

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental**  
**Celendín**



**TESIS**

**Para Optar el Título Profesional de:**  
**INGENIERO AMBIENTAL**

**CALIDAD FISICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DEL AGUA**  
**DE CONSUMO HUMANO DEL DISTRITO DE**  
**OXAMARCA-CELENDÍN**

**PRESENTADO POR**

**BACHILLER: Zoila Yanet Marín Villanueva**

**ASESOR: Ing. Jorge Silvestre Lezama Bueno**

**CAJAMARCA – PERÚ**

**-2019-**

## **DEDICATORIA**

A mi Ser Superior

**Dios**

por ser mi guía, por su protección y por su bendición espiritual.

A mis padres

Wálter Marín y Rafaela Villanueva

por darme la vida y que con su esfuerzo, cuidado y dedicación han constituido en mí los pilares fundamentales para mi formación y lograr cada una de mis metas.

A mi esposo

Jorge

por su amor y por estar a mi lado en los aciertos y desaciertos de la vida, apoyándome incondicionalmente para no dejarme vencer por las dificultades del día a día.

A mis hijos

Fernando y Arlet

quienes son y serán mi motivación para seguir enfrentado los retos de la vida; a mis hermanos, por ser parte de mi vida y a tres ángeles que desde el cielo guían mi caminar  
Silvia, Celene y Margoth.

Con todo cariño y aprecio dedico el presente estudio a todos ellos.

## **AGRADECIMIENTO**

A **Dios**, por haber sido mi guía durante el desarrollo del presente trabajo de investigación.

A mi familia, por creer en mí y apoyarme de forma permanente para conseguir mis metas.

A mi asesor ing. Jorge Lezama Bueno, por su apoyo incondicional en todas etapas del presente estudio.

A la Universidad Nacional de Cajamarca y en ella a los distinguidos docentes quienes con su profesionalismo y ética puesto de manifiesto en las aulas enrumban a cada uno de los que acudimos con sus conocimientos que nos servirán para ser útiles a la sociedad.

A la población del Distrito de Oxamarca- Celendín, por su colaboración y por las facilidades prestadas para la realización del presente trabajo.

A todas aquellas personas, profesionales e instituciones que de una u otra manera colaboraron para hacer realidad este trabajo de investigación.

## RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue determinar la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua de consumo humano del distrito de Oxamarca-Celendín. Para ello, se tomaron muestras de agua, una antes que el agua del manantial ingrese al reservorio (PM1) y la otra previo a la distribución (PM2), durante 4 meses (octubre 2018 a enero 2019). En cumplimiento a los ECAs del D.S. N° 004-2017-MINAM (Categoría A1), el agua del PM1 se puede considerar agua potable, porque los resultados obtenidos no excedieron los valores límites establecidos por esta normativa. Asimismo, en cuanto el agua del PM2 no es considerada un agua apta para consumo humano, debido a la presencia de coliformes totales (46 NMP/100 mL), coliformes termotolerantes (6.9 NMP/100 mL) y a la ausencia de cloro libre residual, no cumpliendo con los LMPs del D.S. N°031-2010 (que establece 0 colonias de coliformes y  $\geq 0,5$  mg/L de cloro libre residual). De los demás parámetros, los valores máximos obtenidos, considerando ambos puntos muestreados, fueron: turbiedad 0,94 NTU, conductividad eléctrica 538  $\mu$ S/cm, sólidos totales disueltos 341 mg/L, dureza cálcica 275.9 mg/L, alcalinidad total 290.3 mgCaCO<sub>3</sub>/L, rangos de pH entre 7.1 a 7.7 y temperatura entre 13 a 16°C, cumpliendo con ambas normativas nacionales.

## SUMMARY

The objective of this research was to determine the physicochemical and microbiological quality of water for human consumption in the district of Oxamarca-Celendín. To do this, water samples were taken, one before the spring water enters the reservoir (PM1) and the other before distribution (PM2), for 4 months (October 2018 to January 2019). In compliance with the ECAs of the D.S. N ° 004-2017-MINAM (Category A1), the water of the PM1 can be considered potable water, because the results obtained did not exceed the limit values established by these regulations. Likewise, as the water of PM2 is not considered a water suitable for human consumption, due to the presence of total coliforms (46 NMP / 100 mL), thermotolerant coliforms (6.9 NMP / 100 mL) and the absence of residual free chlorine, not complying with DS LMPs No. 031-2010 (which establishes 0 coliform colonies and > 0.5 mg / L residual free chlorine). Of the other parameters, the maximum values obtained, considering both sampled points, were: turbidity 0.94 NTU, electrical conductivity 538  $\mu\text{S} / \text{cm}$ , total dissolved solids 341 mg/L, calcium hardness 275.9 mg / L, total alkalinity 290.3 mg  $\text{CaCO}_3/\text{L}$ , pH ranges between 7.1 to 7.7 and temperature between 13 to 16 ° C, complying with both national regulations.

## ÍNDICE GENERAL

DEDIDATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

SUMMARY

|   |    |
|---|----|
| <b>CAPÍTULO I</b> .....   | 1  |
| INTRODUCCIÓN.....   | 1  |
| 1.1 Objetivos de la investigación .....   | 2  |
| 1.1.1 Objetivo general .....  | 2  |
| 1.1.2 Objetivos específicos .....   | 2  |
| <b>CAPÍTULO II</b> .....  | 3  |
| REVISIÓN DE LITERATURA.....   | 3  |
| 2.1 Antecedentes de investigación.....  | 3  |
| 2.2 Bases teóricas .....  | 5  |
| 2.2.1 El agua.....  | 5  |
| 2.2.2 Importancia del agua.....   | 5  |
| 2.2.3 Agua de manantial.....  | 6  |
| 2.2.4 Clasificación de las aguas superficiales según el tratamiento para su potabilización..... | 7  |
| 2.2.5 Agua potable o agua de consumo humano.....  | 7  |
| 2.2.6 Desinfección de agua.....   | 8  |
| 2.2.7 Calidad del agua.....   | 8  |
| 2.2.8 Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la calidad del agua.....                   | 10 |
| Temperatura.....  | 10 |
| Turbiedad.....  | 10 |
| Potencial de hidrógeno ( pH ) .....   | 11 |
| Conductividad eléctrica .....   | 11 |
| Sólidos totales disueltos (TDS).....  | 11 |
| Alcalinidad.....  | 12 |
| Dureza total o dureza cálcica.....  | 12 |

|  |    |
|--|----|
| Cloro libre residual.....                | 13 |
| Coliformes totales .....                 | 13 |
| Coliformes termotolerantes.....          | 13 |
| <b>CAPÍTULO III</b> .....                | 15 |
| <b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....        | 15 |
| 3.1 Ubicación geográfica.....            | 15 |
| 3.2 Materiales.....                      | 18 |
| 3.2.1 Materiales y equipos de campo..... | 18 |
| 3.2.2 Material de escritorio.....        | 18 |
| 3.3 Metodología.....                     | 19 |
| 3.3.1 Trabajo de campo.....              | 19 |
| 3.3.2 Trabajo de laboratorio .....       | 22 |
| 3.3.3 Trabajo de gabinete .....          | 23 |
| <b>CAPÍTULO IV</b> .....                 | 24 |
| <b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....      | 24 |
| <b>CAPÍTULO V</b> .....                  | 37 |
| <b>CONCLUSIONES</b> .....                | 37 |
| <b>RECOMENACIONES</b> .....              | 38 |
| <b>CAPÍTULO VI</b> .....                 | 39 |
| <b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....                | 39 |
| <b>CAPITULO VII</b> .....                | 44 |
| <b>APÉNDICE</b> .....                    | 44 |
| <b>ANEXOS</b> .....                      | 54 |
| <b>CAPÍTULO VIII</b> .....               | 76 |
| <b>GLOSARIO DE TÉRMINOS</b> .....        | 76 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Tabla 1.</b> Estándares de calidad ambiental (ECAs) para agua potable en el Perú..... | 9  |
| <b>Tabla 2.</b> Límites máximos permisibles (LMPs) para agua potable en el Perú.....     | 9  |
| <b>Tabla 3.</b> Niveles de alcalinidad .....   | 12 |
| <b>Tabla 4.</b> Consideraciones para la toma de muestras .....                           | 20 |
| <b>Tabla 5.</b> Métodos de análisis de parámetros evaluados en laboratorio.....          | 22 |
| <b>Tabla 6.</b> Concentraciones de cloro libre residual .....                            | 34 |
| <b>Tabla 7.</b> Comparación de valores promedios de parámetros con los ECAs y LMP.....   | 36 |



## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 1.</b> Ubicación de puntos de monitoreo.....  | 17 |
| <b>Figura 2.</b> Niveles de temperatura .....   | 25 |
| <b>Figura 3.</b> Niveles de turbiedad .....   | 26 |
| <b>Figura 4.</b> Niveles de pH .....  | 27 |
| <b>Figura 5.</b> Niveles de conductividad eléctrica .....   | 28 |
| <b>Figura 6.</b> Concentraciones de sólidos totales disueltos.....  | 29 |
| <b>Figura 7.</b> Concentraciones de dureza cálcica.....   | 31 |
| <b>Figura 8.</b> Concentraciones de alcalinidad .....   | 31 |
| <b>Figura 9.</b> Concentraciones de coliformes totales.....   | 33 |
| <b>Figura 10.</b> Concentraciones de coliformes termotolerantes .....   | 34 |
| <b>Figura 11.</b> Plaza de armas del distrito de Oxamarca-Celendín.....   | 70 |
| <b>Figura 12.</b> Punto de captación del manantial El Ojo de Agua-San Pedro.....  | 70 |
| <b>Figura 13.</b> Estado evidente de deterioro del muro y tapa de protección del manantial el Ojo de Agua-San Pedro.....  | 71 |
| <b>Figura 14.</b> Registros de la problemática actual del agua potable que consume el distrito de Oxamarca-Celendín ..... | 71 |
| <b>Figura 15.</b> Puntos de muestreo (PM1 y PM2).....   | 72 |
| <b>Figura 16.</b> Tanque de almacenamiento y tratamiento del agua de manantial El Ojo de Agua-San Pedro .....             | 72 |
| <b>Figura 17.</b> Tanque alternativo para acumulación del agua de Oxamarca-Celendín, actualmente sin funcionamiento.....  | 73 |
| <b>Figura 18.</b> Instalación de sistema de cloración del reservorio (actualmente sin funcionamiento) .....               | 73 |
| <b>Figura 19.</b> Registros de toma de muestras en el Punto 1 (PM1) .....   | 74 |
| <b>Figura 20.</b> Registros de toma de muestras en el Punto 2 (PM2) .....   | 75 |
| <b>Figura 21.</b> Registros de parámetros analizados en campo: temperatura y cloro libre residual .....                   | 75 |

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, existe una alarmante preocupación en la población de Oxamarca en cuanto a la calidad del servicio de agua potable que reciben, ya que no existen registros de análisis fisicoquímicos y/o microbiológicos que se hayan realizado al agua proveniente del manantial El Ojo de Agua-San Pedro, del cual se abastece la población. Asimismo, se constató que los servicios de agua en Oxamarca están pasando por una difícil situación, presentándose fallas en la continuidad del servicio, evidenciándose un inadecuado mantenimiento del sistema de abastecimiento de agua potable, debido a la deficiencia en la gestión por parte de la entidades responsables de tener un agua de óptima calidad para el consumo humano, situación que podría comprometer la salud de la población, quienes se ven expuestos a contraer enfermedades de origen hídrico, evidenciándose un descontento y malestar de los beneficiarios.

Teniendo en cuenta estas consideraciones, el presente trabajo de investigación estuvo orientado, al estudio de la calidad de agua de consumo humano del distrito de Oxamarca-Celendín, en base a la evaluación de los parámetros fisicoquímicos (temperatura, turbiedad, pH, conductividad eléctrica, sólidos totales disueltos, alcalinidad, dureza cálcica y cloro libre residual) y microbiológicos (coliformes totales y coliformes termotolerantes), del manantial El Ojo de Agua- San Pedro (caudal 0,31 l/s), determinados en los ensayos de Laboratorio Regional del Agua; y posteriormente siendo contrastados con los valores límites establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental (ECAs) del D.S. N° 004-2017-MINAM, referidos en el anexo A y los LMPs dados según el D.S.N° 031-2010-SA “Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano”, dichos valores se indican en el anexo B de la presente investigación. En referencia a los resultados obtenidos indicaron que, en cumplimiento a los ECAs el agua en su estado natural (antes que ingrese al reservorio) se puede considerar apta para consumo humano, ya que los valores obtenidos no excedieron a los establecidos por esta normativa. En contraste a ello, el agua en el segundo punto muestreado (previo a su distribución a la población) no es considerada agua potable, debido a que los valores excedieron a los LMPs del D.S. N°031-2010,

evidenciándose la presencia de coliformes totales, coliformes termotolerantes y ausencia de cloro libre residual, no cumpliendo con dicha normativa.

## **1.2 Objetivos de la investigación**

### **1.2.1 Objetivo general**

Determinar la calidad físicoquímica y microbiológica del agua de consumo humano del distrito de Oxamarca-Celendín.

### **1.1.2 Objetivos específicos**

1. Determinar los niveles de temperatura, turbiedad, pH y conductividad eléctrica y las concentraciones de sólidos totales disueltos, alcalinidad, dureza cálcica y cloro libre residual, del agua de consumo humano del distrito de Oxamarca-Celendín.
2. Determinar las concentraciones de coliformes totales y coliformes termotolerantes del agua de consumo humano del distrito de Oxamarca-Celendín.

## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### **2.1 Antecedentes de investigación**

Estupiñán y Ávila (2010) en su estudio sobre la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua para consumo humano de Bojacá-Cundinamarca, para verificar si los parámetros cumplían con lo establecido en la Resolución 2115 de 2007, realizaron dos muestreos en la red de distribución, fuentes naturales y tanques de almacenamiento domiciliario, emplearon métodos fotométricos, electrométricos, volumétricos y la técnica de filtración por membrana. Los resultados obtenidos no cumplieron con el LMP de cloro libre residual; sin embargo, los demás parámetros analizados cumplieron con dicha normativa, concluyendo en que la calidad del agua debe mantenerse, además de llevarse a cabo los procesos de potabilización, se debe tener un estricto control de los factores que puedan influir en su calidad, para que el agua en estudio sea apta para el consumo humano.

Por su parte Carranza (2011) estudió la calidad de agua del manantial Lanla en la provincia de Cajabamba; las propiedades físicas y químicas que midió fueron: color, olor, sabor, temperatura, pH, conductividad, sólidos totales y disueltos, turbidez, alcalinidad, dureza, sodio, potasio, magnesio, calcio, cloruro, nitrato y sulfato. Usó métodos recomendados por APHA, AWWA, WPCF. Los resultados mostraron las propiedades físicas y químicas de la fuente estudiada, así como la variación de las concentraciones de sus componentes con el tiempo; resultando ser las aguas del manantial Lanla aptas para el consumo humano, ya que son aguas mineralizadas con altos estándares de calidad, concluyendo en que el agua del manantial se caracteriza por su pureza química y microbiológica.

Asimismo Alarcón-Rojas y Peláez-Peláez (2014) estudiaron la calidad del agua del río Sendamal-Celendín mediante el uso de diatomeas, evaluando los parámetros físico-químicos como: pH, conductividad, oxígeno disuelto, nitratos, nitritos, fosfatos, amonio, color verdadero y aparente, sólidos totales disueltos, sulfatos, cloruros, alcalinidad y metales pesados (Ba, Cd, Cr, Pb, Zn, Mn, Fe, Cu, Hg y As) y bifológicos (diatomeas). La toma de muestras se realizaron en 5 estaciones de muestreos, en dos temporadas (seca y húmeda),

y para el estudio de las diatomeas utilizaron el método de índice de diversidad de Shannon & Wiener. Los resultados demostraron que los parámetros físicoquímicos no excedieron los ECA - CAT. III: “Riego de Vegetales y Bebida de Animales” (D.S.002-2008 MINAM), a excepción de fosfatos, nitratos, nitritos y pH, ya que estos se incrementaron en la temporada húmeda, demostrando ligera contaminación orgánica.

Mientras que Castillo (2016) en su estudio del control físicoquímico del sistema de tratamiento de agua potable en Sucre-Celendín, teniendo como objetivo determinar la calidad de agua potable, realizó la toma de muestras en tres puntos de monitoreo mensualmente por un año, analizándolas en los laboratorios de Salud Ambiental DESA de Cajamarca y de Química de la Universidad Nacional de Cajamarca-Sede Celendín, posteriormente los resultados de los parámetros físicoquímicos evaluados fueron contrastados con los Estándares de Calidad Ambiental del DS N° 015-2015-MINAM y LMPs del D.S.N°031-2010-SA, demostrando que el agua en estudio se encuentra debajo de los valores establecidos por ambas normativas. Sin embargo, al realizar el análisis bacteriológico observó valores que exceden los límites establecidos por la Norma Peruana, haciéndola no recomendable para el consumo humano, debido a una inadecuada dosificación del hipoclorito de calcio en el tanque de cloración de la planta de tratamiento.

A su vez, Zegarra (2016) realizó un estudio de la calidad físicoquímica (pH, conductividad eléctrica, turbidez, sólidos totales disueltos, alcalinidad, dureza total, cloruros, sulfatos, nitratos, nitritos, hierro, cobre, cromo, aluminio, cadmio, plomo y zinc) y microbiológica (coliformes totales y coliformes fecales) del manantial de Huañambra-José Gálvez-Celendín. Para la toma de muestras, realizó diez visitas 5 en épocas lluviosas y 5 en época seca, obteniéndose 10 muestras para los análisis físicoquímicos y 10 para los microbiológicos. Siendo analizadas en los laboratorios DESA y el laboratorio de Química de la Universidad Nacional de Cajamarca y al contrastar los resultados con los LMPs de la Norma Técnica Categoría A1 del MINAM, verificando que los parámetros físicoquímicos cumplen con dichos estándares, mas no las concentraciones de coliformes totales y fecales con 1200 y 1000 UFC/100 ml, respectivamente; concluyendo en que el manantial en estudio no es apta para el consumo humano.

## **2.2 Bases teóricas**

### **2.2.1 El agua**

El agua es una de las sustancias más nobles que existen en la naturaleza. Puede presentarse en los 3 estados de la materia (líquido, sólido, vapor) y mantenerse durante largo tiempo (años) conservando su calidad, si no es afectada por contaminación. El volumen total de agua en nuestro planeta no ha variado en los últimos 30 a 40 mil años, pero si ha sufrido un deterioro notorio la calidad, debido al crecimiento de la población y de las actividades asociadas (Auge 2007).

### **2.2.2 Importancia del agua**

Sin agua no existiría la vida, porque las plantas y los cultivos se alimentan con los minerales que tiene el suelo, pero para poder asimilarlos deben estar disueltos. Los vegetales absorben el agua con los minerales disueltos, a través de las raíces y mediante el proceso de fotosíntesis los transforman en sustancias alimenticias. Tampoco existiría vida animal, porque la mayoría de los alimentos tienen un alto porcentaje de agua, como las carnes, verduras, frutas y leches. También el agua es uno de los componentes fundamentales de los seres vivos. Así, alrededor del 70% del peso de los bebés es agua, pasando al 60% en los jóvenes y adultos y al 50% en los ancianos (Auge 2007).

La calidad del agua para consumo humano es un factor determinante en las condiciones de la salud de las poblaciones, sus características pueden favorecer tanto la prevención como la transmisión de agentes que causan enfermedades, tales como: EDA, hepatitis A, polio y parasitosis. La diferencia entre prevenir o transmitir este tipo de enfermedades de origen hídrico depende de varios factores, los principales son: la calidad y la continuidad del servicio de suministro de agua. La importancia de la vigilancia y el control de la calidad del agua para consumo humano es aportar información que permita la toma de decisiones para el mejoramiento de su calidad y, así proporcionar beneficios significativos para la salud, reduciendo la posibilidad de transmisión de enfermedades por agua

contaminada (Briñez *et al.* 2012). En un estudio realizado por la Organización Panamericana de la Salud en 1984, se determinó que aproximadamente 75% de los sistemas de aguas locales y municipales en América Latina estaban mal desinfectados o carecían de sistemas de desinfección (Otero 2002).

Según estudios realizados por Rodríguez (2016), el 23.40% del agua que se ofrece en nuestro país es segura para el consumo humano directo, el 21.40% del agua no ha sido debidamente purificado (aplicación de cloro) y el 55.20% simplemente no fue purificado con cloro. En Lima el 58.50% es seguro, el 24.10% no tiene nivel adecuado de cloro y el 17.40% no tiene cloro. En el resto del país la situación es crítica. Sólo el 13% de agua es apta para el consumo humano el 20% no tiene el proceso de purificación óptimo y el 66.40% no fue tratada, porque la probabilidad de que esté contaminada es alta.

En los últimos tiempos se ha generado un creciente interés por conocer y conservar los ecosistemas acuáticos, estudiando los cambios en el tiempo en base a procedimientos y parámetros no sólo físico-químicos, que reflejen la condición del momento de la toma de muestra, sino también a parámetros biológicos, que brinden una respuesta integradora con respecto a su medioambiente y a las fluctuaciones en la calidad del agua (Alarcón-Rojas y Peláez-Peláez 2014). Asimismo, todas las aguas presentan una química diferente, y la determinación de la corrosividad e incrustabilidad es un factor imprescindible para poder diseñar el tratamiento adecuado del agua antes de utilizarla y preservar la vida útil del material con que entra en contacto (Allende 1976).

### **2.2.3 Agua de manantial**

Se puede definir al manantial como un lugar donde se produce el afloramiento natural de agua subterránea. Por lo general el agua fluye a través de una formación de estratos con grava, arena o roca fisurada. En los lugares donde existen estratos impermeables, éstos bloquean el flujo subterráneo de agua y permiten que aflore a la superficie. Los manantiales se clasifican por su ubicación (ladera o de fondo) y su afloramiento (concentrado o difuso). En los manantiales de ladera el agua

aflora en forma horizontal; mientras que en los de fondo aflora en forma ascendente hacia la superficie. Para ambos casos, si el afloramiento es por un solo punto y sobre un área pequeña, es un manantial concentrado y cuando aflora el agua por varios puntos en un área mayor, es un manantial difuso (OPS 2004).

#### **2.2.4 Clasificación de las aguas superficiales según el tratamiento para su potabilización**

Según la OMS (1998) se clasifican en:

##### **Categoría A1. Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección**

Entiéndase como aquellas aguas que, por sus características de calidad, reúnen las condiciones para ser destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano con simple desinfección, de conformidad con la normativa vigente.

##### **Categoría A2. Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional**

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano, sometidas a un tratamiento convencional, mediante dos o más de los siguientes procesos: Coagulación, floculación, decantación, sedimentación, y/o filtración o procesos equivalentes; incluyendo su desinfección, de conformidad con la normativa vigente.

##### **Categoría A3. Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado**

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano, sometidas a un tratamiento convencional que incluye procesos físicos y químicos avanzados como precloración, micro filtración, ultra filtración, nanofiltración, carbón activado, ósmosis inversa o procesos equivalentes establecidos por el sector competente.

#### **2.2.5 Agua potable o agua de consumo humano**

Es el agua que puede ser consumida sin restricción para beber o preparar alimentos, es decir es el agua que cumple con los requisitos fisicoquímicos y



bacteriológicos que se especifican en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano (DS N° 031-2010-SA 2011). El agua potable no ocasiona ningún riesgo significativo para la salud cuando se consume durante toda una vida, teniendo en cuenta las diferentes vulnerabilidades que pueden presentar las personas en las distintas etapas de su vida (OMS 2006).

### **2.2.6 Desinfección de agua**

El empleo de desinfectantes químicos es vital en lo que respecta a la conservación de la calidad microbiológica del agua potable. Aunque estos desinfectantes pueden traer efectos secundarios para la salud, el riesgo es extremadamente pequeño si se lo compara con las consecuencias de una desinfección inadecuada o deficiente. El cloro, en una forma u otra, es el desinfectante de uso más común en todo el mundo, para la cloración terminal, debe haber un residuo de cloro libre de por lo menos 0,5 mg/litro después de un tiempo de contacto mínimo de 30 minutos a un pH de menos de 8,0; lo mismo que para la inactivación de los virus entéricos (SUNASS 2004).

### **2.2.7 Calidad del agua**

El término calidad de agua se refiere al conjunto de parámetros físicos, químicos y microbiológicos que indican que el agua puede ser usada para diferentes propósitos como: doméstico, riego, recreación e industria (Mendoza 1996).

La vigilancia de la calidad del agua para el abastecimiento a la población, comienza en el origen de la misma, es decir, en embalses, ríos y pozos, continúa durante su tratamiento en las estaciones de tratamiento de agua potable (ETAP) y a través de su paso por la red de distribución hasta que llega al consumidor (Pradillo 2016).

**Tabla 1.** Estándares de calidad ambiental (ECAs) para agua potable en el Perú

| PARÁMETROS                  | UNIDAD DE MEDIDA | CATEGORÍA A1  |
|-----------------------------|------------------|---|
|                             |                  | AGUAS QUE PUEDEN SER POTABILIZADAS CON DESINFECCIÓN |
| <b>FÍSICOS-QUÍMICOS</b>     |                  |   |
| Potencial de hidrógeno (pH) | Unidad de pH     | 6,5 - 8,5   |
| Temperatura                 | °C               | Δ 3   |
| Conductividad eléctrica     | uS/cm            | 1 500   |
| Turbiedad                   | UNT              | 5   |
| Dureza cálcica              | mg/L             | 500   |
| Sólidos totales disueltos   | mg/L             | 1 000   |
| <b>MICROBIOLÓGICOS</b>      |                  |   |
| Coliformes totales          | NMP/100 ml       | 50  |
| Coliformes termotolerantes  | NMP/100 ml       | 20  |

Δ 3: Significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada

**Fuente:** DS N° 004-2017-MINAM Estándares de Calidad Ambiental

**Tabla 2:** Límites máximos permisibles (LMPs) para agua potable en el Perú

| PARÁMETROS                                      | UNIDAD DE MEDIDA                     | LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE |
|---|--------------------------------------|--------------------------|
| <b>FÍSICOS-QUÍMICOS</b>                         |                                      |                          |
| Potencial de hidrógeno (pH)                     | Valor de pH                          | 6,5 a 8,5                |
| Conductividad (25°C)                            | μmho/cm                              | 1 500                    |
| Turbiedad                                       | UNT                                  | 5                        |
| Dureza cálcica                                  | mg CaCO <sub>3</sub> L <sup>-1</sup> | 500                      |
| Sólidos totales disueltos                       | mgL <sup>-1</sup>                    | 1 000                    |
| Cloro libre residual                            | mgL <sup>-1</sup>                    | ≥ 0.5                    |
| <b>MICROBIOLÓGICOS</b>                          |                                      |                          |
| Bacterias coliformes totales.                   | UFC /100 mL a 35°C                   | 0 (*)                    |
| Bacterias coliformes termotolerantes o fecales. | UFC/100 mL a 44,5°C                  | 0 (*)                    |

UFC = Unidad formadora de colonias

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

UNT = Unidad nefelométrica de turbiedad

**Fuente:** D.S. N° 031 Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano (2010)

## **2.2.8 Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la calidad del agua**

### **a) Temperatura**

Es uno de los parámetros físicos más importantes, pues por lo general influye en el retardo o aceleración de la actividad biológica, la absorción de oxígeno, la precipitación de compuestos, la formación de depósitos, la desinfección y los procesos de mezcla, floculación, sedimentación y filtración. Existen múltiples factores, que principalmente son ambientales, que pueden hacer que la temperatura del agua varíe (Pradillo 2016).

La temperatura es un indicador de la calidad del agua, que influye en el comportamiento de otros indicadores de la calidad del recurso hídrico como el pH, déficit de oxígeno y conductividad eléctrica (Sierra 2011).

### **b) Turbiedad**

La turbiedad es originada por las partículas en suspensión o coloides, es decir causada por las partículas, que por su tamaño, se encuentran suspendidas y reducen la transparencia del agua en menor o mayor grado. La turbidez empeora con la presencia de partículas de limo, arcilla, plancton, microorganismos, arena, etc, que deben ser eliminadas en la potabilización. Mientras más sucia parece el agua más alta es la turbidez. Aunque no se conocen sus efectos directos sobre la salud, esta afecta la calidad estética del agua, lo que muchas veces ocasiona el rechazo de los consumidores. Por otra parte, se ha demostrado que en el proceso de eliminación de organismos patógenos, por la acción de agentes químicos como el cloro, las partículas causantes de la turbidez 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 turbidez, esta debe mantenerse mínima para garantizar la eficacia del proceso de desinfección (Pradillo 2016).

### **c) Potencial de hidrógeno ( pH )**

La determinación del potencial de hidrógeno (pH) en el agua es una medida de la tendencia de su acidez o de su alcalinidad. Si el pH es menor de 7.0 indica una tendencia hacia la acidez, mientras que un valor mayor de 7.0 muestra una tendencia hacia lo alcalino (Sierra, 2011), es importante mencionar que la mayoría de las aguas naturales tienen un pH entre 4 y 9, aunque muchas de ellas tienen un pH ligeramente básico debido a la presencia de carbonatos y bicarbonatos. El valor del pH en el agua, es utilizado cuando nos interesa conocer su tendencia corrosiva o incrustante (Mejía 2005).

### **d) Conductividad eléctrica (CE)**

El agua pura se comporta como aislante eléctrico, siendo las sustancias en ella disueltas las que proporcionan al agua la capacidad de conducir la corriente eléctrica. Se determina mediante electrometría con un electrodo conductimétrico, expresándose el resultado en microsiemens  $\text{cm}^{-1}$  ( $\mu\text{S} / \text{cm}$ ).

Las muestras deben analizarse preferiblemente “in situ”, o conservarse en frascos de polietileno, nunca de vidrio sódico, en nevera (2-4 °C) y obscuridad durante un máximo de 24 h, teniendo la precaución de termostatarlas a 25 °C antes de realizar la determinación (Aznar 2000).

### **e) Sólidos totales disueltos (TDS)**

Los sólidos disueltos totales es la sumatoria de todos los sólidos presentes en una muestra de agua y comprenden las sales inorgánicas (principalmente de calcio, magnesio, potasio y sodio, bicarbonatos, cloruros y sulfatos) y pequeñas cantidades de materia orgánica que están disueltas en el agua. Los presentes en el agua de consumo proceden de fuentes naturales, aguas residuales, escorrentía urbana y aguas residuales industriales. No se dispone de datos fiables sobre posibles efectos para la salud asociados a la ingestión de TSD presentes en el agua de consumo, por lo que no se propone ningún valor de referencia. No obstante, la

presencia de concentraciones altas de TSD en el agua de consumo puede resultar desagradable para los consumidores (OMS 2006).

#### f) Alcalinidad

La alcalinidad significa la capacidad de tapón del agua; es decir es la capacidad del agua de neutralizar. Evita que los niveles de pH del agua lleguen a ser demasiado básico o ácido. La alcalinidad estabiliza el agua en los niveles del pH alrededor de 7. Sin embargo, cuando la acidez es alta en el agua la alcalinidad disminuye, puede causar condiciones dañinas para la vida acuática. (Aznar 2000).

**Tabla 3.** Niveles de alcalinidad

| RANGO | ALCALINIDAD<br>mg/L (CaCO <sub>3</sub> ) |
|-------|--|
| Baja  | < 75                                     |
| Media | 75 - 150                                 |
| Alta  | > 150                                    |

Fuente: Kevern, 1989

#### g) Dureza total o dureza cálcica

Es la concentración de compuestos minerales, en particular sales de magnesio y calcio. Son éstas las causantes de la dureza del agua, y el grado de dureza es directamente proporcional a la concentración de sales metálicas.

La dureza es inherente a cada región, porque depende del tipo de rocas por donde fluya el agua que vamos a consumir. Hay dos tipos de dureza:

- **Dureza temporal:** La dureza temporal se produce por carbonatos y puede ser eliminada al hervir el agua o por la adición de cal (hidróxido de calcio).

- **Dureza permanente:** Esta dureza no puede ser eliminada al hervir el agua, es usualmente causada por la presencia del sulfato de calcio y magnesio y/o cloruros en el agua, que son más solubles mientras sube la temperatura. Mientras que la dureza del agua no tiene efectos negativos para la salud y el ambiente, sí provoca

otros inconvenientes como el riesgo que se rompan con mayor facilidad los electrodomésticos, peligro de obstrucción de tuberías debido a la cal y a la necesidad de utilizar más agua y jabón en la ducha diaria. (DCYASMA 2018).

#### **h) Cloro libre residual**

El cloro libre residual es la porción de cloro que permanece activo después de un periodo de contacto con el agua, y que sirve para asegurar la presencia de desinfectante durante el tiempo y el trayecto que debe recorrer el agua hasta su consumo (DCYASMA 2018). De acuerdo con la directiva sobre Desinfección del Agua para Consumo Humano, el contenido de cloro residual en el agua distribuida debe ser, en 80% del total de muestras tomadas, igual o mayor de 0,5 mg/L y en ningún caso menor de 0,3 mg/L, pues de esa forma se evita el riesgo de que el agua potable suministrada contenga bacterias coliformes u otros microorganismos patógenos (SUNASS 2004).

#### **i) Coliformes totales**

Desde hace largo tiempo, los microorganismos coliformes han sido considerados como un indicador microbiano apropiado de la calidad del agua potable, en gran parte porque son fáciles de detectar y de enumerar en el agua. El término "microorganismos coliformes" se aplica a las bacterias Gram-negativas, de forma de bastoncillo, capaces de desarrollarse en presencia de sales de la bilis u otros agentes tensioactivos con propiedades análogas como inhibidores del crecimiento y capaces de fermentar la lactosa a 35-37 °C con producción de ácido, gas y aldehído en el plazo de 24-48 horas. (OMS 1998).

#### **j) Coliformes termotolerantes**

Las bacterias coliformes termotolerantes son los microorganismos coliformes capaces de fermentar la lactosa a 44-45 °C; el grupo incluye el género *Escherichia* y algunas especies de *Klebsiella*, *Enterobacter* y *Citrobacter*. Los coliformes termotolerantes distintos de *E. coli* pueden originarse en aguas enriquecidas

orgánicamente tales como los efluentes industriales o en materiales vegetales en descomposición y suelos. En la mayoría de las circunstancias, las concentraciones de coliformes termo tolerantes guardan una relación directa con las de E. coli y por el hecho de ser fáciles de detectar, desempeñan un importante papel secundario como indicadores de la eficiencia de los procedimientos de tratamiento del agua para la eliminación de las bacterias fecales. Pueden utilizarse, pues, para evaluar el grado de tratamiento necesario en aguas de calidad diferente y para definir metas de rendimiento en la eliminación de las bacterias (OMS 1998).

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

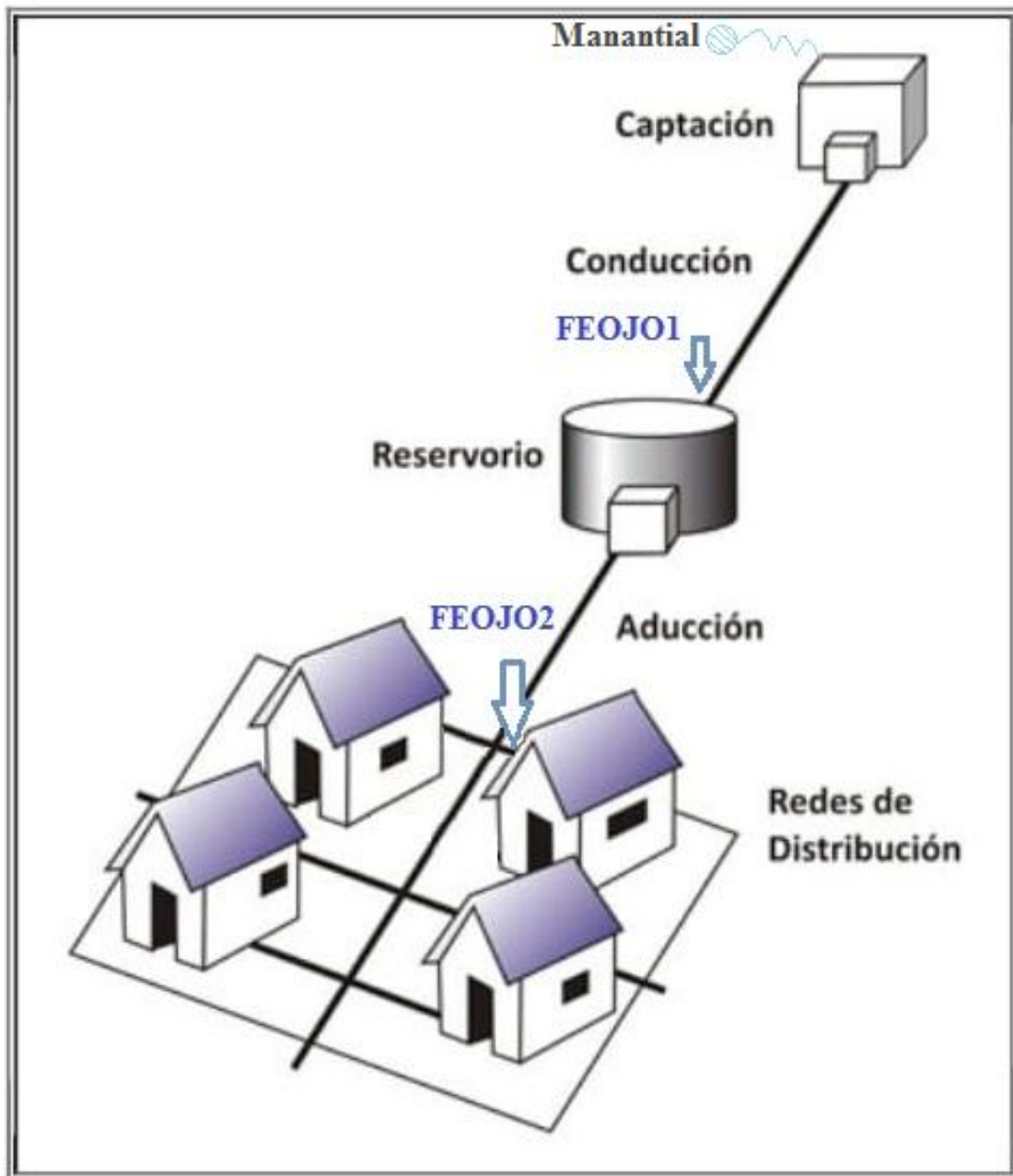
#### 3.1. Ubicación geográfica

El presente trabajo de investigación se desarrolló en el distrito de Oxamarca, provincia de Celendín, departamento de Cajamarca; teniendo como coordenadas Latitud sur 07°02'23" y Longitud oeste 78°04'21", a 2 886 msnm.

**El clima** del distrito está dominado por los efectos moderados de los Andes. En la ciudad, es templado; frío en las jalcas y cálido en las partes bajas conocidas con el nombre de temple o criollo. Los meses más fríos son los de noviembre, diciembre, enero, febrero, marzo y abril, cayendo en los tres últimos fuertes lluvias. Los meses de mayo, junio, julio, agosto, septiembre y octubre son soleados presentando fuertes correntadas de viento en el mes de agosto, con una temperatura promedio de 15 °C, con precipitación anual de 720 mm. (SENAMHI 2018)







**Figura 1.** Ubicación de puntos de monitoreo

## 3.2. Materiales

### 3.2.1 Materiales y equipos de campo

- Equipo de comunicación (celular)
- Cámara fotográfica digital
- Balde de plástico transparente de primer uso y limpio de 4 L
- Etiquetas
- Papel secante
- Fichas de registro de campo.
- Cinta adhesiva.
- Plumones indelebles.
- Cinta de embalaje.
- GPS
- Mandil de laboratorio
- Mascarilla
- Caja térmica para el transporte de muestras
- Libreta de campo
- Gafas de seguridad
- Alcohol puro de 96 °
- Lapiceros
- Papel toalla
- Termómetro
- Comparador visual de cloro modelo Code 7019-ML-BX
- Tabletas de DPD 1 (reactivo)
- Mascarilla descartable.
- Reloj
- Soguilla de 4 m de largo
- Frascos de vidrio y polietileno esterilizados
- Gel packs tippic (hielo)

### 3.2.2 Material de escritorio

- Laptop
- Memorias USB
- Internet
- Papel bond A4
- Lapiceros
- Lápices
- Borrador / typex
- Libreta de apuntes
- Plumón indeleble

### **3.3 Metodología**

La recolección de muestras y procesamiento de datos se realizó en tres etapas:

#### **3.3.1 Trabajo de campo**

Inicialmente se coordinó con el representante de la Junta Administradora de Servicios y Saneamiento (JASS) de Oxamarca, para el apoyo en las actividades de campo planteadas en el presente estudio, ya que dicha entidad es la encargada de administrar el agua para consumo humano en nuestra área de influencia.

Los parámetros considerados para evaluar la calidad del agua de consumo humano del distrito de Oxamarca, fueron seleccionados teniendo en cuenta los parámetros de control obligatorio (PCO), según D.S.N° 031-2010-SA.

Se realizó la toma de muestras siguiendo los lineamientos del Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales, según la Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA. En tal sentido, la codificación de las muestras se realizó de la siguiente manera:

PM1 = Punto de muestra 1 (antes que el agua ingrese al reservorio)

PM2 = Punto de muestra 2 (antes de su distribución a la población)

Para la toma de muestras, debido a las condiciones de nuestra área de estudio, en todos los parámetros, se tuvo en cuenta las siguientes consideraciones:

**Tabla 4.** Consideraciones para la toma de muestras

| PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS   | PUNTOS DE MUESTREO  | CÓDIGO DE MUESTRA | FORMA DE EXTRACCIÓN DE MUESTRA (*)  | FRECUENCIA | REPETICIONES |
|---|---|-------------------|---|------------|--------------|
| Temperatura<br>Turbiedad<br>pH<br>Conductividad eléctrica<br>Sólidos totales disueltos<br>Alcalinidad total<br>Dureza cálcica | Punto 1 (antes que el agua del manantial ingrese al reservorio) | PM1               | Se empleó balde de 4 L limpio y transparente  | 1/mes      | 4            |
| Cloro libre residual<br>Coliformes totales<br>Coliformes termotolerantes  | Punto 2 (previo a su distribución del agua a la población)      | PM2               | Directamente del grifo (previa desinfección, dejando fluir el agua por un periodo de 5 minutos) | 1/mes      | 4            |

(\*) Laboratorio Regional del Agua

#### a) Análisis de parámetros evaluados en campo

Los parámetros medidos *in situ*, fueron la temperatura y el cloro libre residual, siendo analizados directamente una vez tomada la muestra, en horarios de 6:30 a 8:30 am en ambos puntos de monitoreo.

##### Determinación de la temperatura

1. Luego de verificar que el recipiente (balde), empleado para la toma de muestras de agua se encuentre limpio, se enjuagó con el agua de muestreo.
2. Se extrajo la muestra, tomando un volumen aproximado de 3 L de agua, evitando hacer remoción del sedimento.
3. Se sumergió el termómetro en el recipiente por un tiempo aproximado de 5 minutos, una vez retirado el instrumento se visualizó la medida que marcó el termómetro, registrando en libreta los datos obtenidos.

##### Determinación del cloro libre residual

1. Se enjuagó las celdas del comparador de cloro, varias veces, con la muestra de agua a analizar.
2. Se extrajo la muestra en el comparador de cloro, hasta la marca de las celdas.

3. Se añadió 0.1025 g del reactivo de DPD1 a una de las celdas que contiene la muestra, procediendo a colocar la tapa del comparador y a agitarse de forma moderada.
4. Se dejó reposar por dos minutos, procediendo a comparar con los patrones de color del comparador de cloro, siendo registrados los datos obtenidos.

**b) Toma de muestras de parámetros analizados en laboratorio**

1. Se retiró las tapas y contratapas de los frascos de vidrio y de polietileno, sin tocar la superficie interna del frasco.
2. Para la toma de muestra del punto 1, se colocó el agua dentro de los frascos de vidrio y polietileno, con el apoyo del balde (previo enjuague con la muestra del agua a analizar).
3. Para la toma de muestra del punto 2, la muestra de agua se colocó directamente del grifo a ambos frascos (previa desinfección del aireador y salida del grifo, utilizando alcohol de 96° y dejando fluir el agua del grifo por un periodo de 5 minutos).
4. En los frascos de vidrio, empleados para las muestras microbiológicas, se dejó un espacio del 10% del volumen del recipiente para asegurar el adecuado suministro de oxígeno para las bacterias, cerrándose herméticamente, para evitar pérdidas de muestras y/o alteraciones por otros agentes externos.
5. Cada frasco fue rotulado con su etiqueta, registrándose el código del punto de muestreo, localización del punto de muestreo, fecha y hora de muestreo, nombre del solicitante y/o muestreador.
6. La etiqueta se colocó antes de la toma de muestra y se cubrió con cinta transparente a fin de protegerla de la humedad.
7. Cada frasco fue almacenado dentro de la caja térmica (cooler) de forma vertical para que no ocurran derrames ni se expongan a la luz del sol, bajo un sistema de enfriamiento  $>0\text{ }^{\circ}\text{C} \leq 6^{\circ}\text{C}$  (Gel packs) , siendo estas

transportadas de inmediato dentro de las 24 horas siguientes una vez tomada la muestra.

### 3.3.2. Trabajo de laboratorio

Las muestras tomadas en campo durante 4 meses (octubre 2018 a enero 2019), ingresaron al Laboratorio Regional del Agua, en donde cada parámetro fue procesado y analizado, bajo su propia metodología.

**Tabla 5.** Métodos de análisis de parámetros evaluados en laboratorio

| ITEM | PARÁMETRO                       | UNIDAD DE MEDIDA        | MÉTODO DE ENSAYO  |
|------|---------------------------------|-------------------------|---|
| 1    | Turbiedad                       | NTU                     | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2130 B, 23 rd Ed. 2017: Turbidity. Nephelometric Method  |
| 2    | pH a 25°C                       | pH                      | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+B.23 rd. Ed.2017. pH Value: Electrometric Method  |
| 3    | Conductividad eléctrica a 25 °C | μS/cm                   | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2510.B.23 rd. Ed.2017. Conductivity. Laboratory Method   |
| 4    | Sólidos totales disueltos       | mg/L                    | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 A, C, 22 nd Ed. 2012: Solids. Total Dissolved Solids Dried at 180°C   |
| 5    | Dureza cálcica                  | mg CaCO <sub>3</sub> /L | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2340 C 23 rd Ed. 2017: Hardness EDTA Titrimetric Method  |
| 6    | Alcalinidad total               | mg CaCO <sub>3</sub> /L | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2320 B. 23 rd Ed.2017: Alkalinity. Titration Method  |
| 7    | Coliformes totales              | NMP/100 mL              | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C. 23 rd Ed. 2017: Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique |
| 8    | Coliformes termotolerantes      | NMP/100 mL              | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C,E. 23 rd Ed. 2017: Fecal Coliform Procedure.  |

Fuente: Laboratorio Regional del Agua, 2018

### **3.3.3 Trabajo de gabinete**

En esta etapa los valores de los parámetros obtenidos en campo y los valores de las muestras de agua reportados por el Laboratorio Regional del Agua fueron interpretados empleándose estadística descriptiva (promedios), siendo estos valores analizados y comparados con los Estándares de Calidad del Agua, según el D.S.004-2017 MINAM y los LMP del D.S. N° 031-2010 SA Reglamento de la Calidad del Agua, brindandonos información sobre la calidad físicoquímica y microbiológica del agua potable que consume actualmente la población de Oxamarca, en base a la normativa nacional vigente.



## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

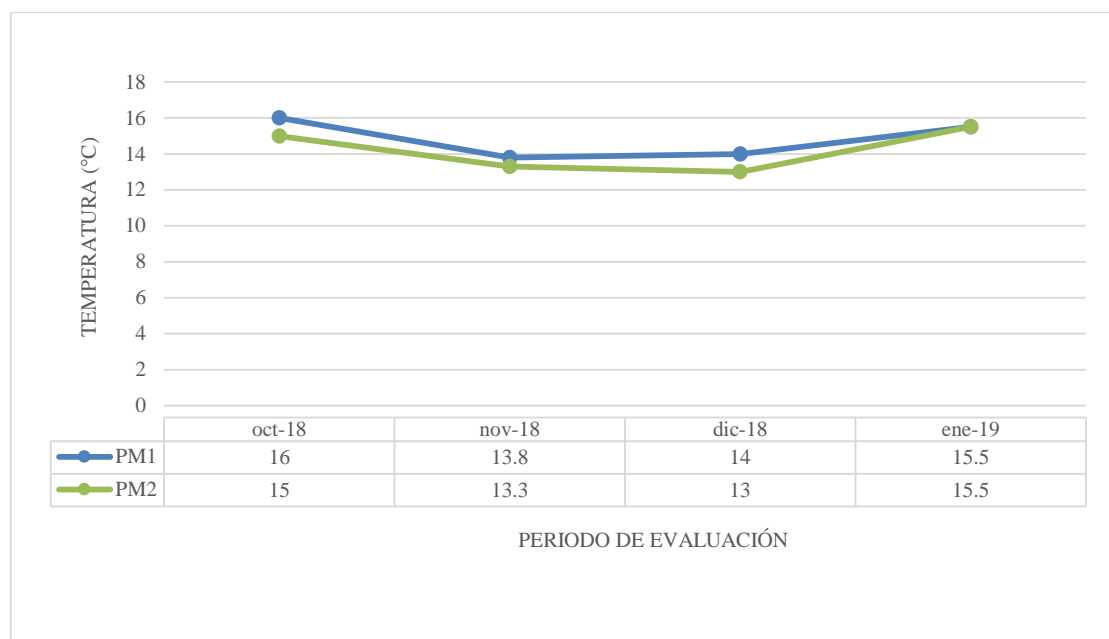
En el presente trabajo de investigación, en lo referente a los parámetros fisicoquímicos considerados fueron: temperatura, turbiedad, pH, conductividad eléctrica, sólidos totales disueltos, dureza cálcica, alcalinidad y; en lo referente a parámetros microbiológicos se han determinado especies coliformes totales y coliformes termotolerantes; desarrollándose este estudio durante los meses de octubre 2018 a enero 2019. Cada una de las evaluaciones realizadas, para determinar la calidad del agua de consumo humano del distrito de Oxamarca-Celendín, se describe a continuación:

#### 1. Temperatura

Estos resultados fueron registrados en el manantial “El Ojo de Agua San-Pedro”- Oxamarca, tal como se indica en la figura 2, habiéndose realizado en dos puntos de muestreo (antes que ingrese al reservorio y previo a su distribución). En la termometría se evidenció que los niveles de temperatura oscilan entre 13 a 16°C, específicamente en el primer punto de monitoreo (PM1) se presentó la temperatura mínima de 13.8°C en el mes de noviembre 2018 y la máxima de 16°C en octubre del 2018; asimismo en el segundo punto de monitoreo (PM2) la temperatura mínima fue 13 °C en el mes de diciembre 2018 y la máxima en enero del 2019. Concluyendo que, el agua en su estado natural (antes que ingrese al reservorio) se puede considerar como un agua apta para consumo humano, debido a que la temperatura no presenta una variación mayor a 3 °C respecto al promedio mensual durante el periodo evaluado, cumpliendo con los ECAs del D.S.N°004-2017-MINAM; asimismo que, según datos proporcionados por el SENAMHI, dicha variación se debe a la influencia de los cambios en la temperatura ambiental del área en estudio.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación son coincidentes con los resultados determinados por Castillo (2016) en su estudio de la calidad de agua potable con la que se abastece la población de Sucre-Celendín, llevando un control fisicoquímico durante el período de un año, determinando que los niveles de

temperatura obtenidos in situ, cumplen con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para agua potable, categoría 1, y con los Límites Máximos Permisibles (LMP) en todos los puntos de muestreo y que estos cambios se debieron principalmente al factor ambiental haciendo que el medio receptor donde se encuentra sufra calentamiento sobre éste.



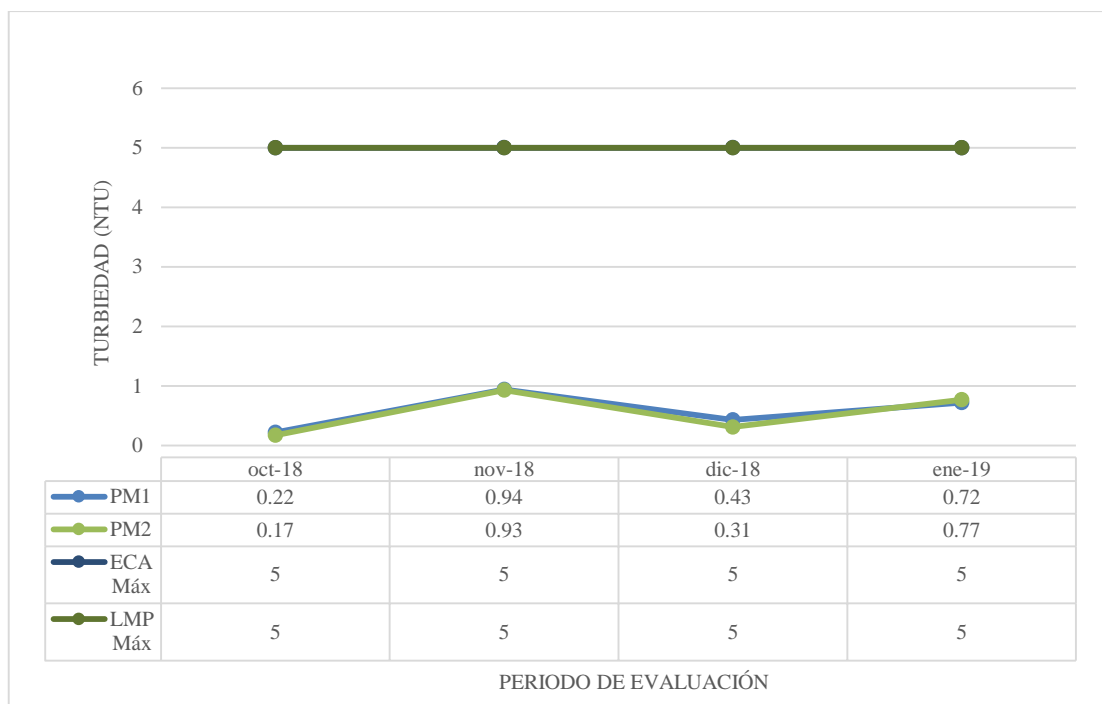
**Figura 2.** Niveles de temperatura

## 2. Turbiedad

El límite máximo recomendado por los Estándares de Calidad Ambiental (ECAs) del D.S. N° 004-2017-MINAM y los LMPs del D.S. N° 031-2010 Reglamento de la calidad del agua para consumo humano, para el agua potable es de 5 UNT (unidades nefelométricas de turbidez); en el presente estudio los valores de turbiedad mínimos de ambos puntos de muestreo (PM1 y PM2), se obtuvieron en el mes de octubre 2018, con niveles de 0.22 y 0.17 NTU, respectivamente; asimismo los valores de turbiedad máximos de ambos puntos de muestreo, se detectaron en el mes de noviembre 2018, con niveles de 0.94 NTU y 0.93 NTU, respectivamente (Figura 2). En tal sentido, se puede decir que el agua del PM1 (antes que ingrese al reservorio) cumple con los ECAs y el agua del PM2 (previo a su distribución) cumple con los LMPs; en ambos casos, por obtener valores inferiores a los establecidos por ambas normativas, considerándose en cuanto a este parámetro un agua apta para el consumo humano. Asimismo, según los resultados obtenidos reflejan que el aumento del nivel de turbiedad del agua es influenciada por la precipitación, ya que

a partir del mes de noviembre 2018 se evidenció la presencia de lluvias en nuestra área de influencia.

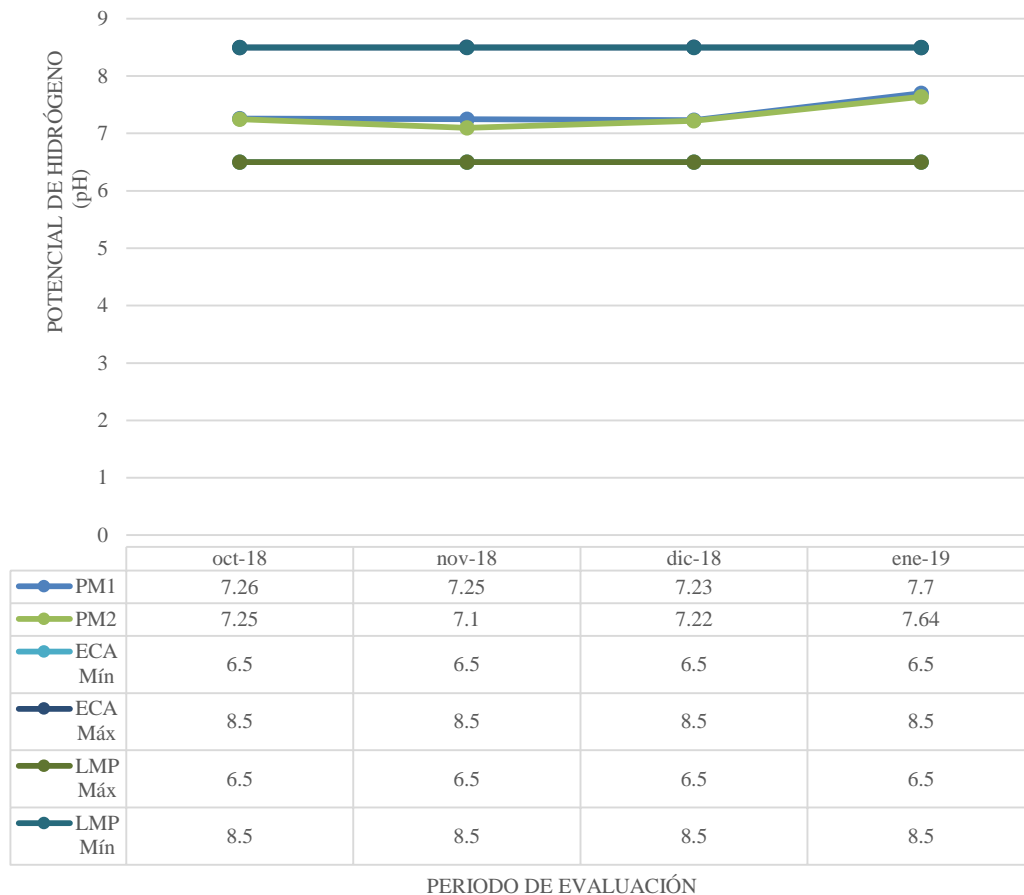
Los resultados obtenidos en el presente estudio coincidieron con los resultados obtenidos por Zegarra (2016) en su estudio sobre la evaluación de la calidad fisicoquímica y microbiológica del manantial de Huañambra-Celendín, obteniendo valores máximos de turbidez de 3 UNT en los meses de mayo y agosto; y mínimos de 1.4 UNT en el mes de febrero, encontrándose por debajo de los límites máximos permisibles de los ECA Categoría A1 del MINAM, cumpliendo con dicha normativa.



**Figura 3.** Niveles de turbiedad

### 3. Potencial de hidrógeno (pH)

Los valores obtenidos durante el período de estudio, se detallan en la siguiente figura:



**Figura 4.** Niveles de pH

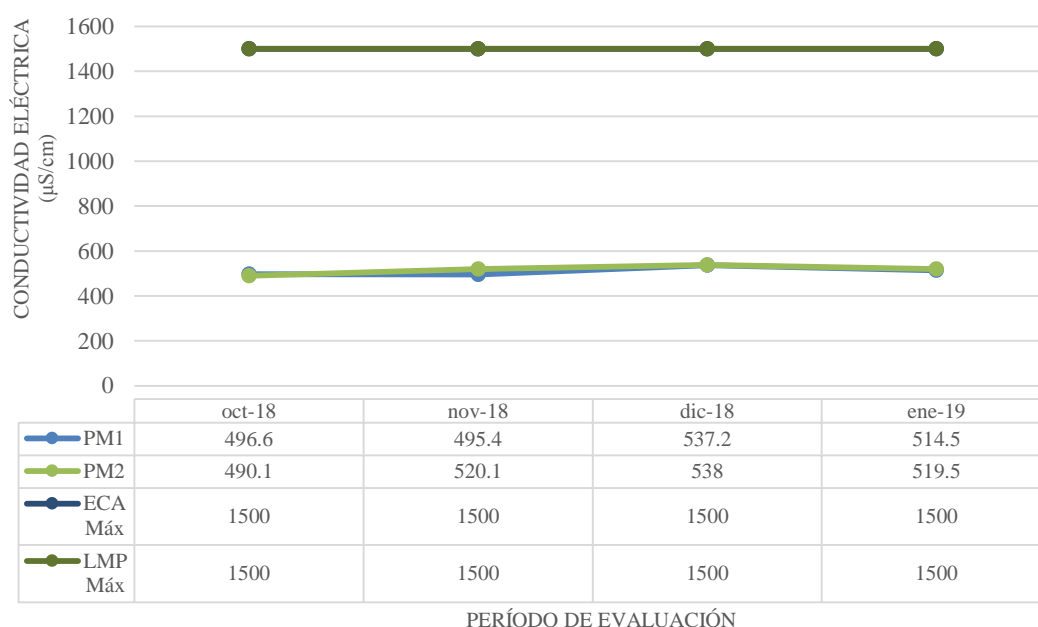
En ambos puntos tomados, las muestras se encuentran dentro de los LMP, de acuerdo a lo establecido por los Estándares de Calidad Ambiental (ECAs), del D.S. N° 004-2017-MINAM y de los Límites Máximos Permisibles (LMPs) del DS. N° 031-2010, por lo que en cumplimiento a este parámetro se considera, a ambos puntos muestreados que contienen aguas aptas para el consumo humano. Los niveles del pH se encontraron entre 7.1 a 7.7, evidenciándose en el primer punto de monitoreo (PM1) el pH mínimo de 7.23 en el mes de diciembre 2018 y máximo de 7.7 en enero 2019; asimismo en el segundo punto de monitoreo (PM2) el pH mínimo es de 7.1 en el mes de noviembre 2018 y el máximo de 7.64 en enero del 2019. Por lo consiguiente, se podría considerar que son aguas alcalinas, ya que son valores superiores a 7.

En contraste Alarcón-Rojas y Peláez-Peláez (2014) en su estudio sobre la calidad del agua del río Sendamal-Celendín, mediante la evaluación de parámetros físico-químicos y biológicos como: pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, nitratos, nitritos,

fosfatos, amonio, color verdadero y aparente, sólidos totales disuelto, sulfatos, cloruros, alcalinidad, metales pesados y biológicos, donde los resultados demostraron que los niveles de pH se incrementaron en la temporada húmeda, demostrando ligera contaminación orgánica, debido posiblemente a la cercanía de los cultivos y a las escorrentías formadas por las lluvias propias de la época; no cumpliendo con los ECA-CAT. III: “Riego de Vegetales y Bebida de Animales” (D.S.002-2008 MINAM).

#### 4. Conductividad eléctrica

Los niveles de conductividad eléctrica obtenidos en el presente estudio, se detallan en la siguiente figura:



**Figura 5.** Niveles de conductividad eléctrica

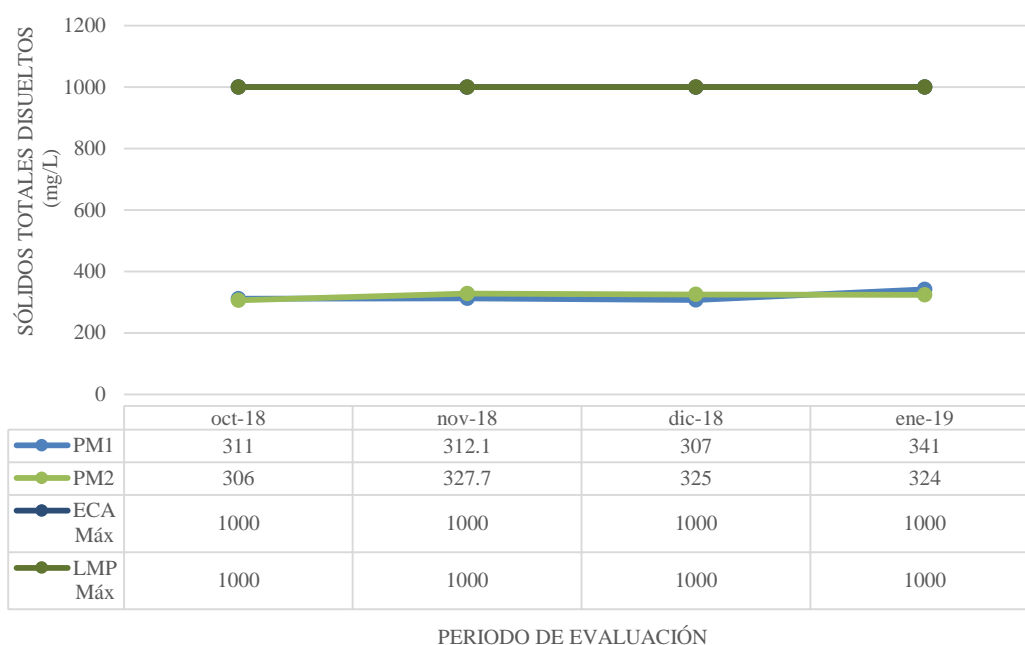
Observando los valores de conductividad eléctrica de la figura 5, los niveles oscilaron entre 490.1 a 538  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , siendo detectado en el primer punto de monitoreo (PM1) el nivel de conductividad eléctrica mínima de 495.4  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en el mes de noviembre 2018 y el nivel máximo de 537.2  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en diciembre 2018; asimismo en el segundo punto de monitoreo (PM2) el nivel de conductividad eléctrica mínima de 490.1  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en el mes de octubre 2018 y el máximo de 538  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en diciembre del 2018. Por lo tanto, por ser valores inferiores a 1500  $\mu\text{S}/\text{cm}$  se concluye en que, el agua muestreada antes que ingrese al reservorio cumple, con los ECAs del D.S. N° 004-2017-MINAM; y el agua previo a su distribución cumple con los LMPs del D.S. N° 031-2010, en tal sentido se

puede decir que, actualmente el agua del manantial El Ojo de Agua San Pedro, en cumplimiento a éste parámetro es un agua apta para el consumo humano y que su calidad es óptima para la vida acuática y plantaciones.

Los resultados obtenidos en el presente estudio coinciden con los mostrados por Carranza (2011) en su estudio de la calidad fisicoquímicas y microbiológicas de agua del manantial Lanla en la provincia de Cajabamba; obteniendo niveles máximos de 0.5953  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , encontrándose por debajo de los valores límites establecidos por los ECAs del DS N° 015-2015-MINAM y LMPs del Reglamento de la Calidad del Agua para consumo humano, concluyendo que es un agua óptima para el consumo humano.

## 5. Sólidos totales disueltos

Los valores de los sólidos totales disueltos obtenidos durante el período de estudio, se indican en la siguiente figura:



**Figura 6.** Concentraciones de sólidos totales disueltos

Los Estándares de Calidad Ambiental (ECAs), del D.S.N° 004-2017-MINAM y los Límites Máximos Permisibles (LMPs) del DS. N° 031-2010 Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, presentan un valor límite de sólidos totales disueltos (TDS) de 1000 mg/L, si tomamos en cuenta dicho valor y lo comparamos con los resultados mostrados en la figura 6, éstos se encuentran por debajo de dicho límite. En tal sentido,

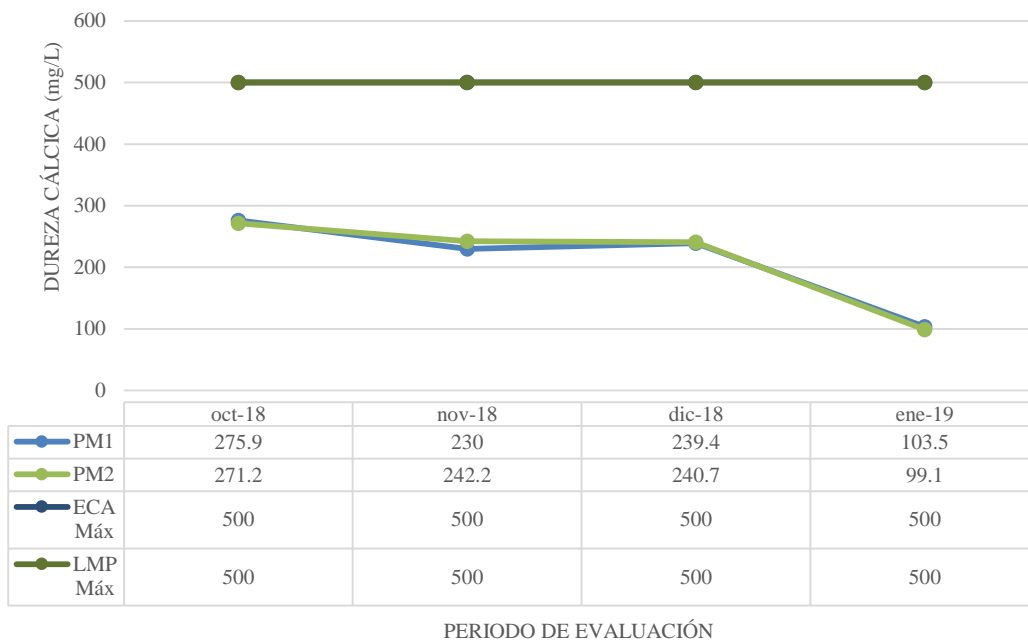
en ambos puntos de muestreo (agua antes que ingrese al reservorio y agua previo a su distribución) del manantial El Ojo de Agua-San Pedro, en cumplimiento a éste parámetro, se pueden considerar un agua apta para el consumo humano y que las concentraciones de TDS presentes en las muestras, proceden mayormente de fuentes naturales (presencia de rocas calizas), filtraciones de materia orgánica y escorrentía urbana.

Los resultados obtenidos por Zegarra (2016) en su estudio realizado a la calidad fisicoquímica y microbiológica del manantial de Huañambra- Celendín, coincidieron con los resultados obtenidos en la presente investigación; donde obtuvo concentraciones máximas de 700 mg/L de sólidos totales disueltos, concluyendo que según este parámetro el agua es apta para consumo humano con tratamiento simple ya que se encuentran por debajo de los LMP establecidos por los ECAs y la Norma Técnica Categoría A1 del MINAM.

## **6. Dureza cálcica**

El LMP establecido por el D.S.N° 031-2010-SA y los ECAs del D.S. N° 004-2017-MINAM es 500 mg/L; observando la figura 7, las concentraciones de dureza cálcica obtenidas en ambos puntos de muestreo (agua antes que ingrese al reservorio y previo a su distribución) poseen valores inferiores al límite establecido por ambas normativas sobre la calidad del agua, resultando ser, en cuanto al primer punto monitoreado en cumplimiento a los ECAs y el segundo en cumplimiento a los LMPs, aguas aptas para consumo humano. Las concentraciones máximas en ambos puntos de muestreo (PM1 y PM2) fueron detectadas en el mes de octubre 2018 con valores 275.9 y 271.2 mg/L; y las mínimas en enero 2019 con valores de 103.5 y 99.1 mg/L, respectivamente; considerándose que el manantial en estudio, contenía inicialmente un agua muy dura (en época de sequía), disminuyendo éstas concentraciones con la aparición de las lluvias en la zona de influencia, concluyendo en que el agua que consume actualmente es un agua blanda y óptima para ser aprovechada por la población.

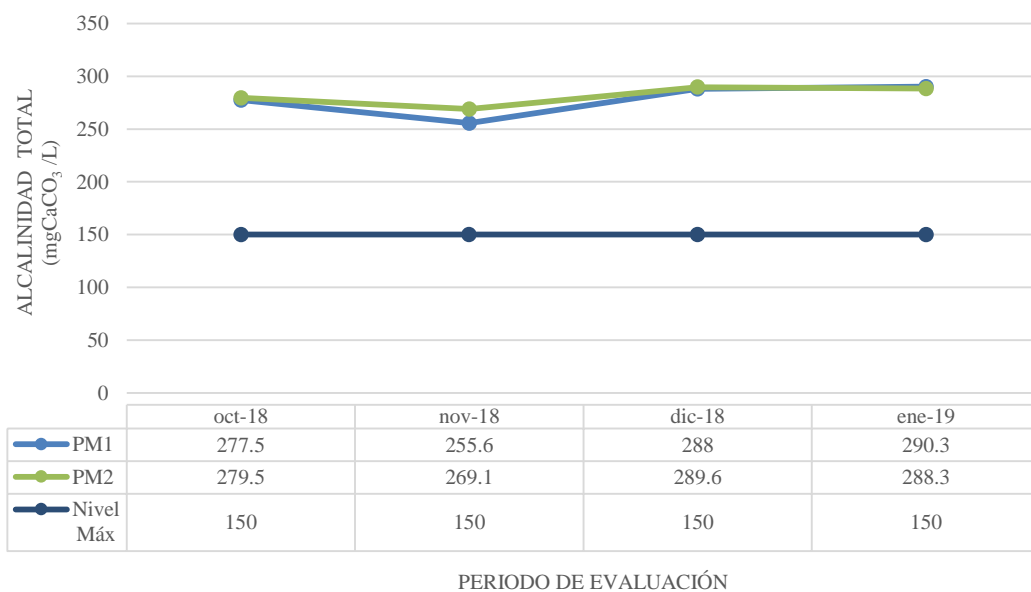
En contraste Zegarra (2016) en su estudio sobre evaluación de la calidad fisicoquímica y bacteriológica del manantial Huañambra en José Gálvez-Celendín demostró que las concentración máxima de dureza cálcica obtenida es de 167.1 mg/L, siendo inferior a los LMP establecidos por los ECA Nacional para agua categoría 1.



**Figura 7.** Concentraciones de dureza cálcica

## 7. Alcalinidad total

Los valores obtenidos durante el periodo de estudio, se detallan en la siguiente figura:



**Figura 8.** Concentraciones de alcalinidad



Observando la figura 8, los valores registrados superan el valor límite establecido, por lo consiguiente ambas muestras de agua (agua antes que ingrese al reservorio y previo a su distribución) contiene un agua alcalina, probablemente a que en la zona predomina la presencia de rocas calizas, consiguientemente convirtiéndola en “aguas duras”.

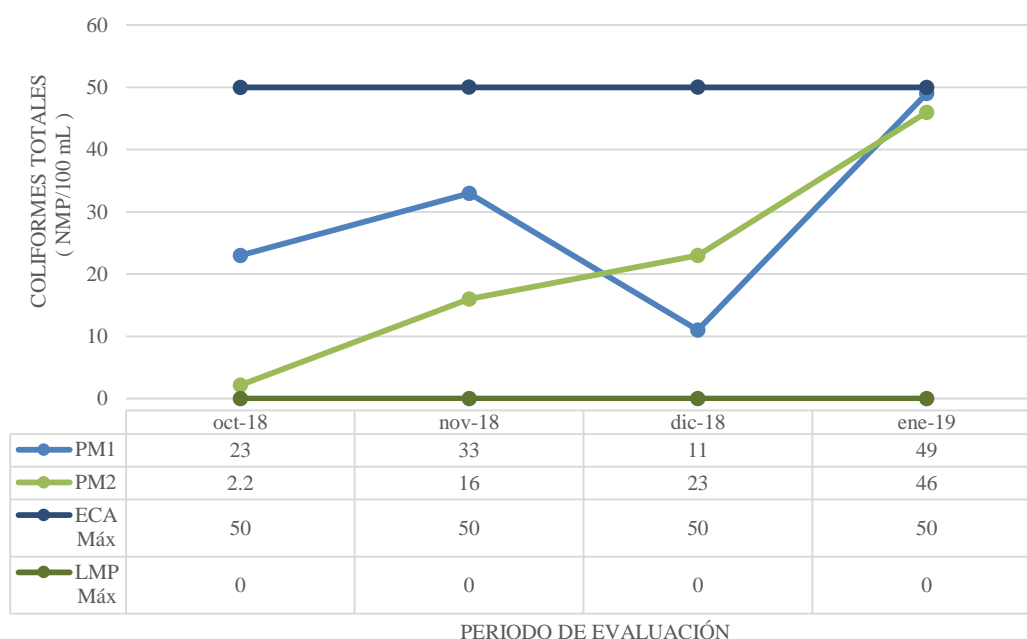
Sin embargo, en contraste con Zegarra (2016), en su estudio sobre la calidad fisicoquímica y microbiológica del manantial de Huañambra-Celendín, obtuvo concentraciones máximas de 60 mgCaCO<sub>3</sub>/L, siendo menor al límite máximo permisible, cumpliendo la norma nacional para aguas de consumo humano, considerando al manantial de Huañambra un agua con una alcalinidad baja.

## **8. Coliformes totales**

Los resultados obtenidos en lo que a coliformes totales se refiere, observando la figura 9, se evidencia que en el PM1 se tiene concentraciones desde 11 a 49 NMP/100 mL, valores que no superan el límite establecido en los ECAs del D.S. N° 004-2017-MINAM, siendo su límite máximo 50 NMP /100 mL y; en cuanto al PM2 se tiene concentraciones desde 2.2 a 46 NMP/100 mL, superando al LMP del D.S.N° 031-2010 Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, ya que la norma señala que en lo referente a coliformes, los valores son 0, lo cual indica que el tratamiento de las aguas en este aspecto son deficientes en el área de estudio. Por lo tanto se puede decir que, el cuanto al primer punto monitoreado (PM1) de una u otra manera se acepta la calidad del agua del manantial El Ojo de Agua-San Pedro, pero no garantiza la aceptabilidad del agua que consume actualmente la población debido a los resultados obtenidos en el PM2, convirtiéndola en no apta para el consumo humano, asimismo se evidenció que las concentraciones detectadas se encuentran en aumento, lo cual indica que probablemente existen filtraciones difusas de aguas superficiales contaminadas y no hay un buen manejo de desinfección y limpieza de los reservorios que almacenan actualmente el agua del manantial en estudio.

De otro lado los resultados obtenidos en el presente estudio, son coincidentes con los obtenidos por Castillo (2016), donde comparó sus resultados con los Estándares de Calidad Ambiental del DS N° 015-2015-MINAM y LMPs establecidos por el

Reglamento de la Calidad del Agua para consumo humano demostrándose que, al realizar el análisis bacteriológico observó concentraciones que exceden los límites establecidos por la Norma Peruana, haciéndola no recomendable para el consumo humano, debido a una inadecuada dosificación del hipoclorito de calcio en el tanque de cloración en la planta de tratamiento del agua que consume actualmente la población de Oxamarca.

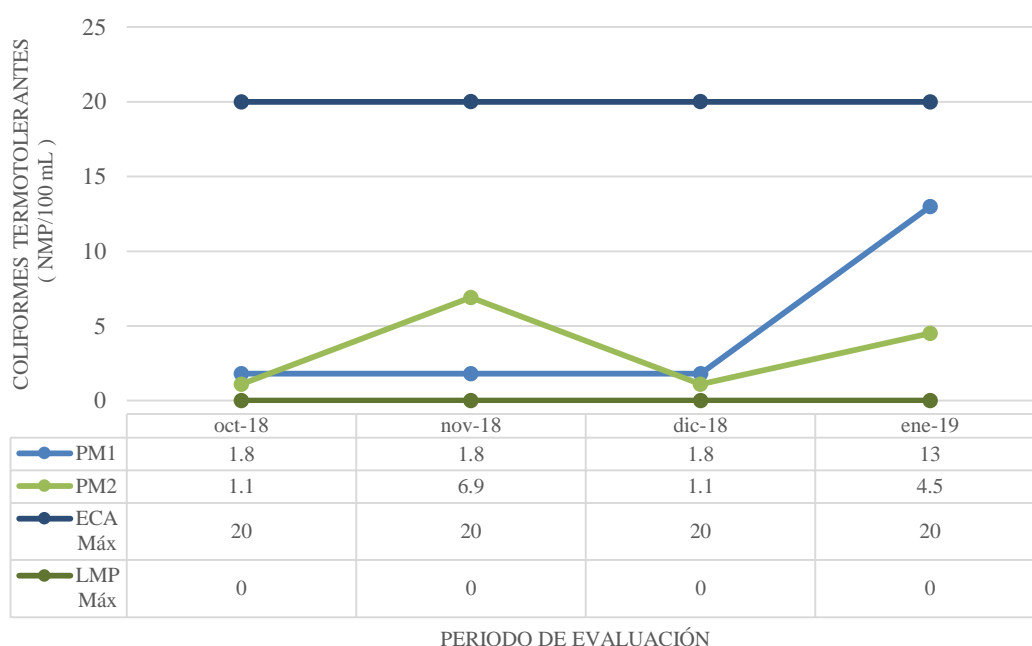


**Figura 9.** Concentraciones de coliformes totales

### 9. Coliformes termotolerantes

Observando la figura 9, se evidencia que de los resultados obtenidos en lo que a coliformes termotolerantes se refiere, se observa que en el PM1 se tiene concentraciones desde 1.8 a 13 NMP/100 mL, valores que no superan el límite establecido en los ECAs del D.S. N° 004-2017-MINAM, siendo su límite máximo 20 NMP /100 MI y; por lo que se puede decir que la calidad del agua de este punto monitoreado es aceptable para el consumo humano; en contraste a ello en cuanto al PM2 se tiene concentraciones desde 1.1 a 6.9 NMP/100 mL, superando al LMP establecido en el D.S.N°031-2010, ya que la norma señala que en lo referente a coliformes termotolerantes los valores son 0, por lo que se puede concluir que el tratamiento de las aguas en estudio actualmente son deficientes, convirtiéndola en no apta para el consumo humano.

Los resultados obtenidos en el presente estudio, coinciden a los obtenidos por Zegarra (2016), en su estudio de evaluación de la calidad fisicoquímica y microbiológicos del manantial de Huañambra-Celendín, obteniendo concentraciones de coliformes termotolerantes de 1000 UFC/100 mL, valores que superan a los LMPs establecidos por los ECA para aguas categoría 1; concluyendo en que el agua del manantial Huañambra en su estado natural no es apta para el consumo humano.



**Figura 9.** Concentraciones de coliformes termotolerantes

## 10. Cloro libre residual

Los valores obtenidos durante el período de estudio, se detallan en la siguiente tabla:

**Tabla 6.** Concentraciones de cloro libre residual

| Parámetro            | Unidad de medida | Estación de monitoreo | Frecuencia de monitoreo |        |        |        | Promedio Cloro libre res. |
|----------------------|------------------|-----------------------|-------------------------|--------|--------|--------|---------------------------|
|                      |                  |                       | Oct-18                  | Nov-18 | Dic-18 | Ene-19 |                           |
| Cloro libre residual | mg/L             | PM2                   | 0                       | 0      | 0      | 0      | 0                         |

Si comparamos los resultados obtenidos con el LMP establecido por el D.S.N°031-2010-SA Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano ( $\leq 0,5$  mg/L), podemos observar que no se ha encontrado concentraciones de cloro libre residual durante el período de estudio, por lo que en cumplimiento a este parámetro el agua del manantial El Ojo de Agua-San Pedro no puede ser considerada un agua apta para el consumo humano, evidenciando que actualmente existe un deficiente manejo en el sistema de desinfección en el tanque de almacenamiento del agua en estudio, siendo probablemente una de las causas que contribuyen a la evidente proliferación de coliformes presentes en el agua que consume la población de Oxamarca.

Los resultados obtenidos en el presente estudio son coincidentes a los demostrados por Estupiñán y Ávila (2010), en la evaluación de la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua para consumo humano del área urbana de Bojacá-Bogotá, donde las concentraciones máximas de cloro libre residual fueron de 0.22 mg/L, siendo inferiores al valor límite establecido según el Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano (0.3 a 2.0 mg/L), por lo que en cumplimiento a este parámetros consideró al agua en estudio como no apta para consumo humano.

**Tabla 7.** Comparación de valores promedios de parámetros con los ECAs y LMP

| <b>ITEM</b> | <b>PARÁMETROS</b>             | <b>ESTACIONES<br/>DE<br/>MONITOREO</b> | <b>PROMEDIO</b> | <b>ECAs</b> | <b>LMP</b> |
|-------------|-------------------------------|--|-----------------|-------------|------------|
| 1           | Temperatura                   | PM1                                    | 14.825          | Δ 3         | –          |
|             |                               | PM2                                    | 14.2            | Δ 3         | –          |
| 2           | pH                            | PM1                                    | 7.36            | 6,5 - 8,5   | 6,5 - 8,5  |
|             |                               | PM2                                    | 7.3025          | 6,5 - 8,5   | 6,5 - 8,5  |
| 3           | Turbiedad                     | PM1                                    | 0.5775          | 5           | 5          |
|             |                               | PM2                                    | 0.545           | 5           | 5          |
| 4           | Conductividad<br>eléctrica    | PM1                                    | 510.925         | 1 500       | 1 500      |
|             |                               | PM2                                    | 516.925         | 1 500       | 1 500      |
| 5           | Sólidos totales<br>disueltos  | PM1                                    | 317.775         | 1 000       | 1 000      |
|             |                               | PM2                                    | 320.675         | 1 000       | 1 000      |
| 6           | Dureza cálcica                | PM1                                    | 212.2           | 500         | 500        |
|             |                               | PM2                                    | 213.3           | 500         | 500        |
| 7           | Alcalinidad total             | PM1                                    | 277.85          | –           | 150        |
|             |                               | PM2                                    | 281.625         | –           | 150        |
| 8           | Coliformes totales            | PM1                                    | 29              | 50          | 0          |
|             |                               | PM2                                    | 21.4            | 50          | 0          |
| 9           | Coliformes<br>termotolerantes | PM1                                    | 4.6             | 20          | 0          |
|             |                               | PM2                                    | 3.4             | 20          | 0          |
| 10          | Cloro libre residual          | PM1                                    | < 0.5           | < 0.5       | < 0.5      |
|             |                               | PM2                                    | < 0.5           | < 0.5       | < 0.5      |

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES

1. De los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación sobre la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua de consumo humano del manantial “El Ojo de Agua-San Pedro” de Oxamarca-Celendín, indican que, en cuanto a los parámetros fisicoquímicos evaluados, los niveles de temperatura, turbiedad, pH, conductividad eléctrica y las concentraciones de sólidos totales disueltos y de la dureza cálcica, son inferiores a los valores establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental (ECAs) y por los LMPs del D.S.N° 031-2010 Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, con excepción del cloro libre residual, que durante el período de estudio no se detectó su presencia (0 mg/L) y la alcalinidad en concentraciones mayores a 250 mgCaCO<sub>3</sub>/L.
2. Según los análisis realizados en el ámbito microbiológico se concluye que, en cuanto al agua en su estado natural (PM1) se tiene concentraciones de coliformes totales y termotolerantes de 49 y 13 NMP/100 mL, respectivamente, siendo valores que no superan a los valores límites establecidos por los ECAs del D.S. N° 004-2017-MINAM (50 NMP /100 mL) concluyendo en que el agua del manantial El Ojo de Agua-San Pedro, en estado natural (antes que ingrese al reservorio) solamente con desinfección es apta para el consumo humano y; en lo referente al agua del PM2 (previa a su distribución) se tiene concentraciones de 46 y 6.9 NMP/100 mL de coliformes totales y termotolerantes, respectivamente, superando al LMPs del D.S.N° 031-2010 (que establece 0 NMP/100 mL de coliformes). Por lo tanto se puede decir que, de una u otra manera se acepta la calidad del agua en su estado natural; en contraste a ello no se garantiza la aceptabilidad del agua que consume actualmente la población de Oxamarca, ya que no cumple con la normativa nacional vigente, convirtiéndola en no apta para el consumo humano.

## **RECOMENDACIONES**

Se recomienda realizar análisis complementarios a los realizados en la presente investigación, para tener un mejor enfoque de la calidad del agua que consume la población de Oxamarca, ya que el agua en estudio tiene tendencia a ser un agua dura y con presencia de coliformes; haciendo investigaciones exhaustivas para determinar exactamente las causas que los están originando, a fin de eliminar todo riesgo sanitario, y garantizar que el agua tenga no menos de 0.5 mg/L de cloro libre residual.

## CAPÍTULO VI

### BIBLIOGRAFÍA

- Alarcón-Rojas, N; Peláez-Peláez, F. 2014. Calidad del agua del río Sendamal (Celendín, Cajamarca, Perú): determinación mediante uso de diatomeas, 2012. *Rebiol* 34 (2): 29-37
- Alcántara, F. 2006. Manual photometer-Merck-SQ 118. Ed esp. Merck peruana S.A. 149 p.
- Allende, A. 1976. Apuntes sobre Química del Agua. Habana, Cuba. p.105-140.
- APHA (American Public Health Association, US); AWWA (American Water Works Association, US); WPCF (Water Pollution Control Federation, US). 2017. Métodos Normalizados para análisis de aguas potables y residuales. 23 ed. Madrid, España: Díaz de Santos S.A.
- Auge, M. 2007. Agua Fuente de Vida. La Plata. Argentina. 27 p.
- Aznar, A. 2000. Gestión Ambiental: Determinación de los Parámetros físico-químicos de la calidad de las aguas. Leganes. Madrid, v. 2(23), p. 12-19
- Brieva, D; Montes, S; Pérez, N; Duarte, A; Triana, J. 2017. El agua, fuente de vida: Artículos de divulgación. *Actualidad Jurídica* / 1(1):8-12
- Briñez, A; Karol, J; Guarnizo, G; Juliana, C; Arias, V; Samuel A. 2012. Calidad del agua para consumo humano en el departamento del Tolima. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública* / 30 (2): 175-182
- Carranza Bazán, MJ. 2011. Estudio físico - químico - biológico del agua de manantial Lanla, provincia de Cajabamba, departamento de Cajamarca y su factibilidad para embotellarla. Tesis pregrado. Trujillo, Perú, UNT. 103 p



Castillo Díaz, TR. 2016. Control fisicoquímico del sistema de tratamiento de agua potable en el distrito de Sucre. Tesis pregrado. Cajamarca, Perú, UNC. 81 p.

DCYASMA (Departamento de Calidad y Ambiente. Servicio Municipal de Aguas, España). 2018. Parámetros de Calidad del Agua Potable (en línea). Castilla Vieja, España. Consultado 7 ago. 2018. Disponible en [http://www.villarcayo.org/archivos/documentos/servicio\\_aguas/estudios/parametros.calidad.agua.pdf](http://www.villarcayo.org/archivos/documentos/servicio_aguas/estudios/parametros.calidad.agua.pdf)

Decreto N.º 031-2010-SA, 2011. Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano. Perú. 24 sep

Estupiñán, S; Avila, S. 2010. Calidad físico-química y microbiológica del agua del municipio de Bojacá, Cundinamarca. NOVA - Publicación Científica en ciencias biomédicas (ISSN:1794-2470) 8 (14) : 121 – 240

Goyenola, G; Umpiérrez Oroño, S; Fosalba, C; Iglesias, C; Meerhoff, M; Mazzeo, N. 2007. Red de Monitoreo Ambiental Participativo de Sistemas Acuáticos. Suiza, Red MAPSA. v. 1, 5 p.

Kevern, M.J Henry, K.S., K. Kannan, B.W. Nagy, N.R.. Zabik and J.P. Giesy.1989. Concentrations and Hazard Assessment of Organochlorine Contaminants and Mercury in Smallmouth Baoss from a Remote Lake in the Upper Peninsula of Michigan. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 34:81-86.

Mejía Clara, MR. 2005. Análisis de la calidad del agua para consumo humano y percepción local de las tecnologías apropiadas para su desinfección a escala domiciliaria, en la microcuenca El Limón, San Jerónimo, Honduras. Tesis Mag. Turrialba, Costa Rica, CATIE.110 p.

Mendoza, M. 1996. Impacto de la Tierra, en la calidad del agua de la microcuenca río Sábalo. Cuenca del río San Juan. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 81 p.

- Moreno, F; López, R. 1991. Determinación de cloro residual. Manual N° 6. 1 ed. México, Instituto Mexicano de Tecnología. 12 p
- OMS (Organización Mundial de la Salud). 1998. Guías para la calidad del agua potable: Vigilancia y control de los abastecimientos de agua a la comunidad. 2 ed. Ginebra, Catalogación por la Biblioteca de la OMS. 255 p. (v.3)
- OMS (Organización Mundial de la Salud, Suiza). 2006. Guías para la calidad del agua potable. 3 ed. Suiza, Ediciones de la OMS. 398 p.
- OPS (Organización Panamericana de la Salud). 2004. Guía para el diseño y construcción de captación de manantiales. Lima, Perú, cosude. 24 p.
- Otero Carvajal, SA. 2002. Creación y diseño de organismo de cuencas en subcuenca del Río Copán, Honduras. Tesis Mag Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 119 p.
- Pancorbo, F. 2011. Físico-química del agua. Ecoeficiencia: Índices de Estabilidad del Agua (en línea). Barcelona, España. Consultado 7 ago. 2018. Disponible en [http://javierpancorbo.blogspot.com/2011/05/indices-de-estabilidad-del-agua\\_19.html](http://javierpancorbo.blogspot.com/2011/05/indices-de-estabilidad-del-agua_19.html)
- Pradillo, B. 2016. Parámetros de control del agua potable (en línea). España. Consultado 9 ago. 2018. Disponible en <https://www.iagua.es/blogs/beatriz-pradillo/parametros-control-agua-potable>
- Quintanilla, C. 2000. Análisis de agua-Determinación de la temperatura en aguas naturales, residuales y residuales tratadas-método de prueba. NMX-AA-007-SCFI-2000. México D.F, 24 p.
- Quispe Matias, CM; Zambrano Cabanillas, W. 2002. Manual de Análisis Químicos Medio Ambientales. Lima, Perú, Imprenta Morzan. 83 p.
- Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA, 2016. Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales. Lima. 11 ene

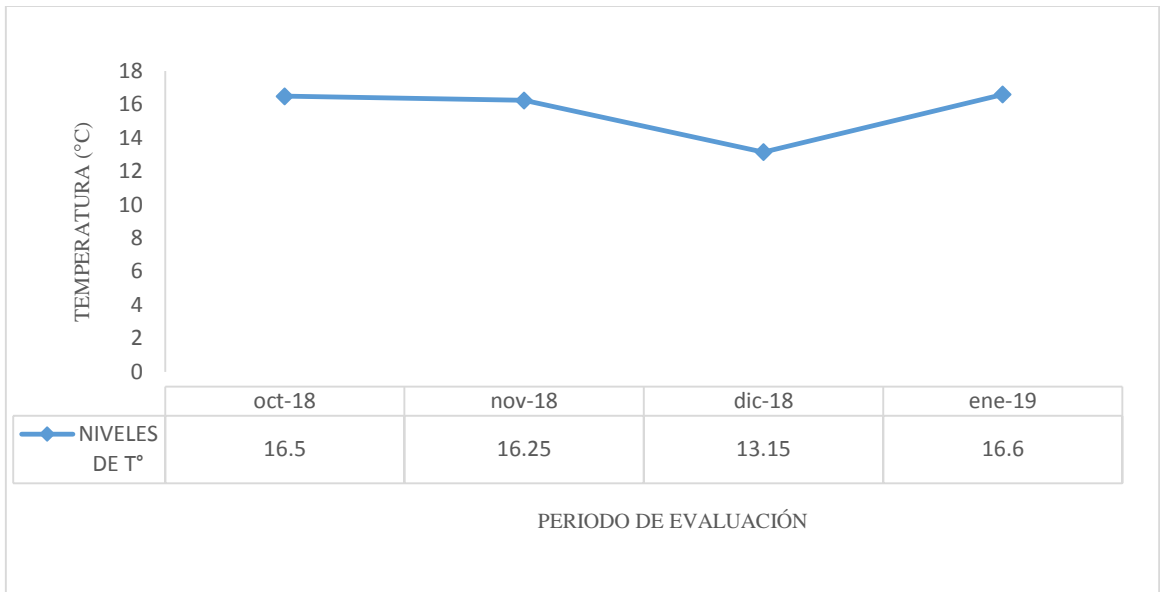
- Rodriguez, Ventura, GM. 2016. Evaluación de localización del agua para consumo humano proveniente de la Laguna La Toma en el distrito de Quiruvilca – La Libertad: Tesis pregrado. Trujillo, Perú, UNTFCBEAPCB.55 p.
- Ros, A. 2011. El agua, calidad y contaminación: Índices de Calidad de las aguas (en línea). Consultado 9 ago. 2018. Disponible en <http://www.mailxmail.com/curso-agua-calidad-contaminacion-2-2>
- RS N° 190-97-SUNASS, 1997. Aprueban Directiva sobre desinfección del Agua de consumo humano. Perú. 12 may
- Saenz Segura, F. 1995. Identificación de áreas críticas para el manejo de un sector de la cuenca del río Pacuare, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 145 p.
- SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, Perú). 2019. Datos hidrometeorológicos a nivel nacional (en línea) Lima, Perú, s.e.s.p. Consultado 10 may. 2019. Disponible en <http://www.senamhi.gob.pe>
- Sierra Ramirez, CA. 2011. Calidad del agua, evaluación y diagnóstico. 1 ed. Medellín, Colombia, Ediciones de la U. 453 p.
- SUNASS (Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento).2004. La calidad del agua potable en el Perú: informe de 2004. Lima, Perú
- Universidad de San Carlos de Guatemala; Facultad de Agronomía. 2016. Química Ambiental: Determinación de la alcalinidad del agua.
- Villegas, P. 2007. Purificación de Aguas: Teoría y ejercicios. 2 ed. Colombia, Editorial escuela colombiana de Ingeniería, 69 p.

Zegarra Chávez, D. 2016. Evaluación de la calidad fisicoquímica y bacteriológica del manantial Huañambra en José Gálvez-Celendín. Tesis pregrado. Cajamarca, Perú, UNC. 82 p.

## CAPITULO VII

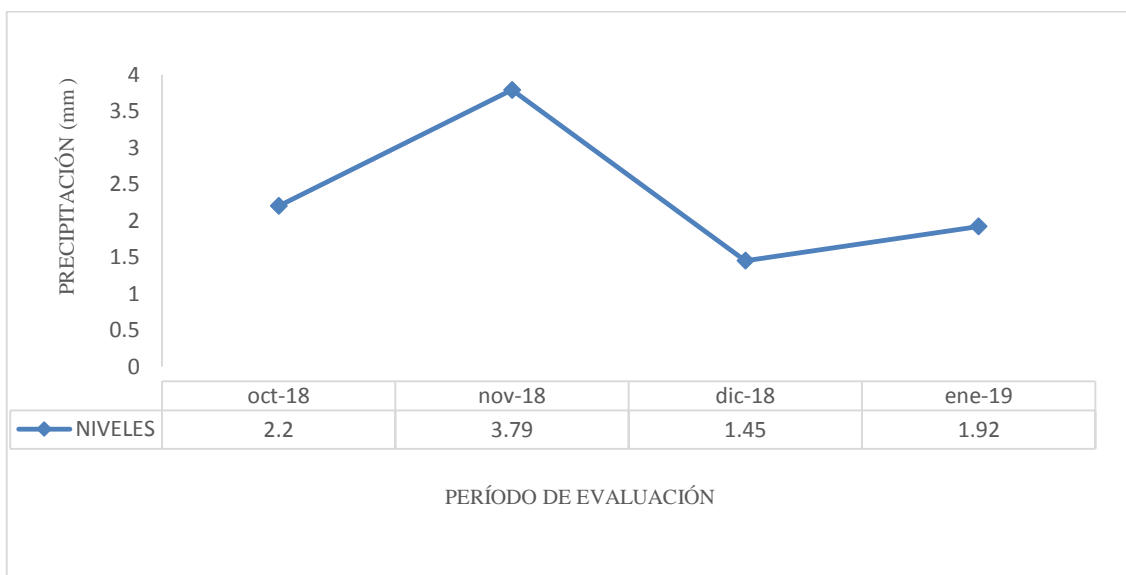
### APÉNDICE

#### 1. NIVELES DE TEMPERATURA DE LA ESTACIÓN CELENDÍN-TIPO CONVENCIONAL-METEOROLÓGICA



Fuente: SENAMHI, 2019

#### 2. NIVELES DE PRECIPITACIÓN DE LA ESTACIÓN CELENDÍN-TIPO CONVENCIONAL-METEOROLÓGICA



Fuente: SENAMHI, 2019

### **3. PROCEDIMIENTOS PARA LOS ANÁLISIS DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS**

#### **A. PROCEDIMIENTO PARA EL ANÁLISIS DE TURBIEDAD**

- a. Conecte el instrumento pulsando ON/OFF, cuando la pantalla muestre guiones, el instrumento está listo. La hora actual aparece en la pantalla secundaria. (Calibrar el equipo con los estándares de calibración comerciales: 0.1, 15, 100 y 750 NTU)
- b. Agitar la muestra a aproximadamente 400 rpm durante 30 a 60 segundos.
- c. Llene una cubeta limpia y seca inmediatamente luego de agitar la muestra con 10 a 15 ml de muestra hasta la marca, teniendo cuidado de sujetar la cubeta por la parte superior y en todo momento evitar la formación de burbujas.
- d. Coloque la tapa
- e. Limpie la cubeta minuciosamente con el paño sin pelusas para eliminar huellas dactilares, suciedad o manchas de agua.
- f. Coloque la cubeta en el instrumento, alinee la marca de la cubeta con la señal en la parte superior del instrumento y cierre la tapa.
- g. Realice el proceso de medición por duplicado con una diferencia no mayor a  $\pm 0.02$  de 0.1 a 2 NTU y  $\pm 1\%$  para muestras de mayores a 2 NTU y reporte el valor promedio del resultado obtenido.
- h. Reporte los resultados con las unidades de la resolución del equipo.

#### **B. PROCEDIMIENTO PARA EL ANÁLISIS DE pH**

- a. Calibrar el potenciómetro utilizando los buffer de pH 4 y 7. Para lo cual en cada caso enjuague el electrodo con agua destilada y luego introdúzcalo en la solución de pH 7, ajuste la lectura digital mediante el botón de calibración. Si la solución a medir es ácida calibre enseguida utilizando el buffer de pH 4 y si es alcalina con el de pH 7.
- b. Coloque la muestra en un vaso de precipitados limpio, usando la cantidad suficiente para cubrir el sensor del electrodo y para dar margen de acción a la barra de agitación magnética.
- c. Si se está haciendo mediciones de campo, el electrodo debe ser sumergido directamente en la fuente de la muestra a una profundidad adecuada, y movidos de tal modo que se asegure suficiente contacto con la muestra.

- d. Si la temperatura de la muestra difiere más de 2°C de la solución buffer, los valores de pH medidos deben ser corregidos, los instrumentos están equipados con compensadores de temperatura.
- e. Después de lavar y secar el electrodo, sumergirlo en la muestra y agite a velocidad constante para dar homogeneidad y suspender los sólidos. Anotar el pH y la temperatura.

### **C. PROCEDIMIENTO PARA EL ANÁLISIS DE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA A 25 °C**

- a. Toma, almacenamiento y preservación de la muestra. Utilizar el procedimiento empleado en la determinación del pH.
- b. Procedimiento. Calibrar el conductímetro utilizando las soluciones de KCl 0,1 M y 0,01 M. Para lo cual en cada caso enjuague el electrodo con agua destilada y luego introdúzcalo en la solución correspondiente. Ajuste la lectura digital mediante el botón de calibración.

Coloque la muestra en un vaso de precipitados limpio, usando suficiente cantidad para cubrir el sensor del electrodo y para dar margen de acción a la barra de agitación magnética.

Si se está haciendo mediciones de campo, el electrodo debe ser sumergido directamente en la fuente de la muestra a una profundidad adecuada, y movidos de tal modo que se asegure suficiente contacto con la muestra.

Después de lavar y secar el electrodo, sumergirlo en la muestra y agite a velocidad constante para dar homogeneidad y suspender los sólidos. Anotar la conductividad y la temperatura.

### **D. PROCEDIMIENTO PARA EL ANÁLISIS DE SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS**

- a. Se calienta una placa limpia a 103-105 °C durante una hora. Se conserva la placa en el desecador hasta que se necesite. Se pesa inmediatamente antes de usar.
- b. Se mide un volumen de muestra bien mezclado y se pasa a la placa previamente pesada, se evapora hasta que se seque en un baño de vapor o un horno de secado. Se seca la muestra por al menos durante una hora en un horno a 103-105 °C, se enfría la placa en el desecador para equilibrar la temperatura y se pesa. Se repite

el ciclo de secado, enfriado, desecación y pesado hasta obtener un peso constante.

c. Se calcula:

$$\text{Sólidos totales (mg/l)} = \frac{(\text{A}-\text{B}) \times 1000}{\text{Volumen de muestra (ml)}}$$

A: peso de residuo seco + placa (miligramos)

B: peso de la placa (miligramos)

## **E. PROCEDIMIENTO PARA EL ANÁLISIS DE DUREZA CÁLCICA**

- Solución de EDTA 0,01 M. Pesar 3,7 g de etilendiamino tetraacetato disódico dihidrato y disolver en agua destilada, con agitación, hasta un volumen final de 1 litro. Para estandarizar la solución, pesar exactamente alrededor de 0,01 g de CaCO<sub>3</sub>, previamente secado a 105 °C durante 2 horas, disolverlo con 10 ml de HCl 3 N y 50 ml de agua destilada. Hervir la solución por unos minutos, para eliminar el CO<sub>2</sub>.
- Agregar 2 ml Na OH 2N y 0,1 g de indicador murexida. Titular con la solución de EDTA, hasta viraje de rosado a púrpura. Anotar el gasto.
- Solución tampón a pH 10: preparada mezclando 1,69 ml de cloruro de amonio con 1,43 ml de hidróxido de amonio.
- Solución de NaOH 2N
- Indicador de negro de eriocromo T (NET): mezclar 0,5 g de reactivo en 100 g de NaCl
- Indicador de murexida: 0,5 g de reactivo en 100 g de NaCl
- Solución de jabón al 3%

### **a. Ensayo cualitativo**

- Identificar los tubos de prueba de la gradilla como agua potable, agua destilada, agua contaminada.
- A cada tubo colocar 10 ml de la muestra correspondiente.
- A cada tubo agregar 10 gotas de la solución de jabón. Agitar tapando el tubo.
- Anotar en función al grado de turbidez y a la formación de espuma.



### **b. Dureza Total**

- Medir 100 ml de muestra utilizando la fiola y pasar al erlenmeyer.
- Agregar 2 ml de solución tampón a pH 10 y aproximadamente 0,1 g de indicador negro de eriocromo T con lo que la solución se tornará roja.
- Enrazar la bureta con la solución de EDTA 0,01 M, previo lavado con un poco de la misma solución y proceder a titular hasta viraje a azul. Anotar el gasto.

### **c. Dureza Cálcica**

- Utilizando la fiola medir 100 ml de muestra de agua, agregar 2 ml de NaOH 2N y 0,1 g de indicador murexida.
- Titular con la solución de EDTA 0,01 M hasta viraje a púrpura. Anotar el gasto.

#### **Calculando Dureza total:**

$$\text{ppm CaCO}_3 = \frac{V_{\text{EDTA}} \cdot M_{\text{EDTA}} \cdot 100}{V \text{ muestra (ml)}} \times 1000$$

V: Volumen de la solución de EDTA empleando en la titulación (ml)

M: Molaridad de la solución de EDTA, después de la estandarización.

$M = m_{\text{CaCO}_3} / (V_{\text{EDTA}} \times 0,1)$ . Donde  $V_{\text{EDTA}}$  es el volumen de EDTA gastado en la titulación de m (g) de carbonato de calcio.

V muestra: Volumen de muestra analizado (ml)

#### **Calculando Dureza Cálcica:**

Se utiliza la fórmula anterior pero reemplazando el volumen gastado en la titulación correspondiente.

## **F. PROCEDIMIENTO PARA EL ANÁLISIS DE ALCALINIDAD TOTAL**

- a. Pesar exactamente alrededor de 0,1 g de NaCO<sub>3</sub> seco (anotar el peso exacto) en un matraz de 250 ml. Disolver el carbonato de sodio con aproximadamente 50 ml de agua destilada. Agregar 4 ó 5 gotas de indicador de anaranjado de metilo. Titular con la solución de ácido sulfúrico hasta viraje de amarillo a anaranjado. Anotar el gasto de solución de ácido para utilizarlo en los cálculos.
- b. En un matraz colocar 100 ml de muestra. Agregar 3-4 gotas de fenolftaleína.

- c. Si la muestra da color rosado, titular con 0,02 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, hasta que el color desaparezca y anotar la cantidad de ácido gastado (F)
- d. Al mismo matraz añadir ahora, 3-4 gotas de anaranjado de metilo, volver a llenar la bureta y a continuación titular hasta viraje de amarillo a anaranjado. Anotar el volumen de ácido utilizado (M).
- e. Llamaremos total (T), a la suma de los gastos de fenolftaleína (F) y anaranjado de metilo (M).
- f. Para los cálculos se utilizará el volumen de ácido sulfúrico empleado en la titulación, el cual tomará valores de F, M, T o una combinación de ellas, dependiendo de la especie química (o especies químicas) presentes en la muestra.

Si F = T: Entonces sólo existe hidróxido.

Si F = M: Entonces sólo existe carbonato.

Si F = 0 y M > 0 : Entonces sólo existe bicarbonato.

Cuando F > ½ total y M > 0: Existe carbonato e hidróxido. La cantidad de carbonato es igual a 2 M = 2 (T-F) y la cantidad de hidróxido es igual a T - 2 M = 2 F - T.

Cuando F < ½ T y M > F: Existen carbonatos y bicarbonatos. La cantidad de carbonato es 2F y la de bicarbonatos se calcula utilizando T - 2F.

La alcalinidad se expresa usualmente en unidades partes por millón de CaCO<sub>3</sub>

$$\text{ppm de CaCO}_3 = \frac{V \times N \times 0,05}{\text{muestra}} \times 10^6$$

V = Volumen de ácido sulfúrico gastado en la titulación (ml)

Muestra = Volumen de muestra analizado (ml)

N = Normalidad del ácido estandarizado utilizando carbonato de sodio. Se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$\text{Normalidad de H}_2\text{SO}_4 = \frac{\text{Peso de Na}_2\text{CO}_3}{0,053 \times \text{Volumen H}_2\text{SO}_4}$$

Donde:

Peso de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> = utilizado en la titulación del ácido (g)

0,053 = Peso equivalente del  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  dividido por 1000

Volumen de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  = Volumen del ácido utilizado en la titulación del carbonato de sodio (ml)

## **G. ANÁLISIS DE COLIFORMES TOTALES Y COLIFORMES TERMOTOLERANTES**

### **a. Preparación de la muestra**

- Seleccionar el tamaño (volumen) de la muestra, el cual dependerá de la densidad bacteriana que se desee esperar, se recomienda recolectar un volumen mínimo de 100mL
- Las muestras deben recolectarse en frascos estériles de 250 o 500mL, de boca ancha con tapa rosca. En el caso que es agua tratada y tiene cloro residual, los frascos deben contener Tiosulfato de sodio, como se describe en la tabla 9060.I
- Los tubos de caldo CLST y los tubos de caldo BRILLA refrigerados, se tienen que incubar 10 horas antes de iniciarse el proceso de análisis, así mismo, marcar los tubo con el código de la muestra, fecha y dilución.

### **b. Toma de muestra**

- Para el ensayo se utilizan botellas plásticas pre-esterilizadas ( $121^\circ\text{C}/15\text{min}$ ), el volumen de muestra mínimo es 100ml; asegúrese de no llenar el frasco sólo tomar  $\frac{3}{4}$  partes del volumen.
- Para el muestreo de agua de grifo (metal o plástico), asegúrese de desinfectar con alcohol al 70% o solución de hipoclorito de sodio, luego deje escurrir el agua por 5min para luego tomar la muestra.
- Para otras muestras (superficial, subterránea, manantiales, residual), no tomar la muestra cerca de la orilla y sumergir el frasco 10cm bajo la superficie.
- Para muestras de aguas tratadas con cloro agregar a una botella de muestreo estéril 0.1ml de solución de tiosulfato de sodio por cada 120ml de muestra. ver tabla 9060.I
- Colección de muestras de agua de alta en contenido de metales, como cobre o zinc ( $> 1 \text{ mg/L}$ ) y muestras de aguas residuales con altos niveles de metales pesados adicionar en botellas de muestreo un agente quelante para reducir la toxicidad del metal. Importante cuando las muestras demoran 4h o más hasta llegar al laboratorio,

utilizar 0.3ml de EDTA al 15% por cada 120ml de muestra (EDTA 15%: pesar 372 mg/L de sal disódica de EDTA, ajustar a pH 6,5 antes de su uso).

- Se puede añadir 0.3ml de solución de EDTA (15%) y 0.1 ml de tiosulfato de sodio en conjunto por cada 120 ml de muestra antes de la esterilización de los frascos de muestreo.

**c. Dilución de la muestra.**

- La numeración de Coliformes por la Técnica NMP en una muestra se hace a partir del uso de tubos múltiples.
- Los criterios de selección referido al tamaño de muestra y diluciones se describen en la siguiente tabla:

| Tabla 02. Criterios para selección de diluciones en las muestras |  |  |
|--|--|--|
| MATRIZ   | Nº Series de Tubos                                 | Series (diluciones)  |
| AGUA DE BEBIDA   | 1  | 10 Tubos doble concentrado (inocular 10 mL de muestra a cada tubo) |
| AGUAS NATURALES (superficiales y subterráneas)                   | Aguas limpias: 4                                   | 101,100,10-1,10-2  |
|  | Aguas turbias: 5                                   | 100,10-1,10-2,10-3,10-4  |
| AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS                                      | Tratadas: 5  | 101,100,10-1,10-2,10-3   |
|  | No tratadas:5                                      | 10-4,10-5,10-6,10-7,10-8   |
| AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES                                    | 5  | 10-1,10-2,10-3,10-4,10-5   |
| Nota:  | La dilución 101 se hace en medio doble concentrado |  |

- Para el proceso de agua de uso y consumo, se realizará en 1 serie de 10 tubos (medio doble concentración CLST) y se agregará a c/tubo 10ml de muestra.
- Para el proceso de otras aguas, se realizan de acuerdo a la tabla 02.

### **Técnica coliformes totales, coliformes termotolerantes y Escherichia coli por tubo múltiple.**

Llegada la muestra al laboratorio, proceder a homogenizar la muestra 25 veces realizando movimientos inversos.

#### **Fase presuntiva**

- a. Se siembra volúmenes determinados de muestra en Caldo Lauril sulfato triptosa (CLST) con campanas Durham invertidas o 0,01g/L de Púrpura de bromocresol.
- b. Se incuban a  $35 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ , durante  $24-48 \pm 3\text{h}$ .
- c. La formación de gas, turbidez y viraje (cuando se utiliza púrpura de Bromocresol) a partir de lactosa es prueba presuntiva positiva de bacterias coliformes.

#### **Fase confirmativa para coliformes totales**

- a. Se traspasa una pequeña cantidad de cultivo de todos los tubos CLST positivos (2 a 3 asadas) a tubos con caldo lactosado bilis-verde brillante (CLBVB) con campanas Durham invertidas.
- b. Se incuban a  $35 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$  por 24 a  $48 \pm 3\text{h}$ .
- c. La producción de gas y turbidez se considera como prueba confirmativa y los resultados se expresan como NMP/100 mL de agua.

#### **Fase confirmativa par coliformes termotolerantes**

- a. Se traspasa una pequeña cantidad de cultivo de todos los tubos positivos CLST (2 a 3 asadas) del punto 6.5.1 a tubos con caldo Ec medium (EC) con campanas Durham invertidas. Se incuban 30 minutos después de su inoculación a  $44.5 \pm 0.2^{\circ}\text{C}$  por  $24 \pm 2\text{h}$  en baño de agua.
- b. La producción de gas y turbidez se considera como prueba confirmativa y los resultados se expresan como NMP/100 ml de agua.
- c. Los tubos que presenten abundante turbidez pero sin gas serán verificados en Agar m-FC, donde se evaluará crecimiento típico a  $44.5 \pm 0.2^{\circ}\text{C}$  en baño de agua.

### **Fase completa para coliformes totales**

- a. Trimestralmente verificar coliformes totales confirmados en al menos el 10 % de muestras positivas de agua no potables de un batch.
- a. Transferir cada tubo positivo en Caldo BRILLA a agar Endo LES e incubar a  $35 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$  por  $24 \pm 2\text{h}$ .
- b. Seleccionar colonias típica (rosadas a rojas oscuras con brillo metálico verde en la superficie) o atípicas (rosadas, rojas, blanquecinas o incoloras sin brillo).
- c. Seleccionar una o más colonias típicas bien aisladas, en caso no existan colonias típicas seleccionar colonias atípicas que se presume sean coliformes y transferir a Caldo Lauryl Sulfato Triptosa de concentración simple y a tubos con agar Nutritivo inclinado.
- d. Incubar el CLST durante  $24 \pm 2\text{h}$  -  $48 \pm 3\text{h}$  y el agar Nutritivo de 18 – 24 h a  $35 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ .
- e. La producción de gas en CLST y en Agar Nutritivo presentan las siguientes características: bastones Gram-negativos no esporulados se considera presencia de coliformes totales en fase completa.

#### **a. Reporte de resultados:**

El reporte es NMP/100ml, considerar para el reporte el número de dígitos del resultado. Ejm:

**Valor  $\leq 3$  dígitos:** Reporte tal cual es el resultado.

Ejm

1.1 NMP/100mL hasta 990NMP/100MI

**Valor  $>3$  dígitos:** se considerará reportar un valor de 2 dígitos por un factor exponencial.

Ejm:

1600 se reportará  $16 \times 10^2$  NMP/100mL; 9200000000 se reportará  $92 \times 10^8$

NMP/100mL

## ANEXOS

### A. Estándares de Calidad Ambiental (ECAs), del D.S. N° 004-2017-MINAM

#### 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 |
| <b>FÍSICOS- QUÍMICOS</b>                          |                              |   |   |   |
| 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                                     | ( $\mu$ S/cm)                | 1 500   | 1 600   | **  |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> ) | 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 antrópico   | Ausencia de material flotante de origen antrópico               | Ausencia de material flotante de origen antrópico           |
| Nitratos (NO <sub>3</sub> ) (c)                   | mg/L                         | 50  | 50  | 50  |
| Nitritos (NO <sub>2</sub> ) (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   | **  |
| <b>INORGÁNICOS</b>                                |                              |   |   |   |
| 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   |
| <b>ORGÁNICOS</b>  |                  |   |   |   |
| Hidrocarburos Totales de Petróleo (C <sub>8</sub> - C <sub>40</sub> )   | mg/L             | 0,01  | 0,2   | 1,0   |
| Trihalometanos  | ( e )            | 1,0   | 1,0   | 1,0   |
| Bromoformo  | mg/L             | 0,1   | **  | **  |
| Cloroformo  | mg/L             | 0,3   | **  | **  |
| Dibromoclorometano  | mg/L             | 0,1   | **  | **  |
| Bromodiclorometano  | mg/L             | 0,06  | **  | **  |
| <b>I. COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES</b>  |                  |   |   |   |
| 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  | **  |
| <b>BTEX</b>   |                  |   |   |   |
| 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   | **  |
| <b>Hidrocarburos Aromáticos</b>   |                  |   |   |   |
| Benzo(a)pireno  | mg/L             | 0,0007  | 0,0007  | **  |
| Pentaclorofenol (PCP)   | mg/L             | 0,009   | 0,009   | **  |
| <b>Organofosforados</b>   |                  |   |   |   |
| Malatión  | mg/L             | 0,19  | 0,0001  | **  |
| <b>Organoclorados</b>   |                  |   |   |   |
| Aldrin + Dieldrin   | mg/L             | 0,00003   | 0,00003   | **  |
| Clordano  | mg/L             | 0,0002  | 0,0002  | **  |
| Dicloro Difeníl 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   | **  |
| <b>Carbamato</b>  |                  |   |   |   |
| Aldicarb  | mg/L             | 0,01  | 0,01  | **  |
| <b>II. CIANOTOXINAS</b>   |                  |   |   |   |
| Microcistina-LR   | mg/L             | 0,001   | 0,001   | **  |
| <b>III. BIFENILOS POLICLORADOS</b>  |                  |   |   |   |
| Bifenilos Policlorados (PCB)  | mg/L             | 0,0005  | 0,0005  | **  |
| <b>MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS</b>  |                  |   |   |   |
| 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, copépodos, rotíferos, nemátodos, en todos sus estadios evolutivos) (f) | N° Organismo/L   | 0   | <5x10 <sup>6</sup>  | <5x10 <sup>6</sup>  |

Fuente: ECAs, del D.S. N° 004-2017-MINAM



**B. Límites Máximos Permisibles (LMPs) del D.S. N° 031-2010 Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano.**

**LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS  
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS**

| Parámetros  | Unidad de medida    | Límite máximo permisible |
|---|---------------------|--------------------------|
| 1. Bacterias Coliformes Totales.  | UFC/100 mL a 35°C   | 0 (*)                    |
| 2. E. Coli  | UFC/100 mL a 44,5°C | 0 (*)                    |
| 3. Bacterias Coliformes Termotolerantes o Fecales.  | UFC/100 mL a 44,5°C | 0 (*)                    |
| 4. Bacterias Heterotróficas   | UFC/mL a 35°C       | 500                      |
| 5. Huevos y larvas de Helmintos, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos.   | N° org/L            | 0                        |
| 6. Virus  | UFC / mL            | 0                        |
| 7. Organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nemátodos en todos sus estadios evolutivos | N° org/L            | 0                        |

UFC = Unidad formadora de colonias

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

**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 <sup>-1</sup>                               | 1 000                    |
| 8. Cloruros                  | mg Cl <sup>-</sup> L <sup>-1</sup>              | 250                      |
| 9. Sulfatos                  | mg SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> L <sup>-1</sup> | 250                      |
| 10. Dureza total             | mg CaCO <sub>3</sub> L <sup>-1</sup>            | 500                      |
| 11. Amoníaco                 | mg N L <sup>-1</sup>                            | 1,5                      |
| 12. Hierro                   | mg Fe L <sup>-1</sup>                           | 0,3                      |
| 13. Manganeso                | mg Mn L <sup>-1</sup>                           | 0,4                      |
| 14. Aluminio                 | mg Al L <sup>-1</sup>                           | 0,2                      |
| 15. Cobre                    | mg Cu L <sup>-1</sup>                           | 2,0                      |
| 16. Zinc                     | mg Zn L <sup>-1</sup>                           | 3,0                      |
| 17. Sodio                    | mg Na L <sup>-1</sup>                           | 200                      |

UCV = Unidad de color verdadero

UNT = Unidad nefelométrica de turbiedad

**Fuente:** D.S.N° 031-2010-SA. Reglamento de la Calidad Agua para consumo humano

## C. Informes de los análisis del laboratorio Regional del Agua

|  |   |                      |   |
|--|---|----------------------|---|
|   | <b>LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA</b><br>GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA   |                      |  |
|  | LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL<br>ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA<br>CON REGISTRO N° LE-084 |                      |   |
| <b>INFORME DE ENSAYO N° IE 1018580</b>   |   |                      |   |
| <b>DATOS DEL CLIENTE/USUARIO</b>   |   |                      |   |
| Razon Social/Usuario   | ZOILA YANET MARIN VILLANUEVA  |                      |   |
| Dirección  | -   |                      |   |
| Persona de contacto  | -   | Correo electrónico   | yamavi28@gmail.com  |
| <b>DATOS DE LA MUESTRA</b>   |   |                      |   |
| Fecha del Muestreo   | 10.10.18  | Hora:                | 07:10 a 07:35   |
| Tipo de Muestreo   | Puntual   |                      |   |
| Número de Muestras   | 02  | N° Frascos x muestra | 02  |
| Ensayos solicitados  | Fisicoquímicos y Microbiológicos  |                      |   |
| 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 usuario  |                      |   |
| Procedencia de la Muestra:   | DISTRITO DE OXAMARCA - CELENDÍN   |                      |   |
| <b>DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO</b>  |   |                      |   |
| N° Contrato  | SC - 532  | Cadena de Custodia   | CC - 580 - 18   |
| N° Orden de Trabajo  | 1018580   |                      |   |
| Fecha y Hora de Recepción  | 10.10.18  | 14:35                | Inicio de Ensayo 10.10.18 15:00   |
| Reporte Resultado  | 17.10.18  | 10:00                |   |
|   |   |                      |   |
| Blgo. Enver Zulueta Santa Cruz<br>Responsable Técnico (e)<br>CBP: 9778   |   |                      |   |
| <b>LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA</b>   |   |                      |   |
| Cajamarca, 17 de Octubre de 2018.  |   |                      |   |
| 1 de 3   |   |                      |   |
| <small>         "LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA - GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA ASEGURA LA CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS PRESENTADOS EN ESTE INFORME DE ENSAYO"<br/>         JR. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ S/A. URB. EL BOSQUE, CAJAMARCA - PERÚ<br/>         e-mail: laboratorio@regionalcajamarca.gob.pe FONDO: 599000 anexo 1140       </small> |   |                      |   |





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 1018580

| ENSAYOS                       |                   |      | FISICOQUÍMICOS    |       |   |   |   |  |
|-------------------------------|-------------------|------|-------------------|-------|---|---|---|--|
| Código Cliente                | FEOJO 1           |      | FEOJO 2           | -     | - | - | - |  |
| Código Laboratorio            | 1018580-01        |      | 1018580-02        | -     | - | - | - |  |
| Matriz de Agua                | NATURAL           |      | USO Y CONSUMO     | -     | - | - | - |  |
| Descripción                   | Subterránea       |      | Bebida            | -     | - | - | - |  |
| Localización de la Muestra    | OXAMARCA-CELENDÍN |      | OXAMARCA-CELENDÍN | -     | - | - | - |  |
| Parámetro                     | Unidad            | LCM  | Resultados        |       |   |   |   |  |
| Turbidez                      | NTU               | 0.09 | 0.22              | 0.17  | - | - | - |  |
| pH a 25°C                     | pH                | NA   | 7.26              | 7.25  | - | - | - |  |
| Conductividad a 25°C          | uS cm             | NA   | 496.6             | 490.1 | - | - | - |  |
| Sólidos Disueltos Total       | mg/L              | 2.5  | 311.0             | 306.0 | - | - | - |  |
| (*) Dureza Cálctica           | mg/L              | 0.5  | 275.9             | 271.2 | - | - | - |  |
| (*) Alcalinidad Total (CaCO3) | mg CaCO3/L        | 0.5  | 277.5             | 279.5 | - | - | - |  |

| ENSAYOS                    |            |         | MICROBIOLÓGICOS |      |   |   |   |  |
|----------------------------|------------|---------|-----------------|------|---|---|---|--|
| Parámetro                  | Unidad     | LCM     | Resultados      |      |   |   |   |  |
| Coliformes Totales         | NMP/ 100mL | 1.8/1.1 | 23              | 2.2  | - | - | - |  |
| Coliformes Termotolerantes | NMP/ 100mL | 1.8/1.1 | <1.8            | <1.1 | - | - | - |  |

Ing. Qto. Marijano de la Cruz Sarmiento  
Analista Responsable de Química  
CIP: 119544

LABORATORIO REGIONAL  
DEL AGUA

Cajamarca, 17 de Octubre de 2018.

2 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 1018580

| Ensayo                                 | Unidad                  | Método de Ensayo Utilizados  |
|--|-------------------------|--|
| Turbidez                               | NTU                     | SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 2130. B. 23rd Ed. 2017. Turbidity. Nephelometric Method  |
| Potencial de Hidrogeno (pH) a 25°C     | pH                      | SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 4500-H+. B. 23rd Ed. 2017. pH Value. Electrometric Method.   |
| Conductividad a 25°C                   | uS/cm                   | SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 2510. B. 23rd Ed. 2017. Conductivity. Laboratory Method  |
| Sólidos Disueltos Totales              | mg/L                    | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 A,C, 22 nd Ed. 2012: Solids. Total Dissolved Solids Dried at 180°C   |
| Dureza Cálcica                         | mg CaCO <sub>3</sub> /L | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2340 C, 23rd Ed. 2017: Hardness EDTA Titrimetric Method   |
| Alcalinidad Total (CaCO <sub>3</sub> ) | mg/L                    | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2320 B, 23rd Ed. 2017: Alkalinity. Titration Method.  |
| 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.                    |

OBSERVACIONES

LCM: Limite de cuantificación de los métodos, VE: Valor Estimado

Los Resultados Químicos <LCM, significa que la concentración del analito es menor al LCM del Laboratorio establecido.

Los Resultados Microbiológicos <1.8, 1.1, <1.0; significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecia crecimiento bacteriano en la muestra.

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA. NA: No aplica ND: No determinado

(\*) Los Resultados son referenciales, fueron procesados fuera del tiempo estipulado por el método.

Código del Formato: RT1-5.10-01 Rev:N°05 Fecha : 06/06/2017

NOTAS FINALES

- ✓ 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.
- ✓ El Sistema de Gestión de Calidad del Laboratorio Regional del Agua, está ACREDITADO en base a la norma NTP ISO/IEC 17025.
- ✓ 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.



Cajamarca, 17 de Octubre de 2018.

LABORATORIO REGIONAL  
DEL AGUA





**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 1118646**

**DATOS DEL CLIENTE/USUARIO**


Razon Social/Usuario **ZOILA YANET MARIN VILLANUEVA**  
Dirección -  
Persona de contacto - Correo electrónico **ssomaa\_sur@losavial.com.pe**

**DATOS DE LA MUESTRA**

Fecha del Muestreo **07.11.18** Hora: **07:55 a 08:37**  
Tipo de Muestreo **Puntual**  
Número de Muestras **02** N° Frascos x muestra **02**  
Ensayos solicitados **Fisicoquímicos y Microbiológicos**  
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 usuario**  
Procedencia de la Muestra: **DISTRITO DE OXAMARCA - CELENDÍN**

**DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO**

N° Contrato **SC - 533** Cadena de Custodia **CC - 646 - 18**  
N° Orden de Trabajo **1118646**  
Fecha y Hora de Recepción **07.11.18 17:00** Inicio de Ensayo **07.11.18 17:30**  
Reporte Resultado **14.11.18 09:00**

  
Blgo. Enver Zulueta Santa Cruz  
Responsable Técnico (e)  
CBP: 9778

**LABORATORIO REGIONAL  
DEL AGUA**

**Cajamarca, 15 de Noviembre de 2018.**

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 1118646

| ENSAYOS                                    |                         |      | FISICOQUÍMICOS y MICROBIOLÓGICOS |       |   |   |   |  |
|--|-------------------------|------|----------------------------------|-------|---|---|---|--|
| Código Cliente                             | FEOJO 1                 |      | FEOJO 2                          | -     | - | - | - |  |
| Código Laboratorio                         | 1118646-01              |      | 1118646-02                       | -     | - | - | - |  |
| Matriz de Agua                             | NATURAL                 |      | NATURAL                          | -     | - | - | - |  |
| Descripción                                | Subterránea             |      | Bebida                           | -     | - | - | - |  |
| Localización de la Muestra                 | OXAMARCA-CELENDÍN       |      | OXAMARCA-CELENDÍN                | -     | - | - | - |  |
| Parámetro                                  | Unidad                  | LCM  | Resultados                       |       |   |   |   |  |
| Turbidez                                   | NTU                     | 0.09 | 0.94                             | 0.93  | - | - | - |  |
| ° pH a 25°C                                | pH                      | NA   | 7.25                             | 7.10  | - | - | - |  |
| Conductividad a 25°C                       | µS/cm                   | NA   | 495.4                            | 520.1 | - | - | - |  |
| Sólidos Disueltos Totales                  | mg/L                    | 2.5  | 312.1                            | 327.7 | - | - | - |  |
| (*) Dureza Cálcica                         | mg CaCO <sub>3</sub> /L | 0.5  | 230.0                            | 242.2 | - | - | - |  |
| (*) Alcalinidad Total (CaCO <sub>3</sub> ) | mg CaCO <sub>3</sub> /L | 0.5  | 255.6                            | 269.1 | - | - | - |  |

| ENSAYOS                    |            |         | MICROBIOLÓGICOS |     |   |   |   |  |
|----------------------------|------------|---------|-----------------|-----|---|---|---|--|
| Parámetro                  | Unidad     | LCM     | Resultados      |     |   |   |   |  |
| Coliformes Totales         | NMP/ 100mL | 1.8/1.1 | 33              | 16  | - | - | - |  |
| Coliformes Termotolerantes | NMP/ 100mL | 1.8/1.1 | <1.8            | 6.9 | - | - | - |  |

Ing. Qgo. Marjano de Já Cruz Sarmiento  
Analista Responsable de Química  
CIP: 119544

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

Cajamarca, 15 de Noviembre de 2018.





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 1118646

| Ensayo                                 | Unidad                  | Método de Ensayo Utilizados  |
|--|-------------------------|--|
| Turbidez                               | NTU                     | SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 2130, B, 23rd Ed, 2017. Turbidity, Nephelometric Method  |
| Potencial de Hidrogeno (pH) a 25°C     | pH                      | SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 4500-H+ B, 23rd Ed, 2017. pH Value: Electrometric Method.  |
| Conductividad a 25°C                   | uS/cm                   | SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 2510, B, 23rd Ed, 2017. Conductivity, Laboratory Method  |
| Sólidos Disueltos Totales              | mg/L                    | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 A,C, 22 nd Ed, 2012: Solids, Total Dissolved Solids Dried at 180°C   |
| Dureza Cálcica                         | mg CaCO <sub>3</sub> /L | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2340 C, 23rd Ed, 2017: Hardness EDTA Titrimetric Method   |
| Alcalinidad Total (CaCO <sub>3</sub> ) | mg/L                    | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2320 B, 23rd Ed, 2017: Alkalinity, Titration Method.  |
| 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.                    |

OBSERVACIONES

LCM: Limite de cuantificación de los métodos, VE: Valor Estimado

Los Resultados Químicos <LCM, significa que la concentración del analito es menor al LCM del Laboratorio establecido.

Los Resultados Microbiológicos <1.8, 1.1, <1.0; significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecia crecimiento bacteriano en la muestra.

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA. NA: No aplica ND: No determinado

(\*) Los Resultados son referenciales, fueron procesados fuera del tiempo estipulado por el método.

Código del Formato: RT1-5-10-01 Rev.N°05 Fecha : 06/06/2017

NOTAS FINALES

- ✓ 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.
- ✓ El Sistema de Gestión de Calidad del Laboratorio Regional del Agua, está ACREDITADO en base a la norma NTP ISO/IEC 17025.
- ✓ 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.



Cajamarca, 15 de Noviembre de 2018.

LABORATORIO REGIONAL  
DEL AGUA





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 1218718

DATOS DEL CLIENTE/USUARIO

Razon Social/Usuario **ZOILA YANET MARIN VILLANUEVA**  
Dirección **Jr. Belegúa N° 475 - Cajamarca**  
Persona de contacto **-** Correo electrónico **ssomaa\_sur@losavial.com.pe**

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha del Muestreo **05.12.18** Hora: **07:23 a 08:25**  
Tipo de Muestreo **Puntual**  
Número de Muestras **02** N° Frascos x muestra **02**  
Ensayos solicitados **Fisicoquímicos y Microbiológicos**  
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 usuario**  
Procedencia de la Muestra: **DISTRITO DE OXAMARCA - CELENDÍN**

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato **SC - 834** Cadena de Custodia **CC - 718 - 18**  
N° Orden de Trabajo **1218718**  
Fecha y Hora de Recepción **05.12.18 16:35** Inicio de Ensayo **05.12.18 17:00**  
Reporte Resultado **12.12.18 15:00**

GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA  
LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

Blgo. Juan V. Díaz Saenz  
RESPONSABLE  
COP 7395

LABORATORIO REGIONAL  
DEL AGUA

Cajamarca, 13 de Diciembre de 2018.

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 1218718**

| ENSAYOS                                    |                         |      | FISICOQUÍMICOS y MICROBIOLÓGICOS |                   |   |   |
|--|-------------------------|------|----------------------------------|-------------------|---|---|
| Código Cliente                             |                         |      | FEOJO 1                          | FEOJO 2           | - | - |
| Código Laboratorio                         |                         |      | 1218718-01                       | 1218718-02        | - | - |
| Matriz de Agua                             |                         |      | NATURAL                          | USO Y CONSUMO     | - | - |
| Descripción                                |                         |      | Subterránea                      | Bebida            | - | - |
| Localización de la Muestra                 |                         |      | OXAMARCA-CELENDÍN                | OXAMARCA-CELENDÍN | - | - |
| Parámetro                                  | Unidad                  | LCM  | Resultados                       |                   |   |   |
| Turbidez                                   | NTU                     | 0.09 | 0.43                             | 0.31              | - | - |
| ° pH a 25°C                                | pH                      | NA   | 7.23                             | 7.22              | - | - |
| Conductividad a 25°C                       | µS/cm                   | NA   | 537.2                            | 538.0             | - | - |
| Sólidos Disueltos Totales                  | mg/L                    | 2.5  | 307.0                            | 325.0             | - | - |
| (*) Dureza Cálctica                        | mg CaCO <sub>3</sub> /L | 0.5  | 239.4                            | 240.7             | - | - |
| (*) Alcalinidad Total (CaCO <sub>3</sub> ) | mg CaCO <sub>3</sub> /L | 0.5  | 288.0                            | 289.6             | - | - |

| ENSAYOS                    |            |         | MICROBIOLÓGICOS |     |   |   |
|----------------------------|------------|---------|-----------------|-----|---|---|
| Parámetro                  | Unidad     | LCM     | Resultados      |     |   |   |
| Coliformes Totales         | NMP/ 100mL | 1.8/1.1 | 11              | >23 | - | - |
| Coliformes Termotolerantes | NMP/ 100mL | 1.8/1.1 | <1.8            | 1.1 | - | - |



**LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA**

Cajamarca, 13 de Diciembre de 2018.





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 1218718

| Ensayo                                 | Unidad                  | Método de Ensayo Utilizados  |
|--|-------------------------|--|
| Turbidez                               | NTU                     | SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 2130. B. 23rd Ed. 2017. Turbidity. Nephelometric Method  |
| Potencial de Hidrogeno (pH) a 25°C     | pH                      | SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 4500-H+. B. 23rd Ed. 2017. pH Value: Electrometric Method.   |
| Conductividad a 25°C                   | uS/cm                   | SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 2510. B. 23rd Ed. 2017. Conductivity. Laboratory Method  |
| Sólidos Disueltos Totales              | mg/L                    | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 A,C, 22 nd Ed. 2012: Solids. Total Dissolved Solids Dried at 180°C   |
| Dureza Cálcica                         | mg CaCO <sub>3</sub> /L | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2340 C, 23rd Ed. 2017: Hardness EDTA Titrimetric Method   |
| Alcalinidad Total (CaCO <sub>3</sub> ) | mg/L                    | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2320 B, 23rd Ed. 2017: Alkalinity. Titration Method.  |
| 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.                    |

OBSERVACIONES

LCM: Límite de cuantificación de los métodos, VE: Valor Estimado

Los Resultados Químicos <LCM, significa que la concentración del analito es menor al LCM del Laboratorio establecido.

Los Resultados Microbiológicos <1.8, 1.1, <1.0; significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecia crecimiento bacteriano en la muestra.

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA. NA: No aplica ND: No determinado

(\*) Los Resultados son referenciales, fueron procesados fuera del tiempo estipulado por el método.

Código del Formato: RT1-5.10-01 Rev: N°05 Fecha : 06/06/2017

NOTAS FINALES

- ✓ 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.
- ✓ El Sistema de Gestión de Calidad del Laboratorio Regional del Agua, está ACREDITADO en base a la norma NTP ISO/IEC 17025.
- ✓ 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.

Cajamarca, 13 de Diciembre de 2018.



LABORATORIO REGIONAL  
DEL AGUA





**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 1218775**

**DATOS DEL CLIENTE/USUARIO**

Razon Social/Usuario **ZOILA YANET MARIN VILLANUEVA**  
Dirección **Jr. Beleguía N° 475 - Cajamarca**  
Persona de contacto **-** Correo electrónico **ssomaa\_sur@losavial.com.np**

**DATOS DE LA MUESTRA**

Fecha del Muestreo **02.01.19** Hora: **07:10 a 08:10**  
Tipo de Muestreo **Puntual**  
Número de Muestras **02** N° Frascos x muestra **02**  
Ensayos solicitados **Fisicoquímicos y Microbiológicos**  
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 usuario**  
Procedencia de la Muestra: **DISTRITO DE OXAMARCA - CELENDÍN**

**DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO**

N° Contrato **SC - 881** Cadena de Custodia **CC - 775 - 18**  
N° Orden de Trabajo **1218775**  
Fecha y Hora de Recepción **02.01.19 15:00** Inicio de Ensayo **02.01.19 15:30**  
Reporte Resultado **09.01.19 15:00**

GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA  
LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

*[Firma]*  
Bigo. Juan V. Díaz Saenz  
RESPONSABLE  
CBP 7395

**LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA**

Cajamarca, 09 de Enero 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 1218775**

| ENSAYOS                                    |                         |      | FISICOQUÍMICOS y MICROBIOLÓGICOS |                   |   |   |   |   |
|--|-------------------------|------|----------------------------------|-------------------|---|---|---|---|
| Código Cliente                             |                         |      | M. FEOJO 1                       | M. FEOJO 2        | - | - | - | - |
| Código Laboratorio                         |                         |      | 1218775-01                       | 1218775-02        | - | - | - | - |
| Matriz de Agua                             |                         |      | NATURAL                          | USO Y CONSUMO     | - | - | - | - |
| Descripción                                |                         |      | Subterránea                      | Bebida            | - | - | - | - |
| Localización de la Muestra                 |                         |      | OXAMARCA-CELENDÍN                | OXAMARCA-CELENDÍN | - | - | - | - |
| Parámetro                                  | Unidad                  | LCM  | Resultados                       |                   |   |   |   |   |
| Turbidez                                   | NTU                     | 0.09 | 0.72                             | 0.77              | - | - | - | - |
| ° pH a 25°C                                | pH                      | NA   | 7.70                             | 7.64              | - | - | - | - |
| Conductividad a 25°C                       | µS cm                   | NA   | 514.5                            | 519.5             | - | - | - | - |
| Solidos Disueltos Totales                  | mg/L                    | 2.5  | 341.0                            | 324.0             | - | - | - | - |
| (*) Dureza Cálcica                         | mg CaCO <sub>3</sub> /L | 0.5  | 103.5                            | 99.1              | - | - | - | - |
| (*) Alcalinidad Total (CaCO <sub>3</sub> ) | mg CaCO <sub>3</sub> /L | 0.5  | 290.3                            | 288.3             | - | - | - | - |

| ENSAYOS                    |            |     | MICROBIOLÓGICOS |     |   |   |   |   |
|----------------------------|------------|-----|-----------------|-----|---|---|---|---|
| Parámetro                  | Unidad     | LCM | Resultados      |     |   |   |   |   |
| Coliformes Totales         | NMP/ 100mL | 1.8 | 49              | 46  | - | - | - | - |
| Coliformes Termotolerantes | NMP/ 100mL | 1.8 | 13              | 4.5 | - | - | - | - |



**LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA**

Cajamarca, 09 de Enero de 2019.





LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA  
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA /



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

INFORME DE ENSAYO N° IE 1218775

| Ensayo                                 | Unidad                  | Método de Ensayo Utilizados  |
|--|-------------------------|--|
| Turbidez                               | NTU                     | SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 2130. B. 23rd Ed. 2017. Turbidity. Nephelometric Method  |
| Potencial de Hidrogeno (pH) a 25°C     | pH                      | SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 4500-H+.B. 23rd Ed. 2017. pH Value: Electrometric Method.  |
| Conductividad a 25°C                   | uS/cm                   | SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 2510. B. 23rd Ed. 2017. Conductivity. Laboratory Method  |
| Sólidos Disueltos Totales              | mg/L                    | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 A,C, 22 nd Ed. 2012: Solids. Total Dissolved Solids Dried at 180°C   |
| Dureza Cálcica                         | mg CaCO <sub>3</sub> /L | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2340 C, 23rd Ed. 2017: Hardness EDTA Titrimetric Method   |
| Alcalinidad Total (CaCO <sub>3</sub> ) | mg/L                    | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2320 B, 23rd Ed. 2017: Alkalinity. Titration Method.  |
| 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.                    |

OBSERVACIONES

LCM: Límite de cuantificación de los métodos, VE: Valor Estimado

Los Resultados Químicos <LCM; significa que la concentración del analito es menor al LCM del Laboratorio establecido.

Los Resultados Microbiológicos <1.8, 1.1, <1.0; significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecia crecimiento bacteriano en la muestra.

(\* Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA. NA: No aplica ND: No determinado

(\* Los Resultados son referenciales, fueron procesados fuera del tiempo estipulado por el método.

Código del Formato: RT1-5.10-01 Rev.N°05 Fecha : 06/06/2017

NOTAS FINALES

- ✓ 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.
- ✓ El Sistema de Gestión de Calidad del Laboratorio Regional del Agua, está ACREDITADO en base a la norma NTP ISO/IEC 17025.
- ✓ 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.

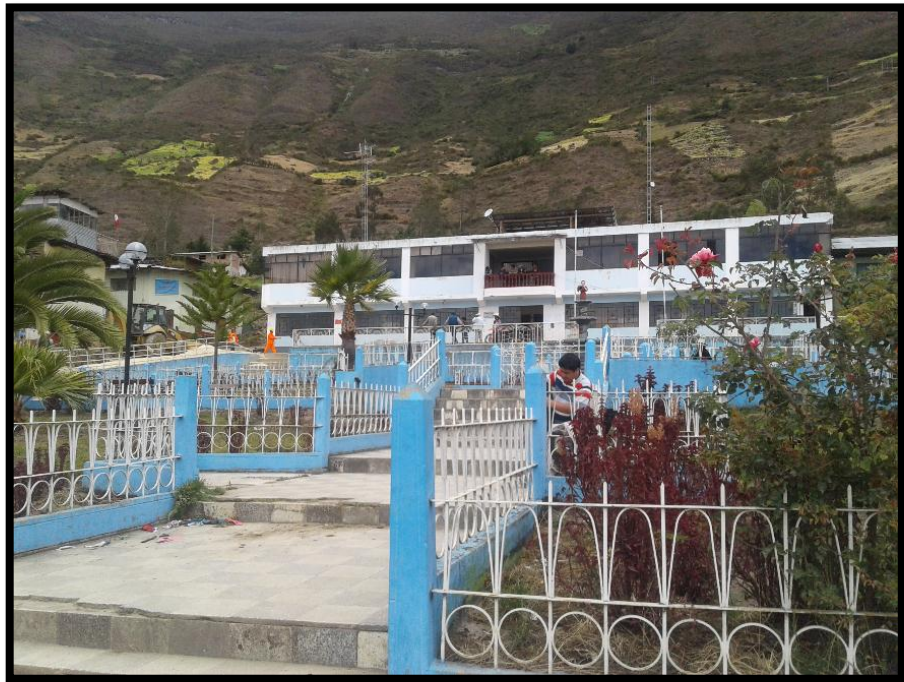
Cajamarca, 09 de Enero de 2019.



LABORATORIO REGIONAL  
DEL AGUA



## D. PANEL FOTOGRÁFICO



**Figura 11.** Plaza de armas del distrito de Oxamarca-Celendín



**Figura 12.** Punto de captación del Manantial El Ojo de Agua-San Pedro



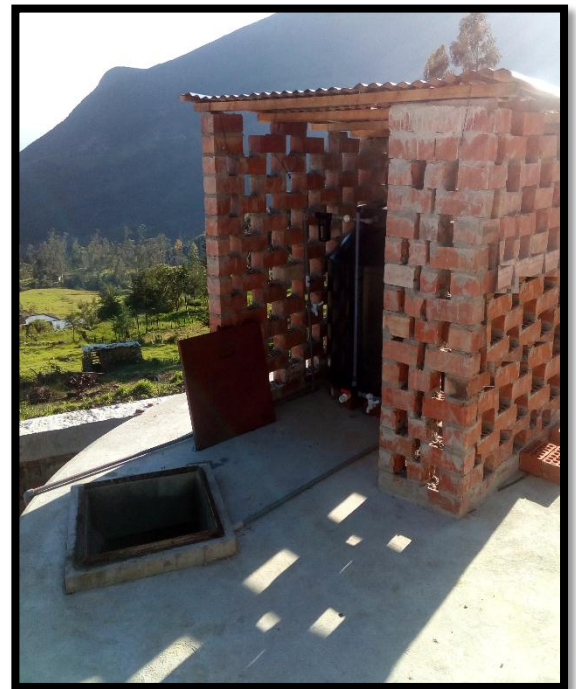




**Figura 16.** Tanque de almacenamiento y tratamiento del agua de manantial  
El Ojo de Agua-San Pedro



**Figura 17.** Tanque alternativo para acumulación del agua de Oxamarca-Celendín, actualmente sin funcionamiento.



**Figura 18.** Instalación de sistema de cloración del reservorio (actualmente sin funcionamiento)



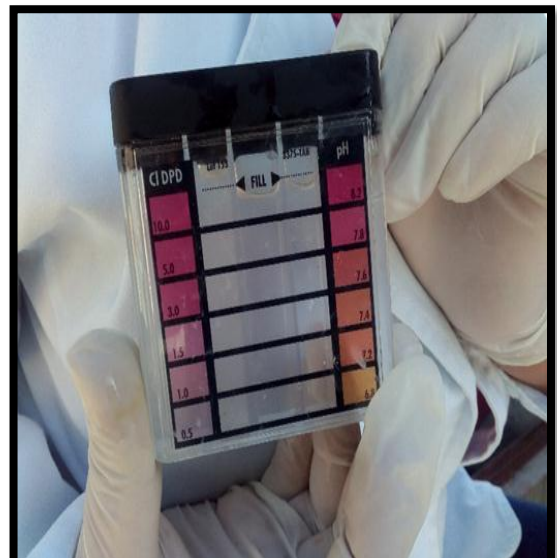


**Figura 19.** Registros de toma de muestras en el Punto 1 (PM1)





**Figura 20.** Registros de toma de muestras en el Punto 2 (PM2)



**Figura 21.** Registro de análisis de los parámetros realizados en campo: temperatura y cloro libre residual

## CAPÍTULO VIII

### GLOSARIO DE TÉRMINOS

- 1) **Manantial:** Es un lugar donde se produce el afloramiento natural de agua subterránea.
- 2) **Agua cruda:** Es aquella agua, en estado natural, captada para abastecimiento que no ha sido sometido a procesos de tratamiento.
- 3) **Agua tratada:** Toda agua sometida a procesos físicos, químicos y/o biológicos para convertirla en un producto inocuo para el consumo humano.
- 4) **Agua de consumo humano:** Agua apta para consumo humano y para todo uso doméstico habitual, incluida la higiene personal.
- 5) **Consumidor:** Persona que hace uso del agua suministrada por el proveedor para su consumo.
- 6) **Inocuidad:** Que no hace daño a la salud humana.
- 7) **Monitoreo:** Seguimiento y verificación de parámetros físicos, químicos, microbiológicos u otros señalados en el presente Reglamento, y de factores de riesgo en los sistemas de abastecimiento del agua.
- 8) **Parámetro:** Una variable, propiedad medible cuyo valor está determinado por las características del sistema en el caso del agua por ejemplo, estas pueden ser la temperatura, la presión, la densidad, etc.
- 9) **Sistema de abastecimiento de agua potable para consumo humano:** Conjunto de componentes hidráulicos e instalaciones físicas que son accionadas por procesos operativos, administrativos y equipos necesarios desde la captación hasta el suministro del agua.

- 10) **Sistema de tratamiento de agua:** Conjunto de componentes hidráulicos; de unidades de procesos físicos, químicos y biológicos; y de equipos electromecánicos y métodos de control que tiene la finalidad de producir agua apta para el consumo humano.
- 11) **Época de Estiaje:** Mes del año en el cual el caudal mensual medio llega a su mínimo.
- 12) **Época de avenida o lluviosas:** Mes del año en el cual el caudal mensual medio llega a su máximo.
- 13) **Estándares Nacionales de calidad ambiental para agua (ECA-Agua):** Nivel de concentración máximo de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en los recursos hídricos superficiales que no presentan riesgo significativo para la salud de las personas ni contaminación del ambiente.
- 14) **Límite Máximo Permisible (LMP):** Medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos que caracterizan a un efluente o una emisión, que corresponde a los niveles de tratamiento de aguas residuales alcanzables con las mejores técnicas disponibles y económicamente viables.
- 15) **Potabilización:** Es un proceso que se lleva a cabo sobre cualquier agua para transformarla en agua potable y de esta manera hacerla absolutamente apta para el consumo humano.
- 16) **Sedimentación:** Un tratamiento primario en los sistemas de agua municipal. El agua es mantenida en reposo por un tiempo determinado, para permitir que los sólidos sedimentables puedan separarse de los demás sólidos.
- 17) **Planta de tratamiento:** El tratamiento del agua tiene por objeto fundamental mejorar la calidad física, química y bacteriológicas del agua proveniente de las diferentes fuentes naturales, con contaminación o sin ella, a fin de entregarlas al

consumo apta, inocua y aprovechable para el hombre animales, agricultura e industria.

18) **Desinfección:** Es la destrucción de la mayoría de los microorganismos dañinos por medios químicos, por calor, por luz ultravioleta, etc.

19) **Cloración:** Es la adición de cloro gas o compuestos de cloro al agua, con el propósito de desinfectarla.

20) **Cloro residual:** Porción del cloro libre o combinado, que permanece activo después de un período de tiempo especificado.

21) **Cloro:** Un elemento químico que se utiliza para matar microorganismos presentes en el agua.

TESIS

**“CALIDAD FISICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DEL AGUA  
DE CONSUMO HUMANO DEL DISTRITO DE  
OXAMARCA-CELENDIN”**

---

Zoila Yanet Marín Villanueva

TESISTA

---

Ing. Jorge Silvestre Lezama Bueno

ASESOR