincat, para luego de recorrer en forma subterránea una distancia de 3 Km aproximadamente, emerge en la zona de captación del manantial La Quesera (Medina 2018:54).

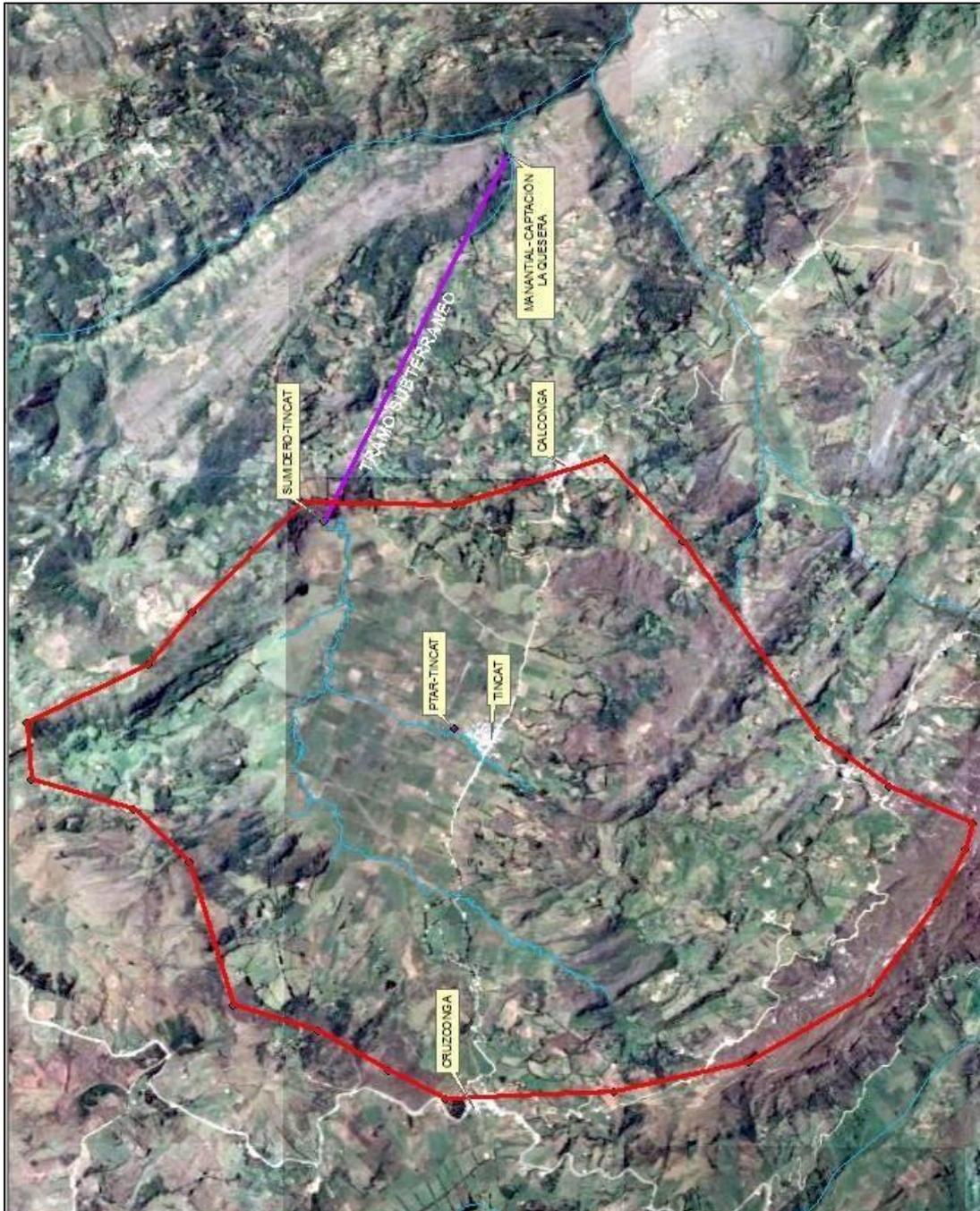


Figura 2. Delimitación del área La Quesera.

Fuente: Tomado de Calidad del Agua en Función de Turbidez y Coliformes en la Planta de Tratamiento La Quesera, Sucre:55.

3.2.2. Red hidrográfica y topografía de la zona

En la Figura 3 nos muestra la delimitación de la cuenca con línea de color rojo, la red de drenaje con línea de color celeste, la línea de color morado representa el tramo subterráneo que recorre el agua hasta salir en la zona de captación. Asimismo, se observa el relieve de la cuenca y zona de captación (Medina 2018:54).

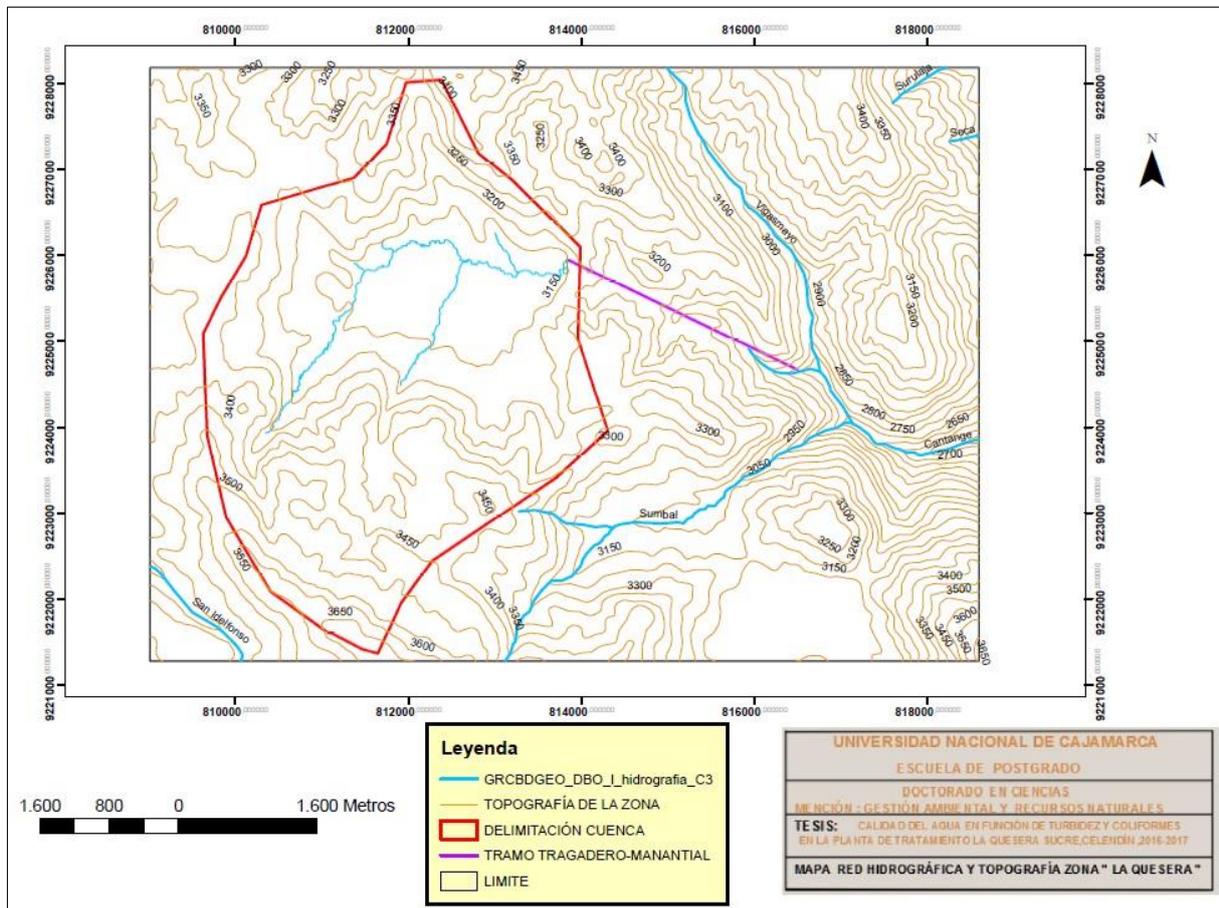


Figura 3. Red hidrográfica y topográfica de la zona del manantial La Quesera.

Fuente: Tomado de Calidad del Agua en Función de Turbidez y Coliformes en la Planta de Tratamiento La Quesera, Sucre:56.

3.2.3. Hidrogeología de la zona del manantial La Quesera

Las condiciones hidrogeológicas en la zona donde se encuentra el manantial La Quesera son bastante favorables por la presencia de rocas sedimentarias de naturaleza calcárea y existencia de sumideros en las microcuencas de la zona de influencia, las que garantizan la recarga de las aguas subterráneas que circulan por los conductos kárstico que finalmente afloran en el manantial La Quesera.

Tanto los flujos superficiales como subterráneos en la zona de estudio son alimentados por las precipitaciones pluviales estacionales las que se acumulan en los sumideros kársticos que a su vez alimentan a los conductos subterráneos en algunos lugares como el tragadero de Tincat las aguas superficiales ingresan por el sumidero que se ha formado por el proceso kárstico (Medina 2018:56).

3.2.4. Precipitaciones promedio anuales en la zona del manantial La Quesera

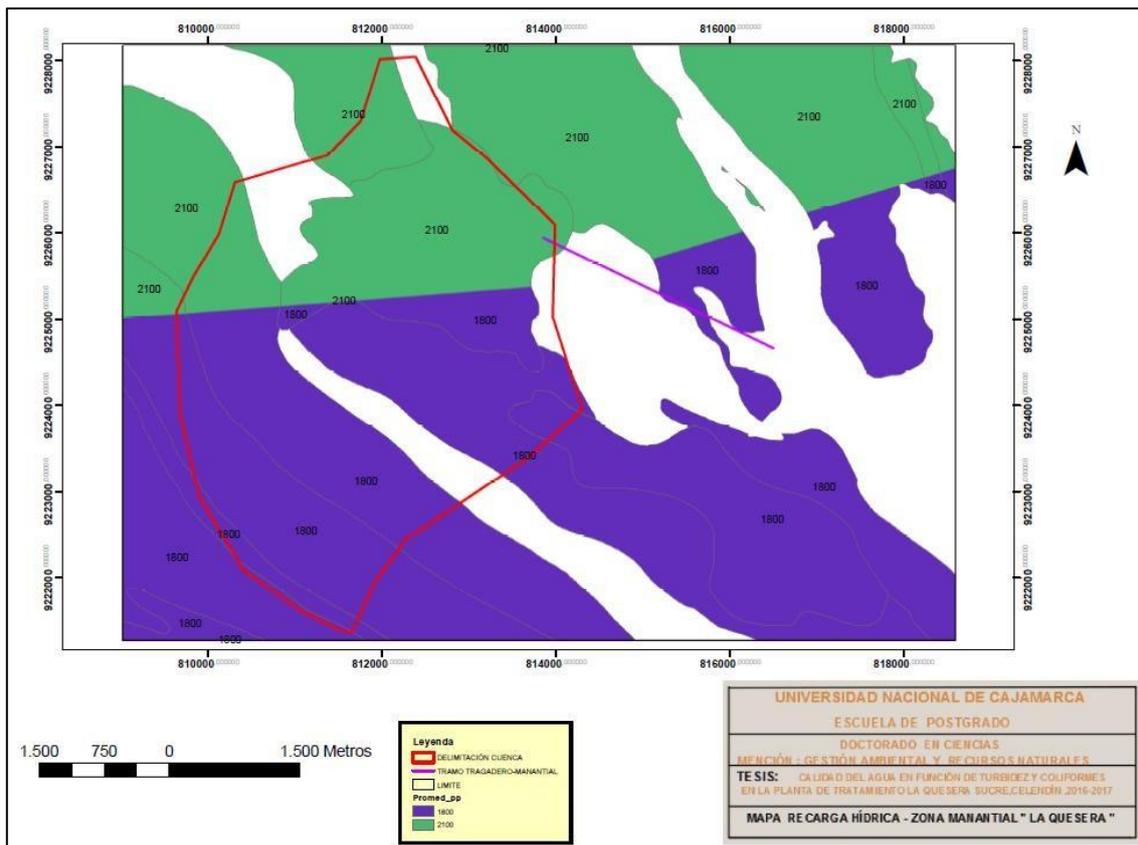


Figura 4. Recarga hídrica de la zona del manantial La Quesera.

Fuente: Tomado de Calidad del Agua en Función de Turbidez y Coliformes en la Planta de Tratamiento La Quesera, Sucre:58.

3.2.4. Hidrogeología de la zona del manantial La Quesera

Medina (2018:59) indica que, Geológicamente en el área de estudio afloran rocas de naturaleza sedimentaria desde el cretáceo inferior hasta el cretáceo superior y depósitos de suelos del cuaternario que conforman las unidades aluvionales y fluvio aluvionales en las diferentes quebradas.

Los suelos que se han generado por la disgregación de las rocas sedimentarias tienen una composición granulométrica fina con mediana a alta plasticidad.

La secuencia lito estratigráfica en el contexto regional comprende a unidades cuyas edades datan del Cretáceo Inferior al Cretáceo Superior. El Cuaternario reciente está conformado por los suelos plásticos y cohesivos con una cobertura de suelos orgánicos en el área de influencia de las quebradas mientras que en las zonas de

influencia de las zonas rocosas tiene una cobertura incipiente de suelo residual, en cuanto a los depósitos coluviales están restringidos a las partes bajas de los cerros donde se aprecian los cúmulos de conos coluviales.

La secuencia estratigráfica generalizada en el área de influencia del presente proyecto es la siguiente:

- Grupo Goyllarizquisga (Ki g)
- Formación Pariatambo (Km-pa)
- Grupo Pulluicana (Ks-p)
- Grupo Quilquiñán (Km-pa)
- Depósitos del Cuaternario

Las condiciones geomorfológicas de la zona de estudio están influenciadas por el tipo de roca preexistente donde el modelado de los cerros genera geo formas onduladas y de topografía suave en cuanto a la geodinámica que se genera en las diferentes quebradas que cortan a las rocas sedimentarias, en épocas de avenidas se generan flujos fluvio aluvionales que en las llanuras se depositan como suelos arcillosos.

De acuerdo a la afirmación anterior, en el área de estudio, se han identificado dos unidades geomorfológicas, la primera conformada por las llanuras interandinas de pendiente casi horizontal, cortado en algunos lugares por el descorrimiento de riachuelos temporales, que han dejado cauces incipientes de profundidad y amplitud variada, y la segunda conformada por las faldas de los cerros constituidos por un basamento rocoso de naturaleza sedimentaria con cobertura de suelos eluviales y en la parte baja por los conos coluviales.

Las condiciones estructurales de la zona de estudio están referidas al comportamiento de los macizos rocosos a la acción de las fuerzas orogénicas que se desarrollaron durante la historia geológica de su formación. Los efectos de mayor importancia referente a la estructura están relacionados con las deformaciones y fracturamiento en el macizo rocoso, constituido por rocas sedimentarias del cretáceo, en su mayor parte de naturaleza calcárea.

Las principales estructuras geológicas que se observan en el área de influencia del proyecto son las siguientes:

- Discordancias; estas estructuras se observan en la disposición de las diferentes unidades cretácicas donde la disposición de las formaciones no es concordante.
- Sobre corrimiento; el primer sobre corrimiento de mediana magnitud se observa en la formación Pulluycana sobre la formación Chulec en la zona de tragadero, frente a la localidad de Tincat y los de mayor magnitud tienen una dirección Noroeste Sureste paralelo a la disposición de las formaciones estructurales y que han sido cortadas por una falla local entre las localidades de Jorge Chávez y Sucre.

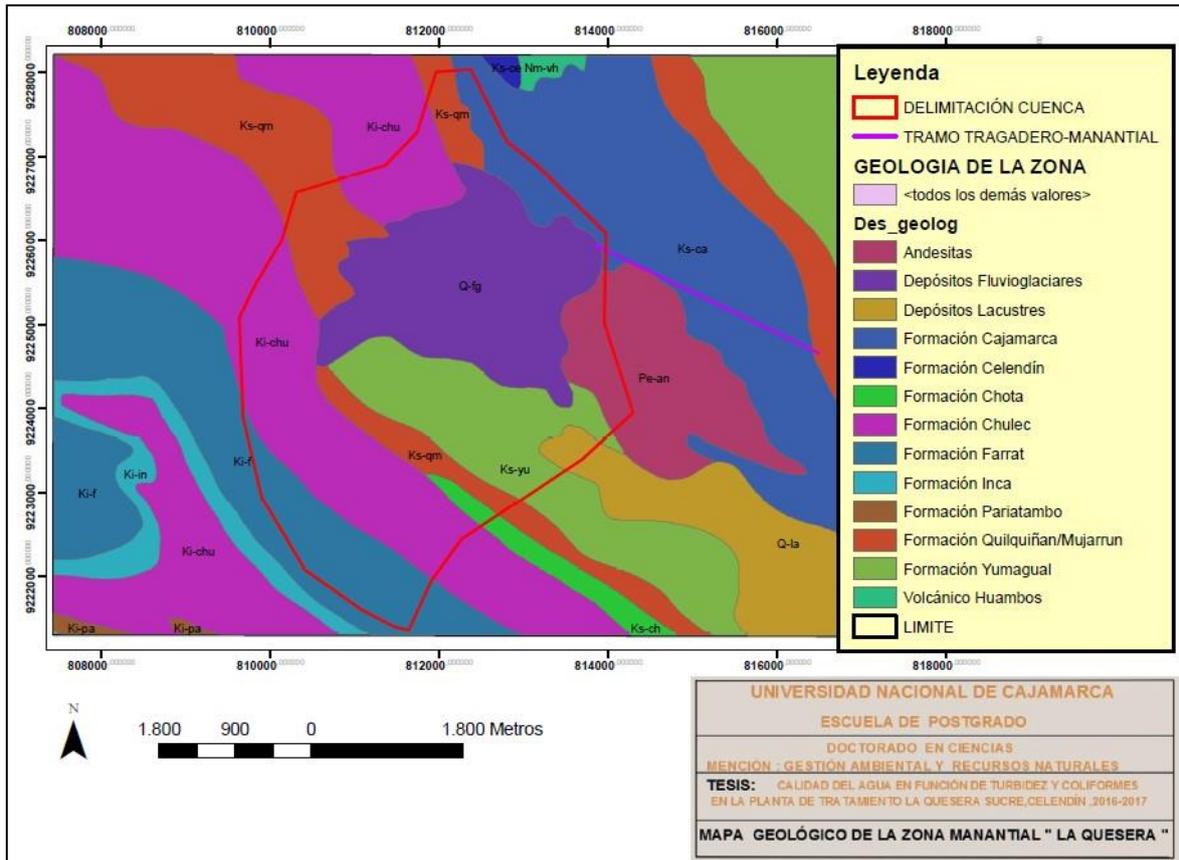


Figura 5. Geología de la zona del manantial La Quesera.

Fuente: Tomado de Calidad del Agua en Función de Turbidez y Coliformes en la Planta de Tratamiento La Quesera, Sucre:62.

3.2.5. Suelos en la zona del manantial La Quesera

“El suelo predominante en la cuenca de recolección mostrada con línea color rojo es el Paramosol que es un suelo de permeabilidad moderada” (Medina 2018:63).

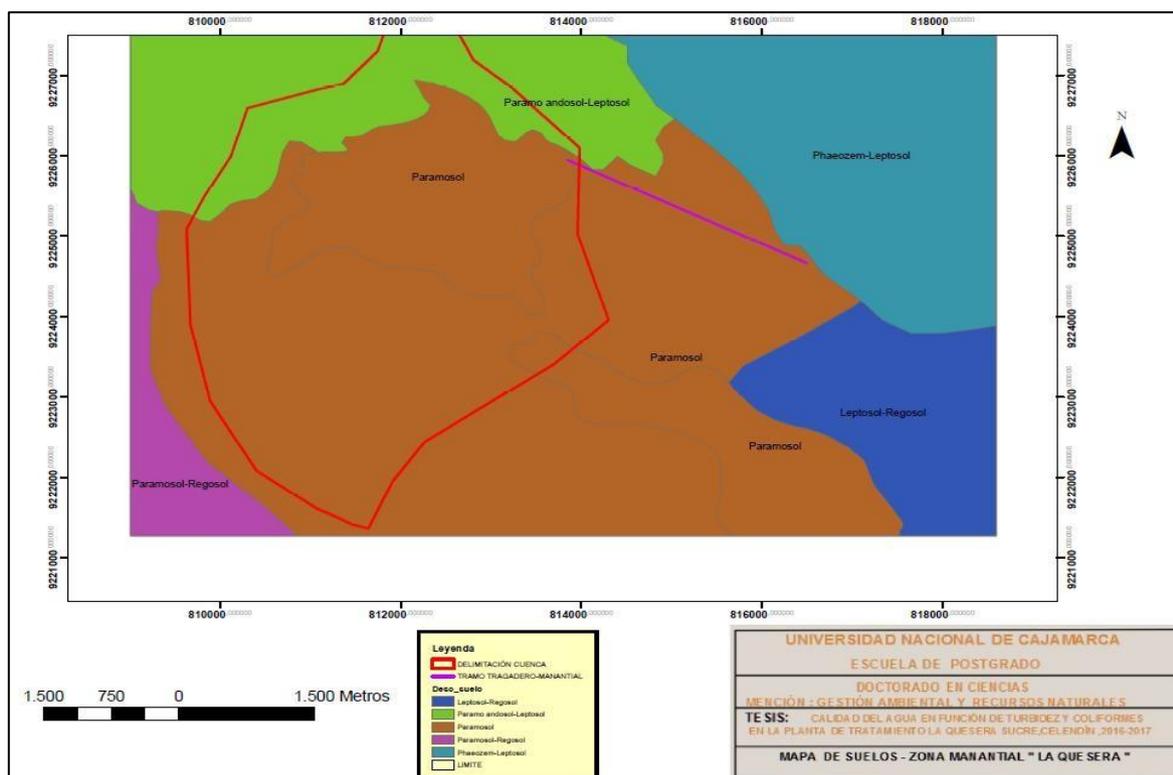


Figura 6. Suelos de la zona del manantial La Quesera.

Fuente: Tomado de Calidad del Agua en Función de Turbidez y Coliformes en la Planta de Tratamiento La Quesera, Sucre:63.

Tabla 5. Suelos de la zona del manantial La Quesera

| Código de suelo | Ps Paramosol | PA-L Paramo andosol - leptosol | L-R Leptosol - Regosol |
|------------------------------|---|---|---|
| Origen | Montañas sedimentarias formadas sobre areniscas, lutitas y margas con intercalaciones calcáreas | Montañas intrusivas formadas sobre una tonalita gris clara de grano medio | Colinas sedimentarias formadas sobre lutitas negras laminares, deleznales |
| Descrip. de pendiente | Superficie empinada | Superficie fuertemente empinada | Superficie empinada |
| Profundidad efectiva | Superficial | Muy superficial | Superficial |
| pH | Moderadamente ácido | Fuertemente ácido | Fuertemente ácido |
| Permeabilidad | Moderada | Moderadamente rápida | Moderadamente rápida |
| P permeabilidad | 1,6 | 1,3 | 1,4 |
| Perfil | A, (B), C | A, (B), C, AR | AR, AC |

Fuente: Tomado de Calidad del Agua en Función de Turbidez y Coliformes en la Planta de Tratamiento La Quesera, Sucre:64.

3.2.6. Uso actual del suelo en la zona del manantial La Quesera

En la Figura 7 (Medina 2018:64) indica que se observa que “El uso predominante en la zona de la cuenca de recolección encerrada con una línea de color rojo es tierras con pastos cultivados PC-CA.”

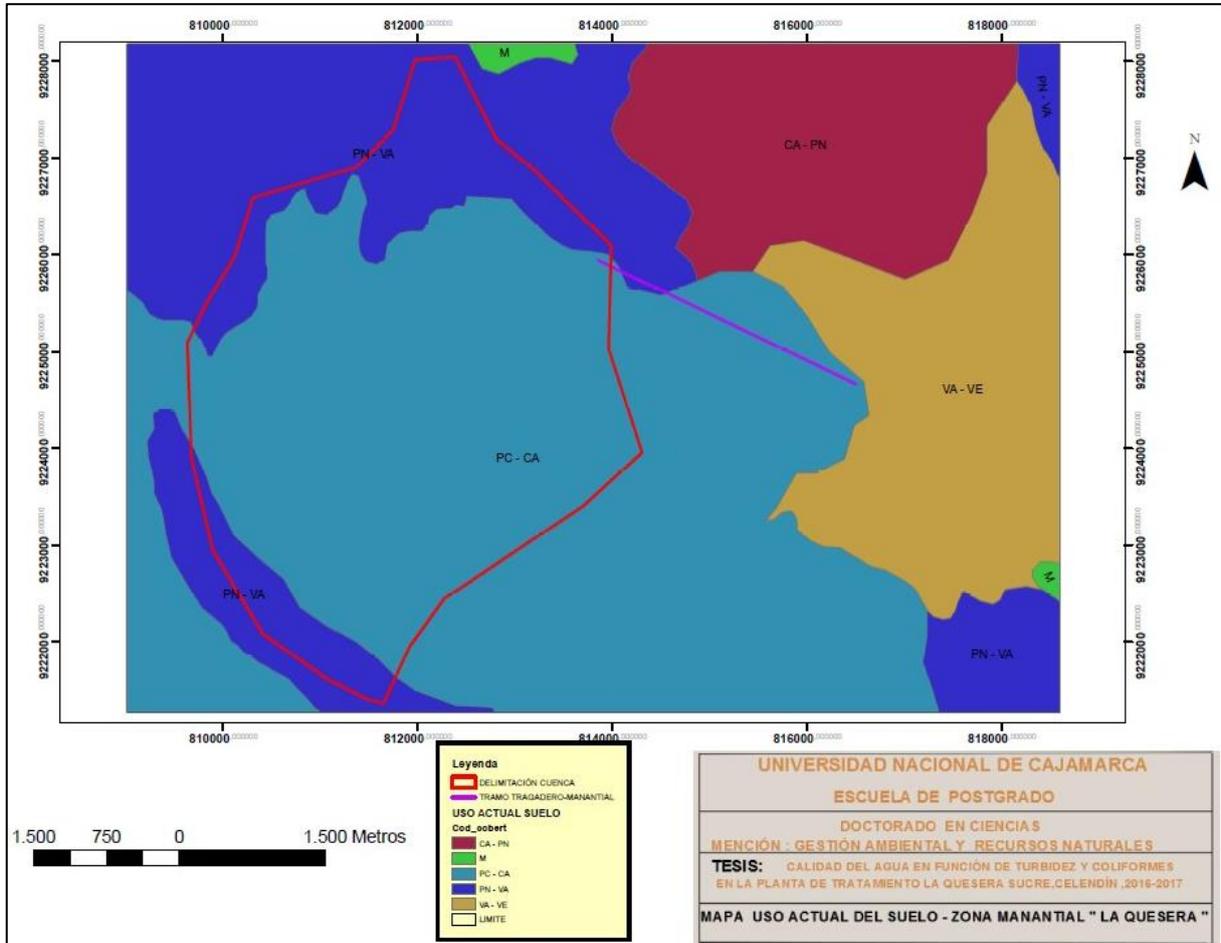


Figura 7. Uso actual del suelo de la zona del manantial La Quesera.

Fuente: Tomado de Calidad del Agua en Función de Turbidez y Coliformes en la Planta de Tratamiento La Quesera, Sucre:65.

Tabla 6. Uso actual del suelo de la zona del manantial La Quesera

| Cobertura suelo Uso actual | PC-CA | PN-VA | PN-VA | VA-VE |
|------------------------------------|--|---|---|---|
| Descripción de la cobertura | Tierras con pastos cultivados y cultivos agrícolas | Cobertura con pastos naturales y vegetación arbustiva | Tierras con vegetación arbustiva, vegetación escaza y afloramientos rocosos | Tierras con vegetación arbustiva, vegetación escaza y afloramientos rocosos |

Fuente: Tomado de Calidad del Agua en Función de Turbidez y Coliformes en la Planta de Tratamiento La Quesera, Sucre:65

3.2.7. Ambiente biológico

Mostacero, citado por Díaz (2014:27), indica que se caracteriza por la formación de Montes Mesotérmicos con Gramíneas. La vegetación de este tipo comprende arbustos mesotérmicos dispersos y estepas de gramíneas.

Caracterizan a este piso la presencia de especies de origen oriental como *Oreocallis grandiflora* y *Oreocallis mucronata* “cucharilla” o “saltaperico” (Proteaceae), *Lomatia hirsuta* “andanga” (Proteaceae), *Mitisia acuminata* var. *acuminata* “chinchircoma” o “bejuco”, *Lophopappus berberidifolius* “ancapichana”, *Oreopanax raimondii* “maqui maqui” (Araliaceae), *Vallea stipularis* “yongacil” (Elaeocarpaceae), *Coriaria ruscifolia* “mio mio” (Coriariaceae), *Chusquea serrulata* “suro” (Poaceae), *Bocconia integrifolia* “pincullo” (Papaveraceae), *Hesperomeles cuneata* “melo”, “huanga” (Rosaceae), *Senna birostris* “mutuy”, *Sambucus peruviana*, *Escallonia myrtelloides* “tasta”, y varias especies del género *Coriopsis*: *Coriopsis senaria*, *Coriopsis celendinensis*, *Coriopsis connata*, *Coriopsis pervelutina*, etc. también *Myrsine oligophylla*, los “culen” del género *Otholobium pubescens*, *Monnina salicifolia*, *Monnina mathusiana*, *Monnina pseudosalicifolia*, *Monnina sanmarcosana*

Abanto, citado por Díaz (2014:27), indica que en la zona de estudio existen campos de cultivo que son aprovechados por la población como pastos para el ganado o como alimentos de autoconsumo.

La presencia humana por largo tiempo en la zona, ha eliminado virtualmente las especies silvestres de caza, como el venado. Aves de presa y mamíferos pequeños como ratones y conejos habitan el área. La clase de aves incluye especies de pájaros como: el Zorzal (*Turdus serranus*), indio pishgo (*Zonotrichia capensis*), chinalinda

(*Phalco baenus albogularis*) garza blanca (*Bulbucus ibis*), santa rosa (*Pheucticus chrysogaster*), colibrí (*Amazilia franciae*), gallinazo cabeza negra (*Coragys atratus*), gallinazo cabeza roja (*Crathartes aura*), Putillas (*Pirocephalus rubinus*), Huanchaco (*Pezites militaris belicosa*), palomas serrana (*Zenaida auriculata*), Perdiz andina (*Nothoprocta pentlandii*), Águila (*Geranoaetus melanolectus*), Cernícalo (*Falco sparverius*), Golondrina azul y blanca (*Pygochelidon cyanoleuca*), etc.

3.3. Materiales

3.2.1. Materiales y equipos de laboratorio para análisis

- Cooler.
- Gel enfriante – ice pack.
- Frascos de polietileno de 300 mL.

3.2.2. Materiales de campo

- Protección personal (guantes quirúrgicos, mascarilla).
- Libreta de campo.
- Lapicero.
- Lápiz.
- GPS Garmin Oregon 550.
- Cámara fotográfica.
- Equipo multiparámetro DELTA OHM HD 98569.
- Medidor de cloro libre residual – Colorímetro Pocket II (Cloruro)
- Reactivo polvo DPD-1.
- Turbidímetro MERCK SQ 118.
- Recipientes plásticos.

3.4. Metodología

3.4.1. Actividades pre muestreo

- **Coordinación con el área de SEMACEL de la MPC**

Para la ejecución de esta investigación, se solicitaron los permisos necesarios a la Municipalidad Provincial de Celendín para llevar a cabo el monitoreo en el lugar de estudio.

- **Ubicación de los puntos de muestreo**

Se ubicaron cuatro puntos estratégicos de muestreo – manantial La Quesera, PTAP La Quesera, reservorio El Cumbe, Vivienda en red de distribución - según Resolución del Consejo Directivo N ° 015-2012-SUNASS, la cual indica que si un sistema de abastecimiento de agua potable cuenta con una PTAP es obligatorio realizar un control en la fuente, planta de tratamiento, reservorio y red de distribución.

- **Manantial la Quesera (P01).** En este lugar se encuentra la primera estación de muestreo ubicado en la captación del manantial La Quesera. Este es el manantial que abastece de agua para consumo humano al distrito de Celendín.
- **PTAP La Quesera (P02).** En este lugar se encuentra la segunda estación de muestreo ubicado en el ingreso del agua a la Planta de Tratamiento de Agua Potable La Quesera.
- **Reservorio El Cumbe (P03).** En este lugar se encuentra la tercera estación de muestreo ubicado en la llegada de la tubería de conducción al reservorio El Cumbe.
- **Vivienda en red de distribución (P04).** En este lugar se encuentra la cuarta estación de muestreo ubicado en una pileta domiciliaria en el Barrio Central (Jr. Dos de Mayo).

- **Parámetros a muestrear**

Se muestrearon los parámetros de control obligatorio (PCO) del Reglamento de la calidad del agua para consumo humano, los cuales son:

- Coliformes totales.
- Coliformes termotolerantes
- Color
- Turbiedad,
- Residual de desinfectante (cloro residual)
- pH.

- **Programa de muestreos**

Por motivos de costos de análisis, distancia (transporte) y permisos con la EPS municipal SEMACEL, es que se determinó una periodicidad mensual de muestreo para cada parámetro de control obligatorio (PCO) en la fuente, planta de tratamiento, reservorio y red de distribución, como se detalla a continuación:

Tabla 7. Periodicidad de muestreo.

| Mes | Fecha | Puntos de muestreo |
|-----------|------------|--------------------|
| Julio | 25/07/2019 | P01, P02, P03, P04 |
| Agosto | 25/08/2019 | P01, P02, P03, P04 |
| Setiembre | 22/09/2019 | P01, P02, P03, P04 |
| Octubre | 20/10/2019 | P01, P02, P03, P04 |

3.4.2. Muestreo

- **Acondicionamiento**

Se prepararon los frascos de muestreo, según la lista de parámetros a evaluar.

- **Etiquetado y rotulado**

Los frascos se etiquetaron y rotularon para luego ser protegida con cinta adhesiva transparente.

- **Toma de muestras**

En cada punto, nos colocamos guantes descartables, antes de iniciar la toma de muestras de agua. Se tomaron las muestras de agua para cada parámetro establecido, siguiendo la Resolución Directoral N° 160-2015-DIGESA-SA “Protocolo de procedimientos para la toma de muestras, preservación, conservación, transporte, almacenamiento y recepción de agua para consumo humano”

Las muestras de agua recolectadas, preservadas y rotuladas, se colocaron en un cooler con refrigerante (ice pack), de tal manera que aseguró su llegada al laboratorio en condiciones de conservación.

Existieron toma de datos in situ, los cuales serán detallados metodológicamente a continuación:

pH

Se utilizó la siguiente técnica de análisis:

- Encendemos el multiparámetro y seleccionamos la opción pH, la pantalla mostró 7.0.
- Introducimos el electrodo en el agua directamente, apareciendo el resultado de pH.
- Tomamos nota del dato obtenido.

Cloro libre residual

Se utilizó la siguiente técnica de análisis:

- Tomamos muestra de agua, enrazando hasta el límite indicado.
- A la muestra le agregamos el reactivo polvo DPD-1 para determinar el cloro libre residual.

- Agitamos el medidor de cloro libre residual para disolver el reactivo y hacer lectura del dato obtenido.
 - Tomamos nota del dato obtenido.
- **Llenado de la cadena de custodia**

Se llenó la cadena de custodia con la información del registro de datos de campo, indicando además los parámetros a evaluar, tipo de frascos, tipo de muestra de agua o fuente, número de muestras, reactivos de preservación, condiciones de conservación, responsable del muestreo y otra información relevante.
- **Envío de muestras**

Las muestras recolectadas fueron enviadas en coolers acompañada con sus respectivas cadenas de custodia al Laboratorio Regional del Agua Cajamarca.

3.4.3. Trabajo de laboratorio

- **Turbidez**

Se utilizó la siguiente técnica de análisis:

 - Las muestras de agua recolectadas se ingresaron al laboratorio de química de la Universidad Nacional de Cajamarca – Sede Celendín.
 - Llenamos el tubo de ensayo con agua destilada (blanco) para ser insertado en el turbidímetro y presionar el botón F1.
 - Llenamos el nuevo tubo de ensayo con la muestra de agua del punto determinado para ser insertado en el turbidímetro y presionar el botón F1.
 - Tomamos nota del dato obtenido en unidades NTU.

3.4.4. Métodos utilizados para análisis de aguas

En la siguiente tabla se presenta los distintos métodos de análisis usados para las muestras de agua.

Tabla 8. Métodos utilizados en el análisis de muestras de agua.

| N° | Análisis | Método |
|----|---|--|
| 1 | Coliformes totales | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A, B, C. 23rd Ed. 2017: Multiple – Turbe Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique. |
| 2 | Coliformes termotolerantes | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A, B, C E. 23rd Ed. 2017: Multiple – Turbe Fermentation Technique for Members of the Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Precedure. |
| 3 | Color | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2120 C, 23rd Ed. 2017: Color. Spectrophotometric Single Wavelength Method (Proposed) |
| 4 | Turbiedad | Uso de turbidímetro MERCK SQ 118. |
| 5 | Residual desinfectante (cloro libre residual) | Uso de medidor de cloro libre residual |
| 6 | pH | Uso de multiparámetro DELTA OHM HD 98569. |

3.4.5. Comparación de resultados

Finalmente se realizó la comparación de los parámetros de control obligatorio (PCO) con los ECA Subcategoría A2 del Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM y los LMP del Decreto Supremo N° 031-2010-SA.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados de los muestreos

En las tablas se representa los valores de pH, turbiedad, cloro libre residual, color, coliformes totales y coliformes termotolerantes del agua, que se recopilamos en función a los cuatro monitoreos realizados. Es importante indicar que el punto P01 se comparó con el Estándar de Calidad Ambiental para Agua Subcategoría A2 del Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM dado que la medición se realizó directamente en el cuerpo receptor (manantial La Quesera); mientras que, los puntos P02, P03 y P04 se compararon con los LMP del Decreto Supremo N° 031-2010-SA. ya que su medición fue realizada en puntos que caracterizan a un efluente.

Tabla 9. Resultados de los muestreos correspondiente al mes de julio de 2019.

| Fecha: 25/07/19 | | Puntos de monitoreo | | | |
|-----------------------------|-------------------------|---------------------|----------------|----------------|----------------|
| Parámetros | Unidad | Hora: 9:20 | Hora: 13:00 | Hora: 14:00 | Hora: 15:00 |
| | | P01 | P02 | P03 | P04 |
| Potencial de hidrógeno (pH) | (pH) | 7.950 | 7.919 | 7.658 | 7.981 |
| Turbiedad | (NTU) | 2.0 | 3.0 | 2.0 | 1.0 |
| Cloro libre residual | (mg Cl ₂ /L) | 0.0 | 0.0 | 1.5 | 1.0 |
| Color | (UCV escala Pt/Co) | <LCM | <LCM | <LCM | <LCM |
| Coliformes totales | NMP/100 mL | 49 | 70 | <1.8 | <1.8 |
| Coliformes termotolerantes | NMP/100 mL | 7.8 | <1.8 | <1.8 | <1.8 |

Tabla 10. Resultados de los muestreos correspondiente al mes de agosto de 2019.

| Fecha: 25/08/19 | | Puntos de monitoreo | | | |
|-----------------------------|-------------------------|---------------------|-------------|-------------|-------------|
| Parámetros | Unidad | Hora: 9:20 | Hora: 13:00 | Hora: 14:00 | Hora: 15:00 |
| | | P01 | P02 | P03 | P04 |
| Potencial de hidrógeno (pH) | (pH) | 8.004 | 7.839 | 7.715 | 7.818 |
| Turbiedad | (NTU) | 1.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Cloro libre residual | (mg Cl ₂ /L) | 0.0 | 0.0 | 1.5 | 1.0 |
| Color | (UCV escala Pt/Co) | <LCM | <LCM | <LCM | <LCM |
| Coliformes totales | NMP/100 mL | 31 | 46 | <1.8 | <1.8 |
| Coliformes termotolerantes | NMP/100 mL | <1.5 | <1.6 | <1.7 | <1.8 |

Tabla 11. Resultados de los muestreos correspondiente al mes de setiembre de 2019.

| Fecha: 22/09/19 | | Puntos de monitoreo | | | |
|-----------------------------|-------------------------|---------------------|-------------|-------------|-------------|
| Parámetros | Unidad | Hora: 9:20 | Hora: 13:00 | Hora: 14:00 | Hora: 15:00 |
| | | P01 | P02 | P03 | P04 |
| Potencial de hidrógeno (pH) | (pH) | 7.759 | 7.310 | 7.612 | 7.644 |
| Turbiedad | (NTU) | 4.0 | 5.0 | 3.0 | 2.0 |
| Cloro libre residual | (mg Cl ₂ /L) | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Color | (UCV escala Pt/Co) | 9.5 | 17.3 | 15.7 | <LCM |
| Coliformes totales | NMP/100 mL | 430 | 540 | <1.8 | <1.8 |
| Coliformes termotolerantes | NMP/100 mL | 350 | 110 | <1.8 | <1.8 |

Tabla 12. Resultados de los muestreos correspondiente al mes de octubre de 2019.

| Fecha: 20/10/19 | | Puntos de monitoreo | | | |
|-----------------------------|-------------------------|---------------------|-------------|-------------|-------------|
| Parámetros | Unidad | Hora: 9:20 | Hora: 13:00 | Hora: 14:00 | Hora: 15:00 |
| | | P01 | P02 | P03 | P04 |
| Potencial de hidrógeno (pH) | (pH) | 6.665 | 6.888 | 6.780 | 7.644 |
| Turbiedad | (NTU) | 18.0 | 11.0 | 1.0 | 1.0 |
| Cloro libre residual | (mg Cl ₂ /L) | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.0 |
| Color | (UCV escala Pt/Co) | 24.7 | 19.6 | <LCM | <LCM |
| Coliformes totales | NMP/100 mL | 35000 | 92000 | <1.8 | <1.8 |
| Coliformes termotolerantes | NMP/100 mL | 16000 | 35000 | <1.8 | <1.8 |

4.1.1. Potencial de hidrógeno

Tabla 13. Potencial de hidrógeno (pH) registrado durante los meses de julio – octubre del año 2019.

| Potencial de hidrógeno (pH) | | | | | | |
|-----------------------------|--------|--------|-----------|---------|---------------------|---------------------------|
| Puntos de monitoreo | Unidad | | | | ECA Subcategoría A2 | LMP *D.S. N° 031-2010-SA. |
| | Julio | Agosto | Setiembre | Octubre | | |
| P01 | 7.950 | 8.004 | 7.759 | 6.665 | 5.5 a 9.0 | - |
| P02 | 7.919 | 7.839 | 7.310 | 6.888 | | |
| P03 | 7.658 | 7.715 | 7.612 | 6.780 | - | 6.5 a 8.5 |
| P04 | 7.981 | 7.818 | 7.644 | 7.644 | | |

* Reglamento de la calidad del agua para consumo humano

La tabla 13 representa los valores de pH del agua que se recopilaron en función a los cuatro monitoreos realizados.

La normativa nacional establecida en los Estándares de Calidad Ambiental, ECA Subcategoría A2 y el Reglamento de la calidad del agua para consumo humano señalan que el potencial de hidrógeno tiene un valor mínimo de 5.5 unidades de pH y un valor máximo de 9.0 unidades de pH, por lo que:

Se observa que los valores de pH se encuentran dentro de los rangos permitido por las normativas mencionadas anteriormente en un 100% en el sistema de abastecimiento. En tal sentido, los resultados en los cuatro puntos de monitoreo cumplen con esta característica importantes de un agua para consumo humano.

Díaz (2014), realizó una evaluación en el agua para consumo humano en el sistema de abastecimiento proveniente del manantial Molinopampa, obteniéndose resultados de pH que fluctúan entre 7.25 – 7.94 unidades de pH, cuyos rangos se encuentran dentro de la norma vigente nacional establecida.

El pH influye en algunos fenómenos que ocurren en el agua, como la corrosión y las incrustaciones en las redes de distribución. Aunque podría decirse que no tiene

efectos directos sobre la salud, sí puede influir en los procesos de tratamiento del agua, como la coagulación y la desinfección (CEPIS 2004:13).

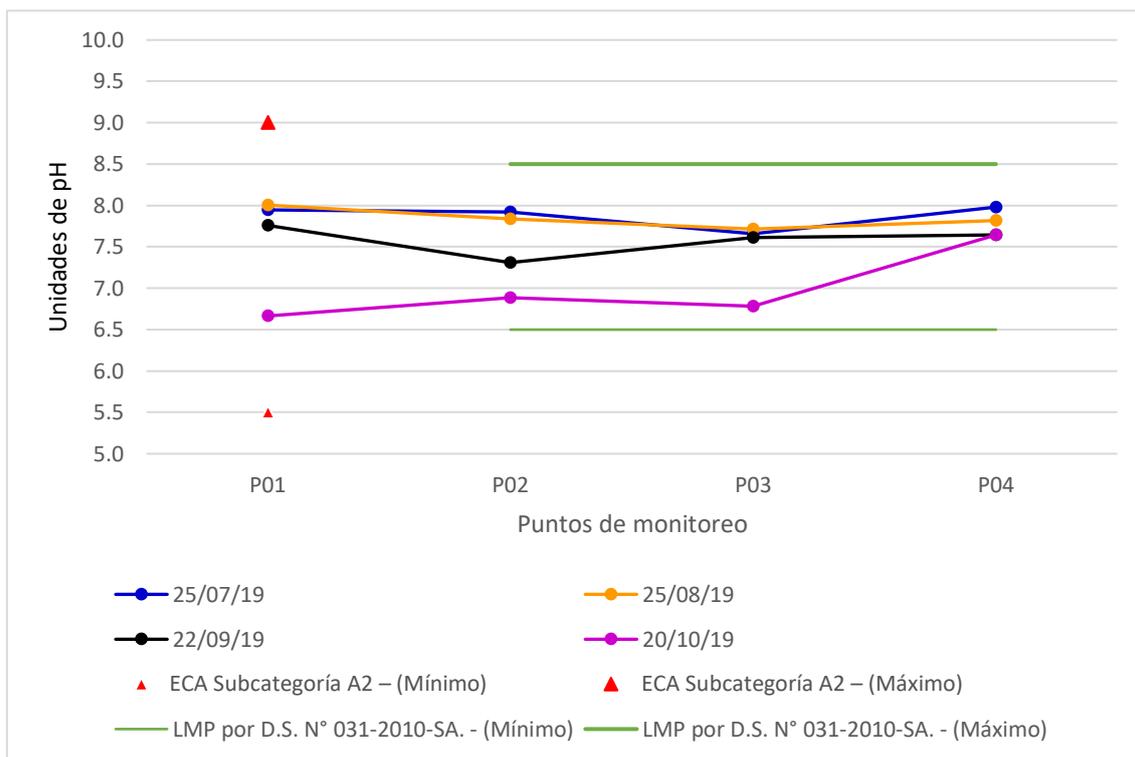


Figura 8. Potencial de hidrógeno (pH) registrado durante los meses de julio – octubre del año 2019.

La figura 8, muestra para el P01 que los valores medios oscilan entre 6.665 – 8.004 unidades de pH, en el P02 entre 6.888 – 7.919 unidades de pH, en el P03 entre 6.780 – 7.715 unidades de pH; mientras que para el P04 entre 7.644 – 7.981 unidades de pH durante el periodo julio – octubre del año 2019.

4.1.2. Turbiedad

Tabla 14. Turbiedad registrada durante los meses de julio – octubre del año 2019.

| Puntos de monitoreo | Turbiedad (NTU) | | | | ECA Subcategoría A2 | LMP *D.S. N° 031-2010-SA. |
|---------------------|-----------------|--------|-----------|---------|---------------------|---------------------------|
| | Unidad | | | | | |
| | Julio | Agosto | Setiembre | Octubre | | |
| P01 | 2.0 | 1.0 | 4.0 | 18.0 | 100 | - |
| P02 | 3.0 | 0.0 | 5.0 | 11.0 | - | 5 |
| P03 | 2.0 | 0.0 | 3.0 | 1.0 | - | 5 |
| P04 | 1.0 | 0.0 | 2.0 | 1.0 | - | 5 |

* Reglamento de la calidad del agua para consumo humano

La tabla 14 representa los valores de turbiedad del agua que se recopilaron en función a los cuatro monitoreos realizados.

La normativa nacional establecida en los Estándares de Calidad Ambiental, ECA Subcategoría A2 y el Reglamento de la calidad del agua para consumo humano señalan que la turbiedad tiene un valor máximo de 100 UNT, por lo que:

- El mes de octubre en el punto 01 y punto 02 se observa un incremento de los valores permitidos en ambas normativas, P01 un total de 18 NTU y en el P02 un total de 11 NTU, lo cual guarda relación con el incremento de las precipitaciones en la cuenca días antes de realizar el trabajo de campo, esto se valida con el colapso que el presedimentador ubicado entre los puntos P01 y P02 que sufrió en este periodo.

Como señala Castro de Esparza (1), los estudios elaborados por Tracy y por Sanderson y Kelly han demostrado que, en el proceso de eliminación de los organismos patógenos, por la acción de agentes químicos como el cloro, las partículas causantes de la turbiedad reducen la eficiencia del proceso y protegen físicamente a los microorganismos del contacto directo con el desinfectante. Por esta razón, si bien las normas de calidad establecen un criterio para turbiedad en la fuente de abastecimiento, esta debe mantenerse mínima para garantizar la eficacia del proceso de desinfección (OPS 2004:6).

Chaucachicaiza y Orozco (2012) indican que a turbiedades altas se hace más lenta la acción del cloro, debido a que ciertos microorganismos como el *Escherichia coli* tienden a crecer en colonias y encapsularse en los microfragmentos de materias fecales o depositarse dentro de partículas orgánicas y minerales. Esto

haría necesario aumentar el tiempo de contacto o la concentración para obtener resultados satisfactorios.

Díaz (2014), realizó una evaluación en el agua para consumo humano en el sistema de abastecimiento proveniente del manantial Molinopampa, obteniéndose resultados de pH que fluctúan entre 0.6 – 1.1 FAU (Unidades de Atenuación de Formazin), cuyos rangos se encuentran dentro de la norma vigente nacional establecida.

Los valores de turbidez se encontraron dentro de los rangos permitidos en las normativas mencionadas anteriormente en un 93.75% en el sistema de abastecimiento.

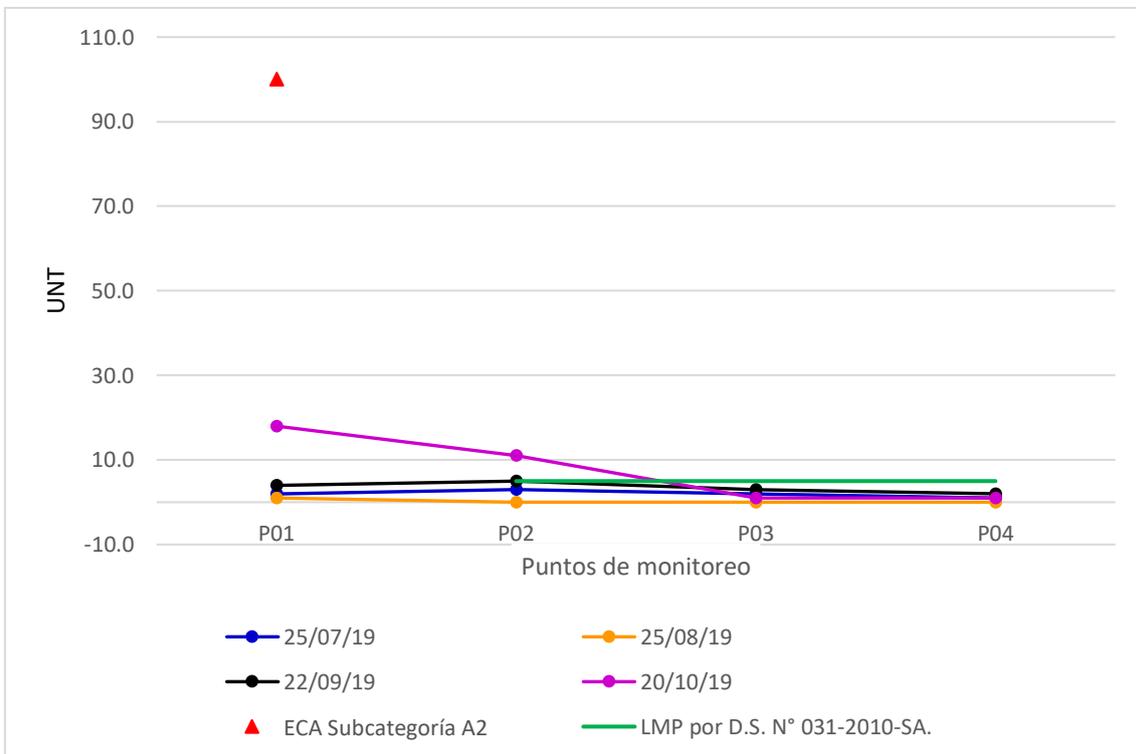


Figura 9. Turbiedad registrada durante los meses de julio – octubre del año 2019.

En la figura 9 se muestran los valores de turbiedad registrados en los cuatro puntos de monitoreo en el sistema de abastecimiento de agua para consumo humano del manantial la Quesera, para el P01 los valores medios oscilaron entre 1.0 – 18.0 NTU, en el P02 entre 0.0 – 11.0 NTU, en el P03 entre 0.0 – 3.0 NTU; mientras

que para el P04 entre 0.0 – 2.0 NTU durante el periodo julio – octubre del año 2019.

4.1.3. Cloro libre residual

Tabla 15. Cloro libre residual registrado durante los meses de julio – octubre del año 2019.

| Cloro Libre Residual | | | | | | |
|---|-------|--------|-----------|---------|---------------------|---|
| Unidad (mg Cl₂/L) | | | | | | |
| Puntos de monitoreo | Julio | Agosto | Setiembre | Octubre | ECA Subcategoría A2 | LMP *D.S. N° 031-2010-SA. |
| P01 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | No aplica | - |
| P02 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | - | No menor de 0.5 (mg Cl ₂ /L) |
| P03 | 1.5 | 1.5 | 0.0 | 0.5 | - | |
| P04 | 1.0 | 1.0 | 0.0 | 0.0 | - | |

* Reglamento de la calidad del agua para consumo humano

La tabla 15 representa los valores de cloro libre residual que se recopilaron en función a los cuatro monitoreos realizados. Es importante indicar que dosificador de cloro se encuentra a la salida de la PTAP La Quesera por lo que sólo se registraron valores en los puntos P03 y P04 y se comparó con los LMP del Decreto Supremo N° 031-2010-SA, ya que su medición fue realizada en puntos donde se busca garantizar un adecuado control ambiental del agua para consumo humano.

La normativa nacional establecida en el Reglamento de la calidad del agua para consumo humano señala que el cloro libre residual tiene un valor mínimo de 0.5 mg Cl₂/L, por lo que:

- En el mes de setiembre se encontró en el P03 y P04 un total 0.0 mg Cl₂/L.
- En el mes de octubre en el P04 se encontró un total de 0.0 mg Cl₂/L.

Esto puede suceder debido a que el cloro al ser una sustancia volátil al entrar en contacto y reaccionar con la materia orgánica contenida en el agua, este tiende a disminuir, coincidiendo con Velásquez, citado por Muñoz (2019), el

cual menciona que el cloro al combinarse inmediatamente con la materia orgánica, consecuentemente, el cloro residual se mantiene en cero, la cloración disminuye significativamente.

Es importante mencionar que Banda (2021:32) indica que, en la ciudad de Celendín se deberá mantener la concentración de cloro libre residual mayor a los 0.3 mg/L, y que con una concentración nula de cloro residual en el agua de la red de distribución, es posible obtener concentraciones mayores a 10 NMP/100 mL de coliformes termotolerantes.

Los valores de cloro libre residual se encontraron dentro del rango permitido en la normativa mencionada anteriormente en un 50% en el sistema de abastecimiento, lo que evidencia la falta de presencia de cloro residual según lo estipulado en la normativa. Sin embargo, los Coliformes Totales y Termotolerantes registrados en el P03 y P04, demuestran una óptima desinfección llevada a cabo en la PTAP La Quesera.

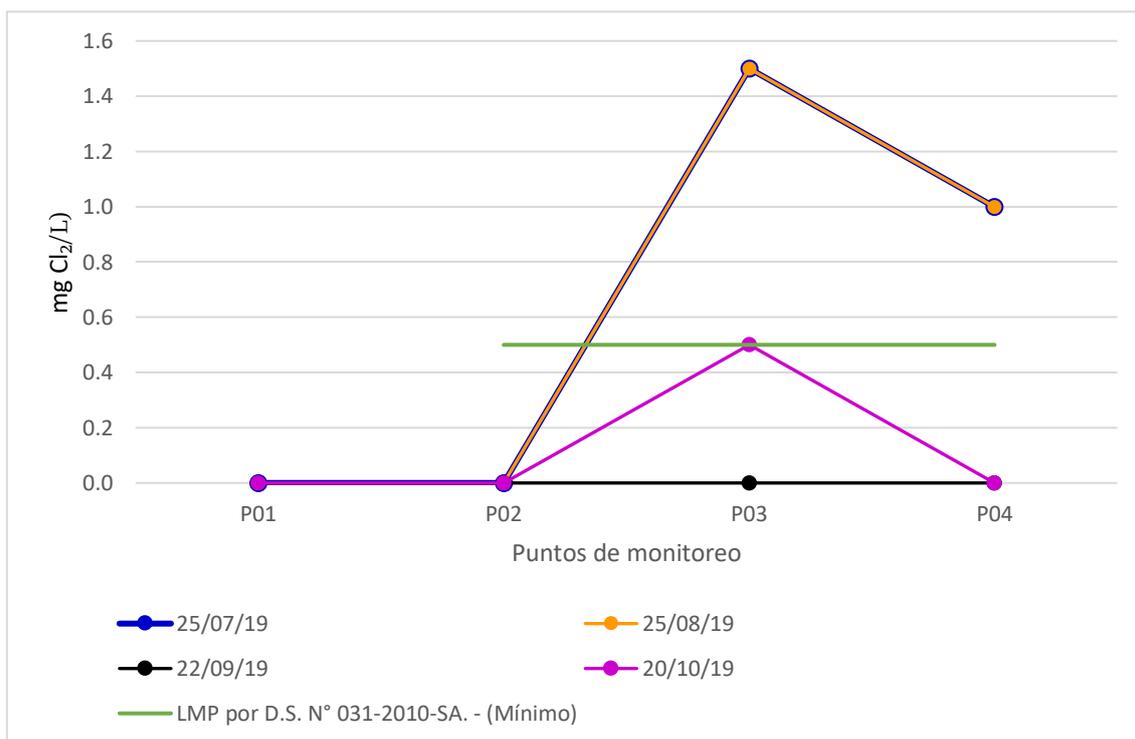


Figura 10. Cloro libre residual registrado durante los meses de julio – octubre del año 2019.

En la figura 10 se muestran los valores de cloro libre residual registrados en los cuatro puntos de monitoreo en el sistema de abastecimiento de agua para consumo humano del manantial la Quesera, para el P03 los valores medios oscilaron entre 0.0 – 1.5 mg Cl₂/L; mientras que para el P04 los valores medios oscilaron entre 0.0 – 1.0 mg Cl₂/L durante el periodo julio – octubre del año 2019.

4.1.4. Color

Tabla 16. Color registrado durante los meses de julio – octubre del año 2019.

| Color | | | | | | |
|---------------------|--------|--------|-----------|---------|---------------------|---------------------------|
| Puntos de monitoreo | Unidad | | | | ECA Subcategoría A2 | LMP *D.S. N° 031-2010-SA. |
| | Julio | Agosto | Setiembre | Octubre | | |
| P01 | <LCM | <LCM | 9.5 | 24.7 | 100 | - |
| P02 | <LCM | <LCM | 17.3 | 19.6 | | |
| P03 | <LCM | <LCM | 15.7 | <LCM | - | 15 |
| P04 | <LCM | <LCM | <LCM | <LCM | | |

* Reglamento de la calidad del agua para consumo humano

Límite de Cuantificación del Método LCM (concentración del analito es mínimo - trazas): 4.0

La tabla 16, muestra los valores de color del agua, de acuerdo a la normativa nacional establecida en los Estándares de Calidad Ambiental, ECA Subcategoría A2 y el Reglamento de la calidad del agua para consumo humano, las cuales señalan que el color tiene un valor máximo de 100 UCV, por lo que:

- En el mes de setiembre se encontró en el P02 un total de 17.3 UCV y en el P03 un total de 15.7 UCV.
- En el mes de octubre se encontró en el P02 un total de 19.6 UCV.

Según la OPS (2004:10), indica que el color del agua puede estar ligada a la turbiedad o presentarse de manera independientemente de ella; lo que nos permite explicar la relación que existe entre estos parámetros. 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.

Los valores de color se encontraron dentro de los rangos permitidos en ambas normativas mencionadas anteriormente en un 81.25% en el sistema de abastecimiento.

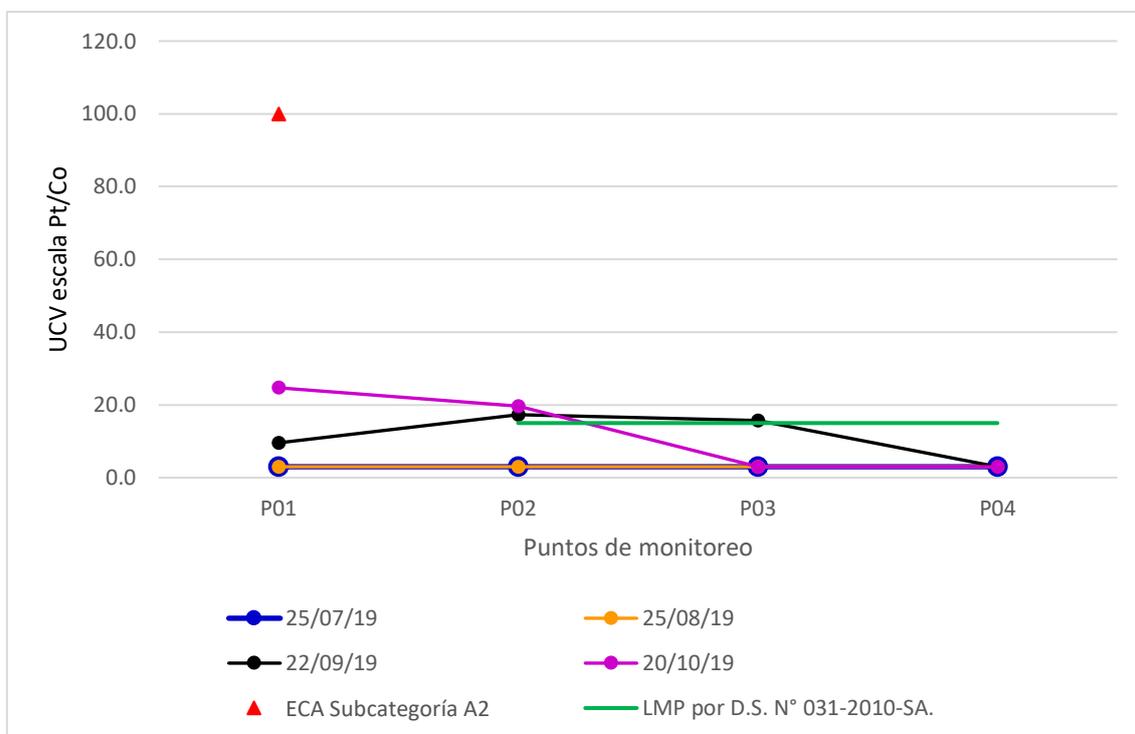


Figura 11. Color registrado durante los meses de julio – octubre del año 2019.

En la figura 11 se muestran los valores de Color registrados en los cuatro puntos de monitoreo en el sistema de abastecimiento de agua para consumo humano del manantial la Quesera, para el P01 los valores medios oscilaron entre $<LCM - 24.7$ UCV, en el P02 entre $<LCM - 19.6$ UCV, en el P03 entre $<LCM - 15.7$ UCV; mientras que para el P04 $<LCM$ UCV durante el periodo julio – octubre del año 2019.

4.1.5. Coliformes totales

Tabla 17. Coliformes totales registrados durante los meses de julio – octubre del año 2019.

| Coliformes totales | | | | | | |
|---------------------|-------|--------|-----------|---------|---------------------|---------------------------|
| Unidad (NMP/100 mL) | | | | | | |
| Puntos de monitoreo | Julio | Agosto | Setiembre | Octubre | ECA Subcategoría A2 | LMP *D.S. N° 031-2010-SA. |
| P01 | 49.0 | 31.0 | 430.0 | 35000.0 | ** | - |
| P02 | 70.0 | 46.0 | 540.0 | 92000.0 | | |
| P03 | <1.8 | <1.8 | <1.8 | <1.8 | - | <1.8/ |
| P04 | <1.8 | <1.8 | <1.8 | <1.8 | | |

* Reglamento de la calidad del agua para consumo humano
 ** El parámetro no aplica para el ECA Subcategoría A2

La tabla 17 representa los valores de coliformes totales del agua que se recopilaron en función a los cuatro monitoreos realizados.

La normativa nacional establecida en los Estándares de Calidad Ambiental, ECA Subcategoría A2 señala que para Coliformes Totales no aplica y el Reglamento de la calidad del agua para consumo humano señala que el Coliformes Totales tiene un valor máximo de <1.8 NMP/100 mL., por lo que:

- En el mes de julio se encontró en el P02 un total de 70 NMP/100 mL.
- En el mes de agosto en el P02 se encontró un total de 46 NMP/100 mL.
- En el mes de setiembre en el punto P02 se encontró un total de 540 NMP/100 mL.
- En el mes de octubre se encontró P02 un total de 92000 NMP/100 mL.
- En el P01 a pesar que la normativa no aplica para este parámetro (ECA Subcategoría A2) en el P01 se encontró un total de 49.0 NMP/100 mL., en el P02 un total de 31 NMP/100 mL., en el P03 un total de 430 NMP/100 mL. y en el P04 un total de 35000 NMP/100 mL.

Teniendo en cuenta lo expuesto por Medina (2018:19), quien manifiesta que “aguas arriba de la captación La Quesera se desarrollan actividades agrícolas,

ganaderas y existe servicio de alcantarillado y una PTAR en el lugar denominado Tincat, del cual se desconoce la calidad de su efluente”, sumado a las precipitaciones surgidas en la cuenca en el periodo de monitoreo, es que, se tiene presencia de coliformes totales en los monitoreos del mes de setiembre y octubre.

Por tanto, según los resultados obtenidos de coliformes totales con presencia de cloro, enunciamos que la inexistencia de estos coliformes totales funciona como una alerta de que no ocurrió contaminación, así como la ausencia de desperfectos en el tratamiento, en la distribución o en las conexiones domiciliarias. La presencia de coliformes termotolerantes acciona los mecanismos de control de calidad y de procesamiento dentro de la planta de tratamiento de agua, e intensifica la vigilancia en la red de distribución (Arcos et al 2005:23)

Los valores de Coliformes totales se encontraron dentro del rango permitido en la normativa mencionada anteriormente en un 66,67% en el sistema de abastecimiento.

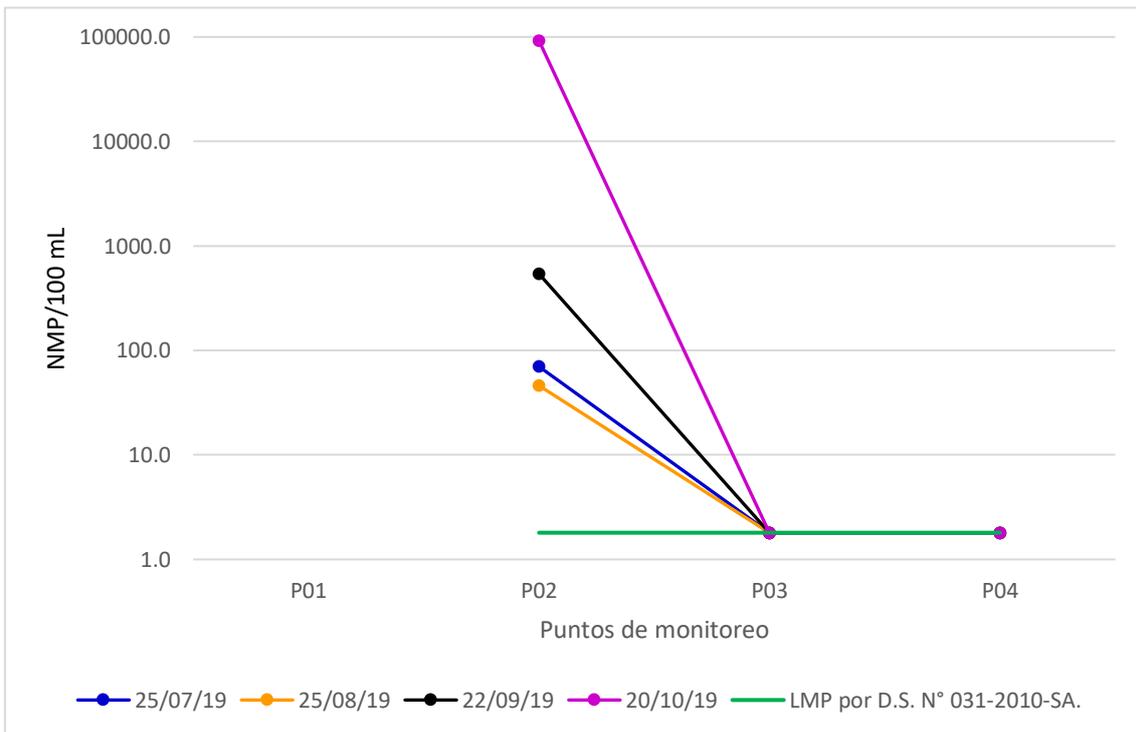


Figura 12. Coliformes totales registrados durante los meses de julio – octubre del año 2019.

En la Figura 12, se muestran los valores de Coliformes totales registrados en los tres puntos de monitoreo en el sistema de abastecimiento de agua para consumo humano del manantial la Quesera, para el P02 los valores medios oscilaron entre 46.0 – 92000 NMP/100 mL, en el P03 bajo <1.8 NMP/100 mL; mientras que para el P04 bajo <1.8 NMP/100 mL durante el periodo julio – octubre del año 2019.

4.1.6. Coliformes termotolerantes

Tabla 18. Coliformes termotolerantes registrados durante los meses de julio – octubre del año 2019.

| Coliformes termotolerantes | | | | | | |
|----------------------------|--------|--------|-----------|---------|-----------------|-----------------------|
| Puntos de monitoreo | Unidad | | | | ECA | LMP |
| | Julio | Agosto | Setiembre | Octubre | Subcategoría A2 | *D.S. N° 031-2010-SA. |
| P01 | 7.8 | <1.8 | 350.0 | 16000.0 | 2000 | - |
| P02 | <1.8 | <1.8 | 110.0 | 35000.0 | | |
| P03 | <1.8 | <1.8 | <1.8 | <1.8 | - | <1.8/100 ml |
| P04 | <1.8 | <1.8 | <1.8 | <1.8 | | |

* Reglamento de la calidad del agua para consumo humano

La tabla 18 representa los valores de coliformes termotolerantes. La normativa nacional establecida en los Estándares de Calidad Ambiental, ECA Subcategoría A2 señala que los coliformes termotolerantes tiene un valor máximo de 2000 NMP/100 mL y el Reglamento de la calidad del agua para consumo humano señala que el Coliformes Totales tiene un valor máximo de <1.8 NMP/100 mL, por lo que:

- En el mes de setiembre en el punto P02 se encontró un total de 110 NMP/100 mL.
- En el mes de octubre en los puntos P01y P02 se encontró un total de 16000 y 35000 NMP/100 mL respectivamente.

Es importante resaltar que la presencia de coliformes termotolerantes se da por la contaminación fecal de los suministros de agua, que generalmente se da por la descarga de aguas residuales, por un tratamiento inadecuado y/o a un sistema

ineficiente de distribución y almacenamiento, así como infiltración de los contaminantes que descomponen la calidad del agua. También es posible desarrollar la tolerancia por parte de las comunidades bacterianas al cloro que se utiliza en el tratamiento de los suministros de agua. (Sotomayor et al 2013).

Además, teniendo en cuenta lo expuesto por Medina (2018:19), quien manifiesta que “aguas arriba de la captación La Quesera se desarrollan actividades agrícolas, ganaderas y existe servicio de alcantarillado y una PTAR en el lugar denominado Tincat, del cual se desconoce la calidad de su efluente”, sumado a las precipitaciones surgidas en la cuenca en el periodo de monitoreo, es que, se tiene presencia de coliformes totales en los monitoreos del mes de setiembre y octubre.

Los valores de Coliformes termotolerantes se encontraron dentro de los rangos permitidos en las normativas mencionadas anteriormente en un 81.25% en el sistema de abastecimiento.

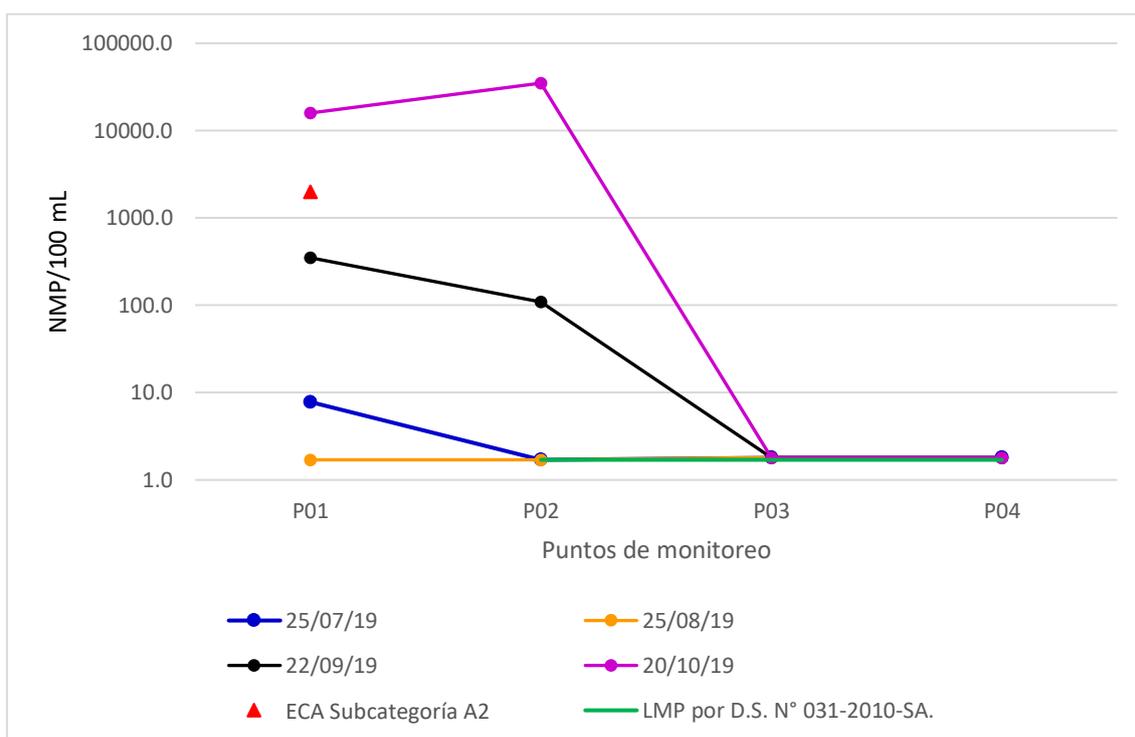


Figura 13. Coliformes termotolerantes registrados durante los meses de julio – octubre del año 2019.

En la Figura 13, se muestran los valores de coliformes termotolerantes registrados en los cuatro puntos de monitoreo en el sistema de abastecimiento de agua para consumo humano del manantial la Quesera, para el P01 los valores medios oscilaron entre $<1.8 - 16000$ NMP/100 mL, en el P02 entre $<1.8 - 35000$ NMP/100 mL, en el P03 bajo <1.8 NMP/100 mL; mientras que para el P04 bajo <1.8 NMP/100 mL durante el periodo julio – octubre del año 2019.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

La evaluación de los parámetros de control obligatoria del agua para consumo humano, constituye una herramienta importante para conocer la calidad del agua potable que se produce en el sistema de abastecimiento de las aguas provenientes del manantial La Quesera, en el distrito de Celendín, por lo que se concluye:

- Los parámetros fisicoquímicos de control obligatorio del agua para consumo humano en el sistema de abastecimiento de las aguas provenientes del manantial La Quesera, en el distrito de Celendín no cumplen con las normativas nacionales para consumo humano debido a que se obtuvieron valores de turbiedad, cloro libre residual y color que superan los Límites Máximos Permisibles y Estándares de Calidad Ambiental.
- Los parámetros microbiológicos de control obligatorio del agua para consumo humano en el sistema de abastecimiento de las aguas provenientes del manantial La Quesera, en el distrito de Celendín no cumplen con las normativas nacionales para consumo humano debido a que se obtuvieron valores de coliformes totales y coliformes termotolerantes que superan los Límites Máximos Permisibles y Estándares de Calidad Ambiental.

- Se evaluaron 84 muestras de los cuales 67 (equivalente al 79.76%) cumplen con las normativas nacionales de agua para consumo humano.

5.2. RECOMENDACIONES

- Continuar los análisis físicos, químicos y microbiológicos para determinar el comportamiento del manantial La Quesera en las diferentes estructuras que conforman el sistema de abastecimiento de agua potable, dado que se pudo evidenciar variaciones significativas en la turbidez, color, coliformes totales y coliformes termotolerantes en los puntos muestreo P01 y P02.
- Profundizar con los análisis de agua para consumo humano y así poder proponer la construcción de un nuevo sistema de tratamiento para el agua de la fuente de La Quesera, donde las aguas que se potabiliza sean con un tratamiento avanzado y moderno, para garantizar la calidad del agua para consumo humano de la ciudad de Celendín.
- Analizar los demás parámetros que puedan permitir identificar de manera puntual las zonas y estructuras donde se pueda intervenir de manera oportuna en busca de la mejora continua del servicio de agua potable que consumen los pobladores de la ciudad de Celendín.

CAPÍTULO VI

LITERATURA CITADA

Arcos P, MP; Avila de N, SL; Estupiñán T, SM; Gómez p; Ac. 2005. Indicadores microbiológicos de contaminación de las fuentes de agua. Cundinamarca, Colombia. 73 p.

ANA (Autoridad Nacional del Agua, Perú). 2019. Ley de los Recursos Hídricos: Ley N° 29338. Consultado el 05 de setiembre del 2019. Disponible en <http://www.ana.gob.pe/publicaciones/ley-no-29338-ley-de-recursos-hidricos>

ANDA (Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados, El Salvador). 2015. Calidad del Agua. Consultado el 05 de setiembre del 2019. Disponible en <http://www.anda.gob.sv/calidad-del-agua/>

Atencio S, H. 2018. “Análisis de la calidad del agua para consumo humano y percepción local en la población de la localidad de San Antonio de Rancas, del distrito de Simón Bolívar, provincia y región Pasco- 2018” Tesis para optar título profesional de

ingeniero ambiental. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. 128 p. Fuente Original: <http://www.bvsde.paho.org/bvsatr/fulltext/operacion/cap6.pdf>

Banda Z, YK. 2021. Relación entre el cloro residual y presencia de coliformes termotolerantes en el agua potable de la ciudad de Celendín. Tesis para optar título profesional de ingeniero ambiental. Universidad Nacional de Cajamarca. Perú. 93 p.

Caminati B, AM; Caqui F, RM. 2013. “Análisis y diseño de sistemas de tratamiento de agua para consumo humano y su distribución en la Universidad de Piura”. Tesis para optar título profesional de ingeniero industrial y de sistemas. Universidad de Piura. p. 18-19. Fuente Original: Chávez de Alláin, MA, Capítulo II: Origen y efectos de la contaminación. Piura. 2012.

CEPIS (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente). 2004. Tratamiento de agua para consumo humano: Plantas de filtración rápida. Lima. v. 1, tomo 1, p. 5-44.

CEPIS (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente). 2004. Tratamiento de agua para consumo humano: Plantas de filtración rápida. Lima. v. 1, tomo 1, p. 29.

CEPIS (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente). 2004. Tratamiento de agua para consumo humano: Plantas de filtración rápida. Lima. v. 1, tomo 1, p. 29.

CEPIS (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente). 2004. Tratamiento de agua para consumo humano: Plantas de filtración rápida. Lima. v. 1, tomo 1, p. 91.

Chaucachicaiza, F; Orozco, LS. 2012. “Diseño e implementación de un sistema automatizado para la dosificación de cloro en el tratamiento de agua potable en la comunidad San Vicente de Lacas”. Tesis Pregrado. Riobamba Escuela Superior Pilitécnica de Chimborazo.

Cornejo G, JA. 2020. “Calidad microbiológica del agua del Río Socabaya mediante el recuento de *Escherichia coli*, coliformes totales y mesófilos aerobios totales, en los distritos de Socabaya y Jacobo Hunter, Arequipa, 2019” Tesis para obtener el título profesional de médico veterinario y zootecnista. Universidad Católica de Santa María, 98 p.

Cruz V, W. 2006. Calidad bacteriológica y parasitológica del agua de consumo humano, y su impacto en la morbilidad por enteropatógenos de mayor incidencia en los niños y niñas de centros educativos de educación primaria del distrito de Pichari, La Convención, Cusco-Valle del Río Apurímac, de marzo a julio del 2006. Tesis para obtener el título profesional de médico cirujano. Universidad Nacional mayor de San Marcos, p. 14.

Díaz M, ED. 2014a. Factores que influyen en la calidad del agua del manantial de Molinopampa, que se usa para consumo doméstico en la ciudad de Celendín. Tesis para optar el grado académico de Maestro en Ciencias. Universidad Nacional de Cajamarca. Perú. 88 p.

Díaz M, ED. 2014b. Factores que influyen en la calidad del agua del manantial de Molinopampa, que se usa para consumo doméstico en la ciudad de Celendín. Tesis para optar el grado académico de Maestro en Ciencias. Universidad Nacional de Cajamarca. Perú. p. 19. Fuente Original: Suares A, P. 2009. Perfil provincial Celendín UNC y Servicio Holandés de Cooperación al Desarrollo. 1ra. Edición. Perú. 233p.

Díaz M, ED. 2014c. Factores que influyen en la calidad del agua del manantial de Molinopampa, que se usa para consumo doméstico en la ciudad de Celendín. Tesis para optar el grado académico de Maestro en Ciencias. Universidad Nacional de Cajamarca. Perú. p. 27. Fuente Original: Mostacero León, José; Mejía Coico, Freddy y Peláez Peláez, Freddy. 1996. Fitogeografía del norte del Perú. 1ra. Edición. Perú. 233p. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYTEC). 406 p.

Díaz M, ED. 2014d. Factores que influyen en la calidad del agua del manantial de Molinopampa, que se usa para consumo doméstico en la ciudad de Celendín. Tesis para optar el grado académico de Maestro en Ciencias. Universidad Nacional de Cajamarca. Perú. p. 28. Fuente Original: Abanto C, D. 2011. Manual sobre la vida silvestre de las aves en el valle Jequetepeque. 1ra. Edición. Martínez Compañón Editores S.R.L.

Gámez, L. 2002. Agua transparente...deuda invisible. En Octavo Informe del Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible. San José, Costa Rica, Litrografía e imprenta Lil, S.A., 40 p.

IAGUA. 2016. Consultado el 17 de setiembre del 2019. Disponible en www.iagua.es/blogs/beatriz-pradillo/parametros-control-agua-potable

Jáuregui A, DY. 2018. Determinación de la calidad del agua empleando macroinvertebrados bentónicos y parámetros fisicoquímicos en el río Sendamal, Celendín. Tesis para optar título profesional de ingeniero ambiental. Universidad Nacional de Cajamarca. Perú. p. 7. Fuente Original: Acevedo, R. 2009. Bioindicadores del agua en la cuenca del río Tolantongo, Hidalgo. Tesis para obtener título de ingeniero en recursos naturales renovables. Universidad autónoma de Chapingo. México. 182 p.

Medina C, AE. 2018. Calidad del Agua en Función de Turbidez y Coliformes en la Planta de Tratamiento La Quesera, Sucre, Celendín, 2016-2017. Tesis para optar el grado académico de Doctor en Ciencias. Universidad Nacional de Cajamarca. Perú. 148 p.

MINSA (Ministerio de Salud, Perú). 2011. Reglamento de la calidad del agua para consumo humano. Lima. Perú. 44 p.

Muñoz M, R. 2019. Eficiencia del sistema de cloración por goteo para el mejoramiento de la calidad del agua de consumo humano del caserío Cauchamayo – Celendín. Tesis para optar título profesional de ingeniero ambiental. Universidad Nacional de Cajamarca. Perú. p. 33. Fuente Original: No indica.

OMS (Organización Mundial de la Salud). 2019. Consultado 10 de setiembre 2019. Disponible en https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_10.pdf

OMS (Organización Mundial de la Salud). 2019. Consultado 7 de setiembre 2019. Disponible en https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_10.pdf?ua=1

OMS (Organización Mundial de la Salud). 2006. Guías para la calidad del agua potable. Suiza. Consultado 7 de setiembre 2019. Disponible en https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_fulll_lowres.pdf 398 p.

OPS (Organización Panamericana de la Salud). 2004. Tratamiento de agua para consumo humano. Lima. Consultado 19 de febrero de 2020. Disponible en https://www.guzlop-editoras.com/web_des/ciennat/agua/pld1180.pdf

Pereyra R, ME. 2018. Determinación de la calidad fisicoquímica y microbiológica del manantial La Qesera en Celendín – Cajamarca. Tesis para optar título profesional de ingeniero ambiental. Universidad Nacional de Cajamarca. Perú. 66 p.

Rueda, J., López, C. 2003. Valoración de la calidad biológica de los ríos. Claves de identificación para la enseñanza secundaria. Universidad de Valencia. España. 123 p.

Saldaña V, EJ. 2017. “Determinación de la calidad del agua para consumo humano en el distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc, región Cajamarca – 2017. Tesis para optar título profesional de ingeniero ambiental. Universidad Privada del Norte. p. 20-21. Fuente Original: OMS (Organización Mundial de la Salud).2008.

Saldaña V, EJ. 2017. “Determinación de la calidad del agua para consumo humano en el distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc, región Cajamarca – 2017. Tesis para optar título profesional de ingeniero ambiental. Universidad Privada del Norte. p. 26. Fuente Original: MINSA (Ministerio de Salud).2011.

Saravia M, AM. 2019. “Calidad de agua de un tramo de dos mil metros de la quebrada Maquía - distrito de Contamana, provincia de Ucayali, departamento Loreto” Tesis para optar título profesional de ingeniero ambiental. Universidad Nacional de Ucayali. p. 59.

Silva C, JA. 2008. Determinación de la calidad microbiológica de agua potable de la ciudad de Celendín. 2008. Tesis para optar título profesional de ingeniero ambiental. Universidad Nacional de Cajamarca. Perú. 66 p.

Sotomayor F; Villagra V; Silva L. (2013). Determinación de la calidad microbiológica de las aguas de pozo artesiano de distritos de los departamentos Central, Cordillera y municipio Capital. Memorias del Instituto de Investigaciones En Ciencias de La Salud. Disponible en http://scielo.iics.una.py/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1812-95282013000100002

SUNASS (Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento). 1995. Reglamento de Calidad del Agua de Consumo Humano del Perú. Lima. Perú. Consultado el 13 de setiembre del 2019. Disponible en <http://www.solucionespracticas.org.pe/td/pdf/aguaysaneamiento.pdf>.

Tacora M, SK. 2018. Evaluación de los parámetros de control obligatorio del agua potable de la zona urbana en la ciudad de Juli, Provincia de Chucuito, Región Puno, 2018. Tesis para obtener el título de Ingeniero Ambiental. Universidad Peruana Unión. Perú. 29p.

Zegarra C, D. 2016. Evaluación de la calidad fisicoquímica y bacteriológica del manantial Huañambra en José Gálvez-Celendín. Tesis para optar título profesional de ingeniero ambiental. Universidad Nacional de Cajamarca. Perú. p. 32. Fuente Original: -

ANEXOS

Fotografías de los muestreos



Figura 14. Captación del manantial La Quesera.



Figura 15. Toma de datos usando el multiparámetro.



Figura 16. Medición de Cloro Libre Residual en la entrada de la PTAP.



Figura 17. Adición de reactivos para la preservación de Oxígeno Disuelto.



Figura 18. Medición de Temperatura de agua en conexión domiciliaria.



Figura 19. Toma de muestra de agua para análisis de metales totales en la captación.



Figura 20. Georreferenciación de punto de monitoreo de entrada de agua de la PTAP.



Figura 21. Toma de muestra de agua para análisis de Dureza Total en entrada a Reservorio.

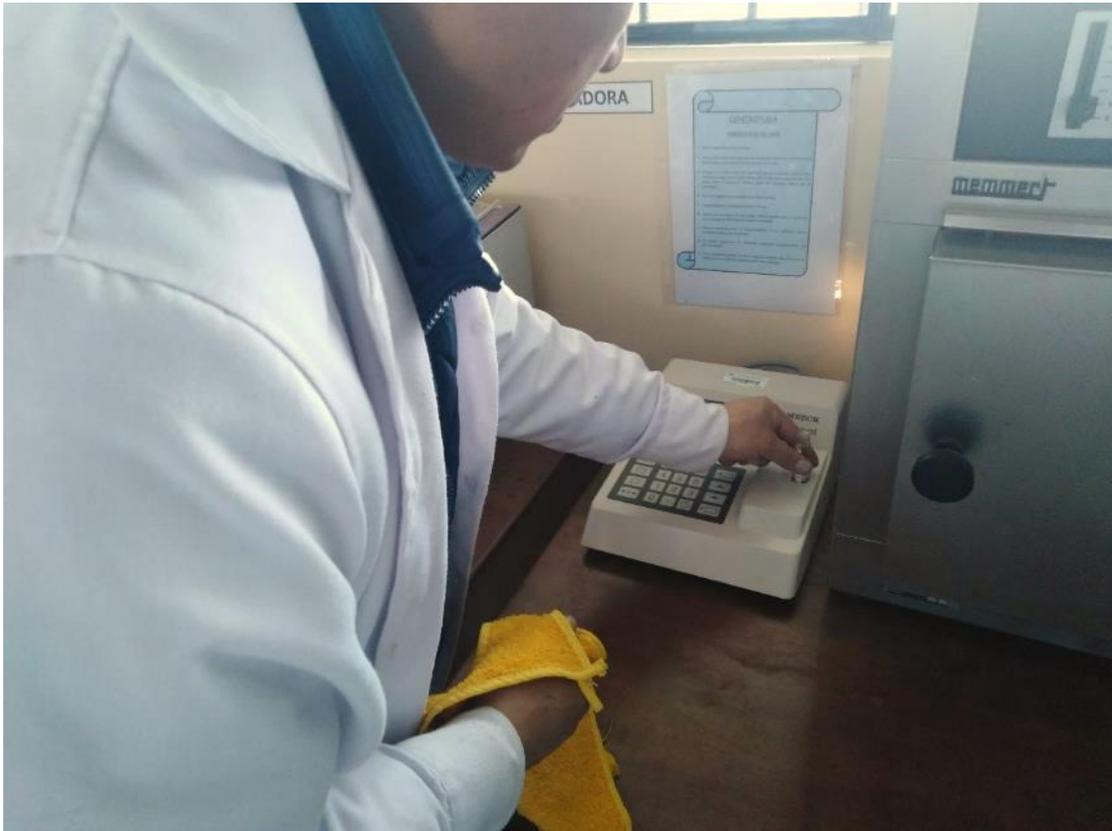


Figura 22. Determinación de Turbidez usando el espectrofotómetro.



Figura 23. Toma de Conductividad Eléctrica usando el multiparámetro.



Figura 24. Toma de muestra de agua para análisis de Colif. Tot. y Termotolerantes.



Figura 25. Medición de Cloro Libre Residual en conexión domiciliaria.



Figura 26. Toma de muestra de agua para análisis de Color.



Figura 27. Medición de Temperatura en la entrada de agua a la PTAP.

Informes de ensayo



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 0719625

DATOS DEL CLIENTE/USUARIO

Razon Social/Usuario **CHRISTIAN RAFAEL SILVA CHÁVEZ**
Dirección -
Persona de contacto - Correo electrónico christian267473@gmail.com

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha del Muestreo **25.07.19** Hora de Muestreo **12:15 a 15:29**
Tipo de Muestreo **Puntual**
Número de Muestras **04 Muestras** N° Frascos x muestra **05**
Ensayos solicitados **Fisicoquímicos y Biológicos**
Breve descripción del estado de la muestra **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen y preservación.**
Responsable de la toma de muestra **Las muestras fueron tomadas por el personal usuario**
Procedencia de la Muestra: **CELENDÍN**

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato **SC - 757** Cadena de Custodia **CC - 625 - 18**
Fecha y Hora de Recepción **26.07.19 11:30** Inicio de Ensayo **26.07.19 12:00**
Reporte Resultado **09.08.19 08:00**

Ing. Edder Miguel Neyra Jaico
Responsable de Oficina
CIP: 147028



LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA

Cajamarca, 09 de Agosto de 2019.

Página: 1 de 4



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N°

Cajamarca, 09 de Agosto de 2019.

IE 0719625

| ENSAYOS | | | FISICOQUÍMICOS | | | | | |
|----------------------------|----------------------|-----|----------------|-------------|-------------|-----------------|---|---|
| Código Cliente | | | P01 | P02 | P03 | P04 | - | - |
| Código Laboratorio | | | 0719625-01 | 0719625-02 | 0719625-03 | 0719625-04 | - | - |
| Matriz | | | NATURAL | NATURAL | NATURAL | NATURAL | - | - |
| Descripción | | | Subterránea | Subterránea | Subterránea | Subterránea | - | - |
| Localización de la Muestra | | | La Quesera | Sucre | El Cumbe | Jr. Dos de Mayo | - | - |
| Parámetro | Unidad | LCM | Resultados | | | | | |
| (*) Dureza Total | mg/L | 0.5 | 117.2 | 118.1 | 117.7 | 104.0 | - | - |
| (*) Color Verdadero | UC | 4.0 | <LCM | <LCM | <LCM | <LCM | - | - |
| (*) Oxígeno Disuelto | mg O ₂ /L | 0.5 | 7.1 | 7.1 | 6.9 | 8.9 | - | - |

Leyenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)

| ENSAYOS | | | BIOLÓGICOS | | | | | |
|----------------------------|------------|-----|------------|------|------|------|---|---|
| Parámetro | Unidad | LCM | Resultados | | | | | |
| Coliformes Totales | NMP/ 100mL | 1.8 | 49 | 70 | <1.8 | <1.8 | - | - |
| Coliformes Termotolerantes | NMP/ 100mL | 1.8 | 7.8 | <1.8 | <1.8 | <1.8 | - | - |

Nota: Los Resultados <1.0, <1.1 y <1: significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecian estructuras biológicas en la muestra. VE: valor estimado

| Ensayo | Unidad | Método de Ensayo Utilizados |
|--|-------------------------|--|
| Metales Disueltos y Totales por ICP-OES (Ag, Al, As, B, Ba, Be, Bi, Ca, Ce, Cd, Co, Cu, Cr, Fe, K, Li, Na, Mg, Mn, Mo, Ni, P, Pb, S, Sb, Se, Si, Sn, Sr, Ti, Tl, U, V, Zn) | mg/L | EPA Method 200.7 Rev. 4.4, 1994. (Validado) 2014.Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry |
| Dureza Total | mg CaCO ₃ /L | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2340 C, 23rd Ed. 2017: Hardness EDTA Titrimetric Method |
| Oxígeno Disuelto (OD) | mg O ₂ /L | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-O C, 23rd Ed. 2017: Oxygen (Dissolved). Azide Modification. |
| Color Verdadero | UC | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2120 C, 23rd Ed. 2017: Color. Spectrophotometric Single Wavelength Method (Proposed) |
| Coliformes Totales | NMP/100mL | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C. 23rd Ed. 2017: Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique |
| Coliformes Termotolerantes | NMP/100mL | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C,E. 23rd Ed. 2017: Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure. |

NOTAS FINALES

- (*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA.
- (*) Los Resultados son referenciales, fueron procesados fuera del tiempo estipulado por el método.
- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo en este Laboratorio Regional del Agua.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua, su autenticidad será válida sólo si tiene firma y sello original. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ Los resultados del informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que la produce.
- ✓ Los materiales o muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua, durante el tiempo indicado de preservaciones posteriores a la emisión del informe, por lo que toda comprobación o reclamación que, en su caso, deseara efectuar el solicitante, se deberá ejercer en el plazo indicado.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el simbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.



Página: 3 de 4

Figura 28. Informe de ensayo Laboratorio Regional del Agua del mes de julio de 2019.



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084**



INFORME DE ENSAYO N° IE 0819702

DATOS DEL CLIENTE/USUARIO

Razon Social/Usuario **CHRISTIAN RAFAEL SILVA CHÁVEZ**
 Dirección -
 Persona de contacto - Correo electrónico christian267473@gmail.com

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha del Muestreo **25.08.19** Hora de Muestreo **08:59 a 15:47**
 Tipo de Muestreo **Puntual**
 Número de Muestras **04 Muestras** N° Frascos x muestra **04**
 Ensayos solicitados **Fisicoquímicos y Biológicos**
 Breve descripción del estado de la muestra **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen y preservación.**
 Responsable de la toma de muestra **Las muestras fueron tomadas por el personal usuario**
 Procedencia de la Muestra: **CELENDÍN**

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato **SC - 757** Cadena de Custodia **CC - 702 - 18**
 Fecha y Hora de Recepción **26.08.19 09:11** Inicio de Ensayo **26.08.19 09:40**
 Reporte Resultado **05.09.19 12:00**

Ing. Edder Miguel Neyra Jaico
Responsable de Oficina
CIP: 147028

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

Cajamarca, 23 de Septiembre de 2019.

Página: 1 de 3



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-084

INFORME DE ENSAYO N° IE 0819702

| ENSAYOS | | | FISICOQUÍMICOS | | | | | |
|----------------------------|----------------------|-----|----------------|-------------|-------------|-----------------|---|---|
| Código Cliente | | | P01 | P02 | P03 | P04 | - | - |
| Código Laboratorio | | | 0819702-01 | 0819702-02 | 0819702-03 | 0819702-04 | - | - |
| Matriz | | | NATURAL | NATURAL | NATURAL | NATURAL | - | - |
| Descripción | | | Superficial | Superficial | Superficial | Superficial | - | - |
| Localización de la Muestra | | | La Quesera | Sucre | El Cumbe | Jr. Dos de Mayo | - | - |
| Parámetro | Unidad | LCM | Resultados | | | | | |
| (*) Dureza Total | mg/L | 0.5 | 140.9 | 142.1 | 141.3 | 123.1 | - | - |
| (*) Color Verdadero | UC | 4.0 | <LCM | <LCM | <LCM | <LCM | - | - |
| (*) Oxígeno Disuelto | mg O ₂ /L | 0.5 | 7.0 | 6.42 | 6.81 | 7.04 | - | - |

Leyenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)

| ENSAYOS | | | BIOLÓGICOS | | | | | |
|----------------------------|------------|-----|------------|------|------|------|---|---|
| Parámetro | Unidad | LCM | Resultados | | | | | |
| Coliformes Totales | NMP/ 100mL | 1.8 | 31 | 46 | <1.8 | <1.8 | - | - |
| Coliformes Termotolerantes | NMP/ 100mL | 1.8 | <1.8 | <1.8 | <1.8 | <1.8 | - | - |

Nota: Los Resultados <1.0, <1.1 y <1: significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecian estructuras biológicas en la muestra. VE: valor estimado

| Ensayo | Unidad | Método de Ensayo Utilizados |
|--|-------------------------|--|
| Metales Disueltos y Totales por ICP-OES (Ag, Al, As, B, Ba, Be, Bi, Ca, Ce, Cd, Co, Cu, Cr, Fe, K, Li, Na, Mg, Mn, Mo, Ni, P, Pb, S, Sb, Se, Si, Sn, Sr, Ti, Tl, U, V, Zn) | mg/L | EPA Method 200.7 Rev. 4.4, 1994. (Validado) 2014. Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry |
| Dureza Total | mg CaCO ₃ /L | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2340 C, 23rd Ed. 2017: Hardness EDTA Titrimetric Method |
| Oxígeno Disuelto (OD) | mg O ₂ /L | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-O C, 23rd Ed. 2017: Oxygen (Dissolved), Azide Modification. |
| Color Verdadero | UC | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2120 C, 23rd Ed. 2017: Color. Spectrophotometric Single Wavelength Method (Proposed) |
| Coliformes Totales | NMP/100mL | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C. 23rd Ed. 2017: Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique |
| Coliformes Termotolerantes | NMP/100mL | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C,E. 23rd Ed. 2017: Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group; Fecal Coliform Procedure. |

NOTAS FINALES

- (*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA.
- (*) Los Resultados son referenciales, fueron procesados fuera del tiempo estipulado por el método.
- ✓ Los resultados indicados en este informe conciernen única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo en este Laboratorio Regional del Agua.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua, su autenticidad será válida sólo si tiene firma y sello original. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ Los resultados del informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que la produce.
- ✓ Los materiales o muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua, durante el tiempo indicado de preservaciones posteriores a la emisión del informe, por lo que toda comprobación o reclamación que, en su caso, deseara efectuar el solicitante, se deberá ejercer en el plazo indicado.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.

Código del Formato: RT1-5.10-01 Rev.N°06 Fecha : 02/01/2019



Cajamarca, 23 de Septiembre de 2019.

Página: 3 de 3

"LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA - GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA ASEGURA LA CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS PRESENTADOS EN ESTE INFORME DE ENSAYO"
JR. LUIS ALBERTO SANCHEZ S/N. URB. EL BOSQUE, CAJAMARCA - PERÚ
e-mail: laboratoriodelagua@regioncajamarca.gob.pe FONOS: 599000 anexo 1140

Figura 29. Informe de ensayo Laboratorio Regional del Agua del mes de agosto de 2019.



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084**



INFORME DE ENSAYO N° IE 0919767

DATOS DEL CLIENTE/USUARIO

Razon Social/Usuario **CHRISTIAN RAFAEL SILVA CHÁVEZ**
 Dirección -
 Persona de contacto - Correo electrónico **christian267473@gmail.com**

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha del Muestreo **22.09.19** Hora de Muestreo **09:10 a 15:12**
 Tipo de Muestreo **Puntual**
 Número de Muestras **04 Muestras** N° Frascos x muestra **04**
 Ensayos solicitados **Fisicoquímicos y Biológicos**
 Breve descripción del estado de la muestra **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen y preservación.**
 Responsable de la toma de muestra **Las muestras fueron tomadas por el personal usuario**
 Procedencia de la Muestra: **CELENDÍN**

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato **SC - 757** Cadena de Custodia **CC - 757 - 19**
 Fecha y Hora de Recepción **23.09.19 08:55** Inicio de Ensayo **23.09.19 09:15**
 Reporte **Final de Resultados** **02.10.19 15:00**

Ing. Edder Miguel Neyra Jaico
Responsable de Oficina
CIP: 147028

**LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA**

Cajamarca, 03 de Octubre de 2019.



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 0919767

| ENSAYOS | | | FISICOQUÍMICOS | | | | | |
|----------------------------|----------------------|-------|----------------|-------------|-------------|-------------|---|---|
| Código Cliente | | | P01 | P02 | P03 | P04 | - | - |
| Código Laboratorio | | | 0919767-01 | 0919767-02 | 0919767-03 | 0919767-04 | - | - |
| Matriz | | | NATURAL | NATURAL | NATURAL | NATURAL | - | - |
| Descripción | | | Subterránea | Subterránea | Subterránea | Subterránea | - | - |
| Localización de la Muestra | | | Celendín | Celendín | Celendín | Celendín | - | - |
| Parámetro | Unidad | LCM | Resultados | | | | | |
| (*) Dureza Total | mg/L | 0.5 | 61.1 | 59.5 | 69.5 | 103.3 | - | - |
| (*) Oxígeno Disuelto | mg O ₂ /L | 0.500 | 6.93 | 6.11 | 7.23 | 6.02 | - | - |
| (*) Color Verdadero | UC | 4.0 | 9.5 | 17.3 | 15.7 | <LCM | - | - |

Leyenda: LCM: Límite de cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)

| ENSAYOS | | | BIOLÓGICOS | | | | | |
|----------------------------|------------|-----|------------|-----|------|------|---|---|
| Parámetro | Unidad | LCM | Resultados | | | | | |
| Coliformes Totales | NMP/ 100mL | 1.8 | 430 | 540 | <1.8 | <1.8 | - | - |
| Coliformes Termotolerantes | NMP/ 100mL | 1.8 | 350 | 110 | <1.8 | <1.8 | - | - |

Nota: Los Resultados <1.8 y <1, significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecian estructuras biológicas en la muestra.

| Ensayo | Unidad | Método de Ensayo Utilizados |
|--|-------------------------|--|
| Metales Disueltos y Totales por ICP-OES (Ag, Al, As, B, Ba, Be, Bi, Ca, Ce, Cd, Co, Cu, Cr, Fe, K, Li, Na, Mg, Mn, Mo, Ni, P, Pb, S, Sb, Se, Si, Sn, Sr, Tl, Ti, U, V, Zn) | mg/L | EPA Method 200.7 Rev. 4.4, 1994, (Validado) 2014 Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry |
| Dureza Total | mg CaCO ₃ /L | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2340 C, 23rd Ed, 2017: Hardness EDTA Titrimetric Method |
| Color Verdadero | UC | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2120 C, 23rd Ed, 2017: Color. Spectrophotometric Single Wavelength Method (Proposed) |
| Oxígeno Disuelto (OD) | mg O ₂ /L | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-O C, 23rd Ed, 2017: Oxygen (Dissolved). Azide Modification. |
| Coliformes Totales | NMP/100mL | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C, 23rd Ed, 2017: Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique |
| Coliformes Termotolerantes | NMP/100mL | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C,E, 23rd Ed, 2017: Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure. |

NOTAS FINALES

- (*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA. NA: No aplica
- (*) Los Resultados son referenciales, fueron procesados fuera del tiempo estipulado por el método.
- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo en este Laboratorio Regional del Agua.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua, su autenticidad será válida sólo si tiene firma y sello original. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ Los resultados del informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que la produce.
- ✓ Los materiales o muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua, durante el tiempo indicado de preservaciones posteriores a la emisión del informe, por lo que toda comprobación o reclamación que en su caso, deseara efectuar el solicitante, se deberá ejercer en el plazo indicado.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.

"Fin del documento"

Código del Formato: RT1-5.10-01 Rev:N°06 Fecha : 02/01/2019



Cajamarca, 03 de Octubre de 2019.

3 de 3

"LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA - GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA ASEGURA LA CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS PRESENTADOS EN ESTE INFORME DE ENSAYO"
JR. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ S/N. URB. EL BOSQUE, CAJAMARCA - PERÚ
e-mail: laboratoriodelagua@regioncajamarca.gob.pe FON0: 599000 anexo 1140

Figura 30. Informe de ensayo Laboratorio Regional del Agua del mes de setiembre de 2019.



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 1019858

DATOS DEL CLIENTE/USUARIO

Razon Social/Usuario **CHRISTIAN RAFAEL SILVA CHÁVEZ**
Dirección -
Persona de contacto - Correo electrónico christian267473@gmail.com

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha del Muestreo **20.10.19** Hora de Muestreo **09:10 a 15:00**
Tipo de Muestreo **Puntual**
Número de Muestras **04 Muestras** N° Frascos x muestra **04**
Ensayos solicitados **Fisicoquímicos y Biológicos**
Breve descripción del estado de la muestra **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen y preservación.**
Responsable de la toma de muestra **Las muestras fueron tomadas por el personal usuario**
Procedencia de la Muestra: **CELENDÍN**

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato **SC - 757** Cadena de Custodia **CC - 858 - 19**
Fecha y Hora de Recepción **21.10.19 07:57** Inicio de Ensayo **21.10.19 08:25**
Reporte *Final de* Resultados **30.10.19 10:10**

Ing. Edder Miguel Neyra Jaico
Responsable de Oficina
CIP: 147028

LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA

Cajamarca, 30 de Octubre de 2019.

1 de 3



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 1019858

| ENSAYOS | | | FISICOQUÍMICOS | | | | | |
|----------------------------|----------------------|-------|----------------|-------------|-------------|---------------|---|---|
| Código Cliente | | | P01 | P02 | P03 | P04 | - | - |
| Código Laboratorio | | | 1019858-01 | 1019858-02 | 1019858-03 | 1019858-04 | - | - |
| Matriz | | | NATURAL | NATURAL | NATURAL | NATURAL | - | - |
| Descripción | | | Subterránea | Subterránea | Subterránea | Subterránea | - | - |
| Localización de la Muestra | | | La Quesera | Sucre | El Cubme | Jr. 2 de Mayo | - | - |
| Parámetro | Unidad | LCM | Resultados | | | | | |
| (*) Dureza Total | mg/L | 0.5 | 118.3 | 126.8 | 153.8 | 122.4 | - | - |
| (*) Oxígeno Disuelto | mg O ₂ /L | 0.500 | 6.79 | 5.98 | 6.53 | 6.98 | - | - |
| (*) Color Verdadero | UC | 4.0 | 24.7 | 19.6 | <LCM | <LCM | - | - |

Legenda: LCM: Límite de cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)

| ENSAYOS | | | BIOLÓGICOS | | | | | |
|----------------------------|------------|-----|----------------------|----------------------|------|------|---|---|
| Parámetro | Unidad | LCM | Resultados | | | | | |
| Coliformes Totales | NMP/ 100mL | 1.8 | 35 x 10 ³ | 92 x 10 ³ | <1.8 | <1.8 | - | - |
| Coliformes Termotolerantes | NMP/ 100mL | 1.8 | 16 x 10 ³ | 35 x 10 ² | <1.8 | <1.8 | - | - |

Nota: Los Resultados <1.8 y <1: significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecian estructuras biológicas en la muestra.

| Ensayo | Unidad | Método de Ensayo Utilizados |
|--|-------------------------|--|
| Metales Disueltos y Totales por ICP-OES (Ag, Al, As, B, Ba, Be, Bi, Ca, Ce, Cd, Co, Cu, Cr, Fe, K, Li, Na, Mg, Mn, Mo, Ni, P, Pb, S, Sb, Se, Si, Sn, Sr, Ti, Tl, U, V, Zn) | mg/L | EPA Method 200.7 Rev. 4.4, 1994. (Validado) 2014 Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry |
| Dureza Total | mg CaCO ₃ /L | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2340 C, 23rd Ed. 2017: Hardness EDTA Titrimetric Method |
| Color Verdadero | UC | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2120 C, 23rd Ed. 2017: Color. Spectrophotometric Single Wavelength Method (Proposed) |
| Oxígeno Disuelto (OD) | mg O ₂ /L | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-O C, 23rd Ed. 2017: Oxygen (Dissolved). Azide Modification. |
| Coliformes Totales | NMP/100mL | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C. 23rd Ed. 2017: Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique |
| Coliformes Termotolerantes | NMP/100mL | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C,E. 23rd Ed. 2017: Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure. |

NOTAS FINALES

- (*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA. NA: No aplica
- (*) Los Resultados son referenciales, fueron procesados fuera del tiempo estipulado por el método.
- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo en este Laboratorio Regional del Agua.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua, su autenticidad será válida sólo si tiene firma y sello original. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ Los resultados del informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que la produce.
- ✓ Los materiales o muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua, durante el tiempo indicado de preservaciones posteriores a la emisión del informe, por lo que toda comprobación o reclamación que en su caso, deseara efectuar el solicitante, se deberá ejercer en el plazo indicado.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.

"Fin del documento"

Código del Formato: RT1-5.10-01 Rev:N°06 Fecha : 02/01/2019



Cajamarca, 30 de Octubre de 2019.

3 de 3

"LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA - GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA ASEGURA LA CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS PRESENTADOS EN ESTE INFORME DE ENSAYO"
JR. LUIS ALBERTO SANCHEZ SN. URB. EL BOSQUE, CAJAMARCA - PERU
e-mail: laboratoriodelagua@regioncajamarca.gob.pe FONOS: 599000 anexo 1140

Figura 31. Informe de ensayo Laboratorio Regional del Agua del mes de octubre de 2019.

Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua

recurso hídrico al que este tributa, previo análisis de dicha Autoridad.

**DISPOSICIÓN COMPLEMENTARIA
DEROGATORIA**

Única.- Derogación de normas referidas a Estándares de Calidad Ambiental para Agua

Derógase el Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, el Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM y el Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los seis días del mes de junio del año dos mil diecisiete.

PEDRO PABLO KUCZYNSKI GODARD
Presidente de la República

JOSÉ MANUEL HERNÁNDEZ CALDERÓN
Ministro de Agricultura y Riego

ELSA GALARZA CONTRERAS
Ministra del Ambiente

GONZALO TAMAYO FLORES
Ministro de Energía y Minas

PEDRO OLAECHEA ÁLVAREZ-CALDERÓN
Ministro de la Producción

PATRICIA J. GARCÍA FUNEGRA
Ministra de Salud

EDMER TRUJILLO MORI
Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento

ANEXO

Categoría 1: Poblacional y Recreacional

Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable

| Parámetros | Unidad de medida | A1 | A2 | A3 |
|---|------------------------------|---|---|---|
| | | Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección | Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional | Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado |
| FÍSICOS- QUÍMICOS | | | | |
| Aceites y Grasas | mg/L | 0,5 | 1,7 | 1,7 |
| Cianuro Total | mg/L | 0,07 | ** | ** |
| Cianuro Libre | mg/L | ** | 0,2 | 0,2 |
| Cloruros | mg/L | 250 | 250 | 250 |
| Color (b) | Color verdadero Escala Pt/Co | 15 | 100 (a) | ** |
| Conductividad | (μ S/cm) | 1 500 | 1 600 | ** |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₂) | mg/L | 3 | 5 | 10 |
| Dureza | mg/L | 500 | ** | ** |
| Demanda Química de Oxígeno (DQO) | mg/L | 10 | 20 | 30 |
| Fenoles | mg/L | 0,003 | ** | ** |
| Fluoruros | mg/L | 1,5 | ** | ** |
| Fósforo Total | mg/L | 0,1 | 0,15 | 0,15 |
| Materiales Flotantes de Origen Antropogénico | | Ausencia de material flotante de origen antropico | Ausencia de material flotante de origen antropico | Ausencia de material flotante de origen antropico |
| Nitratos (NO ₃) (c) | mg/L | 50 | 50 | 50 |
| Nitritos (NO ₂) (d) | mg/L | 3 | 3 | ** |
| Amoniaco- N | mg/L | 1,5 | 1,5 | ** |
| Oxígeno Disuelto (valor mínimo) | mg/L | ≥ 6 | ≥ 5 | ≥ 4 |
| Potencial de Hidrógeno (pH) | Unidad de pH | 6,5 – 8,5 | 5,5 – 9,0 | 5,5 – 9,0 |
| Sólidos Disueltos Totales | mg/L | 1 000 | 1 000 | 1 500 |
| Sulfatos | mg/L | 250 | 500 | ** |
| Temperatura | °C | Δ 3 | Δ 3 | ** |
| Turbiedad | UNT | 5 | 100 | ** |
| INORGÁNICOS | | | | |
| Aluminio | mg/L | 0,9 | 5 | 5 |
| Antimonio | mg/L | 0,02 | 0,02 | ** |
| Arsénico | mg/L | 0,01 | 0,01 | 0,15 |
| Bario | mg/L | 0,7 | 1 | ** |
| Berilio | mg/L | 0,012 | 0,04 | 0,1 |
| Boro | mg/L | 2,4 | 2,4 | 2,4 |
| Cadmio | mg/L | 0,003 | 0,005 | 0,01 |
| Cobre | mg/L | 2 | 2 | 2 |
| Cromo Total | mg/L | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| Hierro | mg/L | 0,3 | 1 | 5 |
| Manganeso | mg/L | 0,4 | 0,4 | 0,5 |
| Mercurio | mg/L | 0,001 | 0,002 | 0,002 |
| Molibdeno | mg/L | 0,07 | ** | ** |

| Parámetros | Unidad de medida | A1 | A2 | A3 |
|---|------------------|---|---|---|
| | | Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección | Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional | Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado |
| Níquel | mg/L | 0,07 | ** | ** |
| Plomo | mg/L | 0,01 | 0,05 | 0,05 |
| Selenio | mg/L | 0,04 | 0,04 | 0,05 |
| Uranio | mg/L | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| Zinc | mg/L | 3 | 5 | 5 |
| ORGÁNICOS | | | | |
| Hidrocarburos Totales de Petróleo (C ₈ - C ₃₀) | mg/L | 0,01 | 0,2 | 1,0 |
| Trihalometanos (e) | (e) | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| Bromoformo | mg/L | 0,1 | ** | ** |
| Cloroformo | mg/L | 0,3 | ** | ** |
| Dibromoclorometano | mg/L | 0,1 | ** | ** |
| Bromodoclorometano | mg/L | 0,06 | ** | ** |
| I. COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES | | | | |
| 1,1,1-Tricloroetano | mg/L | 0,2 | 0,2 | ** |
| 1,1-Dicloroetano | mg/L | 0,03 | ** | ** |
| 1,2-Dicloroetano | mg/L | 0,03 | 0,03 | ** |
| 1,2-Diclorobenceno | mg/L | 1 | ** | ** |
| Hexaclorobutadieno | mg/L | 0,0006 | 0,0006 | ** |
| Tetracloroetano | mg/L | 0,04 | ** | ** |
| Tetracloruro de carbono | mg/L | 0,004 | 0,004 | ** |
| Tricloroetano | mg/L | 0,07 | 0,07 | ** |
| BTEX | | | | |
| Benceno | mg/L | 0,01 | 0,01 | ** |
| Etilbenceno | mg/L | 0,3 | 0,3 | ** |
| Tolueno | mg/L | 0,7 | 0,7 | ** |
| Xilenos | mg/L | 0,5 | 0,5 | ** |
| Hidrocarburos Aromáticos | | | | |
| Benzo(a)pireno | mg/L | 0,0007 | 0,0007 | ** |
| Pentaclorofenol (PCP) | mg/L | 0,009 | 0,009 | ** |
| Organofosforados | | | | |
| Malatión | mg/L | 0,19 | 0,0001 | ** |
| Organoclorados | | | | |
| Aldrin + Dieldrin | mg/L | 0,00003 | 0,00003 | ** |
| Clordano | mg/L | 0,0002 | 0,0002 | ** |
| Dicloro Difetil Tricloroetano (DDT) | mg/L | 0,001 | 0,001 | ** |
| Endrin | mg/L | 0,0006 | 0,0006 | ** |
| Heptacloro + Heptacloro Epóxido | mg/L | 0,00003 | 0,00003 | ** |
| Lindano | mg/L | 0,002 | 0,002 | ** |
| Carbamato | | | | |
| Aldicarb | mg/L | 0,01 | 0,01 | ** |
| II. CIANOTOXINAS | | | | |
| Microcistina-LR | mg/L | 0,001 | 0,001 | ** |
| III. BIFENILOS POLICLORADOS | | | | |
| Bifenilos Policlorados (PCB) | mg/L | 0,0005 | 0,0005 | ** |
| MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS | | | | |
| Coliformes Totales | NMP/100 ml | 50 | ** | ** |
| Coliformes Termotolerantes | NMP/100 ml | 20 | 2 000 | 20 000 |
| Formas Parasitarias | N° Organismo/L | 0 | ** | ** |
| <i>Escherichia coli</i> | NMP/100 ml | 0 | ** | ** |
| <i>Vibrio cholerae</i> | Presencia/100 ml | Ausencia | Ausencia | Ausencia |
| Organismos de vida libre (algas, protozoarios, copepodos, rotíferos, nemátodos, en todos sus estadios evolutivos) (f) | N° Organismo/L | 0 | <5x10 ⁶ | <5x10 ⁶ |

(a) 100 (para aguas claras). Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural).

(b) Después de la filtración simple.

(c) En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Nitratos-N (NO₃-N), multiplicar el resultado por el factor 4.43 para expresarlo en las unidades de Nitratos (NO₃).

Figura 34. Estándares de Calidad Ambiental para Agua.

Fuente: Tomado de DS N° 004-2017-MINAM.

Límites Máximos Permisibles para Agua

Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano

ANEXO I

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS

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

UFC = Unidad formadora de colonias

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

ANEXO II

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 | UNT | 5 |
| 5. pH | Valor de pH | 6,5 a 8,5 |
| 6. Conductividad (25°C) | µmho/cm | 1 500 |
| 7. Sólidos totales disueltos | mgL ⁻¹ | 1 000 |
| 8. Cloruros | mg Cl ⁻ L ⁻¹ | 250 |
| 9. Sulfatos | mg SO ₄ ⁼ L ⁻¹ | 250 |
| 10. Dureza total | mg CaCO ₃ L ⁻¹ | 500 |
| 11. Amoníaco | mg N L ⁻¹ | 1,5 |
| 12. Hierro | mg Fe L ⁻¹ | 0,3 |
| 13. Manganeseo | mg Mn L ⁻¹ | 0,4 |
| 14. Aluminio | mg Al L ⁻¹ | 0,2 |
| 15. Cobre | mg Cu L ⁻¹ | 2,0 |
| 16. Zinc | mg Zn L ⁻¹ | 3,0 |
| 17. Sodio | mg Na L ⁻¹ | 200 |

UCV = Unidad de color verdadero

UNT = Unidad nefelométrica de turbiedad

ANEXO III
LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE
PARÁMETROS QUÍMICOS INORGÁNICOS Y ORGÁNICOS

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

Figura 35. Límites Máximos Permisibles del Reglamento de la calidad del agua para consumo humano.

Fuente: Tomado de D.S. N° 031-2010-SA.