

UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE  
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRARIA



Evaluación físico-química y microbiológica del agua consumida por la población y propuestas tendientes a su mejora, en Chulucanas, provincia de Morropón-Piura

TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO AMBIENTAL

AUTOR

Pierre Joe Giancarlo Benites Ruesta

ASESOR

Alfredo Sandoval Norabuena

Morropón, Perú

2021

## METADATOS COMPLEMENTARIOS

### Datos del autor

|                                   |  |
|-----------------------------------|--|
| Nombres                           |  |
| Apellidos                         |  |
| Tipo de documento de identidad    |  |
| Número del documento de identidad |  |
| Número de Orcid (opcional)        |  |

### Datos del asesor

|                                   |  |
|-----------------------------------|--|
| Nombres                           |  |
| Apellidos                         |  |
| Tipo de documento de identidad    |  |
| Número del documento de identidad |  |
| Número de Orcid (obligatorio)     |  |

### Datos del Jurado

#### Datos del presidente del jurado

|                                   |  |
|-----------------------------------|--|
| Nombres                           |  |
| Apellidos                         |  |
| Tipo de documento de identidad    |  |
| Número del documento de identidad |  |

#### Datos del segundo miembro

|                                   |  |
|-----------------------------------|--|
| Nombres                           |  |
| Apellidos                         |  |
| Tipo de documento de identidad    |  |
| Número del documento de identidad |  |

#### Datos del tercer miembro

|                                   |  |
|-----------------------------------|--|
| Nombres                           |  |
| Apellidos                         |  |
| Tipo de documento de identidad    |  |
| Número del documento de identidad |  |

**Datos de la obra**

|  |  |
|--|--|
| Materia*   |  |
| Campo del conocimiento OCDE<br>Consultar el listado: |  |
| Idioma (Normal ISO 639-3)                            |  |
| Tipo de trabajo de investigación                     |  |
| País de publicación                                  |  |
| Recurso del cual<br>forma parte (opcional)           |  |
| Nombre del grado                                     |  |
| Grado académico o título<br>profesional              |  |
| Nombre del programa                                  |  |
| Código del programa<br>Consultar el listado:         |  |

\*Ingresar las palabras clave o términos del lenguaje natural (no controladas por un vocabulario o tesoro).

# ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

ACTA N° 017 - 2022/UCSS/FIA/DI

Siendo las 09:00 a. m. del día 18 de marzo de 2022 - Universidad Católica Sedes Sapientiae, el Jurado de Tesis, integrado por:

- |                                      |                 |
|--------------------------------------|-----------------|
| 1. Julián Alberto Álvarez Paredes    | presidente      |
| 2. Elvira Teófila Castañeda Chirre   | primer Miembro  |
| 3. Natividad Lourdes Artica Cosme    | segundo Miembro |
| 4. Alfredo Julián Sandoval Norabuena | asesor          |

Se reunieron para la sustentación de la tesis titulada **Evaluación físico-química y microbiológica del agua consumida por la población y propuesta tendientes a su mejora, en Chulucanas, provincia de Morropón-Piura** que presentan el bachiller en Ciencias Ambientales, **Pierre Joe Giancarlo Benites Ruesta** cumpliendo así con los requerimientos exigidos por el reglamento para la modalidad de titulación; la presentación y sustentación de un trabajo de investigación original, para obtener el Título Profesional de **Ingeniero Ambiental**.

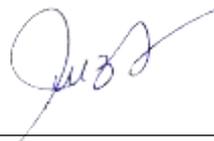
Terminada la sustentación y luego de deliberar, el Jurado acuerda:

APROBAR

DESAPROBAR

La tesis, con el calificativo de **BUENA** y eleva la presente Acta al Decanato de la Facultad de Ingeniería Agraria, a fin de que se declare **EXPEDITA** para conferirle el **TÍTULO** de **INGENIERO AMBIENTAL**.

Lima, 18 de marzo de 2022.



Julián Alberto Álvarez Paredes  
PRESIDENTE



Elvira Teófila Castañeda Chirre  
1° MIEMBRO



Natividad Lourdes Artica Cosme  
2° MIEMBRO



Alfredo Julián Sandoval Norabuena  
ASESOR

## **DEDICATORIA**

A Dios por permitirme la vida, que cada día pueda afrontar nuevos retos para salir adelante y ser una persona de éxito.

A mi familia que con su dedicación invaluable, amor y gran sacrificio hicieron posible mi formación profesional.

## **AGRADECIMIENTO**

Gracias a Dios en primera instancia que me permite alcanzar este logro a nivel profesional y que me ofrece tener y disfrutarlo junto a mis seres queridos.

Agradezco a mi familia por haberme forjado en valores y principios bien fijados y que ahora son los cimientos de mi desarrollo.

A la Universidad Católica Sedes Sapientiae que me abrió las puertas y me dio la bienvenida al mundo laboral.

A mis maestros que con su dedicación ejercieron no solo la función de instructores y formadores, sino también por los gestos de empatía que demostraron el amor por su labor.

# INDICE GENERAL

|   | Pág. |
|---|------|
| <b>INDICE GENERAL</b> .....   | iv   |
| <b>INDICE DE TABLAS</b> .....   | vi   |
| <b>INDICE DE FIGURAS</b> .....  | viii |
| <b>ÍNDICE DE APÉNDICES</b> .....  | ix   |
| <b>RESUMEN</b> .....  | x    |
| <b>ABSTRACT</b> .....   | xi   |
| <b>INTRODUCCIÓN</b> .....   | 1    |
| <b>OBJETIVOS</b> .....  | 3    |
| <b>Objetivo General</b> .....   | 3    |
| <b>Objetivos Específicos</b> .....  | 3    |
| <b>CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO</b> .....  | 5    |
| <b>1.1. Antecedentes</b> .....  | 5    |
| <b>1.2. Bases teóricas especializadas</b> .....                                       | 11   |
| 1.2.1. El agua.....   | 11   |
| 1.2.2. El agua y sus usos.....  | 12   |
| 1.2.3. Situación del agua superficial.....  | 13   |
| 1.2.4. Disponibilidad de agua: escasez.....   | 14   |
| 1.2.5. Factores que afectan la calidad de los recursos hídricos.....                  | 14   |
| 1.2.6. Calidad de agua.....   | 15   |
| 1.2.7. Parámetros del agua.....   | 17   |
| <b>2.1. Diseño de la investigación</b> .....  | 21   |
| 2.1.1. Lugar y fecha.....   | 21   |
| 2.1.2. Población y muestra.....   | 22   |
| 2.1.4. Descripción de la investigación.....   | 27   |
| 2.1.5. Identificación de variables y su mensuración.....                              | 31   |
| Cadena de custodia.....   | 31   |
| 2.1.6. Análisis de datos.....   | 32   |
| <b>CAPÍTULO III: RESULTADOS</b> .....   | 34   |
| 3.1. Parámetros físicos del agua consumida por la población de Chulucanas.....        | 34   |
| 3.2. Parámetros químicos del agua consumida por la población de Chulucanas.....       | 36   |
| 3.3. Parámetros microbiológicos del agua consumida de la población de Chulucanas..... | 40   |
| 3.4. Estadística descriptiva de los datos.....  | 42   |
| 3.5. Prueba T de Student.....   | 44   |
| 3.6. Prueba de hipótesis.....   | 50   |

|   |    |
|---|----|
| 3.7. Evaluación de los resultados obtenidos-normas del Ministerio de Salud y Ministerio del Ambiente según el Reglamento de la calidad del agua para consumo humano, aprobados D.S. N° 031-2010-S.A. .... | 52 |
| 3.8. Propuestas tendientes de mejora en la distribución de agua potable.....  | 52 |
| <b>CAPÍTULO IV: DISCUSIONES</b> .....   | 56 |
| <b>4.1. Parámetros físicos del agua consumida por la población de Chulucanas</b> .....  | 56 |
| <b>4.3. Parámetros microbiológicos del agua consumida en la población de Chulucanas</b> .....   | 59 |
| <b>CAPÍTULO V: CONCLUSIONES</b> .....   | 61 |
| <b>CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES</b> .....   | 62 |
| <b>REFERENCIAS</b> .....  | 64 |
| <b>TERMINOLOGÍA</b> .....   | 70 |
| <b>APÉNDICES</b> .....  | 71 |

## INDICE DE TABLAS

|   | Pág. |
|---|------|
| Tabla 1. <i>Límites Máximos Permisibles (LMP) de parámetros microbiológicos y parasitológicos</i> | 20   |
| Tabla 2. <i>Límites Máximos Permisibles (LMP) de parámetros de calidad organoléptica</i>          | 20   |
| Tabla 3. <i>Zonas de muestreo para agua de consumo humano Chulucanas</i>                          | 23   |
| Tabla 4. <i>Etapas de la investigación</i>  | 27   |
| Tabla 5. <i>VARIABLES de estudio y su mensuración</i>   | 31   |
| Tabla 6. <i>Materiales muestras microbiológicas</i>   | 32   |
| Tabla 7. <i>Equipos para registro de datos de campo</i>   | 32   |
| Tabla 8. <i>Equipos e instrumentos para registro de información</i>                               | 33   |
| Tabla 9. <i>Materiales y equipos</i>  | 33   |
| Tabla 10. <i>Resultados parámetros físicos de agua consumo humano en Chulucanas</i>               | 34   |
| Tabla 11. <i>Resultados parámetros químicos de agua consumo humano Chulucanas</i>                 | 37   |
| Tabla 12. <i>Resultados análisis microbiológicos del agua consumo humano Chulucanas</i>           | 40   |
| Tabla 13. <i>Desviación estándar de los parámetros físicos</i>                                    | 42   |
| Tabla 14. <i>Desviación estándar de los parámetros químicos</i>                                   | 43   |
| Tabla 15. <i>Desviación estándar de los parámetros microbiológicos</i>                            | 44   |
| Tabla 16. <i>Prueba T de Student para la muestra Turbidez</i>                                     | 44   |
| Tabla 17. <i>Prueba T de Student para la muestra Conductividad</i>                                | 45   |
| Tabla 18. <i>Prueba T de Student para la muestra Temperatura</i>                                  | 45   |
| Tabla 19. <i>Prueba T de Student para la muestra pH</i>   | 46   |
| Tabla 20. <i>Prueba T de Student para la muestra cloruros</i>                                     | 47   |
| Tabla 21. <i>Prueba T de Student para la muestra dureza total</i>                                 | 47   |
| Tabla 22. <i>Prueba T de Student para la muestra alcalinidad</i>                                  | 48   |
| Tabla 23. <i>Prueba T de Student para la muestra calcio</i>                                       | 48   |
| Tabla 24. <i>Prueba T de Student para la muestra magnesio</i>                                     | 49   |
| Tabla 25. <i>Prueba T de Student para la muestra Coliformes totales</i>                           | 49   |
| Tabla 26. <i>Prueba T de Student para la muestra Coliformes fecales</i>                           | 50   |

|  |    |
|--|----|
| Tabla 27. <i>Parámetros físicos y su estimación del p valor</i>        | 51 |
| Tabla 28. <i>Parámetros químicos y su estimación de p valor</i>        | 51 |
| Tabla 29. <i>Parámetros microbiológicos y su estimación de p valor</i> | 52 |

## INDICE DE FIGURAS

|   | Pág. |
|---|------|
| <i>Figura 1.</i> Localización del proyecto de investigación   | 22   |
| <i>Figura 2.</i> Valores NTU de las muestras analizadas según parámetros de turbidez,<br>LMP 5                  | 35   |
| <i>Figura 3.</i> Valores uS/cm de las muestras analizadas según parámetros de<br>conductividad, LMP 1500        | 35   |
| <i>Figura 4.</i> Valores en °C de las muestras según parámetro de temperatura                                   | 36   |
| <i>Figura 5.</i> Rangos de pH presentados en las muestras según unidades de pH,<br>LMP 8.5                      | 37   |
| <i>Figura 6.</i> Valores en mg Cl/L de las muestras según parámetro Cloruros,<br>LMP 250                        | 38   |
| <i>Figura 7.</i> Valores de mg CaCO <sub>3</sub> /L de las muestras según parámetro dureza total,<br>LMP 500    | 38   |
| <i>Figura 8.</i> Valores en mg CaCO <sub>3</sub> /L de las muestras según parámetros de alcalinidad,<br>LMP 500 | 39   |
| <i>Figura 9.</i> Valores en mg/L de las muestras según parámetro calcio total                                   | 39   |
| <i>Figura 10.</i> Valores den mg/L de las muestras según parámetro magnesio total                               | 40   |
| <i>Figura 11.</i> Valores UFC/100 ml de coliformes totales en las muestras analizadas                           | 41   |
| <i>Figura 12.</i> Valores UFC/100 ml de coliformes fecales en las muestras analizadas                           | 41   |

## ÍNDICE DE APÉNDICES

|  | Pág. |
|--|------|
| Apéndice 1. Análisis de laboratorio muestras de agua   | 71   |
| Apéndice 2. Zonas de donde se obtuvo las muestras de agua  | 82   |
| Apéndice 3. <i>Cooler</i> para conservación de las muestras de agua                                    | 82   |
| Apéndice 4. Toma de muestra de agua Pozo-Las Viñas   | 83   |
| Apéndice 5. Toma de muestra de agua Pozo Huapalas  | 84   |
| Apéndice 6. Toma de muestra de agua zona alta y baja de Chulucanas                                     | 85   |
| Apéndice 7. Mapa de ubicación de los puntos de muestreo según coordenadas                              | 87   |
| Apéndice 8. Formato de cadena de custodia o acta de muestreo   | 91   |
| Apéndice 9. Diagrama de flujo de Potabilización de agua  | 92   |
| Apéndice 10. Certificación de la Dirección de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad (INACAL). | 93   |

## RESUMEN

La investigación tuvo como propósito realizar una evaluación fisicoquímica y microbiológica del agua consumida por la población y propuestas tendientes a su mejora, Chulucanas provincia de Morropón, Piura. Asimismo, comparar los resultados con la norma del Ministerio de Salud y Ministerio del Ambiente según el reglamento de calidad de agua para consumo humano aprobado por D.S. N° 031-2010-S.A. Los análisis físicos químicos y microbiológicos se realizaron en los Laboratorios y Asesoría Pintado E.I.R.L. y Laboratorio de Analytical Laboratory E.I.R.L con respaldo del Organismo Peruano de Acreditación INACAL (Ver Apéndice 10). El diseño de la investigación fue no experimental de tipo transeccional, se trabajaron nueve muestras (9) de manera convencional. Los resultados fueron comparados con los LMP y ECA. Para el cálculo se aplicó la media central, dispersión, desviación estándar, prueba T de student para una muestra y valores extremos. Parámetros físicos: turbiedad (NTU), conductividad (uS/cm), temperatura (°C) y parámetros químicos: pH, cloruros (mg Cl/L), dureza total (CaCO<sub>3</sub>/L), alcalinidad total (mg CaCO<sub>3</sub>/L), calcio (mg/L) y magnesio total (mg/L), de las muestras de agua, encontrándose dentro de los rangos y aptos para consumo humano, y LMP establecidos en las N.T.P. D.S. N° 031-2010-S.A. A diferencia de la muestra tres (3) de conductividad y la muestra tres (3) de cloruros que están por encima de los LMP establecidos en las N.T.P. El ensayo de los parámetros microbiológicos de coliformes totales y coliformes fecales están dentro de los LMP establecidos, a excepción de las muestras uno de ambos parámetros que sobrepasan los LMP establecidos en el D.S. N° 031-2010-S.A.

**Palabras clave:** Agua de consumo humano, calidad, muestra, coliformes, monitoreo

## ABSTRACT

The purpose of the research was to carry out a physicochemical and microbiological evaluation of the water consumed by the population and proposals for its improvement, Chulucanas province of Morropón, Piura. Likewise, compare the results with the norm of the Ministry of Health and Ministry of the Environment according to the regulation of quality of water for human consumption approved by D.S. N ° 031-2010-S.A. The physical, chemical, and microbiological analyzes were carried out at Laboratorios y Asesoría Pintado E.I.R.L. and Laboratory of Analytical Laboratory E.I.R.L with support from the Peruvian Accreditation Body INACAL. The research design was non-experimental of a transectional type, nine samples (9) were worked in a conventional way. The results were compared with the LMP and RCT. For the calculation, the central mean, dispersion, standard deviation, student's t test for a sample and extreme values were applied. Physical parameters: turbidity (NTU), conductivity (uS/cm), temperature (° C), and chemical parameters: pH, chlorides (mg Cl/L), total hardness (CaCO<sub>3</sub>/L), total alkalinity (mg CaCO<sub>3</sub>/L), calcium (mg/ L) and magnesium total (mg/L) of the water samples, being within the ranges and suitable for human consumption, and LMP established in the NTP D.S. N ° 031-2010-S.A. Unlike sample three (3) of conductivity and sample three (3) of chlorides that are above the MPL established in the N.T.P. The test of the microbiological parameters of total coliforms and fecal coliforms are within the established MPLs, with the exception of samples one of both parameters that exceed the MPL established in the S.D. N ° 031-2010-S.A.

Keywords: Water for human consumption, quality, sample, coliforms, monitoring

## INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso hídrico de vital importancia que ha sido afectado por la sobrepoblación y desarrollo industrial, ocasionando contaminación en los sistemas acuáticos y ecosistemas. Los componentes del agua han sufrido cambios en su composición principalmente debido a los agentes tales como minerales y agrotóxicos, originando aguas no aptas para consumo en la población (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2008). Así mismo, el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM indica que los Estándares de Calidad Ambiental [ECA] de agua, que para que sean utilizadas como aptas para consumo de la población, deben de tener un tratamiento previo. También, en conformidad a las normas vigentes, para que sea consumida por la población se debe realizar una desinfección.

Según la OMS (2008) aún falta en el Perú que se le dé la importancia al estudio de aguas contaminadas, principalmente las provenientes de fuentes naturales, estanques o cisternas de distribución urbana y rural, donde según Marchand (2002) manifiesta que en un estudio biológico realizada en poblaciones asentadas en áreas rurales, encontró en el agua presencia de bacterias heterotróficas 42,86 %, coliformes fecales termotolerantes 92,86 % y coliformes totales 92,86 % respectivamente, llegando a la conclusión que son aguas inaptas para el consumo humano. Sin embargo, el monitoreo y control del agua para consumo humano está definida como la “evaluación y examen”, de forma continua y vigilante (*World Health Organization* [WHO], 2011). La población de Chulucanas enfrenta diversos problemas de salud, siendo una de las principales las enfermedades diarreicas agudas (EDAS), por el uso de fuentes inocuas de agua para consumo humano.

El presente estudio, está estructurado en seis capítulos. Capítulo I hace referencia al marco teórico, conteniendo sus antecedentes nacionales e internacionales que se utilizaron para las discusiones de la investigación y sus bases teóricas especializadas que ayudan fortalecer y complementar la investigación. Información que permitió conocer, analizar e interpretar conceptos sobre la calidad de agua de consumo humano (D.S. N° 031-2010-S.A), características, parámetros físicos, químicos y microbiológicos, y los estándares nacionales establecidos en el D.S. N° 004-2017-MINAM. En el Capítulo II la información

proporcionada corresponde a materiales y métodos, donde se indica la utilización del método no experimental siendo la muestra representativa la población de Chulucanas. El Capítulo III se ubican los resultados obtenidos de las nueve (9) muestras de agua de consumo humano de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. Capítulo IV referido a las discusiones donde los valores obtenidos se comparan y discuten con otras investigaciones similares. El Capítulo V son las conclusiones que arrojo la investigación y el Capítulo VI referido a las recomendaciones que se hacen en función a las conclusiones obtenidas en el presente estudio. Finalmente, las referencias bibliográficas, terminología y apéndices respectivamente.

Por lo que es indispensable verificar la calidad de agua, la presente investigación planteó como objetivo evaluar los aspectos fisicoquímicos y microbiológicos del agua consumida por la población de Chulucanas y que sus resultados sean un aporte para tomar acciones que sean necesarias y adecuar el mejor tratamiento, de monitoreo y control.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

Evaluar aspectos físico-químicos y microbiológicos del agua consumida por la población y plantear propuestas tendientes a su mejora, en Chulucanas, Provincia de Morropón-Piura.

### **Objetivos Específicos**

- Determinar los parámetros físico-químicos del agua consumida por la población de Chulucanas.
- Determinar los parámetros microbiológicos; presentes en el agua consumida por la población de Chulucanas.
- Evaluar los resultados obtenidos con las normas del Ministerio de Salud (D.S. N° 031-2010-S.A) y Ministerio del ambiente según el D.S. N° 004-2017-MINAM y establecer propuestas tendientes a su mejora.

# CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

## 1.1. Antecedentes

### 1.1.1. Internacional

García (2018) realizó un estudio del uso potencial del agua potable obtenida de los sistemas de captación, en las zonas 24 y 25 del municipio de Guatemala, Ciudad de Guatemala. El objetivo fue determinar la situación actual de los sistemas de captación de agua potable para consumo. Siguiendo una metodología basada en un diagnóstico con entrevistas estructuradas y semiestructuradas a 52 personas involucradas en dicha actividad. Determinó los valores fisicoquímicos y microbiológicos de 24 muestras tomadas en cinco colegios pertenecientes al municipio de Guatemala, usando como parámetro de comparación la Norma Guatemalteca NGO 29 001: 99 de agua potable, fue la que utilizaron como base para la comparación de los resultados obtenidos en la presente investigación. Para la comparación de resultados aplicaron un criterio analítico, haciendo uso de gráficas. Asimismo, los filtros implementados en las zonas 24 y 25 del municipio de Guatemala, fueron eficientes para disminuir los parámetros fisicoquímicos, fueron eficaces en un 72 % en los parámetros estudiados, en el caso de los parámetros microbiológicos, los filtros no cumplieron con su función, puesto que detectó la presencia de coliformes totales como *E. coli*. De esta manera los resultados obtenidos indicaron que las muestras de agua potable estudiadas no cumplen con las normas establecidas y no era un agua apta para consumo humano. Concluyendo que el agua de consumo humano debe dársele una enmienda necesaria y así cumplir con los valores establecidos en la norma vigente para agua potable.

Calderón y Orellana (2015) estudiaron la calidad de agua potable del campus de la Universidad de Cuenca, Ecuador. El principal objetivo fue realizar un control físico, químico y microbiológico del agua potable que ingresa al campus de la Universidad de Cuenca, Ecuador. Los parámetros analizados fueron físicos (temperatura, turbiedad, olor, color, sabor, conductividad); químicos (alcalinidad, pH, oxígeno disuelto, dureza total, cloruros, nitritos, cobre, cloro libre, hierro); microbiológicos (coliformes totales, coliformes fecales, Aerobios mesófilos). Los resultados que obtuvieron de las muestras analizadas fueron, según

el análisis comparativo con los valores establecidos en la norma de INEM 1108:2014 demostrando que las muestras fisicoquímicas en su mayoría cumplen de manera satisfactoria con los requerimientos de calidad de agua potable. Pero existen resultados de las muestras microbiológicas indicativos de contaminación en las fuentes de agua que se utilizan de manera primordial para el uso humano en las instalaciones del campus universitario. Concluyendo que, mediante la implementación de medidas de limpieza, y desinfecciones frecuentes estas alteraciones pueden ser erradicadas.

Zhen (2009) llevó a cabo una investigación de los índices de calidad del agua en la quebrada Victoria Guanacaste, Costa Rica (2007-2008) durante un año hidrológico que incluyó un periodo lluvioso y seco. El principal objetivo del estudio fue determinar los parámetros biológicos, físicos y químicos en la quebrada Victoria. El propósito del estudio fue evaluar la calidad de agua desde la naciente de la quebrada hasta la toma del acueducto, identificando 15 puntos de muestreo. Aplicó una prueba estadística de Shapiro-Wilks utilizando un programa de InfoStart versión 1.1. para el análisis de datos. Los resultados mostraron que en la parte baja de la quebrada el agua fue ácida con pH medio de 4.7, y en la parte alta de la quebrada fue ligeramente neutra con pH medio de 6,5. En el año 2008 que fue un periodo de transición de lluvioso a seco, la calidad de agua estuvo afectada en el punto 14 debido a la presencia de suelos arcillosos y muy erosionados, con aumento del parámetro turbiedad en  $> 2,5$  UNT y en el parámetro color en  $> 10$  U.Pt – Co. También, en los puntos 4, 12 y 14 hubo un incremento en los parámetros biológicos en coliformes fecales en  $> 2000$  NPM / 100 ml, debido a la transición del periodo lluviosos a seco registrado en el año 2008 y a la tormenta tropical Noel del 2007; fecales cuyos rangos fueron de 0 y 4 600 NMP100 ml<sup>-1</sup>. El autor concluyó en que los pozos 13 y 14 presentaron contaminación fecal en la época de transición seca a lluviosa 2008, debido al aumento de *Escherichia coli* (2000 NPM / 100 ml), por lo que estas fuentes no fueron aptas para consumo poblacional.

### **1.1.2. Nacional**

Cruz (2018) estudió el análisis de la calidad de agua para consumo humano en la ciudad de Palcazú, Puno. El objetivo principal fue determinar las características fisicoquímicas y microbiológicas del agua. Aplicó un diseño no experimental descriptivo correlacional. La metodología que empleó fue determinar los valores de las muestras de agua y los comparó

con la normatividad oficial peruana, empleando la prueba presuntiva, confirmativa y completa. Realizó un análisis estadístico con un nivel de confianza del 95 % aplicando la prueba de NMP. También, para el análisis de las estaciones del año y colonias muestreadas empleó el método estadístico de U de Mann Witney. Los resultados que obtuvo fueron que las pruebas presuntiva, confirmativa y completa de los análisis realizados a las muestras de agua fueron inferiores a los ECA del agua en los indicadores inorgánicos, químicos y físicos. Mientras, que el indicador microbiológico se encontró en niveles superiores a los establecidos en el reglamento de los ECA categoría A-2 por la presencia de coliformes termotolerantes, estableciendo un tratamiento convencional al agua y de esta manera pueda tener uso poblacional. Concluyó que el agua para ser consumida por la población debe someterse a un tratamiento convencional por haber sobrepasado el ECA de los coliformes termotolerantes.

Mendoza (2018) en la “Evaluación fisicoquímica de la calidad del agua superficial realizado en el centro poblado de Sacsamarca, Ayacucho, Perú”, tuvo como objetivo principal evaluar la calidad del agua superficial empleada para consumo humano. La investigación la ejecutó en los meses de junio y setiembre del 2017 y realizó el monitoreo de calidad de agua de los parámetros fisicoquímicos donde planificó ocho estaciones de muestreo, ubicadas en el río Caracha, reservorio y efluente de la poza de tratamiento del pueblo, Puquial y laguna Uerpococcha para realizar en la misma zona las respectivas mediciones y toma de muestras. Aplicaron pruebas estandarizadas como gravimétricas y volumétricas, además de las de absorción atómica. Los resultados de las variables en estudio reportaron: valores de temperatura que oscilaron entre 10,6 y 23,8 °C, CE entre 47 y 843  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , TDS entre 16 y 437 ppm, pH entre 5,20 y 8,32; DQO entre 0 y 9,98 mg/L, sólidos totales 0,71 y 473,7 mg/L, fosfatos entre 0,0120 y 8,8356 mg/L, nitratos entre 0,1101 y 3,6917 mg/L, sulfatos entre 7,1420 y 65,9218 mg/L, asimismo, los metales, arsénico presentaron rangos óptimos de concentración entre 5 – 200  $\mu\text{g}/\text{L}$ , cadmio entre 0,05 – 2 mg/L, 0,2 – 20 mg/L de calcio, 0,2 – 10 mg/L de cobre, 0,3 – 10 mg/L de hierro, 0,02 – 2 mg/L de magnesio, 0,2 - 10  $\mu\text{g}/\text{L}$  de mercurio, 1 – 20 mg/L de plomo, 0,1 – 2 mg/L de potasio, 0,03 – 1 mg/L de sodio y zinc entre 0,05 – 2 mg/L respectivamente. Concluyó que el agua de la laguna Uerpococcha y el reservorio no presentó problemas graves de contaminación, mientras que en el puquial recomendó que no debió realizar actividades de lavado de prendas de vestir.

Cava y Ramos (2016) en el trabajo sobre la “Caracterización fisicoquímica y microbiológica del agua para consumo humano en la localidad La Junta del distrito de Pacora-Lambayeque y propuesta de tratamiento” tuvieron como objetivo de investigación caracterizar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las aguas de consumo y aportar con tratamientos para la mejora del servicio. La investigación evaluó a 10 puntos de muestreo que incluyó la poza subterránea, el tanque de agua y 8 unidades vecinales, recolectando por semana un total de 40 muestras, en la cual fueron evaluados 19 parámetros. Los resultados que mostraron fueron los siguiente: la temperatura oscila entre 19 – 25 °C, la turbidez entre 0,52 – 0,72 NTU, el color entre 6 - 7 UC, el pH entre 7,8 – 8,4, la alcalinidad entre 570 - 676, los cloruros entre 270 - 298 mg/L, la dureza entre 204-296 mg/L, calcio entre 51.6 – 68.8 mg/L, magnesio entre 30,8 - 41,2 mg/L, además, de 3 400 – 3 475  $\mu\text{s}/\text{cm}$  de conductividad. En cuanto a los nitratos los valores que encontraron fueron de 21,7 – 22 mg/L, asimismo, los sólidos totales disueltos entre 2 040 - 2 085 mg/L, sulfatos entre 455,2 – 490,2 mg/L, arsénico entre 0,0023 – 0,0026 mg/L, plomo entre 0,003- 0,005 mg/L, cloro residual con 0 ppm, *Coliformes totales* entre 30 - 50 UFC/100 ml y *Coliformes termotolerantes* entre 1 - 2 UFC/100 ml. Con respecto a los indicadores a la dureza total, turbidez, pH, color, nitratos, arsénico, plomo y recuento de heterótrofos estos fueron encontrados dentro de los límites para consumo humano, y entre los parámetros que sobrepasaron los límites estaban los cloruros, magnesio, conductividad eléctrica, sólidos totales disueltos, sulfatos, cloro residual, *Coliformes totales* y *Coliformes termotolerantes*. Concluyó en la presente investigación que el agua del distrito de Pacora, Lambayeque no fue apta para consumo humano.

Guimaraes (2015) en la investigación titulada “Calidad del agua para consumo humano en poblaciones no abastecidas por EMAPACOP S.A de Nuevo Bolognesi y Víctor Manuel Maldonado Begazo. El objetivo de la investigación fue determinar la cultura hídrica, en el distrito de Gallería, provincia de Coronel Portillo, departamento de Ucayali 2014”. La metodología que utilizó fue analizar las variables: conductividad, sólidos totales disueltos, turbiedad, pH, temperatura, Coliformes totales, Coliformes termotolerantes y cloro residual libre. Utilizó un GPS Garmin con una precisión de 10 metros para determinar los puntos de muestreo, además, utilizó el software ArcGis 10,0 y Mapsoon del cual se obtuvieron los datos DEM SRTM. Asimismo, aplicó la prueba de “t de Student” en el análisis estadístico y

de esta manera poder encontrar la diferencia significativa en cada uno de los parámetros estudiados. Los resultados que encontró de cloro residual libre arrojaron 0 en todos los casos, asimismo, fueron reportados valores de hasta 223 UFC/100 ml de Coliformes totales y 39 UFC /100 ml de Coliformes termotolerantes, parámetros inferiores según lo señalado por el reglamento de calidad de agua de consumo humano DS N° 031-2010 a los Límites Máximos Permisibles (LMP). También, realizó la evaluación biológica del agua de consumo poblacional y sus valores fueron inferiores a los Límites Máximos Permisibles realizadas al primer pozo, siendo lo contrario en el segundo pozo. En el análisis biológico le resultó con presencia de bacterias termotolerantes y presencia de coliformes totales. La cultura hídrica lo determinó mediante la prueba de entrada, indicando que tienen conocimiento en temas de cuidado de agua, limpieza y mantenimiento de la fuente de agua (pozo tubular). Obtuvo como resultado que el 90 % de la población, tenía una cultura hídrica que fortalece en beneficio de la mejora del uso de agua de calidad. Concluyó que el agua para consumo fue encontrada apta para el consumo humano, ya que las muestras de agua tomadas estuvieron por debajo de los LMP, en sus parámetros físico, químicos y microbiológicos.

Casilla (2014) en el estudio denominado “Evaluación de la calidad de agua en los diferentes puntos de descarga de la cuenca del río Suchez, Puno-2014”, planteó como objetivo principal de la investigación evaluar la calidad del recurso hídrico a través de un diagnóstico y características de las diferentes áreas contaminadas de la cuenca del río Suchez, Puno. El propósito de la investigación fue que la población asentada en la cuenca del río Suchez, Puno conociera la calidad de agua que consume. El diseño de la investigación que planteó fue descriptivo no experimental. El área de estudio donde desarrolló la investigación esta una altitud de 3 844 a 3 904 m s.n.m. y abarco 35 km de la cuenca del río Suchez a partir de su desembocadura. Además, hizo la caracterización de los cuerpos de agua del río Suchez en los siguientes parámetros pH, sulfatos, calcio, magnesio, sodios (iones mayores), conductividad eléctrica y partículas menores. Los resultados de la investigación que evidenció fue la presencia de baja cantidad de partículas suspendidas en < 5 mg/L, y con posibilidad de incrementar debido a que la inclinación de la desembocadura va disminuyendo. Concluyó que el catión más importante fue el calcio con 24,0-16,0 mg/L y el anión más predominante es el sulfato 32,0-24 mg/l. Además, indicó que los ecosistemas locales corren el riesgo de contaminación, perjudicando la salud de la población. Es por ello

que la Institución Agua Sustentable a través de la Asociación Fauna Agua realizaran un análisis y determinar la situación de la contaminación de la cuenca.

Cacho (2014) en la investigación titulada “Calidad de agua de consumo humano en la ciudad de Cajamarca, región Cajamarca – 2014”, determinó como objetivo principal conocer la calidad del agua de consumo poblacional en la ciudad de Cajamarca. La investigación la realizó con el propósito de monitorear 28 puntos durante cuatro meses y con una frecuencia quincenal, estudiando las variables; cloro libre residual, conductividad, pH, turbiedad, sólidos totales disueltos, *Coliformes totales* y *Coliformes termotolerantes*. La información que recolectó, la procesó y analizó a través del programa Microsoft Office Excel 2010. Además, utilizó el coeficiente de Spearman para el análisis de correlación de los datos. Aplicó un análisis estadístico empleando el coeficiente de Pearson, y el análisis de correlación. Los resultados evidenciaron incrementos de la fluctuación del cloro residual del agua potable en la ciudad de Cajamarca. También, fueron encontrados valores para coliformes termotolerantes como para coliformes totales de <1. Asimismo, los valores de temperatura variaron de 12,7 °C a 23 °C. Mientras que los rangos de conductividad eléctrica 147,5 -186,7 UNT y sólidos totales 231-405 µS/cm se mantuvieron constantes. Finalmente, los valores de turbiedad variaron de 0,35 a 3,51 UNT y el pH entre 6,19 y 8,50 respectivamente. Concluyó que el agua potable que se consume en la ciudad de Cajamarca está dentro de los estándares de calidad según el D.S N° 002-2008-MINAM.

Avila y León (2012) investigaron la calidad de agua para consumo humano en el área urbana del distrito de Trujillo, La Libertad. El objetivo central de la investigación fue determinar las características fisicoquímicas y bacteriológicas del agua que se consumía en el distrito de Trujillo. El diseño de la investigación fue descriptivo no experimental. La metodología de estudio que utilizaron fue basada en la comparación de los resultados con las normas de referencia en el reglamento de calidad de agua para consumo humano y la norma de fuentes de agua de la Organización Mundial de la salud (OMS). Para lo cual diseñaron un programa de muestreo donde determinaron 5 puntos estratégicos de la localidad (Covirt, San Andrés, Monserrate, Vista hermosa y Trupal), cada punto fue muestreado tres veces. Los resultados obtenidos de la calidad de agua fueron: temperatura 24,8 °C-35,2 °C, color de 1-5 unidades, turbidez 0,1-3,2 UNT, conductividad eléctrica 250-900 uS/cm, pH 6,2-6,9, sólidos totales

750-1020 mg/L, alcalinidad 12-15 mg/L, dureza total 400-620 mg/L, cloruros 25-115 mg/L, nitritos 0,30-1,40 mg/L, sulfatos 30-110 mg/L respectivamente. En la parte bacteriológica los resultados de los sectores Covirt, Vista hermosa y Trupal fue nulo. En el resto de los reservorios presentaron coliformes fecales y totales. Concluyeron que el agua proveniente de los reservorios que se distribuyeron por la empresa SEDALIB de Trujillo fue apta para consumo humano lo que implicó que el tratamiento y desinfección que debió hacerse mejoro la calidad de agua para consumo humano y de esta manera abastecer a la población de Trujillo.

## **1.2. Bases teóricas especializadas**

### **1.2.1. El agua**

El agua es un recurso natural presente desde hace más de 3 mil millones de años, como componente esencial de los ecosistemas y los seres vivos, ocupando las  $\frac{3}{4}$  partes de la superficie terrestre. Compuesto por un átomo de oxígeno y dos átomos de hidrogeno, que al juntarse se forma la molécula de H<sub>2</sub>O (agua) (Carbajal y Gonzáles, 2012).

Además, el agua tiene una densidad electrónica con distribución irregular, donde el oxígeno, es un elemento electronegativo, y los electrones se atraen por enlaces covalentes, de forma que en el átomo de oxígeno se centra la mayor carga negativa y la menor carga se centra cerca de los hidrógenos (Carbajal y Gonzáles, 2012).

Dicho elemento lo podemos encontrar en diferentes medios como océanos, lluvia, o de forma líquida etc., Además, en témpanos en forma de sólidos, como gas en las nubes en forma gaseosa, debido a que las moléculas se unen entre sí y determinan su forma. También, el agua es el elemento principal para la vida vegetal y animal, es insípida, casi inodoro e incoloro (Carbajal y Gonzáles, 2012).

Asimismo, es un recurso natural renovable y vulnerable e indispensable para la vida, catalogado como recurso estratégico para el desarrollo sostenible (Ley de Recursos Hídricos N°29338, 2009).

### **1.2.2. El agua y sus usos**

El agua es un recurso que ocupa la tercera parte del planeta, siendo muy abundante para todo el planeta tierra, el 20 % se destina a la industria y el 10 % se destina al consumo doméstico. También, en los seres vivos es su principal componente para la vida. Para Ramos (2016) según su uso se clasifican en:

#### **Uso doméstico y humano**

A este nivel el 10 % del agua es destinado solo para el uso doméstico, usándose en las diferentes actividades cotidianas que ello demanda y que puede incluir limpiar la casa, lavar los platos, lavar la ropa, preparar alimentos, beber, bañarse, además del uso necesario para regar los vegetales y atender a los animales (Ramos, 2016).

Según, Ramos (2016) el agua de consumo debe reunir las características fisicoquímicas, organolépticas y microbiológicas y de esta manera no sea un peligro su uso en la población, ni genere de parte del usuario un rechazo total, debiéndose ser utilizada sin restricción alguna en la higiene personal, preparación de comidas y bebidas directas.

#### **Uso industrial**

A este nivel el agua es un recurso usado como materia prima por procesos industriales para la generación de vapor de calderas, intercambiadores de calor en los sistemas refrigerantes y de refrigeración, calefacción en los procesos térmicos en las destilerías de petróleo, en la industria láctea, lavaderos de lana, curtiembres, refinerías, industria petroquímica, etc. (Ramos, 2016).

## **Uso gubernamental**

Hace referencia al recurso hídrico utilizado en áreas públicas, bebederos y oasis, y de esta manera estén dispuestos e instalados bajo sistemas contra incendios en las diferentes organizaciones e instituciones del estado, así como también, como dispensadores públicos y de higiene para la población usuaria (Ramos, 2016).

## **Uso en la agricultura**

El sector agrícola es uno de los sectores que utiliza la mayor cantidad de agua, significando muchas veces alrededor del 69 % de consumo. En el riego agrícola se pierde cantidades significativas de agua debido a la transpiración de las plantas, producción de frutos, flores y por evaporación. El agua subterránea extraída se infiltra superficialmente y se pierde por evaporación no productiva mayormente (Ramos, 2016).

### **1.2.3. Situación del agua superficial**

En la Resolución Jefatural N° 068-2018-ANA (2018), indica que en el Perú discurren el 5 % de la disponibilidad de agua a nivel mundial, lo que representa alrededor de dos millones de metros cúbicos de agua dulce.

Asimismo, la resolución señala que en los andes del Perú, la presencia de la cordillera permite una división en tres grandes regiones desde el punto de vista hídrico. Así, tenemos que la región de la vertiente del lago Titicaca cuenta con 13 unidades hidrográficas (U.H), la del Amazonas cuenta con 84 unidades hidrográficas (U.H) y la del Pacífico con 62 unidades hidrográficas (U.H) respectivamente. Además, que la vertiente del Titicaca tiene una disponibilidad del recurso hídrico de 0,56 % y una población de 3,36 %, la vertiente del Amazonas cuenta con una disponibilidad de 97,27 % del recurso hídrico y 30,76 % de la población, finalmente la vertiente del pacifico tiene 2,18 % del recurso hídrico y 65,98 de población.

#### **1.2.4. Disponibilidad de agua: escasez**

Según Reynolds (2002), el agua se encuentra en estado de vulnerabilidad por negligencia, falta de concientización y falta de información de las instituciones locales, regionales y nacionales, colegios profesionales y municipalidades entre otros, sobre el cuidado y uso razonable de tan valioso recurso hídrico.

Existen poblaciones en el mundo con falta de disponibilidad de agua y en muchos casos carentes de este valioso recurso, lo que representa alrededor de la tercera parte de la población del planeta. A medianos del decenio de los años 90 el 40 % de la población mundial (80 países) sufren por la no disponibilidad de agua para su consumo y uso cotidiano, y se proyecta que en 25 años la escasez se incrementara en las dos terceras partes de la población mundial (Reynolds, 2002).

Las necesidades aumentaran en un 40 % se pronostica para el año 2020, y que el uso de agua en la producción alimentaria crecerá en un 17 % con la finalidad de atender el crecimiento poblacional y sus necesidades (Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL], 2002).

#### **1.2.5. Factores que afectan la calidad de los recursos hídricos**

Factores principales que afectan la calidad del recurso hídrico:

- a. Actividades humanas.** Son acciones que realizan las poblaciones y actividades productivas que emplean y usan el agua desde la fuente o manantial, además, de producir aguas no aptas que generan contaminación por el mal manejo de la infraestructura sanitaria y falta de tratamiento de las aguas domesticas residuales. También el uso ineficiente e irresponsable de productos químicos, hidrocarburos y la minería que trae consigo gradación del suelo y pérdida de la biodiversidad (Autoridad Nacional del Agua [ANA], 2016).
- b. Naturales.** Es toda acción producida de manera natural sin interferencia del ser humano, así tenemos procesos naturales tales como, fenómenos naturales, actividades

volcánicas, cambio climático, actividades geológicas, edafología y actividades hidrológicas (ANA, 2016). También, Peña, (2012) manifiesta que la ausencia de agua se le atribuye generalmente a que nuestros ríos se están secando, glaciares derritiéndose y lagos disminuidos de agua.

### **1.2.6. Calidad de agua**

Según, la Organización Mundial de la Salud [OMS], (2018) las características biológicas y fisicoquímicas son los parámetros que definen la calidad de agua. Además, la aceptación o rechazo va a depender de la lectura de dichos parámetros. La presencia de sustancias físicas y químicas en el agua son las que van a determinar si afectan o alteran la condición de salud de la población.

Por otro lado, los parámetros biológicos van a determinar la presencia de microorganismos que alteran la calidad del agua y la condición de salud de la población ocasionando problemas graves. También, este indicador nos alerta de la presencia de *Salmonella*, Coliformes fecales y *Escherichia coli*.

Las aguas consideradas para consumo humano serán aquellas donde sus parámetros fisicoquímicos y biológicos cumplan con las normas y estándares técnicos establecidos y de esta manera puedan ser utilizados para los diferentes menesteres domésticos tales como: higiene personal, preparación de alimentos, bebida, lavado de utensilios entre otros (Organismo Panamericano de la Salud [OPS], 2003).

Por otra parte, Rock y Rivera, (2014) manifiestan que las características químicas, físicas o biológicas del agua definen la calidad del agua. También, indica que la salud de los ecosistemas se basa en determinar y evaluar la calidad de agua. Asimismo, Custodio y Llamas (1996) indica que la calidad de agua destinada a ser consumida por el hombre ha sido, y es, una de las principales variables importantes. El agua potable es aquella agua que puede ser consumida por el hombre sin generar ningún peligro o efecto extraño a la salud.

### **a.- Calidad química del agua**

La presencia de materia orgánica y mineral son variables que influyen en la determinación de la calidad de agua. A continuación se indica las razones de efectuar los diferentes análisis químicos en el agua potable: conocer las concentraciones de los componentes químicos que se encuentren en el agua y compararlos con las normas establecidas, determinar la presencia de nitratos que son un indicador de mineralización de la materia orgánica, la presencia de nitritos indican que la materia orgánica ha sufrido oxidación, presencia de amoníaco y finalmente presencia de nitrógeno (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2018).

### **b.- Calidad física del agua**

Se denomina así a lo observado por los sentidos, donde se evalúa y registra los diferentes parámetros como, sabor, textura y olor, indicadores que acreditan las condiciones saludables del agua. También, indican que estos parámetros son los que llaman la atención del usuario, por lo tanto, son de vital interés por el usuario (OMS, 2018).

### **c.- Calidad microbiológica del agua**

El agua de consumo poblacional, previamente a su consumo debe tener un tratamiento y así eliminar coliformes fecales y otros microorganismos presentes en ella. El agua que mayormente se bebe, puede ocasionar infecciones o enfermedades producidas por parásitos, protozoos, virus y bacterias y de esta manera ponen en riesgo a la población usuaria de este importante recurso hídrico (OMS, 2018).

La presencia o ausencia de Coliformes termotolerantes y *Escherichia coli* reflejados en un análisis de agua son indicadores que determinan la calidad desde el punto de vista microbiológico. *Escherichia coli* debe considerarse como indicio seguro de contaminación fecal reciente y, por lo tanto, peligrosa que exige la aplicación de medidas urgentes (OMS, 2018).

También, la presencia de microorganismos en el agua elabora a partir del triptófano indol en rangos de  $21 \pm 3$  h a  $44 \pm 0,5$  °C; pueden generar reacciones de descarboxilación del ácido L-Glutámico, debido a la presencia de la enzima BGalactosidasa que es la que reacciona de manera positiva juntamente con el rojo de metilo, y a la vez muestra ineficiencia al emplear citrato como fuente única de carbono o de incrementar el KCN (cianuro de potasio) en un medio de cultivo (Rojas, 2018).

Toda agua para uso de consumo humano según el Ministerio de Salud (2010) debe estar libre de:

- Bacterias termotolerantes, coliformes totales y *Escherichia coli*,
- Virus,
- Quistes, ooquistes de protozoarios patógenos, huevos y larvas de Helmintos.
- Libres de algas, protozoarios, y nemátodos en todos sus ciclos evolutivos.
- Menos de 500 UFC/ml a 35 °C para bacterias heterotróficas.

### **1.2.7. Parámetros del agua**

#### **a. Parámetros fisicoquímicos del agua**

##### **pH: Potencial de hidrógeno**

Parámetro utilizado para determinar el comportamiento del ion hidrógeno, donde involucra la concentración del ion hidrogeno  $[H^+]$  elevado al logaritmo del inverso de diez. Valores que pueden considerarse neutro (7) y valores que pueden ir desde 0 hasta 14. Así, tenemos que el agua puede registrar valores desde menores de 7 (ácida), neutra (7) y básica o alcalina que están por encima de 7. El gran porcentaje de este recurso se encuentra en estado natural que en una escala de 14 grados tiene valores de pH que van desde 5,5 a 8,6 los valores de pH se trabajan a escala de diez con valores logarítmicos, lo que refleja que cada valor sucesivo de pH es diez veces superior que el valor obtenido anteriormente (American Water Works Association, 2003).

### **Sólidos totales disueltos (STD)**

Son la suma de los minerales, sales, metales, cationes o aniones disueltos en el agua. Los sólidos disueltos totales, también conocidos como residuos filtrables totales, en aguas naturales consisten principalmente en carbonatos, bicarbonatos, cloruro, sulfato, calcio, magnesio, sodio y potasio. La materia orgánica disuelta y metales disueltos y otras sustancias también representan una pequeña porción del residuo disuelto en el agua (American Water Works Association, 2003).

### **Conductividad eléctrica**

Son valores que hacen referencia a una temperatura de 25 °C. Asimismo, la C.E (conductividad eléctrica) es un indicador de la capacidad que tienen un sustrato o solución líquida que en presencia de iones transporta la corriente. Por lo tanto, se puede definir como la capacidad que tienen los electrolitos o sales inorgánicas para conducir de un lado a otro la corriente eléctrica. Esta propiedad varía con la concentración total de sustancias ionizadas disueltas en el agua, con la temperatura, con la movilidad de los iones, con la valencia de los iones y con las concentraciones real y relativa de cada ion (Ramos, 2016).

### **Dureza total**

La presencia de magnesio y calcio son unas de las principales causas de la dureza del agua. Químicamente la presencia de metales bivalentes y presencia de cationes que juntamente con el jabón se precipitan con los diferentes aniones existentes para formar incrustaciones. Asimismo, el aluminio es considerado también causante de dureza, pero su solubilidad al pH del agua natural es tan limitada, que sus concentraciones se consideran despreciables (Ramos, 2016).

### **Turbiedad**

Se considera a la dispersión de las partículas debido a la presencia de los rayos luminosos que estos atraviesan, para finalmente en presencia de materia orgánica e inorgánica se refleja dividida (Ramos, 2016).

## **Cloro residual libre**

Está presente en forma de ácido hipocloroso e hipoclorito en el agua, cuya función es la de protección de impurezas en el agua, es necesario para evitar la contaminación microbiológica (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua [IMTA], 2013).

También se define como la concentración de cloro presente en el agua, luego de aplicar la cantidad indicada, verificando el tiempo necesario de contacto con la reacción oxidativa, donde se utiliza la misma (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua [IMTA], 2013).

### **b. Parámetros microbiológicos del agua**

#### ***Coliformes termotolerantes***

Son bacterias que se encuentran en los tractos digestivos de la mayoría de los animales de sangre caliente, y en los humanos. Los efectos ambientales más dañinos de las bacterias Coliformes fecales provienen de la contaminación de los sistemas acuáticos, que se atribuye a la introducción directa de desechos humanos o animales en vías fluviales, o a plantas de tratamiento de aguas residuales o escorrentía agrícola (Robbins, 2007).

#### ***Coliformes totales***

La *Escherichia Coli*, *Enterobacter Klebsiella*, y *Citrobacter Freundii*. Microorganismos presentes de manera natural en la vegetación y suelo, donde no se les considera como una variable de contaminación. Por lo antes señalado a este grupo de microorganismos si se les considera como un parámetro de contaminación fecal, ocasionando perjuicio de contaminación microbiológica (Robbins, 2007).

### **c. Límites Máximos Permisibles para el agua (LMP)**

Según la Ley General del Ambiente N° 28611, es la concentración de los parámetros físicos, químicos y biológicos, que al ser excedida puede causar daño a la salud de la población.

El Reglamento de la calidad del agua para consumo humano (Tabla 1 y 2), aprobado por el D.S. N° 031-2010-S.A, dispone los siguientes límites:

Tabla 3

*Límites Máximos Permisibles (LMP) de parámetros microbiológicos y parasitológicos*

| <b>Parámetros</b>  | <b>Unidad de medida</b> | <b>LMP</b> |
|--|-------------------------|------------|
| Coliformes totales.  | NMP/100 ml              | 50 (*)     |
| <i>Escherichia coli</i>  | NMP/100 ml              | 0 (*)      |
| Coliformes termotolerantes o Fecales.  | NMP/100 ml              | 20 (*)     |
| Vibrio cholerae  | Presencia /100 ml       | Ausencia   |
| Formas parasitarias  | N° org/L                | 0          |
| Virus  | UFC / ml                | 0          |
| Organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nematodos en todos sus estadios evolutivos | N° org/L                | 0          |

Fuente: D.S 031-2010-S.A

NMP = Número más probable

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

Tabla 4

*Límites Máximos Permisibles (LMP) de parámetros de calidad organoléptica*

| <b>Parámetros</b>         | <b>Unidad de medida</b>         | <b>LMP</b> |
|---------------------------|---------------------------------|------------|
| Olor                      | ---                             | Aceptable  |
| Sabor                     | ---                             | Aceptable  |
| Color                     | Color verdadero<br>escala Pt/Co | 15         |
| Turbiedad                 | UNT                             | 5          |
| pH                        | Unidad de pH                    | 6,5 a 8,5  |
| Conductividad             | µs/cm                           | 1 500      |
| Sólidos totales disueltos | mg / L                          | 1 000      |
| Cloruros                  | mg / L                          | 250        |
| Sulfatos                  | mg / L                          | 250        |
| Dureza                    | mg / L                          | 500        |
| Amoníaco-N                | mg / L                          | 1,5        |
| Hierro                    | mg / L                          | 0,3        |
| Manganeso                 | mg / L                          | 0,4        |
| Aluminio                  | mg / L                          | 0,9        |
| Cobre                     | mg / L                          | 2,0        |
| Zinc                      | mg / L                          | 3,0        |

Fuente: D.S 031-2010-S.A

## **CAPÍTULO II: MATERIALES Y METÓDOS**

### **2.1. Diseño de la investigación**

La presente investigación utilizó un diseño de investigación no experimental de tipo transversal. No experimental porque no se pueden manipular variables, los datos reunidos fueron obtenidos de los diferentes análisis que se realizaron al agua y de tipo transversal ya que la recolección de datos se realizó en un solo tiempo (Hernández *et al.*, 2003). Asimismo, tiene la ventaja que se basan en la observación que existe en la realidad de objetos producto de la investigación sin intervenir ni manipular en ellos (Sierra, 2003).

#### **2.1.1. Lugar y fecha**

La investigación se llevó a cabo en la ciudad de Chulucanas, Provincia de Morropón, región Piura. Se ubica a los 5° 05' 47" latitud sur y a 80° 09' 39" latitud oeste, y está ubicada en la zona norte del Perú, a una altitud de 92 m s.n.m (Figura 1). El estudio tuvo una duración de 6 meses. Iniciándose en el mes de octubre de 2020 hasta el mes de febrero de 2021.

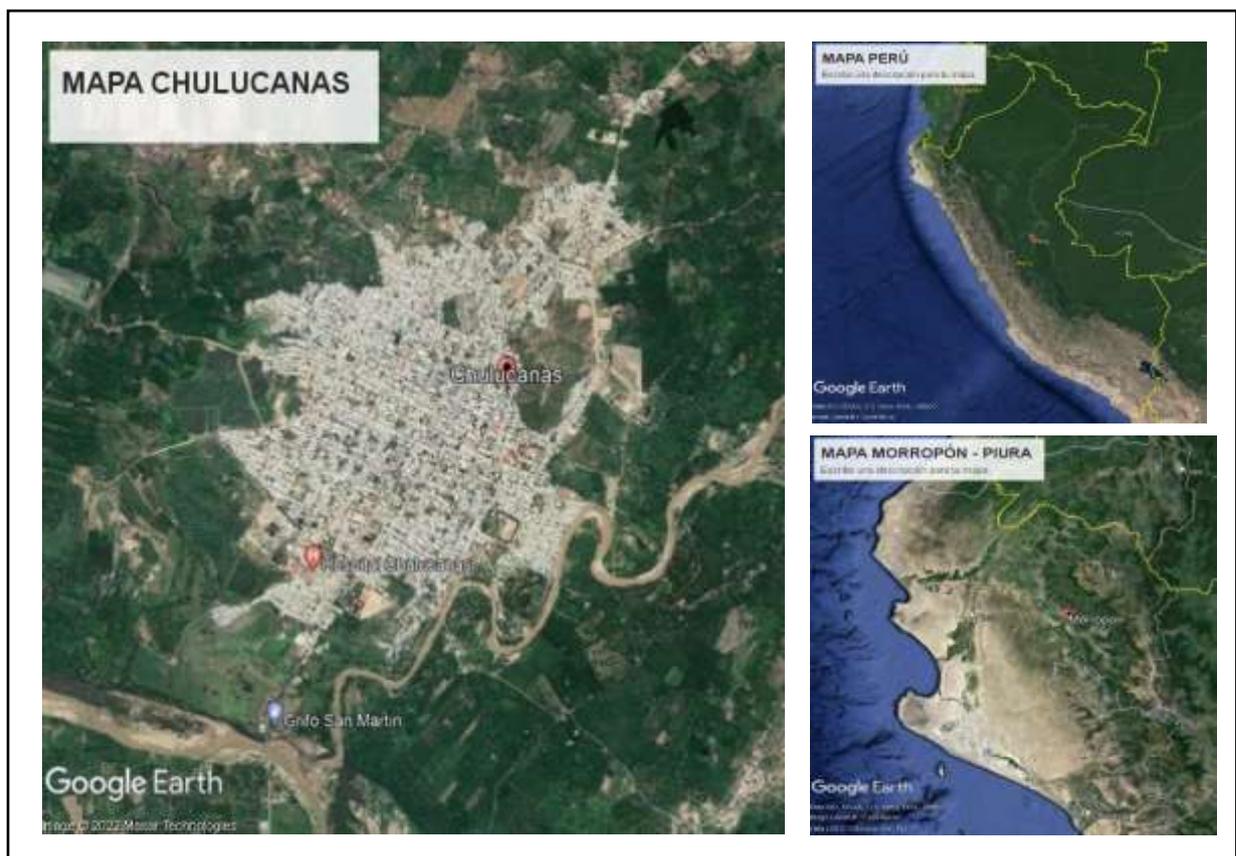


Figura 1: Localización del proyecto de investigación. Fuente: Google Earth.

### 2.1.2. Población y muestra

**a. Población:** Estuvo representada por el agua que consume los pobladores de Chulucanas, Provincia de Morropón. Donde se identificaron diferentes puntos de muestreo, para luego determinar los aspectos fisicoquímicos y microbiológicos del agua que consume la población de Chulucanas.

- **Parámetros físicos:** temperatura, conductividad y turbiedad.
- **Parámetros Químicos:** pH, cloruros, dureza, alcalinidad, magnesio y calcio.
- **Parámetros microbiológicos:** bacterias coliformes totales, bacterias termotolerantes.

**b. Muestra:** Estuvo constituida por 09 puntos para la toma de muestras: 1 en la captación, 2 al ingreso a la planta de potabilización 2 zona alta, 2 zona baja 2 grifos a la entrada de las viviendas asignadas aleatoriamente. Puntos de muestreo fueron identificados previamente. La herramienta que se utilizó fue el Sistema de Posicionamiento Satelital (GPS) el cual

permitió el registro de los datos y coordenadas en UTM y en sistema WGS84 (Dirección General de Salud [DIGESA], 2015) (Tabla 3).

**c. Representatividad:** Todos los puntos de muestreo fueron georreferenciados para plasmarlos en registros y mapas, se tomaron fotografías de los lugares a muestrear y se anotó cualquier observación que se pueda presentar. El muestreo tuvo una duración de tres meses.

Tabla 3

*Zonas de muestreo para agua de consumo humano Chulucanas*

| Puntos | Coordenadas UTM WGS 84 |            |
|--------|------------------------|------------|
|        | Este (E)               | Norte (N)  |
| M-1    | 609358,00              | 9438976,00 |
| M.2    | 592532,47              | 9440501,32 |
| M-3    | 588572,83              | 9432535,68 |
| M-4    | 593787,45              | 9438025,57 |
| M-5    | 593297,87              | 9437471,24 |
| M-6    | 592827,97              | 9436698,00 |
| M-7    | 592832,23              | 9436562,02 |
| M-8    | 593028,40              | 9436539,65 |
| M-9    | 592890,67              | 9436327,57 |

*Fuente:* Elaboración propia.

A continuación, se describen la ubicación respectiva de cada zona de muestreo y en el Apéndice 7 se encuentran el mapa de ubicación de las estaciones de monitoreo de acuerdo con las coordenadas:

- M-1: Captación sistema de gravedad, quebrada Sabila (San Pedro)
- M-2: Sistema de bombeo-Pozo la Viña
- M-3: Sistema de bombeo-Pozo Huapalas
- M-4: Zona alta de Chulucanas-Mercado Jarrin, agua captada del caño
- M-5: Zona alta de Chulucanas-Jr Apurímac, agua captada del caño
- M-6: Consumo Ca Huancavelica N° 567, agua captada de caño
- M-7: Consumo Ca Lima N° 413, agua captada del caño
- M-8: Zona baja Ca Libertad N° 360, agua captada de caño
- M-9: Zona baja Ca Arequipa N° 404 agua captada del caño

### **2.1.3. Técnicas e instrumentos**

Las técnicas e instrumentos utilizados en la presente investigación se describen a continuación:

#### **Técnicas del laboratorio**

Las técnicas que se aplicaron en las muestras obtenidas en el campo están basadas en la Norma Técnica Peruana (2012), y manual de análisis de agua (2000). Laboratorios y Asesoría Pintado E.I.R.L. y los Laboratorios de Analytical Laboratory E.I.R.L con respaldo del Organismo Peruano de Acreditación INACAL (Ver Apéndice 10).

#### **1.- Técnicas para parámetros físicos**

**a.- Temperatura:** para medir la temperatura de las muestras obtenidas, se utilizó el termómetro de mercurio que mide en grados centígrados °C. es un indicador de calidad de agua, que influye en el comportamiento de otros indicadores de calidad del recurso hídrico. En el procedimiento que se aplicó, se vierte la muestra en un vaso estéril en cantidad de 100 ml y seguidamente se introduce el termómetro y se esperó 5 minutos máximos para luego registrar la medida.

**b.- Conductividad eléctrica (C.E):** se mide la conductividad eléctrica en micro cien/centímetro, donde se utilizó electrodos de tamaño y forma rectangular y cilíndrica, que permitieron determinar la C.E. Se procedió en un vaso estéril ingresar la cantidad de 100 ml,

para posteriormente ingresar los electrodos y de esta manera registrar la información y datos utilizando el equipo conductímetro.

**c.- Turbidez:** que, a través del método de la nefelometría, la luz se dispersa utilizando una solución patrón, con la finalidad de determinar la velocidad de la trayectoria de la luz. Se tuvo en cuenta la limpieza de las celdas utilizando papel estéril cada vez que se use, para ello se usó en las celdas del turbidímetro 100 ml de muestras de agua.

## **2.- Técnicas para parámetros químicos**

**a.- pH:** los valores que se pueden encontrar se ubican entre pH ácido menor de 6,5, pH básico 8,5 y pH neutro con un valor de 7, para su determinación se utilizó el potenciómetro. Se vertió 50 ml de muestra en un vaso precipitado estéril, antes de colocar el vaso y registrar la información obtenida, se procedió a lavar con agua estéril la punta del potenciómetro.

**b.- Cloruros:** la titulación con nitrato de mercurio que se genera en el agua forma el cloruro soluble disociado, que es el método para determinar dicho parámetro. Se procedió a insertar un tubo de alimentación en el cartucho de titulación, se giró la perilla de descarga y expulso algunas gotas al titulador. El volumen de la muestra de agua se midió en una probeta, en un frasco de Erlenmeyer estéril de 250 ml la muestra se transfirió, y finalmente hasta marcar 100 ml de agua destilada se diluyó. Para registrar los datos finales, se incorpora nitrato de potasio en la muestra y este cambia a un color amarillo y mientras se va titulando con nitrato de plata también se va girando el frasco, obtenido un color amarillo rosa.

**c.- Dureza total:** se utiliza como agente titulador soluciones de ácido de etileno y sales de sodio, y de esta manera se determinó el magnesio y calcio aplicando el método volumétrico. Se procedió a expulsar algunas gotas presentes en el titulador girando la perilla de descarga una vez instalado el tubo de alimentación del cartucho de titulación. Para medir el volumen de la muestra se utilizó una probeta o pipeta. En un frasco de Erlenmeyer de 250 ml estéril se colocó la muestra para el proceso de dilución (hasta cuando marca 100 ml de agua destilada).

**d.- Alcalinidad:** depende de su contenido de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos. La determinación de la alcalinidad se utilizó en el proceso de tratamientos de agua. La alcalinidad del agua natural puede ser causada por los valores de pH: hidróxido, carbonatos y bicarbonato. El procedimiento fue, mediante titulación de la muestra con una solución valorada de un ácido fuerte Cloruro de Hidrógeno (HCL) a través de un potenciómetro o de indicadores ácido bases adecuados.

**e.- Magnesio:** principal componente de los tejidos vegetales y animales se presenta en la naturaleza solo o en forma combinada. De color blanco plateado, de forma maleable y de característica ligero.

**f.- Calcio:** junto con el magnesio forman la dureza del agua, varían mucho y se asocia con el nivel de mineralización. El calcio forma sales generalmente solubles. El calcio pasa al agua por disolución cuando proviene de sulfatos y silicatos o por la acción de dióxido de carbono disuelto en el agua.

### **3.- Técnicas para parámetros microbiológicos**

**a.- Coliformes totales o fecales:** se aplicaron metodologías recomendadas por D.S. N° 031-2010-S.A. En nueve puntos se tomaron las muestras, previamente se tuvo en cuenta la indumentaria a utilizar considerando, tapa boca, gorro, mandil y botas. Se contó con material limpio y esterilizado como frasco de boca ancha de material de vidrio provisto de tapa y de papel Kraft, seguido se procedió a rotular e identificar cada muestra. Cada frasco con una capacidad de 250 ml. En horas de la mañana se tomaron las muestras y luego se colocaron en cajas de Tecnopor con hielo y llevadas al laboratorio para el análisis microbiológico.

**b.- Coliformes totales:** el medio de cultivo se preparó con una anticipación de 24 horas, utilizando el método NMP. Para la esterilización se llevó a estufa a 35 °C. además, se aplicó el método de fermentación múltiple en tubos y de esta manera cuantificar coliformes y *Escherichia coli*. El NMP que se sustenta en un modelo de cálculo de probabilidades.

## 2.1.4. Descripción de la investigación

La investigación se estableció y organizó de la siguiente manera:

### Planificación de la investigación

La investigación se planificó para que se lleve a cabo a través de diferentes actividades que comprendió las siguientes etapas: etapa preliminar, etapa de campo, etapa de laboratorio y la etapa de gabinete (Tabla 4).

Tabla 4

#### *Etapas de la investigación*

| <b>Etapas</b>  | <b>Actividades</b>  |
|----------------|---|
| Preparatoria   | Identificación y reconocimiento del área de estudio<br>Establecimiento de un programa de actividades<br>Coordinación de materiales y equipos.                           |
| Etapa de campo | Medición de parámetros a investigar<br>Toma de muestras agua<br>Traslado de muestras al laboratorio   |
| Laboratorio    | Análisis de las muestras de agua en el laboratorio garantizado  |
| Gabinete       | Registro, revisión, proceso y análisis de datos<br>Comparación de los resultados con el DS 031-2010-S. A<br>Redacción del primer borrador del proyecto de investigación |

*Fuente:* Elaboración propia.

#### **a) Etapa preparatoria**

Esta etapa comprendió la identificación y reconocimiento del área de estudio con el fin de seleccionar los puntos de muestreo, y se determinó la ubicación utilizando un sistema de posicionamiento satelital (GPS) registrando coordenadas UTM en sistema WGS84. Asimismo, se establecieron las actividades a desarrollarse y se coordinó la adquisición de materiales y equipos.

## **b) Aplicación de instrumentos, recojo de información: campo**

Las actividades que se desarrollaron fueron: a) Medición de los parámetros a investigar (pH, conductividad eléctrica y STD), empleando el multiparámetro MILWAUKEE MW804, de propiedad de la Universidad Católica Sedes Sapientiae-Filial Morropón: Chulucanas. Para las mediciones en la cámara recolectora, se introdujo el electrodo directamente en el agua, y en los demás puntos se colectaron muestras de agua en un balde plástico de capacidad de 15 litros y se introdujo el electrodo, arrojando los valores de los parámetros a estudiar; b) La toma de muestras de agua, cuyo procedimiento siguió la Resolución directoral N° 160-2015-DIGESA-SA (2015), fue el siguiente:

- La toma de muestra se hizo desde el caño que estaba directamente conectado a la red de distribución de agua, y al punto de ingreso del domicilio.
- Se eliminó cualquier dispositivo ajeno al grifo, como pedazos de manguera u otros objetos.
- El grifo externo e interno antes de tomar la muestra se limpió con alcohol o hipoclorito de sodio al 70 % utilizando hisopo o algodón.
- Durante dos o tres minutos previamente se abrió la llave del caño para que fluya el agua y posteriormente tomar la muestra.

Las muestras fueron tomadas en los grifos o caños de los domicilios y se hizo de acuerdo con el manual para análisis básicos de calidad de agua de bebida, según Aurazo (2004, cap. 4, 31-33) quien recomienda que se debe considerar que el caño o grifo este de manera directa conectada y sin accesorios (mangueras, coladores y otros) siguiendo los pasos siguientes:

a.- Se limpió el grifo con la ayuda de una tela limpia y de esta manera retirar cualquier cuerpo extraño que pueda obstaculizar la salida, por un tiempo de dos o tres minutos se dejó el caño abierto para que fluya el agua hasta obtener un flujo máximo. El propósito fue que se descargue algún residuo de agua almacenada en las cañerías.

b.- El frasco fue llenado manteniendo hacia abajo la cubierta protectora, ubicándose el frasco debajo del flujo o chorro de agua.

c.- El frasco no se llenó totalmente, dejando un tercio de espacio aproximadamente de aire, con el propósito de que la muestra antes del análisis microbiológico facilite la agitación.

d.- Finalmente, al frasco se le colocó la tapa, enroscándolo bien y cubriéndolo con papel Kraft como cubierta protectora.

### **La dureza total y turbiedad**

- Antes de tomar las muestras, se enjuagó el frasco dos o tres veces con un poco de muestra, se agitó y desechó el agua de lavado.
- Para la recolección de muestra en la cámara recolectora, se destapó el frasco e introdujo a unos 20 o 30 cm por debajo de la superficie.
- En los grifos de agua, se destapó el frasco de muestreo y se colocó debajo del chorro del agua del grifo.

### **Coliformes termotolerantes y coliformes totales**

- Las muestras se colectaron en frascos estériles de vidrio de 250 ml de capacidad.
- Para la toma de muestra dentro de la cámara recolectora, se destapó el frasco de muestreo, se invirtió y fue sumergido a unos 20 o 30 cm por debajo de la superficie, posteriormente se selló, se envolvió y aseguro la tapa con papel y liga.
- En los grifos de agua, se destapó el frasco de muestreo y fue ubicado debajo del chorro, posteriormente se selló y se envolvió y aseguro la tapa con papel y liga.
- Cada muestra colectada tenía un espacio del 10 % del volumen del recipiente libre para asegurar un adecuado suministro de oxígeno para las bacterias.

### **Parámetros químicos**

La recopilación de las muestras químicas permitió conocer a través de una evaluación las condiciones y parámetros de la calidad de agua potable, por lo que fue importante conocer que la muestra obtenida cumpla con los protocolos establecidos y de esta manera aplicar los procedimientos que es una condición fundamental para su uso a nivel de grifos o caños domiciliarios (ver Apéndices 2, 3, 4, 5 y 6). El muestreo y la correcta identificación de la

muestra y del envase para la toma de la muestra fue importante, por lo que fueron tomados las siguientes medidas de bioseguridad, lavarse las manos con agua y detergente, además, de tener en cuenta los equipos de protección personal (EPP) tales como casco, tapaboca, bata, guantes con la finalidad que las muestras vayan al laboratorio lo más higiénicas posibles.

### **Etiquetado de frascos**

Los frascos fueron etiquetados con un código, utilizando plumón indeleble. Los datos que se registraron en las etiquetas incluyeron: solicitante, nombre del laboratorio, código del punto de monitoreo, tipo de cuerpo de agua, fecha y hora de muestreo, responsable del muestreo y parámetro requerido.

### **Transporte y conservación de muestras**

Las muestras recolectadas se conservaron en cajas térmicas (*cooler*) a bajas temperaturas ( $\leq 6$  °C) disponiendo para ello refrigerantes (*ice pack*) para que mantenga la temperatura durante el traslado al laboratorio. Además, se adjuntaron la cadena de custodia (ver Apéndice 8) y el registro de datos de campo (ver Apéndice 4).

#### **c) Etapa de laboratorio**

Las muestras de agua recolectadas (ver Apéndice 2) y llevadas al Laboratorio (Laboratorios y Asesoría Pintado E.I.R.L. y Laboratorio de Analytical y Laboratory E.I.R.L con respaldo del Organismo Peruano de Acreditación INACAL) fueron procesadas y analizadas a través de diferentes métodos para que se determine la presencia de *Coliformes termotolerantes*, *Coliformes totales* y los parámetros fisicoquímicos (Tabla 5).

#### **d) Etapa de gabinete**

Etapa donde se revisaron, procesaron y analizaron los resultados encontrados. Asimismo, se procedió a realizar la comparación de los datos obtenidos con LMP establecidos en las normas de la calidad del agua para consumo humano, aprobado por el D.S. N° 031-2010-S.A.

### 2.1.5. Identificación de variables y su mensuración

En la Tabla 5 se muestran las variables que fueron sometidas al estudio, respecto a la calidad de agua que consume la población de Chulucanas.

Tabla 5

*Variables de estudio y su mensuración*

| <b>Variab</b>           | <b>Dimensión</b>           | <b>Indicador</b>                       | <b>Mensuración</b>               |
|-------------------------|----------------------------|--|----------------------------------|
| Variable Independiente. | Análisis físico            | Sabor y olor                           | Indicador<br>parámetros físicos  |
|                         |                            | Color                                  |                                  |
|                         |                            | Turbiedad                              |                                  |
|                         |                            | Conductividad                          |                                  |
|                         |                            | Temperatura                            |                                  |
|                         | Análisis químicos          | pH                                     | Indicador<br>parámetros químicos |
|                         |                            | Dureza                                 |                                  |
|                         |                            | Alcalinidad                            |                                  |
|                         |                            | Sulfatos                               |                                  |
|                         |                            | Cloruros                               |                                  |
| Análisis microbiológico | Magnesio                   | Indicador<br>parámetros microbiológico |                                  |
|                         | Coliformes termotolerantes |  |                                  |
|                         | Coliformes totales         |  |                                  |
| Variable Dependiente.   |                            | Propuestas tendientes a su mejora      |                                  |

*Fuente:* Elaboración propia.

### Cadena de custodia

Planificación de recursos, insumos, materiales, equipos y logística de traslado de las muestras de manera correcta, desde el primer punto de muestreo hasta el traslado definitivo de las diferentes muestras al laboratorio para su respectivo análisis biológico y fisicoquímico. Importante el llenado en forma correcta de los datos precisos en un formato de custodia. Se consideró lo siguiente: preservación realizada, fecha y hora de recolección,

lugar de recolección, procedencia, tipo de agua, nombre del recolector y finalmente el código de estación de campo (Apéndice 8).

### 2.1.6. Análisis de datos

Los datos que se obtuvieron en las diferentes etapas y la información de las muestras emitidas por el laboratorio garantizado se procedieron a realizar el análisis estadístico de comparación de medias, dispersión, prueba T de student y Desviación estándar. Una vez obtenidos los resultados se compararán con el Reglamento de la Calidad del Agua aprobado en el D.S. N.º 031-2010-S.A. Además, para la información obtenida, se ordenó y proceso utilizando la ayuda del programa Microsoft Excel 2016.

### 2.1.7. Materiales y equipos

En las Tablas 6, 7, 8 y 9 se exponen los materiales y equipos que ayudaron a cumplir con los objetivos planteados.

Tabla 6

#### *Materiales muestras microbiológicas*

| <b>Parámetro</b>           | <b>Tipo de envase</b> | <b>Cantidad</b> | <b>Volumen (ml)</b> |
|----------------------------|-----------------------|-----------------|---------------------|
| Coliformes termotolerantes | Vidrio                | 20              | 250                 |
| <i>Escherichia coli</i>    |                       | 20              | 250                 |
| Dureza total               | Plástico              | 20              | 500 y 250           |
| Turbiedad                  |                       |                 |                     |

*Fuente:* Elaboración propia.

Tabla 7

#### *Equipo para registro de datos en campo*

| <b>Parámetro</b>          | <b>Equipo</b>   | <b>Marca</b> | <b>Modelo</b> |
|---------------------------|-----------------|--------------|---------------|
| Sólidos totales disueltos | Multiparámetros | MILWAUKEE    | MW804         |
| pH                        |                 |              |               |
| Conductividad eléctrica   |                 |              |               |

*Fuente:* Elaboración propia.

Tabla 8

*Equipos e instrumentos para registro de información*

| <b>Equipo</b>                           | <b>Marca</b> | <b>Modelo</b>   |
|---|--------------|-----------------|
| Sistema de posicionamiento global (GPS) | GARMIN       | GPSMAP64s       |
| Cámara fotográfica                      | SAMSUNG      | Cyber shot 12.1 |
| Laptop                                  | HACER        | Core i4         |

*Fuente:* Elaboración propia.

Tabla 9

*Materiales y equipos*

| <b>Materiales y equipos</b>                           | <b>Cantidad</b> |
|---|-----------------|
| Gel pack 250 g  | 9               |
| Balde de 15 L   | 1               |
| Guantes de goma                                       | 6               |
| Mascarilla  | 6               |
| Cinta de embalaje                                     | 3               |
| Plumones para pizarra acrílica                        | 3               |
| Marcador de colores indeleble                         | 3               |
| Etiquetas adhesivas para la identificación de frascos | 60              |
| Cadenas de custodia                                   | 10              |
| Registro de datos de campo                            | 20              |
| Cooler de 30 L  | 1               |

*Fuente:* Elaboración propia.

## CAPÍTULO III: RESULTADOS

En esta sección se presentan los resultados y sus análisis de los parámetros físicos (turbidez, conductividad, temperatura), parámetros químicos (pH, cloro residual, sulfatos y dureza total) y los resultados de los parámetros microbiológicos (coliformes totales y coliformes fecales) del agua de consumo humano de Chulucanas, provincia de Morropón- Piura; con base a los objetivos planteados.

### 3.1. Parámetros físicos del agua consumida por la población de Chulucanas

Se presentan los resultados en la Tabla 10 de las características de los parámetros físicos (turbidez, conductividad y temperatura) del agua de Chulucanas, Provincia de Morropón- Piura; evaluados de manera individual. Además, se puede visualizar en la Figura 2,3 y 4 respectivamente.

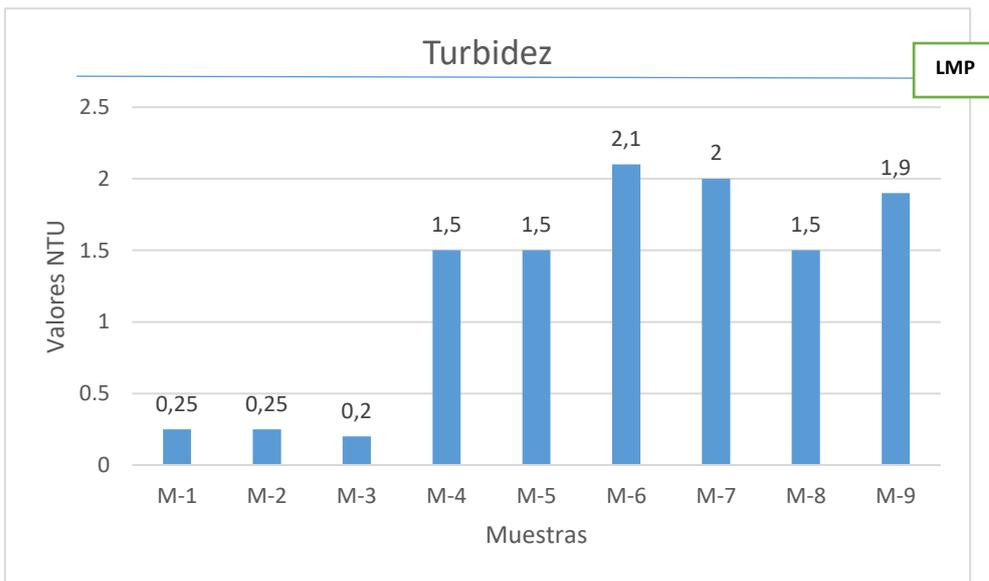
Tabla 10

*Resultados de los parámetros físicos del agua de consumo humano en Chulucanas*

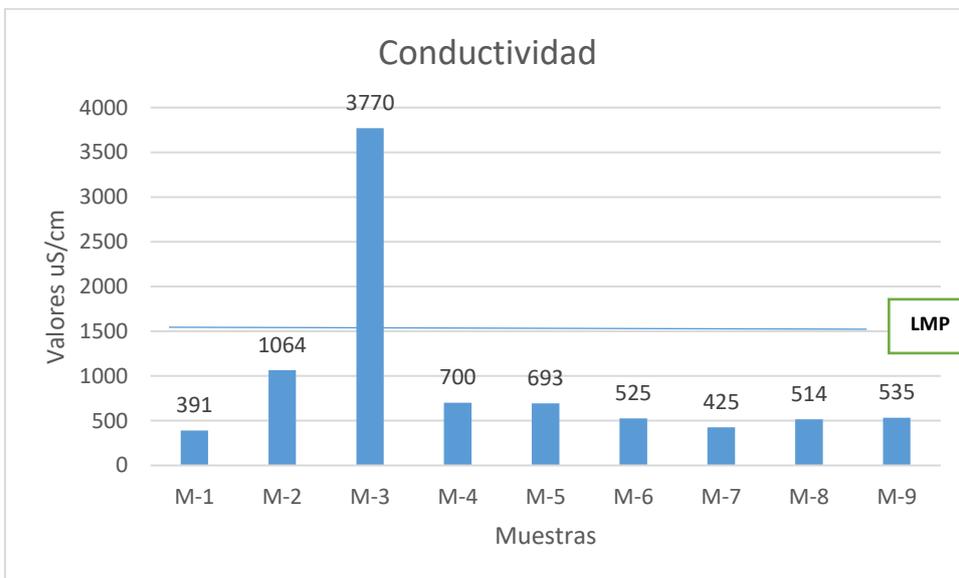
| Parámetros    | Unidades | M-1  | M-2   | M-3   | M-4  | M-5  | M-6  | M-7  | M-8  | M-9 | LMP   | ECA   |
|---------------|----------|------|-------|-------|------|------|------|------|------|-----|-------|-------|
| Turbidez      | NTU      | 0,25 | 0,25  | 0,20  | 1,5  | 1,5  | 2,1  | 2,0  | 1,5  | 1,9 | 5,0   | 5,0   |
| Conductividad | uS/cm    | 391  | 1 064 | 3 770 | 700  | 693  | 525  | 425  | 514  | 535 | 1 500 | 1 500 |
| Temperatura   | °C       | 20,3 | 20,4  | 20,3  | 23,2 | 23,1 | 24,5 | 24,4 | 23,3 | 24  | *     | Δ3    |

\*No presenta valor en este parámetro.

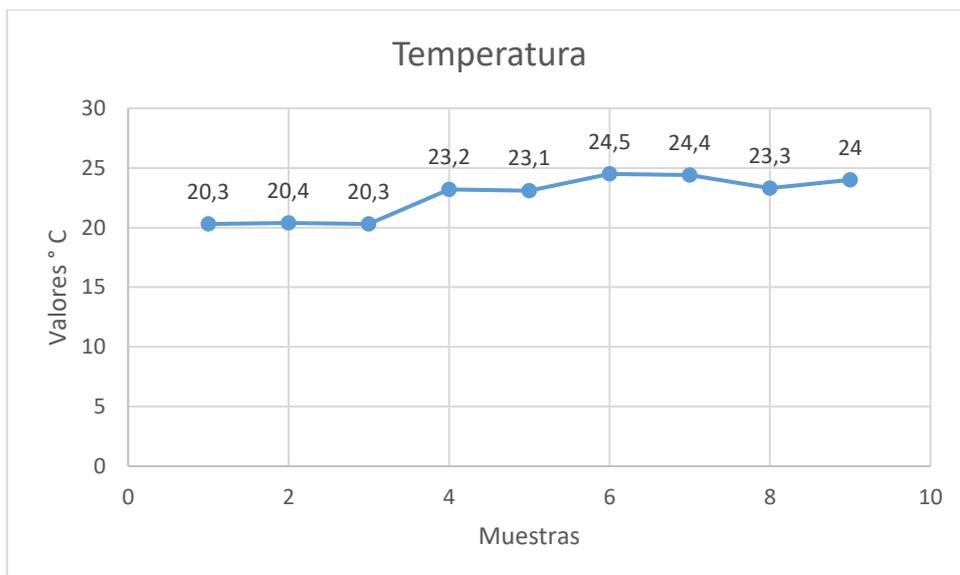
Fuente: Elaboración propia.



**Figura 2.** Valores NTU de las muestras analizadas según parámetros de Turbidez, LMP 5.  
*Fuente:* Elaboración propia.



**Figura 3.** Valores uS/cm de las muestras analizadas según parámetros de conductividad, LMP 1 500. *Fuente:* Elaboración propia.



*Figura 4.* Valores en °C de las muestras según parámetros de temperatura.

*Fuente:* Elaboración propia.

Los resultados de las características físicas del agua (Tabla 10) obtenidos de las 9 muestras de agua indican que la M-3 del parámetro conductividad excede los LMP (Figura 3) y los ECA, mientras las demás muestras no exceden los Límites Máximos Permisibles (LMP). Asimismo, las muestras de turbidez y temperatura no exceden los LMP establecidos en el Reglamento Peruano de Consumo Humano (DS. N° 031-2010-SA) y además de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua de consumo (DS. N° 004-2017-MINAM) (Figura 2, 3 y 4).

### **3.2. Parámetros químicos del agua consumida por la población de Chulucanas**

Se presentan los resultados de las características de los parámetros químicos (pH, cloruro, dureza total, alcalinidad total, calcio total, magnesio total) del agua de Chulucanas, Provincia de Morropón – Piura, evaluados de manera individual.

Tabla 11

*Resultados de los parámetros químicos del agua de consumo humano en Chulucanas*

| Parámetros        | Unidades                | M-1   | M-2    | M-3    | M-4   | M-5   | M-6   | M-7   | M-8   | M-9   | LMP     | ECA     |
|-------------------|-------------------------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|---------|
| pH                | pH                      | 7,79  | 6,99   | 7,32   | 7,3   | 6,9   | 7,3   | 7,4   | 7,0   | 7,7   | 6,5-8,5 | 6,5-8,5 |
| Cloruros          | mg Cl / L               | 22,7  | 67,7   | 646,4  | 52,7  | 50,7  | 32,4  | 28,9  | 31,2  | 32,7  | 250     | 250     |
| Dureza Total      | mg CaCO <sub>3</sub> /L | 97    | 253    | 409    | 220,1 | 200,2 | 170,9 | 140,1 | 110,8 | 120,7 | 500     | 500     |
| Alcalinidad Total | mg CaCO <sub>3</sub> /L | 129   | 378    | 290    | 90,1  | 89,1  | 60,8  | 50,2  | 58,7  | 62,9  | 500     | 500     |
| Calcio Total      | mg/L                    | 93,87 | 226,56 | 271,16 | 38,2  | 37,8  | 22,5  | 19,7  | 28,1  | 26,6  | *       | *       |
| Magnesio Total    | mg/L                    | 11,61 | 23,48  | 41,04  | 42,0  | 43,5  | 31,7  | 29,2  | 32,8  | 31,0  | *       | *       |

\*No presenta valor en este parámetro.

Fuente: Elaboración propia.

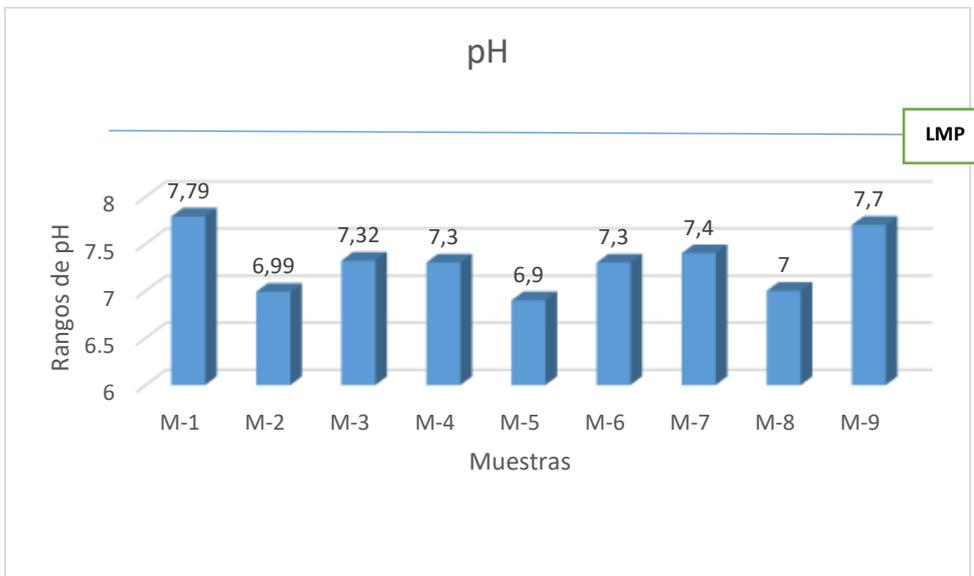
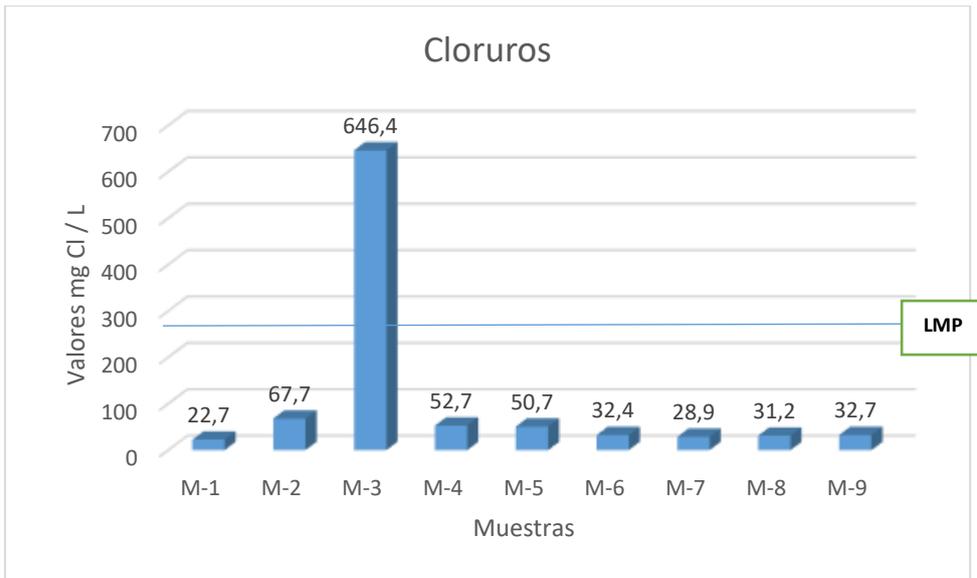
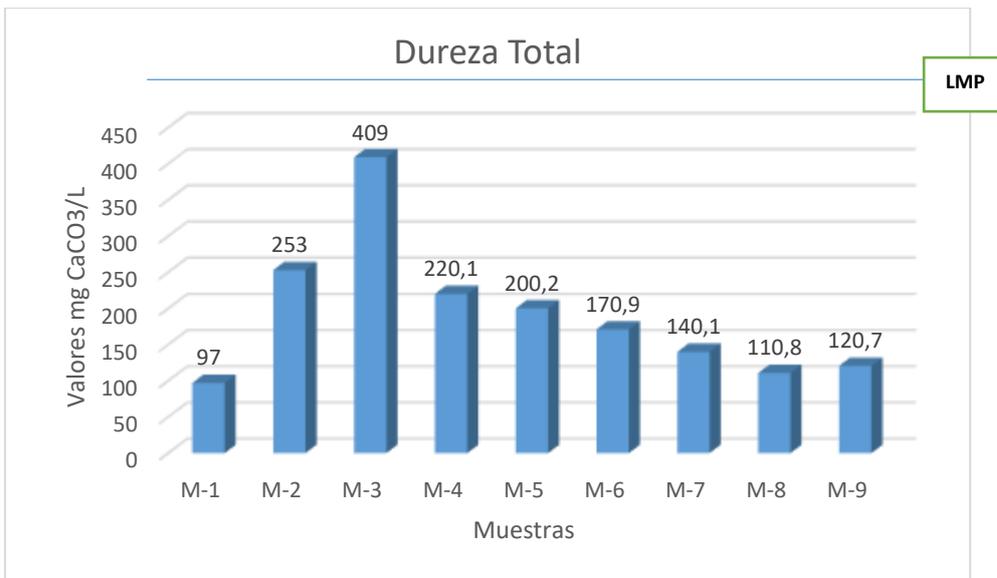


Figura 5. Rangos de pH presentados por las muestras según unidades de pH, LMP 8.5.

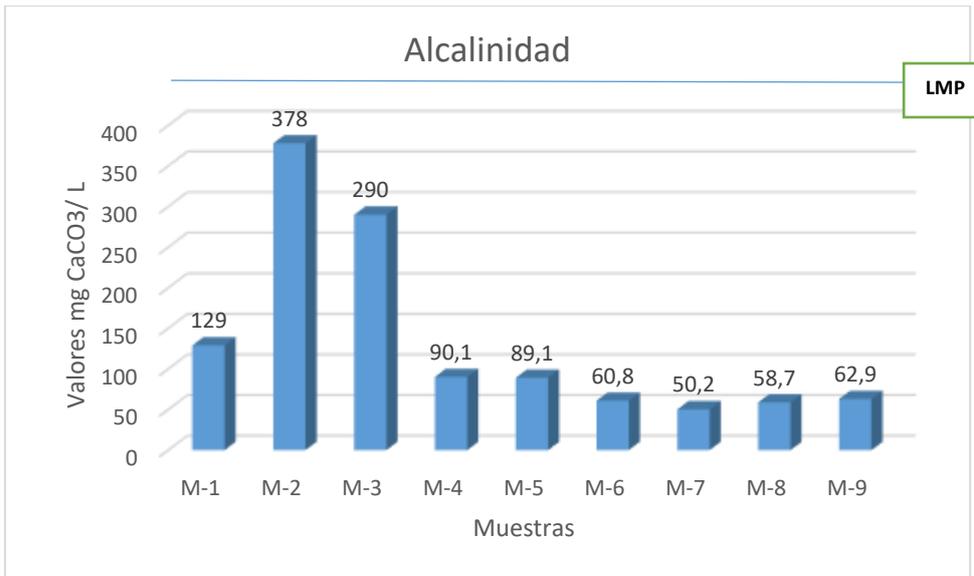
Fuente: Elaboración propia.



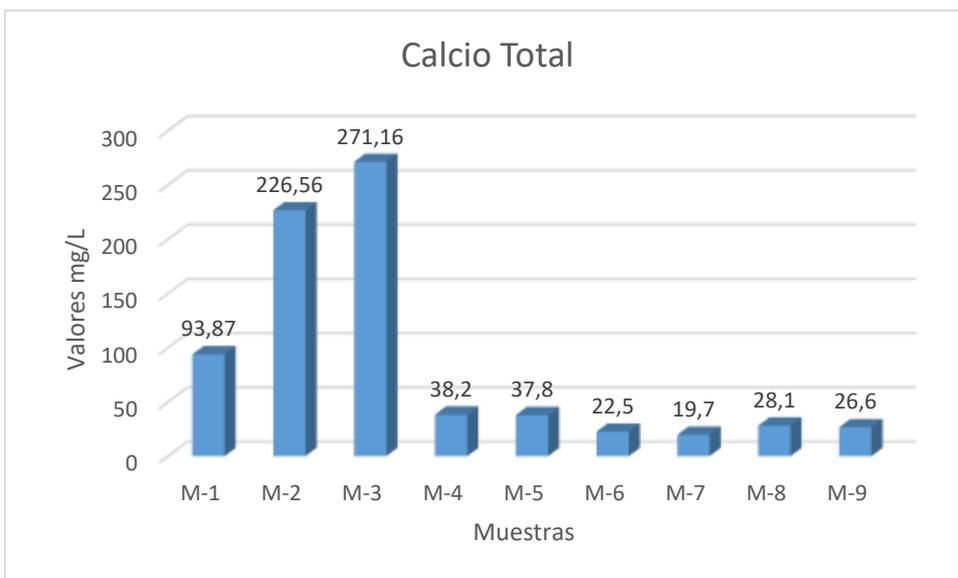
*Figura 6.* Valores en mg Cl/L de las muestras según parámetros Cloruros, LMP 250.  
*Fuente:* Elaboración propia.



*Figura 7.* Valores en mg CaCO<sub>3</sub>/L de las muestras según parámetro dureza total, LMP 500.  
*Fuente:* Elaboración propia.



**Figura 8.** Valores en mg CaCO<sub>3</sub>/L de las muestras según parámetro alcalinidad, LMP 500.  
*Fuente:* Elaboración propia



**Figura 9.** Valores en mg/L de las muestras según parámetro calcio total.  
*Fuente:* Elaboración propia.

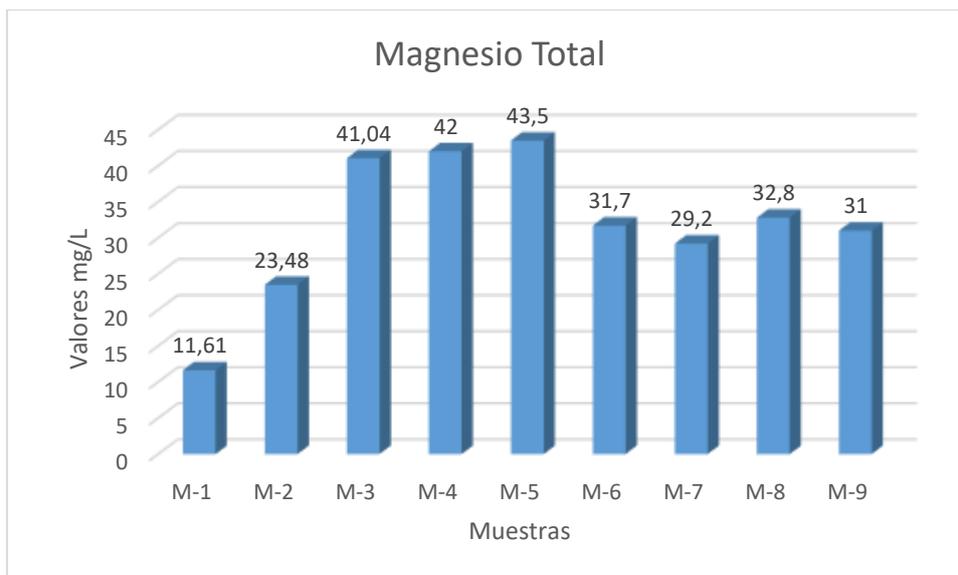


Figura 10. Valores en mg/L de las muestras según parámetro magnesio total.

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados químicos de las 9 muestras de agua de consumo humano (Tabla 11) indican que la muestra 3 del parámetro cloruros (646,4 mg Cl/L) supera los Límites Máximos Permisibles (LMP, 250 mg Cl/L) y los Estándares de Calidad Ambiental (ECA, 250 mg Cl/L), mientras que las demás muestras como pH, dureza total, alcalinidad total, calcio total y magnesio total se encuentran por debajo de los Límites Máximos Permisibles (LMP) y los Estándares de Calidad Ambiental (ECA), como se aprecia en las Figuras, 5, 6, 7, 8, 9 y 10 respectivamente.

### 3.3. Parámetros microbiológicos del agua consumida de la población de Chulucanas

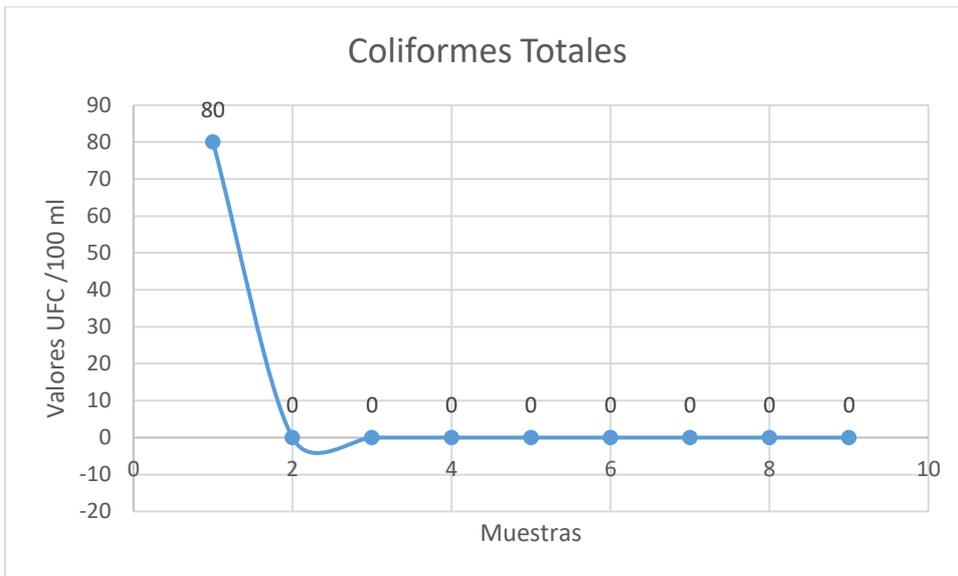
Se presentan los resultados de las características de los parámetros microbiológicos (coliformes totales y coliformes fecales) del agua de Chulucanas Provincia de Morropón – Piura, evaluados de manera individual.

Tabla 12

*Resultados del análisis microbiológico del agua de consumo humano en Chulucanas*

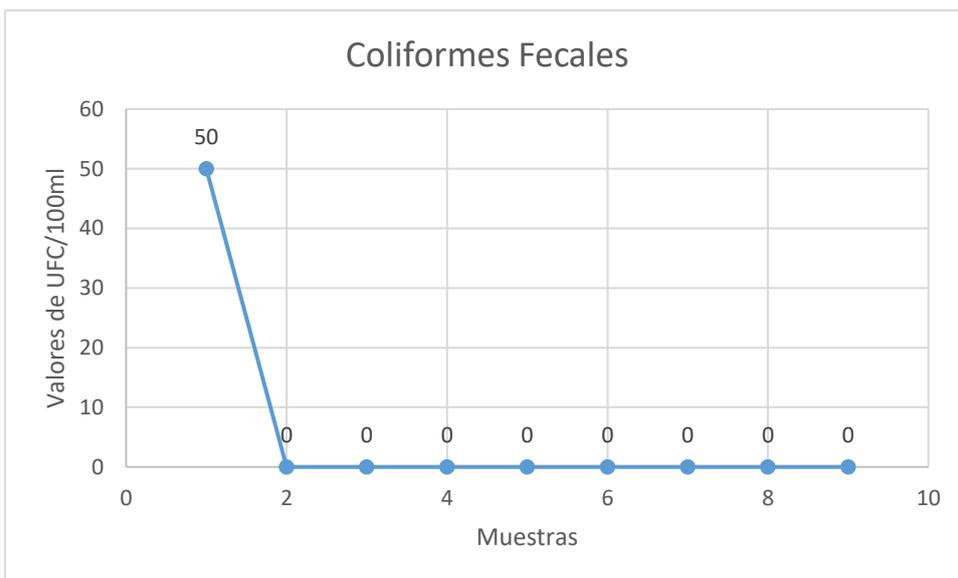
| Parámetros         | Unidades     | M-1 | M-2  | M-3  | M-4  | M-5  | M-6  | M-7  | M-8  | M-9  | LMP   | ECA |
|--------------------|--------------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-----|
| Coliforme Totales  | UFC / 100 ml | 80  | <1,0 | <1,0 | <1,8 | <1,8 | <1,8 | <1,8 | <1,8 | <1,9 | 0 (*) | 50  |
| Coliformes Fecales | UFC / 100 ml | 50  | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | 0 (*) | 20  |

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 11.** Valores en UFC/100 ml de Coliformes totales en las muestras analizadas.

*Fuente:* Elaboración propia.



**Figura 12.** Valores en UFC/100 ml de Coliformes fecales en las muestras analizadas.

*Fuente:* Elaboración propia.

Los resultados de las características microbiológicas del agua (Tabla 12) evidencian que para efecto de las bacterias coliformes totales los valores obtenidos en la M-1 80 UFC / 100 ml supera los LMP y ECA, mientras que las demás muestras de agua no superan los LMP y los ECA. En el caso de las bacterias coliformes fecales o termotolerantes los valores indican que la M-1 50 UFC / 100 ml supera los LMP y ECA, mientras que las demás muestras de agua no superan los LMP y los ECA, como se aprecia en las Figuras 11 y 12 respectivamente.

### 3.4. Estadística descriptiva de los datos

Se aplicó la estadística descriptiva a los parámetros físicos de las 9 muestras de agua, obteniendo los siguientes resultados (Tabla 13)

- ✓ El parámetro turbidez obtuvo una desviación estándar con un valor elevado debido a la variación entre la muestra 3 y la muestra 6 con respecto a las demás muestras (Tabla 13).
- ✓ El parámetro conductividad obtuvo una desviación estándar con un valor elevado debido a la variación entre la muestra 1 y muestra 3 con respecto a las demás muestras (Tabla 13).
- ✓ El parámetro temperatura obtuvo una desviación estándar con un valor elevado debido a la variación entre la muestra 1 y muestra 6 con respecto a las demás muestras, como se aprecia en la Tabla 13.

Tabla 13

*Desviación estándar de los parámetros físicos*

| Estadística descriptiva |                |        |        |          |            |
|-------------------------|----------------|--------|--------|----------|------------|
| Indicadores físicos     | Nº de muestras | Mínimo | Máximo | Media    | Desviación |
| Turbidez                | 9              | 0,2    | 2,1    | 1,2444   | 0,79034978 |
| Conductividad           | 9              | 391    | 3770   | 957,4444 | 1073,80737 |
| Temperatura             | 9              | 20,3   | 24,5   | 22,61111 | 1,77935694 |
| N (valido por lista)    | 9              |        |        |          |            |

*Fuente:* Elaboración propia.

Se aplicó la estadística descriptiva a los parámetros químicos de las 9 muestras de agua, obteniendo los siguientes resultados (Tabla 14)

- ✓ El parámetro cloruros obtuvo una desviación estándar con un valor elevado (202,685649) debido a la variación entre la muestra 1 y la muestra 3 en relación con las demás muestras (Tabla 14).

- ✓ El parámetro dureza obtuvo una desviación estándar con un valor elevado (97,1490664) debido a la variación entre las muestras 1 y la muestra 3 en relación con las demás muestras (Tabla 14).
- ✓ El parámetro alcalinidad total obtuvo una desviación estándar con un valor elevado (117,763178) debido a la variación entre la muestra 7 y la muestra 2 en relación con las demás muestras (Tabla 14).
- ✓ El parámetro calcio total obtuvo una desviación estándar con un valor elevado (96,1834297) debido a la variación entre las muestras 7 y muestra 3 en relación con las demás muestras (Tabla 14).
- ✓ El parámetro magnesio total obtuvo una desviación estándar con un valor elevado (10,0720791) debido a la variación entre las muestras 1 y la muestra 5 en relación con las demás muestras (Tabla 14).

Tabla 14

*Desviación estándar de los parámetros químicos*

| Estadística descriptiva |                |        |        |          |            |
|-------------------------|----------------|--------|--------|----------|------------|
| Indicadores químicos    | Nº de muestras | Mínimo | Máximo | Media    | Desviación |
| pH                      | 9              | 6,9    | 7,79   | 7,3      | 0,30753049 |
| Cloruros                | 9              | 22,7   | 646,4  | 107,2666 | 202,685649 |
| Dureza total            | 9              | 97     | 409    | 191,3111 | 97,1490664 |
| Alcalinidad total       | 9              | 50,2   | 378    | 134,3111 | 117,763178 |
| Calcio total            | 9              | 19,7   | 271,16 | 84,94333 | 96,1834297 |
| Magnesio total          | 9              | 11,61  | 43,5   | 31,81444 | 10,0720791 |
| N (valido por lista)    | 9              |        |        |          |            |

*Fuente:* Elaboración propia.

Se aplicó la estadística descriptiva a los parámetros microbiológicos de las 9 muestras de agua, obteniendo los siguientes resultados (Tabla 15):

- ✓ El parámetro coliforme totales obtuvo una desviación estándar con un valor elevado (26,6666) debido a la variación entre la muestra 1 en relación con las demás muestras.

- ✓ El parámetro coliforme fecales obtuvo una desviación estándar con un valor elevado (16,6666) debido a la variación entre la muestra 1 en relación con las demás muestras.

Tabla 15

*Desviación estándar de los parámetros microbiológicos*

| Estadística descriptiva     |                |        |        |        |            |
|-----------------------------|----------------|--------|--------|--------|------------|
| Indicadores microbiológicos | N° de muestras | Mínimo | Máximo | Media  | Desviación |
| Coliformes totales          | 9              | 0      | 80     | 8,8888 | 26,66666   |
| Coliformes fecales          | 9              | 0      | 50     | 5,5555 | 16,6666    |
| N (válido por la lista)     | 9              |        |        |        |            |

*Fuente:* Elaboración propia.

### 3.5. Prueba T de Student

A continuación, se presentan los valores de la prueba T de Student para la muestra de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos:

#### a.- Parámetros físicos

En la Tabla 16 se observa los valores de la prueba T de Student para la muestra turbidez, que permite determinar si un grupo difiere o dos grupos difieren entre sí.

Tabla 16

*Prueba T de Student para la muestra turbidez*

|           | N | Media  | Desviación | Desv. Error promedio |
|-----------|---|--------|------------|----------------------|
| Turbiedad | 9 | 1,2444 | 0,79034978 | 0,26344993           |

Prueba para una muestra

Valor de la prueba = 5

|           | t       | gl | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | 95 % intervalo confianza Diferencia |          |
|-----------|---------|----|------------------|----------------------|-------------------------------------|----------|
|           |         |    |                  |                      | Inferior                            | Superior |
| Turbiedad | -20,850 | 8  | 0,000            | -5,20174             | -5,35213                            | -4,8675  |

La prueba T de Student para el parámetro turbidez no presenta diferencia estadística significativa ( $p=valor=0,000$ ).

En la Tabla 17 se observan los valores de la prueba T de Student para la muestra conductividad, que permite determinar si un grupo difiere o dos grupos difieren entre sí.

Tabla 17

*Prueba T de Student para la muestra conductividad*

|               | N | Media   | Desviación | Desv. Error promedio |
|---------------|---|---------|------------|----------------------|
| Conductividad | 9 | 957,444 | 1073,80737 | 357,93579            |

Prueba para una muestra

Valor de prueba = 1500

|               | t        | gl | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | 95 % intervalo confianza Diferencia |          |
|---------------|----------|----|------------------|----------------------|-------------------------------------|----------|
|               |          |    |                  |                      | Inferior                            | Superior |
| Conductividad | -21,9874 | 8  | 0,000            | -896,572             | -1120,432                           | -890,690 |

La prueba T de Student para el parámetro conductividad no presenta diferencia estadística significativa ( $p=valor=0,000$ )

En la Tabla 18 se observan los valores de la prueba T de Student para la muestra temperatura, que permite determinar si un grupo difiere o dos grupos difieren entre sí.

Tabla 18

*Prueba T de Student para la muestra temperatura*

|             | N | Media   | Desviación | Desv. Error promedio |
|-------------|---|---------|------------|----------------------|
| Temperatura | 9 | 22,6111 | 1,779356   | 0,593118             |

Prueba para una muestra

Valor de la prueba = 0

|             | t        | gl | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | 95 % intervalo confianza Diferencia |          |
|-------------|----------|----|------------------|----------------------|-------------------------------------|----------|
|             |          |    |                  |                      | Inferior                            | Superior |
| Temperatura | -18,6743 | 8  | 0,000            | -4,2678              | -5,3498                             | -2,321   |

La prueba T de Student para el parámetro temperatura no presenta diferencia estadística significativa ( $p=\text{valor}=0,000$ ).

### b.- Parámetros químicos

En la Tabla 19 se muestran los valores de la prueba T de Student para la muestra pH, que permite determinar si un grupo difiere o dos grupos difieren entre sí.

Tabla 19

*Prueba T de Student para la muestra pH*

|   | N | Media | Desviación | Desv. Error promedio |
|---|---|-------|------------|----------------------|
| H | 9 | 7,3   | 0,307530   | 0,10251016           |

Prueba para una muestra

Valor de la prueba = 0,000

|    | t        | gl | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | 95 % intervalo confianza Diferencia |          |
|----|----------|----|------------------|----------------------|-------------------------------------|----------|
|    |          |    |                  |                      | Inferior                            | Superior |
| pH | -13,4789 | 8  | 0,000            | -0,80567             | -1,9872                             | -0,81945 |

La prueba T de Student para el parámetro pH no presenta diferencia estadística significativa ( $p=\text{valor}=0,000$ )

En la Tabla 20 se muestran los valores de la prueba T de Student para la muestra cloruros, que permite determinar si un grupo difiere o dos grupos difieren entre sí.

Tabla 20

*Prueba T de Student para la muestra cloruros*

|          | N | Media    | Desviación | Desv. Error promedio |
|----------|---|----------|------------|----------------------|
| Cloruros | 9 | 107,2666 | 202,6856   | 67,56188             |

Prueba para una muestra

Valor de la prueba = 250

|          | t        | gl | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | 95 % intervalo confianza Diferencia |          |
|----------|----------|----|------------------|----------------------|-------------------------------------|----------|
|          |          |    |                  |                      | Inferior                            | Superior |
| Cloruros | -18,4236 | 8  | 0,000            | -234,564             | -221,341                            | -145,980 |

La prueba T de Student para el parámetro cloruros no presenta diferencia estadística significativa ( $p=valor=0,000$ ).

En la Tabla 21 se muestran los valores de la prueba T de Student para la muestra dureza total, que permite determinar si un grupo difiere o dos grupos difieren entre sí.

Tabla 21

*Prueba T de Student para la muestra dureza total*

|              | N | Media   | Desviación | Desv. Error promedio |
|--------------|---|---------|------------|----------------------|
| Dureza total | 9 | 191,311 | 97,149066  | 32,383022            |

Prueba para una muestra

Valor de la prueba = 500

|          | t        | gl | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | 95 % intervalo confianza Diferencia |          |
|----------|----------|----|------------------|----------------------|-------------------------------------|----------|
|          |          |    |                  |                      | Inferior                            | Superior |
| Cloruros | -19,7589 | 8  | 0,000            | -378,765             | -410,543                            | -235,987 |

La prueba T de Student para el parámetro dureza total no presenta diferencia estadística significativa ( $p=valor=0,000$ ).

En la Tabla 22 se muestran los valores de la prueba T de Student para la muestra alcalinidad, que permite determinar si un grupo difiere o dos grupos difieren entre sí.

Tabla 22

*Prueba T de Student para la muestra alcalinidad*

|             | N | Media    | Desviación | Desv. Error promedio |
|-------------|---|----------|------------|----------------------|
| Alcalinidad | 9 | 134,3111 | 117,763178 | 39,254392            |

Prueba para una muestra

Valor de la prueba = 500

|             | t       | gl | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | 95 % intervalo confianza Diferencia |           |
|-------------|---------|----|------------------|----------------------|-------------------------------------|-----------|
|             |         |    |                  |                      | Inferior                            | Superior  |
| Alcalinidad | -19,435 | 8  | 0,000            | -189,321             | -198,054                            | - 175,045 |

La prueba T de Student para el parámetro alcalinidad no presenta diferencia estadística significativa ( $p=\text{valor}=0,000$ ).

En la Tabla 23 se muestran los valores de la prueba T de Student para la muestra calcio, que permite determinar si un grupo difieren o dos grupos difieren entre sí.

Tabla 23

*Prueba T de Student para la muestra calcio*

|        | N | Media    | Desviación | Desv. Error promedio |
|--------|---|----------|------------|----------------------|
| Calcio | 9 | 84,94333 | 96,1834297 | 32,0611432           |

Prueba para una muestra

Valor de la prueba = 0

|        | t       | gl | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | 95 % intervalo confianza Diferencia |          |
|--------|---------|----|------------------|----------------------|-------------------------------------|----------|
|        |         |    |                  |                      | Inferior                            | Superior |
| Calcio | -16,462 | 8  | 0,000            | -321,234             | -276,987                            | -198,621 |

La prueba T de Student para el parámetro calcio no presenta diferencia estadística significativa ( $p=valor=0,000$ ).

En la Tabla 24 se muestran los valores de la prueba T de Student para la muestra magnesio, que permite determinar si un grupo difiere o dos grupos difieren entre sí.

Tabla 24

*Prueba T de Student para la muestra magnesio*

|          | N | Media    | Desviación | Desv. Error promedio |
|----------|---|----------|------------|----------------------|
| Magnesio | 9 | 31,81444 | 10,072079  | 3,357359             |

Prueba para una muestra

Valor de la prueba = 0

|        | t       | gl | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | 95 % intervalo confianza Diferencia |          |
|--------|---------|----|------------------|----------------------|-------------------------------------|----------|
|        |         |    |                  |                      | Inferior                            | Superior |
| Calcio | -16,542 | 8  | 0,000            | -186,543             | -230,132                            | -156,076 |

La prueba T de Student para el parámetro magnesio presenta diferencia estadística significativa ( $p=valor=0,000$ ).

**c.- Parámetros microbiológicos**

En la Tabla 25 se muestran los valores de la prueba T de Student para la muestra coliformes totales, que permite determinar si un grupo difiere o dos grupos difieren entre sí.

Tabla 25

*Prueba T de Student para la muestra coliformes totales*

|                    | N | Media  | Desviación | Desv. Error promedio |
|--------------------|---|--------|------------|----------------------|
| Coliformes totales | 9 | 8,8888 | 26,6666    | 8,8888               |

Prueba para una muestra

Valor de la prueba = 0

|        | t      | gl | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | 95 % intervalo confianza Diferencia |          |
|--------|--------|----|------------------|----------------------|-------------------------------------|----------|
|        |        |    |                  |                      | Inferior                            | Superior |
| Calcio | 4,9312 | 8  | 0,000            | 8,8888               | 5,861                               | 35,456   |

La prueba T de Student para el parámetro coliformes totales presenta diferencia estadística significativa ( $p=\text{valor}=0,000$ ).

En la Tabla 26 se muestran los valores de la prueba T de Student para la muestra coliformes fecales.

Tabla 26

*Prueba T de Student para la muestra coliformes fecales*

|                    | N | Media  | Desviación | Desv. Error promedio |
|--------------------|---|--------|------------|----------------------|
| Coliformes fecales | 9 | 5,5555 | 16,6666    | 5,5555               |

Prueba para una muestra

Valor de la prueba = 0

|        | t      | gl | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | 95 % intervalo confianza Diferencia |          |
|--------|--------|----|------------------|----------------------|-------------------------------------|----------|
|        |        |    |                  |                      | Inferior                            | Superior |
| Calcio | 1,5431 | 8  | 0,000            | 1,992                | -1,98                               | 4,651    |

La prueba T de Student para el parámetro coliformes fecales presenta diferencia estadística significativa ( $p=\text{valor}=0$ ).

### 3.6. Prueba de hipótesis

#### Hipótesis:

Hi: Los parámetros físicos, químicos y microbiológicos están acorde a los Límites Máximos Permisibles (LMP), por lo tanto, no existe diferencia significativa en la calidad de agua para consumo humano en el distrito de Chulucanas (hipótesis alterna o del investigador).

Ho: Los parámetros físicos, químicos y microbiológicos no están de acuerdo con los Límites Máximos Permisibles (LMP), por lo tanto, existe una diferencia significativa entre la calidad de agua para consumo humano en el distrito de Chulucanas (hipótesis nula).

A continuación, Tabla 27, Tabla 28 y Tabla 29 presentan los resultados de los parámetros físicos, químicos, microbiológicos y sus respectivos valores de la prueba T de Student que permitió evaluar las medias de uno o dos grupos. Además, la prueba T de Student permitió determinar si un grupo difiere o dos grupos difieren entre sí. No encontrándose diferencia significativa. Se trabajo con un nivel de significancia de 5 % (0,05).

Tabla 27

*Parámetros físicos y su estimación del p valor*

| Parámetros físicos | Significancia |
|--------------------|---------------|
| Turbiedad          | 0,000         |
| Conductividad      | 0,000         |
| Temperatura        | 0,000         |

*Fuente:* Elaboración propia.

Tabla 28

*Parámetros químicos y su estimación de p valor*

| <b>Parámetros químicos</b> | <b>Significancia</b> |
|----------------------------|----------------------|
| pH                         | 0,00                 |
| Cloruros                   | 0,00                 |
| Dureza total               | 0,00                 |
| Alcalinidad                | 0,00                 |
| Calcio                     | 0,00                 |
| Magnesio                   | 0,00                 |

*Fuente:* Elaboración propia.

Tabla 29

*Parámetros microbiológicos y su estimación de p valor*

| Parámetros microbiológicos | Significancia |
|----------------------------|---------------|
| Coliformes totales         | 0,000         |
| Coliforme fecales          | 0,000         |

*Fuente:* Elaboración propia.

**3.7. Evaluación de los resultados obtenidos-normas del Ministerio de Salud y Ministerio del Ambiente según el Reglamento de la calidad del agua para consumo humano, aprobados D.S. N° 031-2010-S.A.**

Al evaluar los resultados obtenidos y compararlos con los Límites Máximos Permisibles LMP los cuales están establecidos en el D.S N° 031-2010-S.A. del Reglamento de la calidad de agua para consumo humano, podemos concluir que: No existe una diferencia estadística significativa, por lo que el agua de consumo humano en el distrito de Chulucanas es apta para su consumo ya que la muestras de agua tomadas y evaluadas se encuentran dentro de los Límites Máximos Permisibles en los parámetros físicos, químicos y microbiológicos.

**3.8. Propuestas tendientes de mejora en la distribución de agua potable**

Para generar la propuesta, se debe tener en cuenta lo siguiente: El sistema de agua potable son los componentes de todo el sistema desde la captación hasta la distribución del consumidor final que es administrado por Entidad Prestadora de Servicio de Saneamiento Grau S.A. a continuación presentamos los componentes del sistema de agua potable (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018).

a.- Sistema de captación. Son las estructuras construidas para captar las aguas de los diferentes tipos de fuentes de abastecimiento y poder lograr la captación del caudal necesario de acuerdo con la demanda de la población (Tabla 3). Pueden ser de aguas superficiales, que

son aquellas que toman agua de lluvia, arroyos y ríos, lagos y embalses. O aguas subterráneas que son captaciones que provienen de manantiales, pozos profundos y superficiales.

b.- Sistema de conducción. Basado en el sistema de tuberías que conducen el agua por gravedad desde la captación hasta el reservorio o planta de tratamiento del agua potable. Están formados por un conjunto de tuberías (fierro galvanizado, PVC, HDPE, etc.) válvulas, accesorios, estructuras y obras de arte.

c.- Planta de tratamiento. El tratamiento es importante para el sistema de abastecimiento de agua potable, su función es someter el agua captada a distintos procesos que van a purificarla y hacerla potable para consumo humano, reduciendo y eliminando elementos microbiológicos, la turbidez, olor, sabor entre otros. Ello dependerá del análisis físico químico y microbiológico.

d.- Reservorio. Infraestructura destinada al almacenamiento de agua, para lograr la presión necesaria y mantener el normal funcionamiento de agua durante el día. Debe estar ubicado cerca a la población y en una cuota adecuada para lograr la presión mínima en el punto más. Hay reservorios elevados que son aquellas estructuras de forma cilíndrica o paralelepípedo, construidos en zonas planas y reservorios enterrados y apoyados, que son de forma cuadrada, rectangular o circular construidos sobre un terreno natural o por debajo de la superficie del terreno.

e.- Red de distribución. Son tuberías con distintos diámetros, grifos, válvulas y accesorios, que se inicia en el punto de las primeras viviendas para su distribución y que se deriva a las diferentes calles de la población.

En función a lo indicado anteriormente y a los resultados que se han obtenido en el presente estudio, se plantean las siguientes propuestas:

### **Programa de monitoreo de calidad de agua**

Es necesario que, en las fuentes de agua, sitios de almacenamiento y caudales domiciliarios se realicen monitoreos programados y sostenidos en los parámetros físicos, químicos y

microbiológicos y de esta manera conocer las condiciones del agua que se consumen los pobladores de la ciudad de Chulucanas.

### **Líneas de acción**

- Establecer un cronograma de monitoreo en cada componente o sistema y de esta forma asegurar su supervisión y control.
- En la época seca y época lluviosa establecer registros de monitoreo en los parámetros físicos, químicos y microbiológicos cada seis meses.
- Monitorear los caudales con mayor frecuencia y establecer registros de medición.
- Supervisar y monitorear de manera sostenida la demanda y oferta para así obtener el déficit de estos recursos hídrico tan valioso.

### **Programa poblacional**

Existe población en la ciudad de Chulucanas muy vulnerable y expuesta a enfermedades digestivas mayormente debido a las condiciones de la calidad de agua que consumen.

### **Líneas de acción**

- Generar registros de la población por edades y así poder identificar por grupos a las personas vulnerables por consumo de agua no tratada.
- Generar actividades o proyectos de mejora de las conexiones interna domiciliarias y así evitar contaminación de este recurso hídrico.
- Establecer actividades de desinfección desde la captación y sistemas de bombeo de agua y de esta manera asegurar la integridad en la salud de la población.
- Que las instituciones involucradas desarrollen en forma conjunta con la población actividades de preservación de este recurso hídrico valiosos.

### **Programa de protección ambiental**

Utilizar el recurso hídrico de la mejor manera de forma organizada y controlada para asegurar su continuidad, permanencia y calidad a la población de Chulucanas. Que se

apliquen las normas para la realización de un buen clorado asegurando la calidad e higiene del agua consumida por la población.

### **Líneas de acción**

- Establecer actividades administrativas enfocadas a la conservación y protección de las fuentes y vertientes de agua.
- Generar participación de la población para la preservación de este recurso natural.
- Hacer cumplir los acuerdos establecidos entre la población y las juntas de usuarios de la zona.

### **Programa de vigilancia y control**

Es importante que la población en forma conjunta con las autoridades locales establezca actividades de concientización en la conservación del recurso hídrico.

### **Líneas de acción**

- Socializar con la población usuaria a través de charlas y talleres de la importancia de este recurso hídrico para la salud poblacional y los derechos que tienen sobre ella.
- Evaluar y monitorear de manera sostenida las actividades y programas propuestos, con el objetivo de asegurar los cambios positivos en el manejo del recurso hídrico.

## CAPÍTULO IV: DISCUSIONES

### 4.1. Parámetros físicos del agua consumida por la población de Chulucanas

De las nueve (9) muestras de agua que fueron analizadas en la ciudad de Chulucanas, se llegó a determinar que, la concentración de turbidez varía en un rango de 2,1 UNT (M-6) a 0,20 UNT (M-3) como se puede observar en la Figura 2, muestras que se encuentran dentro de los LMP emitido por el reglamento de calidad de agua para consumo humano DS N° 031-2010-S.A. Asimismo, Cava y Ramos (2016) en su trabajo de investigación encontraron valores de turbidez similares que varían de 0,52 a 0,72 UNT. Mientras que Zhen (2009) en su investigación encontró debido a la transición de un periodo lluvioso a seco este parámetro turbidez aumentado ( $> 2,5$  UNT) mayormente a la presencia de suelos arcillosos y muy erosionados.

Referente a la conductividad de agua de consumo humano la muestra 3 (M-3) llega a tener valores de 3 770 uS/cm, muestra que supera los LMP de 1 500 uS/cm (Figura 3) no sucediendo con las demás muestras que si se encuentran por debajo de los LMP. Asimismo, la M-3 presenta la mayor desviación estándar (diferencia estadística) entre las demás muestras de agua de consumo humano ( $DS = 1073,80737$ ). Valores que coinciden con Cava y Ramos (2016) quienes reportan en su investigación una conductividad eléctrica que oscila entre 3 400 y 3 475 uS/cm, muy por encima de los LMP. Sin embargo, Mendoza (2018) donde evaluó la calidad de agua superficial en el Centro Poblado de Scsamarca, Ayacucho, Perú, encontró que la conductividad oscila entre 47 y 843 uS/cm encontrándose dentro de los LMP. Por otro lado, Cacho (2014) determinó en su investigación valores que oscilan en 147,5 y 186,7 uS/cm por debajo de los LMP establecidos, coincidiendo con los valores obtenidos en la presente investigación.

Asimismo, los resultados de temperatura que muestra el agua de consumo humano varían en rango de 24,5 °C (M-6) a 20,3 °C (M-1) como se puede observar en la Figura 4. Avila y León (2012) encontraron en su investigación rangos de temperatura de 24,8 y 35,22 °C. Mientras que en la investigación de Cacho (2014) los valores obtenidos de temperatura fluctúan entre 12,7 y 23 °C. Asimismo, Cava y Ramos (2016) encontraron valores muy cercanos a los hallados en la presente investigación de 19 y 25 °C. Por otra parte, el OPS (2003) manifestó que aquellas aguas que cumplen con los estándares preestablecidos de agua para consumo humano deben ser usadas para ingesta, preparación de alimentos e higiene personal. Rock y Rivera (2014) manifiestan que las características, físicas, químicas y biológicas son las que definen la calidad de agua.

#### **4.2. Parámetros químicos del agua consumida en la población de Chulucanas**

De las 9 muestras de agua que fueron analizadas en la ciudad de Chulucanas, estas varían desde 6,9 de pH M- 5 hasta 7,71 de pH M-1 como se puede visualizar en la Figura 5, resultados de muestras que están dentro de los parámetros establecidos de pH (6,5-8,5) en los LMP, según D.S-031-2010-S.A. Además, el presente estudio el pH encontrado no hay diferencia estadística significativa ( $DS=0,3075$ ). Zhen (2004) manifestó que el agua de consumo humano proveniente de la parte alta de la quebrada el pH medio es de 6,5 y en la parte baja de la quebrada el pH es ácido 4,5, no coincidiendo con la presente investigación siendo los resultados de pH promedio de todas las muestras alcalina (pH). Asimismo, Cava y Ramos (2016) obtuvieron un pH de 7,8 – 8,4 coincidiendo con la presente investigación, cuyos resultados se encuentran dentro de los LMP. Cabe indicar que la OMS (2018) no menciona, ni indica un valor que haga referencia sobre efectos a la salud que pueda ocasionar el pH o que pueda directamente afectar a los consumidores.

Los resultados obtenidos de cloruro de las 9 muestras de agua de consumo humano obtenidas en la presente investigación varían la M-3 con 646,4 mg/L a un mínimo de 22,7 mg/L como se puede visualizar en el Figura 6. Es importante señalar que los valores de la muestra M-3 sobre pasa los LMP que es de 250 mg/L según lo que indica el reglamento de calidad de agua de consumo D.S. N° 031-2010-S.A, además la M-3 presenta una desviación estándar ( $DS= 202,685649$ ) elevada en comparación a los demás parámetros obtenidos. Asimismo, en su investigación Cava y Ramos (2016) determinaron valores muy por encima de los LMP,

que varían de 270 a 298 mg/L y que debido a estos valores elevados pueden dañar las conducciones y estructuras metálicas por donde discurre el agua. Además, Avila y León (2012) reportaron valores obtenidos en su investigación por debajo de los LMP de 25 y 115 mg/L. Mientras que la OMS (2018) señaló que las aguas naturales tienen contenidos muy variables de cloruros lo que hace que van a depender de las características de los suelos por donde pase el agua.

Los resultados obtenidos de dureza total de las 9 muestras de agua de consumo humano varían desde la más baja con 97 mg/L M-1 a la M-3 con 409 mg/L (Figura 7) valores que se encuentran dentro de los LMP (500 mg/L) según el reglamento de agua de consumo humano D.S N° 031-2010-S.A. Asimismo, presenta una desviación estándar de 97,1490664. Cava y Ramos (2016) encontraron valores dentro de los LMP en su investigación 204 y 296 mg/L, mientras que Avila y León (2012) reportaron valores que oscilan de 400 y 600 mg/L. También señala la OMS (2018) que el valor ion calcio se encuentra entre 100 a 350 mg/L el cual depende del anión asociado. Asimismo, hay casos reportados que los consumidores toleran una dureza de agua de consumo humano hasta 500 mg/L. Por lo tanto, los valores encontrados en esta investigación están dentro de lo establecido por la OMS (2018).

Los resultados de alcalinidad Total de las 9 muestras de agua de consumo humano varían de 378 mg/L M-2 a la más inferior de 62,9 mg/L M-9 (Figura 8) valores que se encuentran dentro de los LMP (500 mg/L) según reglamento de agua de consumo humano D.S. N° 031-2010-S.A con una desviación estándar de 117,763178. No sucediendo en la investigación de Cava y Ramos (2016) quienes determinaron valores muy superiores (570-676 mg/L) a los reportados en la presente investigación. Por otro lado, Avila y León (2012) reportaron valores inferiores a los LMP 12 y 15 mg/L coincidiendo con la presente investigación. Asimismo, la OMS (2018) indicó que la presencia de iones OH afectan la alcalinidad, pero normalmente las aguas naturales presentan valores bajos no llegando a superar los LMP.

Los resultados de calcio total de las 9 muestras de agua de consumo humano varían desde la más inferior M-6 (22,5 mg/L) a las más superior M-3 (271,16 mg/L), como se puede visualizar en la Figura 9, presentando una desviación estándar de 96,1834297. La OMS

(2018) indica que el ion calcio presente en el agua se debe a la presencia de rocas carbonatadas o sulfato de calcio como yeso, calizas, dolomías y anhidrita. Asimismo, es necesario indicar que el agua potable puede variar de 10 a 100 ppm y cantidades mayores a 1 000 pm son aguas inocuas para consumo humano. Para Cava y Ramos (2016) en su investigación determinaron valores que varían desde 51,6 a 68,8 mg/L y Mendoza (2018) encontró valores que van desde 0,2 a 10 mg /L. Además, según Badilla (2005) citado por Rodríguez (2009, p. 45), indicó que las aguas el calcio se encuentran en mayor cantidad que el magnesio y que mayormente su origen está en los yesos o silicatos o por ataque de calizas o dolomitas por acción del anhídrido carbónico.

Los resultados obtenidos de magnesio total de las 9 muestras de agua de consumo humano varían de M-5 43,5 mg/L a la M-1 11,61 mg/L, como se puede apreciar en la Figura 10, presentando una desviación estándar de 10,0720791. Cava y Ramos (2016) reportaron en su investigación valores que fluctúan de 30,8 y 41,2 mg/L. Mientras que Mendoza (2018) en su investigación encontró valores de 0,2 y 10 ug/L. La OMS (2018) indicó que existen acuíferos ricos en magnesio que pueden llegar hasta 100 mg/L. Rodríguez (2009) manifestó que, si la cantidad de magnesio en el agua es muy grande, esta puede actuar como laxante e incluso adquirir un sabor amargo.

#### **4.3. Parámetros microbiológicos del agua consumida en la población de Chulucanas**

El resultado obtenido del recuento de coliformes totales de las 9 muestras de agua de consumo humano, la muestra M-1 (80 UFC/100 ml) como se aprecia en la Figura 11 supera los LMP establecido en el D.S. 031-2010-S.A (UFC/100 ml) mientras que las demás muestras se encuentran dentro de los LMP y de los ECA establecidos. Cava y Ramos (2016) reportaron valores de 30 y 50 UFC/100 ml. Mientras que Guimaraes (2015) en su estudio encontró valores de 223 UFC/100 ml. Según la OMS (2018) indicó que, tanto en aguas residuales como en aguas naturales, se encuentra presencia de bacterias pertenecientes al grupo de coliformes totales, sin considerar las *Escherichia coli* que siempre van a proliferar y vivir formando biopelículas en los sistemas de distribución de agua.

El recuento para coliformes fecales de la muestra M-1(50 UFC/100 ml) como se visualiza en la Figura 12 supera los LMP establecidos en el D.S N° 031-2010-S.A. (O UFC/100 ml), no sucediendo con las demás muestras que se encuentran por debajo de los LMP y los ECA. Zhen (2009) reporta en su investigación valores  $> 2000$  NPM/100 ml debido al periodo de transición de lluviosos a seco registrado en el año 2008. Asimismo, Guimaraes (2015) encontró valores de 39 UFC/100 ml y Cava y Ramos (2016) reportaron valores 1-2 UFC/100 ml. Cabe señalar que la OMS (2018) indicó que el grupo de bacterias del grupo de coliformes fecales tienen la habilidad para realizar un proceso de fermentación de la lactosa a una temperatura de 44 a 45 °C llegando a ser denominadas bacterias termotolerantes. La cantidad de bacterias se debe a la presencia de heces humanas o de animales. Por lo que su presencia en la muestra M-1 se debe considerar tomar medidas necesarias o de control y continuar con medidas de monitoreo y determinar las posibles fuentes de contaminación para su tratamiento respectivo.

En relación con las propuestas tendientes a la mejora, es necesario que, en las fuentes de agua, sitios de almacenamiento y caudales domiciliarios se realicen monitoreos programados y sostenidos en los parámetros físicos, químicos y microbiológicos y de esta manera conocer las condiciones del agua que se consumen los pobladores de la ciudad de Chulucanas. García (2018) indicó que el agua de consumo humano debe dársele una enmienda necesaria y así cumplir con los valores establecidos en la norma vigente para agua potable. Mientras, Cruz (2018) estableció como estrategia que el agua para ser consumida por la población debe someterse a un tratamiento convencional cuando sobrepasa los ECA respecto a coliformes termotolerantes. Mendoza (2018) recomendó como línea de acción que no se debe realizar en la puquial actividad de lavado de prendas de vestir. Por su lado, Cava y Ramos (2016) plantearon un monitoreo constante en las fuentes de agua y de esta manera asegurar su consumo de en el distrito de Pacora, Lambayeque. Finalmente, Ávila y León (2012) manifiestan que el agua para que sea apta para consumo humano debe implicar un tratamiento y desinfección y de esta manera asegurar su abastecimiento.

## **CAPÍTULO V: CONCLUSIONES**

- 1.- El agua de consumo humano de la ciudad de Chulucanas, en la presente investigación referente a los parámetros físicos (turbidez, conductividad y temperatura) se encuentran dentro de los LMP, excepto la muestra tres (3) del parámetro conductividad que excede los LMP. En cuanto a los parámetros químicos (pH, cloruro total, dureza, alcalinidad, calcio y magnesio totales) se encuentran dentro de los LMP, excepto la muestra tres (3) del parámetro cloruro total que excede los LMP, establecidos en las Normas Técnicas Peruanas.
  
- 2.- El agua de consumo humano de la ciudad de Chulucanas, en la presente investigación referente a los parámetros microbiológicos (coliformes totales y coliformes fecales) se encuentran dentro de los LMP, excepto la muestra uno (1) de ambos parámetros superan los LMP establecidos en las Normas Técnicas Peruanas.
  
- 3.- Los valores obtenidos de las 9 muestras de agua de consumo humano en la ciudad de Chulucanas no todos los valores se encuentran dentro de las normas del Ministerio de Salud y Ministerio del ambiente según el Reglamento de la calidad del agua para consumo humano, aprobado por el D.S. N° 031-2010-S.A.

## CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES

### A corto plazo:

- 1.- En función a los valores obtenidos en la presente investigación, se debe establecer un cronograma de monitoreo de los parámetros físico, químicos y microbiológicos de manera sostenida del agua de consumo humano, con la finalidad de no poner en riesgo la salud de la población usuaria de este recurso en la ciudad de Chulucanas.
- 2.- Reforzar las capacidades de población usuaria para que puedan identificar que el abastecimiento cumpla con todas las exigencias de ley y generar su participación en la toma de decisiones.
- 3.- Formular un plan de mejoramiento en la disponibilidad y calidad de agua de consumo humano en la población de Chulucanas.
- 4.- Considerar en la evaluación de parámetros del agua consumida por la población de Chulucanas a la bacteria *Helicobacter pylori*, con la finalidad de erradicar el riesgo potencial a la población usuaria de este recurso.
- 5.- Para las JASS, establecer actividades de desinfección desde la captación y sistemas de bombeo de agua, lo que implica instalar un proceso de Potabilización de agua previo a la distribución (Ver Apéndice 09) y de esta manera asegurar la integridad en la salud de la población.
- 6.- Las JASS deben ser autosostenible, los gastos de administración, operación y mantenimiento de los sistemas de saneamiento, deben ser cubiertos con la cuota familiar que se cobra a cada usuario y que ésta responda a un diagnóstico situacional, plan operativo y presupuesto anual acorde a su contexto.

**A mediano plazo:**

- 7.- En las JASS, mantener el proceso de desinfección de agua mediante el empleo de cloro o compuestos clorados, y monitorear diariamente al menos los parámetros críticos (Parámetros microbiológicos).
- 8.- Generar actividades o proyectos de mejora de las conexiones internas domiciliarias y así evitar contaminación de este recurso hídrico.

**A largo plazo:**

- 9.- Considerar la construcción y habilitación de una Planta de Tratamiento de Agua Potable en la ciudad de Chulucanas para un correcto manejo, gestión y abastecimiento del recurso; a través de las diligentes coordinaciones entre el Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (MVCS) y autoridades locales involucradas.
- 10.- La presente investigación nos ayudará como fuente de información de la calidad de agua para consumo humano y para inicio de otras investigaciones.

## REFERENCIAS

- American Water Works Association (2003). *Water Quality*. Recuperado de <https://books.google.com.pe/books?id=hUH0lb72K4EC&pg=PA140&dq=Total+dissolved+solids&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjv6qg4jjAhWhuVkkHYOkBbQQ6AEINjAC#v=onepage&q=Total%20dissolved%20solids&f=false>
- Aprueban Protocolo de Procedimientos para la Toma de Muestras, Preservación, Conservación, Transporte, Almacenamiento y Recepción de agua para Consumo Humano. Resolución Directoral N° 160-2015-DIGESA-SA. Diario Oficial El Peruano, Lima, Perú, 24 de setiembre del 2015, Pp. 7.
- Aprueban Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano. Decreto Supremo N° 031-2010-SA. Diario Oficial El Peruano, Lima, Perú, 26 de setiembre del 2010, Pp. 8. Recuperado de: [www.digesa.minsa.gob.pe/publicaciones/descargas/Reglamento\\_Calidad\\_Agua.pdf](http://www.digesa.minsa.gob.pe/publicaciones/descargas/Reglamento_Calidad_Agua.pdf)
- Autoridad Nacional del Agua (2016). *Estrategia nacional para el mejoramiento de la calidad de los recursos hídricos*. Recuperado de <http://repositorio.ana.gob.pe/handle/ANA/210>
- Aurazo, M. (2004). Manual para análisis básicos de calidad de agua de bebida. Organización Panamericana de la Salud. Lima, 2004. Cap. 4.31-33. Recuperado de: [elaguapotable.com/manual%20analisis%20basicos%20CA.pdf](http://elaguapotable.com/manual%20analisis%20basicos%20CA.pdf)
- Avila, R. y León, O (2012). *Análisis de la calidad de agua para consume humano en el área urbana del distrito de Trujillo departamento de la Libertad* (Tesis de grado) Universidad Nacional de Trujillo, Lima, Perú. Recuperado de: <https://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/3420?show=full>
- Cacho, G. (2014). *Calidad de agua de consumo humano en la ciudad de Cajamarca, región Cajamarca – 2014*. (Tesis de grado). Universidad Nacional de Trujillo. Recuperado de: <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/4841>.
- Calderón, L. y Orellana, Y. (2015). Control de calidad de agua potable que se distribuye en los campus: Central, Hospitalidad, Balzay, Paraíso, Yununcay, y las Granjas de Irquis

- y Romeral pertenecientes a la Universidad de Cuenca, Ecuador (Tesis de pregrado). Universidad de Cuenca, Ecuador. Recuperado de: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/22285/1/Tesis.pdf>
- Carbajal, A. y González, M. (2012). *Propiedades y funciones biológicas del agua. Universidad Complutense de Madrid.* 3(1), 33-45. Recuperado de <https://www.ucm.es/data/cont/docs/458-2013-07-24-Carbajal-Gonzalez-2012-ISBN-978-84-00-09572-7.pdf>
- Casilla, S. (2014). *Evaluación de la calidad de agua en los diferentes puntos de descarga de la cuenca del río Suchez.* (Tesis de grado). Universidad Nacional del Altiplano. Puno-Perú. Recuperado de: [repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4546/Casilla\\_Quispe\\_Sergio.pdf?sequence=1](repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4546/Casilla_Quispe_Sergio.pdf?sequence=1)
- Cava, T. y Ramos, F. (2016). *Caracterización físico – química y microbiológica de agua para consumo humano de la localidad Las Juntas del distrito Pacora – Lambayeque, y propuesta de tratamiento.* (Tesis de grado). Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Recuperado de <http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/UNPRG/850>
- Chapman, D. (1996). *Water Quality Assessment. A guide to use of biota. Sediments and water in environmental monitoring.* 2 ed. London. UNESCO/WHO/UNEP 626 pp.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL] (2002). *Financiamiento e inversión para el desarrollo sostenible de América Latina y el Caribe: perspectivas regionales para instrumentar el Consenso de Monterrey y el Plan de Implementación de Johannesburgo.* Santiago de Chile. Recuperado de: [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/1567/S2003702\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/1567/S2003702_es.pdf)
- Cruz, W. (2018). *Caracterización fisicoquímica y microbiológica de agua para consume humano de la quebrada Mayro en el centro poblado de Puerto Mayro, distrito de Palcazu.* (Tesis de grado). Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. Cerro de Pasco, Perú. Recuperado de: <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/692>
- Custodio G. y Llamas, M. (1996). *Hidrología Subterránea. Segunda Edición.* Barcelona España: Ediciones Omega, S.A. Recuperado de: [https://www.academia.edu/41067940/Custodio\\_Llamas\\_Tomo](https://www.academia.edu/41067940/Custodio_Llamas_Tomo)
- Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, Perú. *Estándares de Calidad Ambiental (ECA) agua, 2017.* Recuperado de: <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/DS-004-2017-MINAM.pdf>

- García, L. (2018). *Diagnóstico y estudio de los usos potenciales del agua obtenida de los sistemas de captación en las zonas 24 y 25 municipio de Guatemala* (Tesis de grado). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Recuperado de: [www.repositorio.usac.edu.gt/10205/1/T-03529.pdf](http://www.repositorio.usac.edu.gt/10205/1/T-03529.pdf)
- Guimaraes, L. X. (2015). *Calidad del agua para consumo humano en poblaciones no abastecidas por EMAPACOP.S.A. de Nuevo Bolognesi y Víctor Manuel Maldonado Begazo a fin de generar cultura hídrica, distrito de Gallería, provincia de Coronel Portillo, departamento de Ucayali 2014*. (Tesis de grado). Universidad Nacional de Ucayali. Recuperado de <http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/2224/000002067T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Hernández, R.; Fernández, C. y Baptista, P. (2003). *Metodología de la investigación*, 3 edición. México D.F.: McGraw-Hill. 705 pp.
- Instituto Mexicano de Tecnología del Agua [IMTA], (2013). Congreso IMTA. México. Recuperado de: [https://www.imta.gob.mx/biblioteca/libros\\_html/congreso-imta-2013/files/assets/common/downloads/publication.pdf](https://www.imta.gob.mx/biblioteca/libros_html/congreso-imta-2013/files/assets/common/downloads/publication.pdf)
- Ley de Recursos Hídricos N° 29338. Diario Oficial El Peruano, Lima, Perú, 31 de marzo de 2009. pp. 3. Recuperado de: <https://leyes.congreso.gob.pe/Documentos/Leyes/29338.pdf>
- Ley General del Ambiente N° 28611. Diario Oficial El Peruano, Lima, Perú, 13 de octubre del 2005. Pp. 8. Recuperado de: [https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/monografias/ingenie/jacinto\\_sh/anex.pdf](https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/monografias/ingenie/jacinto_sh/anex.pdf)
- Marchand, E. (2002). *Microorganismos indicadores de la calidad de agua de consumo en Lima Metropolitana*. (Tesis de grado) Universidad Mayor de San Marcos. Lima-Perú. Recuperado de: [https://sisbib.unmsm.edu.pe/BibVirtualData/Tesis/Basic/Marchand\\_P\\_E/tesis\\_completo.pdf](https://sisbib.unmsm.edu.pe/BibVirtualData/Tesis/Basic/Marchand_P_E/tesis_completo.pdf)
- Manual de Análisis de Agua. (2000). Procedimientos Seleccionados del Manual de HACH sobre Análisis de Agua. Versión 3. Edición en inglés. Recuperado file:///C:/Users/ACER/Desktop/Water%20Analysis%20Manual-Spanish-Manual%20de%20Análisis%20de%20Agua.pdf
- Mendoza, M. (2018). *Evaluación fisicoquímica de la calidad del agua superficial en el centro poblado de Sacsamarca, región Ayacucho, Perú*. (Tesis de maestría). Pontificia

Universidad Católica del Perú. Recuperado de  
<http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/12256>

Metodología para la determinación del índice de calidad de agua ICA-PE, aplicado a los cuerpos de agua continentales superficiales. Resolución Jefatural N° 068-2018-ANA. Autoridad Nacional del Agua, Lima, Perú, 21 de febrero de 2018. pp. 7. Recuperado de: [https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/r.j.\\_068-2018-ana.pdf](https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/r.j._068-2018-ana.pdf)

Ministerio de Salud (2010). Reglamento de la calidad de agua para consumo humano. Lima, Lima-Perú. Recuperado de: [ww.digesa.minsa.gob.pe/publicaciones/descargas/Reglamento\\_Calidad\\_Agua.pdf](http://www.digesa.minsa.gob.pe/publicaciones/descargas/Reglamento_Calidad_Agua.pdf)

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2018). Norma Técnica de Diseño: opciones tecnológicas para sistemas de saneamiento en el ámbito rural. Recuperado de: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1743222/ANEXO%20RM%20192-2018-VIVIENDA%20B.pdf.pdf>

Norma Técnica Peruana. (2012). NTP 214.042:2012/COR. Calidad de agua. Clasificación de la Matriz Agua para Ensayos de Laboratorio. Recuperado <https://www.inacal.gob.pe/repositorioaps/data/1/1/1/jer/corrigendastecnicas/files/corrigendas/214.042.pdf>

Organización Mundial de la Salud [OMS] (2018). *Guías para la calidad del agua de consumo humano: cuarta edición que incorpora la primera adenda*. Recuperado de <https://apps.who.int/iris/handle/10665/272403>

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental [OEFA] (2015). *Instrumentos Básicos para la Fiscalización Ambiental*. Recuperado de [https://www.oefa.gob.pe/?wpfb\\_dl=13978](https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=13978)

Organización Mundial de la Salud [OMS] (2008). Guías para la instalación de sistemas de desinfección.

Organismo Panamericano de la Salud [OPS] (2003). Guía para la desinfección del agua para consumo en sistemas rurales de abastecimiento de agua por gravedad y bombeo.

- Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales. Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA. Autoridad Nacional del Agua, Lima, Perú, 11 de enero de 2016. pp. 53-55.
- Peña, F. (2012). Las aguas subterráneas en el Perú. (F. Peña Laureano ed.). *INGEMMET*, 15-23. Recuperado de: <https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/5/browse?type=subject&order=ASC&rpp=20&value=Aguas+subterráneas>
- Ramos, A. (2016). *Caracterización fisicoquímica y microbiológica de agua para consumo humano de la localidad las juntas del distrito de Pacora -Lambayeque y, propuesta de tratamiento* (Tesis de grado). Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, Perú.
- Rodríguez, Z. (2009). Parámetros fisicoquímicos de la dureza total del calcio y magnesio, pH, conductividad y temperatura de agua potable analizados en conjunto con las Asociaciones Administradoras del acueducto de cada distrito de Grecia, cantón de Alajuela. Noviembre 2008. Revista Universidad de Costa Rica. Vol.9. N 12-13, 2009. Recuperado de: <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/pensamiento-actual/article/view/2842>
- Ramos, F. (2006). *Análisis de la calidad de agua para consumo humano en el área urbana del puerto de San José, departamento de Escuintla* (Tesis de grado). Universidad de San Carlos de Guatemala. Recuperado de: [biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_1008\\_Q.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1008_Q.pdf)
- Reynolds, V. (2002). Manejo integrado de aguas subterráneas: un reto para el futuro. San José, Costa Rica. Editorial. Universidad estatal a distancia. Recuperado de: <https://es.scribd.com/document/359881442/Manejo-Integrado-de-Aguas-Subterraneas-Un-Reto-Para-El-Futuro>
- Robbins, P (2007). *Fecal Coliform Bacteria*. Thousand Oaks: SAGE Publications. Recuperado de: [https://www.academia.edu/15854911/Fecal\\_Coliform\\_Bacteria](https://www.academia.edu/15854911/Fecal_Coliform_Bacteria)
- Rock, C. y Rivera, R. (2014). *Calidad del Agua, E. coli y su salud*. Recuperado de: <https://extension.arizona.edu/sites/extension.arizona.edu/files/pubs/az1624s.pdf>
- Rodríguez, E., Gamboa, M., Hernández, F., y García, J. (2005). *Bacteriología general: Principios y prácticas de laboratorio*. Costa Rica: Editorial Universidad de Costa Rica. Recuperado de: [editorial.ucr.ac.cr/en/ciencias-naturales-y-exactas/item/1663-bacteriologia-general-principios-y-practicas-de-laboratorio-2a-ed.html](http://editorial.ucr.ac.cr/en/ciencias-naturales-y-exactas/item/1663-bacteriologia-general-principios-y-practicas-de-laboratorio-2a-ed.html)

- Rojas, L. F. (2018). *Caracterización Fisicoquímica y Bacteriológica de Agua de Consumo Humano del Centro Poblado de San Marcos, Distrito de Chontabamba, Provincia de Oxapampa – 2018. (Tesis de grado)*. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. Recuperado de [http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/412/1/T026\\_47762610\\_T.pdf](http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/412/1/T026_47762610_T.pdf)
- Sierra Bravo, R. (2003). Tesis doctorales y trabajos de investigación científica (Paraninfo S.A. ed.). Madrid-España. Recuperado de: <https://www.paraninfo.es/catalogo/9788497321389/tesis-doctorales-y-trabajos-de-investigacion-cientifica>
- Superintendencia Nacional de Servicio de Saneamiento [SUNASS] (s.f). *Guía sobre el Control de Calidad el Agua*. Recuperado de: [http://cidbimena.desastres.hn/docum/crid/CD\\_Agua/pdf/spa/doc14595/doc14595-contenido.pdf](http://cidbimena.desastres.hn/docum/crid/CD_Agua/pdf/spa/doc14595/doc14595-contenido.pdf)
- World Health Organization. (2011). *Guidelines for Drinking-water Quality*. Recuperado de [https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/44584/9789241548151\\_eng.pdf;jsessionid=6E2930176E9D27183FAD54CFC9F3D81D?sequence=1](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/44584/9789241548151_eng.pdf;jsessionid=6E2930176E9D27183FAD54CFC9F3D81D?sequence=1)
- Zhen, B. (2009). Índices de calidad del agua en la microcuenca de la quebrada Victoria, Guanacaste, Costa Rica (2007-2008). *UNED Research Journal / Cuadernos de Investigación UNED*, 2 (1), 45-61. Recuperado de <http://www.redalyc.org:9081/articulo.oa?id=515651985004>

## TERMINOLOGÍA

**Agua para consumo humano:** Utilizada para la ingesta, preparación de alimentos, higiene personal, lavado de utensilios, servicios sanitarios y otros menesteres domésticos; esta agua puede ser potable y no potable (Dirección General de Salud [DIGESA], 2015).

**Calidad bacteriológica del agua:** Características que constituyen a la protección de la salud de la población contra riesgos de origen bacteriano en el agua de consumo humano mediante proceso de desinfección (OMS, 2006).

**Coliformes:** Bacilos Gram negativos, este grupo incluye los géneros *Enterobacter*, *Citrobacter*, *Klebsiella*, y *Escherichia*, provenientes del ambiente o del contenido intestinal (Rodríguez, *et al.* 2005).

**Evaluación de la calidad de agua:** Proceso de valoración total de la naturaleza física, química y biológica del agua en relación con la calidad natural, a los efectos humanos y a los usos intencionales (Chapman, 1996).

**Indicadores de calidad:** Elementos, sustancias, indicadores y propiedades físicas, químicas y biológicas de interés para la determinación de la calidad del agua (ANA, 2016).

**Microorganismos:** Elementos patógenos que las podemos encontrar en las muestras de agua de consumo humano (Rodríguez, *et al.* 2005).

**Monitoreo de la calidad de agua:** Recolección actual de la información en un grupo de sitios y a intervalos regulares con el fin de proveer datos (DIGESA, 2015).

**Muestreo Ambiental:** Es la técnica de tomar muestras dentro de una población. (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental [OEFA], 2015).

**Parámetros:** diferentes indicadores de calidad de agua y contaminación, según su naturaleza o especificidad (DIGESA, 2015).

**Plan de muestreo:** Instrumento que permite la determinación de los pasos metodológicos para obtener la muestra (Superintendencia Nacional de Servicio de Saneamiento [SUNASS], 2017).





# ENSAYOS DE LABORATORIOS Y ASESORIAS PINTADO E.I.R.L

Calle Luis de la Fuente Usco M P10 10610 Distrito 26 de octubre - Pura  
E-mail: contacto@elapen.com

## INFORME DE ENSAYO N° 006-2021

|  |  |
|--|--|
| Solicitado por                               | PIERRE JOE DANCARGO BENTES RUKETA  |
| Dominio legal                                | JR AREQUIPA 804-DHULLONAS  |
| Producto                                     | Agua subterránea   |
| Forma de presentación                        | Frascos/ de plástico   |
| Cantidad de muestra                          | 3 unidades x 100 ml c/u  |
| Condición de la muestra                      | En buen estado, muestra(s) a temperatura de refrigeración  |
| Procedencia de la muestra                    | Muestra proporcionada por el solicitante   |
| Información proporcionada por el solicitante | Agua para uso y consumo humano (Subterránea)<br>Tarea "Evaluación fisicoquímica y microbiológica del agua consumida por la población y propuesta tendería a su reposo en Chivichana provincia de Moroyón - Pura"<br>Código: ZA-62<br>Hora de muestreo: 8:33<br>11-01-2021<br>11-01-2021<br>19-01-2021<br>101021-01 |

| Parámetros                           | Unidades   | Resultados | Especificaciones <sup>(a)</sup> |
|--------------------------------------|------------|------------|---------------------------------|
| <b>Ensayos microbiológicos</b>       |            |            |                                 |
| Coliformes totales                   | NMP/100ml  | <1.8       | <1.8                            |
| Coliformes termotolerantes o fecales | NMP/100ml  | <1.8       | <1.8                            |
| <b>Ensayos fisicoquímicos</b>        |            |            |                                 |
| Temperatura                          | °C         | 23.10      | -                               |
| pH                                   | Unid de pH | 6.90       | 6.5 a 8.5                       |
| Conductividad eléctrica              | µmhos/cm   | 850        | 1000                            |
| Dureza                               | mg/L       | 200.20     | 500                             |
| Cloruro                              | mg/L       | 50.70      | 250                             |
| Alcalinidad total                    | mg/L       | 89.10      | -                               |
| Calcio                               | mg/L       | 27.90      | -                               |
| Magnesio                             | mg/L       | 43.50      | -                               |
| Turbiedad                            | NTU        | 1.50       | 5                               |

(a) DS 001-2018 Reglamento de la calidad de agua para consumo humano

### MÉTODO DE ENSAYO:

|                            |  |
|----------------------------|--|
| Coliformes totales         | SMEW/APHA/AWWA-WEF Part 9221 B, 23rd Ed. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group<br>Standard Total Coliform Fermentation Technique                        |
| Coliformes termotolerantes | SMEW/APHA/AWWA-WEF Part 9221 E, 1, 23rd Ed. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group<br>Fecal Coliform Procedure, Thermotolerant Coliform Test (FC Medium) |
| Temperatura                | SMEW/APHA/AWWA-WEF Part 2320 B, 23rd Ed. Temperature: Laboratory and Field Methods   |
| pH                         | SMEW/APHA/AWWA-WEF Part 4500-H B, 23rd Ed. pH Value, Electrodeless Method  |
| Conductividad eléctrica    | SMEW/APHA/AWWA-WEF Part 2010 B, 23rd Ed. Conductivity, Laboratory Method   |
| Dureza                     | SMEW/APHA/AWWA-WEF Part 2340 C, 23rd Ed. Hardness, EDTA Titrimetric Method   |
| Cloruro                    | SMEW/APHA/AWWA-WEF Part 4500-Cl B, 23rd Ed. Chloride, Argentometric Method   |
| Alcalinidad                | SMEW/APHA/AWWA-WEF Part 2320 B, 23rd Ed. Alkalinity, Titration Method  |
| Calcio                     | Colorimetric: Kit de ensayo Spectrophot  |
| Magnesio                   | Colorimetric: Kit de ensayo Spectrophot  |
| Turbiedad                  | SMEW/APHA/AWWA-WEF Part 2150 B, 23rd Ed. Turbidity, Nephelometric Method   |

Pura, 19 de enero del 2021



Nombre de usuario: **PIERRE JOE DANCARGO BENTES RUKETA**  
 Dpto: **AREQUIPA**  
 Oficina: **AREQUIPA**  
 E-mail: **contacto@elapen.com**



### ENSAYOS DE LABORATORIOS Y ASESORIAS PINTADO E.I.R.L.

Calle Luis de la Puente Uceda Mz P10 lote15. Distrito 26 de octubre - Puno  
E-mail: contacto@lapaperu.com

Página 1 de 1

#### INFORME DE ENSAYO N° 007-2021

|   |  |
|---|--|
| Solicitado por<br>Demanda legal<br>Producto<br>Forma de presentación<br>Cantidad de muestra<br>Condición de la muestra<br>Procedencia de la muestra<br>Información proporcionada por el solicitante<br>Fecha de recepción<br>Fecha de inicio de ensayo<br>Fecha de término de ensayo<br>Código ELAP | PIERRE JOE GANCARLO BOWTES RUESTA<br>JR. AREQUIPA PASA CHULUCANES<br>Agua subterránea<br>Fiecaso de plástico<br>2 unidades x 500 ml c/v<br>En buen estado, muestra(s) a temperatura de refrigeración<br>Muestra proporcionada por el solicitante<br>Agua para uso y consumo humano (Subterránea)<br>Tesis "Evaluación fisicoquímica y microbiológica del agua consumida por la población y propuesta tendiente a su mejora en Chulucanas provincia de Morayón - Puno"<br>Código: PC-01<br>Hora de muestreo: 8:45<br>11-01-2021<br>11-01-2021<br>19-01-2021<br>11021-01 |
|---|--|

| Parámetros                           | Unidades     | Resultados | Especificaciones <sup>(a)</sup> |
|--------------------------------------|--------------|------------|---------------------------------|
| <b>Ensayos microbiológicos</b>       |              |            |                                 |
| Coliformes totales                   | NMP/100ml    | <1.8       | <1.8                            |
| Coliformes termotolerantes o fecales | MMP/100ml    | <1.8       | <1.8                            |
| <b>Ensayos fisicoquímicos</b>        |              |            |                                 |
| Temperatura                          | °C           | 24.50      | -                               |
| pH                                   | Unidad de pH | 7.30       | 6.5 a 8.5                       |
| Conductividad eléctrica              | µmhos/cm     | 825        | 1500                            |
| Dureza                               | mg/L         | 170.50     | 500                             |
| Cloruro                              | mg/L         | 32.40      | 250                             |
| Alcalinidad total                    | mg/L         | 60.90      | -                               |
| Calcio                               | mg/L         | 32.90      | -                               |
| Magnesio                             | mg/L         | 31.70      | -                               |
| Turbiedad                            | NTU          | 2.70       | 5                               |

(a) DS 021-2017, Reglamento de la calidad de agua para consumo humano.

#### METODO DE ENSAYO

|                                      |  |
|--------------------------------------|--|
| Coliformes totales                   | SMEWW/APHA-AWWA-WEF Part 9221 B, 23rd Ed. - Multiple Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group; Standard Total Coliform Fermentation Technique                     |
| Coliformes termotolerantes o fecales | SMEWW/APHA-AWWA-WEF Part 9221 E.1, 23rd Ed. Multiple Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group; Petal Coliform Procedure, Thermotolerant Coliform Test (TC Method) |
| Temperatura                          | SMEWW/APHA-AWWA-WEF Part 2531 B, 23rd Ed. Temperature: Laboratory and Field Methods  |
| pH                                   | SMEWW/APHA-AWWA-WEF Part 4504-H B, 23rd Ed. pH Value: Electrode Method   |
| Conductividad eléctrica              | SMEWW/APHA-AWWA-WEF Part 2510 B, 23rd Ed. Conductivity: Laboratory Method  |
| Dureza                               | SMEWW/APHA-AWWA-WEF Part 2340 C, 23rd Ed. Hardness: EDTA Titrimetric Method  |
| Cloruro                              | SMEWW/APHA-AWWA-WEF Part 4500-Cl B, 23rd Ed. Chloride: Argentometric Method  |
| Alcalinidad                          | SMEWW/APHA-AWWA-WEF Part 2520 B, 23rd Ed. Alkalinity: Titration Method   |
| Calcio                               | Columbium: Kit de ensayo Spectroquímico  |
| Magnesio                             | Columbium: Kit de ensayo Spectroquímico  |
| Turbiedad                            | SMEWW/APHA-AWWA-WEF Part 2130 B, 23rd Ed. Turbidity: Nephelometric Method  |

Puno, 19 de enero del 2021



**PIERRE JOE GANCARLO BOWTES RUESTA**  
 Ingeniero Químico  
 de Agente Registrado para la Actividad de Agente Registrado  
 No. 14349



### ENSAYOS DE LABORATORIOS Y ASESORIAS PINTADO E.I.R.L.

Calle Luis de la Puente Licoles N° 110 lote 15, Distrito 26 de octubre - Puno  
E-mail: contacto@pintado.com

Página 1 de 1

#### INFORME DE ENSAYO N° 008-2021

|  |  |
|--|--|
| Solicitado por                               | PERRE JOE GIMCARLO RENTES RUEDA  |
| Dominio legal                                | JR. ARECQUIPA 8004-CHAUCABAMBA   |
| Producto                                     | Agua subterránea   |
| Forma de presentación                        | Frescos (de plástico)  |
| Cantidad de muestra                          | 2 unidades x 500 ml c/u  |
| Condición de la muestra                      | En buen estado (muestra) a temperatura de refrigeración.   |
| Procedencia de la muestra                    | Muestra proporcionada por el solicitante   |
| Información proporcionada por el solicitante | Agua para uso y consumo humano (Subterránea)<br>Tasa "Evaluación bacteriológica y microbiológica del agua consumida por la población y propuesta también a su región en Chulucanas provincia de Morayón - Puno"<br>Codigo: PG-02<br>Hora de muestreo: 8:55 |
| Fecha de recepción                           | 11-01-2021   |
| Fecha de inicio del ensayo                   | 11-01-2021   |
| Fecha de término de ensayo                   | 18-01-2021   |
| Código ELAP                                  | 110121-01  |

| Parámetros                           | Unidades     | Resultados | Especificaciones <sup>10</sup> |
|--------------------------------------|--------------|------------|--------------------------------|
| <b>Ensayos microbiológicos</b>       |              |            |                                |
| Coliformes totales                   | NMP/100ml    | <1.8       | <1.8                           |
| Coliformes termotolerantes o fecales | NMP/100ml    | <1.8       | <1.8                           |
| <b>Ensayos fisicoquímicos</b>        |              |            |                                |
| Temperatura                          | °C           | 24.40      | -                              |
| pH                                   | Unidad de pH | 7.40       | 6.5 a 8.5                      |
| Conductividad eléctrica              | µmhos/cm     | 425        | 1500                           |
| Dureza                               | mg/L         | 140.10     | 300                            |
| Cloruro                              | mg/L         | 24.00      | 250                            |
| Alcalinidad total                    | mg/L         | 90.20      | -                              |
| Calcio                               | mg/L         | 18.10      | -                              |
| Magnesio                             | mg/L         | 29.20      | -                              |
| Turbiedad                            | NTU          | 2.00       | 5                              |

10: DS 001-2010: Reglamento de la calidad de agua para consumo humano

#### MÉTODO DE ENSAYO:

Coliformes totales

Coliformes termotolerantes

Temperatura

pH

Conductividad eléctrica

Dureza

Cloruro

Alcalinidad

Calcio

Magnesio

Turbiedad

SM 9000 APHA-AWWA-WEF Part 9221 B, 22nd Ed. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group  
Standard Total Coliform Fermentation Technique  
SM 9000 APHA-AWWA-WEF Part 9221 E, 23rd Ed. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group  
Fecal Coliform Procedure, Thermotolerant Coliform Test (5C Method)  
SM 9000 APHA-AWWA-WEF Part 2300 B, 23rd Ed. Temperature Laboratory and Field Methods  
SM 9000 APHA-AWWA-WEF Part 1800 W, 23rd Ed. pH Value Spectrometric Method  
SM 9000 APHA-AWWA-WEF Part 2510 B, 23rd Ed. Conductivity Laboratory Method  
SM 9000 APHA-AWWA-WEF Part 2340 C, 23rd Ed. Hardness EDTA Titrimetric Method  
SM 9000 APHA-AWWA-WEF Part 4500 Cl B, 23rd Ed. Chloride Argentometric Method  
SM 9000 APHA-AWWA-WEF Part 2320 B, 23rd Ed. Alkalinity Titration Method  
Colimetrías: Método de ensayo Spectrofotométrico  
Colimetrías: Método de ensayo Spectrofotométrico  
SM 9000 APHA-AWWA-WEF Part 2100 B, 23rd Ed. Turbidity Nephelometric Method

Puno, 18 de enero del 2021



INFORME DE LABORATORIO Y ASESORIAS PINTADO E.I.R.L.  
  
 Ing. Jhonatan Alejandro Pantoja Colchagua  
 INGENIERO TECNICO  
 Lic. 114318



# ENSAYOS DE LABORATORIOS Y ASESORIAS PINTADO E.I.R.L.

Calle Luis de la Puente López Mz P10 lote 13, Distrito 26 de octubre - Puno  
E-mail: contacto@elapperu.com

Página 1 de 1

## INFORME DE ENSAYO N° 009-2021

|  |  |
|--|--|
| Solicitado por                               | PIERRE JOE GIANCARLO BENTES RUEDA  |
| Domicilio legal                              | JR. ARQUILLA 404-CHALUCARAN  |
| Producto                                     | Agua subterránea   |
| Forma de presentación                        | Frasco de vidrio   |
| Cantidad de muestra                          | 2 unidades x 500 ml c/u  |
| Condición de la muestra                      | En buen estado - muestra(s) a temperatura de refrigeración   |
| Procedencia de la muestra                    | Muestra proporcionada por el solicitante   |
| Información proporcionada por el solicitante | Agua para uso y consumo humano (Subterránea)<br>Tarea "Evaluación físico-química y microbiológica del agua consumida por la población y asociada también a su región en Chucabaca provincia de Morisson - Puno"<br>Código: Z6-01<br>Hora de muestreo: 9:00 |
| Fecha de recepción                           | 11-01-2021   |
| Fecha de inicio de ensayo                    | 11-01-2021   |
| Fecha de término de ensayo                   | 19-01-2021   |
| Código ELAP                                  | 110/21-01  |

| Parámetros                           | Unidades   | Resultados | Especificaciones <sup>(a)</sup> |
|--------------------------------------|------------|------------|---------------------------------|
| <b>Ensayos microbiológicos</b>       |            |            |                                 |
| Coliformes totales                   | NMP/100ml  | <1.8       | <1.8                            |
| Coliformes termotolerantes o fecales | NMP/100ml  | <1.8       | <1.8                            |
| <b>Ensayos fisicoquímicos</b>        |            |            |                                 |
| Temperatura                          | °C         | 23.30      | -                               |
| pH                                   | Unid de pH | 7.00       | 6.5 a 8.5                       |
| Conductividad eléctrica              | µmhos/cm   | 814        | 1500                            |
| Dureza                               | mg/L       | 110.80     | 500                             |
| Cloruro                              | mg/L       | 32.30      | 250                             |
| Alcalinidad total                    | mg/L       | 66.70      | -                               |
| Calcio                               | mg/L       | 28.10      | -                               |
| Magnesio                             | mg/L       | 32.90      | -                               |
| Turbiedad                            | NTU        | 1.90       | 5                               |

(a) DS 001-2010: Reglamento de la calidad de agua para consumo humano.

### MÉTODO DE ENSAYO

|                            |   |
|----------------------------|---|
| Coliformes totales         | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 B, 23rd Ed. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group    |
| Coliformes termotolerantes | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E, 1, 23rd Ed. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group |
| Temperatura                | Fecal Coliform Procedure, Thermotolerant Coliform Test (TC Medium)  |
| pH                         | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2510 B, 23rd Ed. Temperature Laboratory and Field Methods                                  |
| Conductividad eléctrica    | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 23rd Ed. pH Value - Electrodeless Method  |
| Dureza                     | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 C, 23rd Ed. Hardness, EDTA Titrimetric Method   |
| Cloruro                    | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-C B, 23rd Ed. Chloride, Argentometric Method  |
| Alcalinidad                | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2505 B, 23rd Ed. Alkalinity, Titration Method  |
| Calcio                     | Colorimetric: Kits de ensayo Spectroquímico   |
| Magnesio                   | Colorimétrico: Kits de ensayo Spectroquímico  |
| Turbiedad                  | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2150 B, 23rd Ed. Turbidity, Nephelometric Method   |

Puno, 19 de enero del 2021



**LABORATORIO DE ENSAYOS Y ASESORIAS PINTADO E.I.R.L.**  
 Av. República Argentina Puno, Tulumayo  
 2001000110010  
 C.R. 114118



# ENSAYOS DE LABORATORIOS Y ASESORIAS PINTADO E.I.R.L.

Calle Luis de la Puente Usada No 170 km 15, Distrito 26 de octubre - Puno  
E-mail: contacto@elapen.com

Página 1 de 1

## INFORME DE ENSAYO N° 010-2021

|  |  |
|--|--|
| <b>Solicitado por:</b><br>Demanda legal  | <b>PIERRE JOE GIMCARLO BENTIN RUISTA</b><br>JR. AREQUIPA 804 CHUSUCAMAS  |
| <b>Producto:</b><br>Forma de presentación:<br>Cantidad de muestra:<br>Condición de la muestra:<br>Procedencia de la muestra:<br>Instrucción proporcionada por el solicitante | Aguas subterráneas<br>Frascos de vidrio<br>2 unidades x 500 ml c/u<br>En buen estado, muestra(s) a temperatura de refrigeración<br>Muestra proporcionada por el adquirente<br>Agua para uso y consumo humano (Subterránea)<br>Tesis "Evaluación fisicoquímica y microbiológica del agua consumida por la población y propuesta de aporte a su red en Chusucamas provincia de Morcón - Puno"<br>Código: 28-02<br>Hora de muestreo: 9:30 |
| <b>Fecha de recepción:</b><br>Fecha de inicio del ensayo:<br>Fecha de término de ensayo:<br>Código ELAP  | 15-01-2021<br>15-01-2021<br>16-01-2021<br>170121-01  |

| Parámetro                            | Unidades     | Resultado | Especificaciones <sup>(1)</sup> |
|--------------------------------------|--------------|-----------|---------------------------------|
| <b>Ensayos microbiológicos</b>       |              |           |                                 |
| Coliformes totales                   | NMP/100ml    | <1 B      | <1 B                            |
| Coliformes termotolerantes o fecales | NMP/100ml    | <1 B      | <1 B                            |
| <b>Ensayos fisicoquímicos</b>        |              |           |                                 |
| Temperatura                          | °C           | 24.00     | -                               |
| pH                                   | Unidad de pH | 7.70      | 6.5 a 8.5                       |
| Conductividad eléctrica              | µmhos/cm     | 335       | 1500                            |
| Dureza                               | mg/L         | 120.70    | 500                             |
| Cloruros                             | mg/L         | 32.70     | 250                             |
| Alcalinidad total                    | mg/L         | 62.90     | -                               |
| Calcio                               | mg/L         | 20.60     | -                               |
| Magnesio                             | mg/L         | 31.30     | -                               |
| Turbiedad                            | NTU          | 1.55      | 5                               |

(1) IS 1511-2015: Reglamento de la calidad de agua para consumo humano.

### METODO DE ENSAYO

|                            |   |
|----------------------------|---|
| Coliformes totales         | SMEWA/AFHA-AWWA-WEF Part 921 B, 23rd Ed. Multiple Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group |
| Coliformes termotolerantes | SMEWA/AFHA-AWWA-WEF Part 921 B, 23rd Ed. Multiple Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group |
| Temperatura                | SMEWA/AFHA-AWWA-WEF Part 2100 B, 23rd Ed. Temperature, Laboratory and Field Methods                             |
| pH                         | SMEWA/AFHA-AWWA-WEF Part 450 H-8, 23rd Ed. pH Value, Electronic Method  |
| Conductividad eléctrica    | SMEWA/AFHA-AWWA-WEF Part 2110 B, 23rd Ed. Conductivity, Laboratory Method                                       |
| Dureza                     | SMEWA/AFHA-AWWA-WEF Part 2160 C, 23rd Ed. Hardness, EDTA Titrimetric Method                                     |
| Cloruros                   | SMEWA/AFHA-AWWA-WEF Part 4500-C-8, 23rd Ed. Chloride, Argentometric Method                                      |
| Alcalinidad                | SMEWA/AFHA-AWWA-WEF Part 2500 B, 23rd Ed. Alkalinity, Titrimetric Method  |
| Calcio                     | Colorimetric. Método de ensayo Spectrofotométrico   |
| Magnesio                   | Colorimétrico. Método de ensayo Spectrofotométrico  |
| Turbiedad                  | SMEWA/AFHA-AWWA-WEF Part 2150 B, 23rd Ed. Turbidity, Nephelometric Method                                       |

Fecha: 15 de enero del 2021



**PIERRE JOE GIMCARLO BENTIN RUISTA**  
 Director General  
 Puno, 15 de enero del 2021

## INFORME DE ENSAYO N°: IE-20-6942

### I. DATOS DEL SERVICIO

|                                |   |
|--------------------------------|---|
| 1.-RAZON SOCIAL                | PIERRE JOE GIANCARLO BENITES RUESTA   |
| 2.-DIRECCIÓN                   | JR. AREQUIPA #404 - PIURA   |
| 3.-PROYECTO                    | EVALUACIÓN FÍSICO-QUÍMICA Y MICROBIÓLOGA DEL AGUA CONSUMIDA POR LA POBLACIÓN Y PROPUESTA TENDIENTE A SU MEJORA, EN CHILUCANAS PROVINCIA DE MORROPÓN-PIURA |
| 4.-PROCEDENCIA                 | CHILUCANAS  |
| 5.-SOLICITANTE                 | PIERRE JOE GIANCARLO BENITES RUESTA   |
| 6.-ORDEN DE SERVICIO N°        | OS-20-2294  |
| 7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO   | P-OPE-1 MUESTREO  |
| 8.-MUESTREO POR                | ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L.  |
| 9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME | 2020-11-23  |

### II. DATOS DE ITEMS DE ENSAYO

|                               |                          |
|-------------------------------|--------------------------|
| 1.-PRODUCTO                   | Agua                     |
| 2.-NÚMERO DE MUESTRAS         | 3                        |
| 3.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA | 2020-11-14               |
| 4.-PERÍODO DE ENSAYO          | 2020-11-14 al 2020-11-23 |

  
Lindsay Sotry Noe Cruz  
Supervisor



Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados.  
No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R.L.  
Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

**INFORME DE ENSAYO N°: IE-20-6942**

**III. MÉTODOS Y REFERENCIAS**

| TIPO DE ENSAYO  | NORMAL REFERENCIA                                  | TÍTULO   |
|---|--|--|
| Alcalinidad Total <sup>1)</sup>                               | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2320 B, 23 rd Ed. 2017    | Alkalinity, Titration Method   |
| Cloruro <sup>1)</sup>   | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-Cl-B, 23 rd Ed. 2017 | Mercuric, Argentometric Method   |
| Coliforms Total (SFC/100mL) <sup>1)</sup>                     | SMEWW 9222 B, 23 rd Ed. 2017                       | Membrane Filter Technique for Members of the Coliform Group, Standard Total Coliform Membrane Filter Procedure using Extra Media |
| Coliforms Fecales (Termotolerantes) (SFC/100mL) <sup>1)</sup> | SMEWW 9222 D, 23 rd Ed. 2017                       | Membrane Filter Technique for Members of the Coliform Group, Thermotolerant (Fecal) Coliform Membrane Filter Procedure           |
| Conductividad <sup>1)</sup>                                   | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2510 B 23rd Ed. 2017      | Conductivity, Laboratory Method  |
| Dureza Total <sup>1)</sup>                                    | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2340-C, 23 rd Ed. 2017    | Hartness, EDTA Tometric Method   |
| Metales Traces <sup>1)</sup>                                  | EPA Method 200.7 Rev.4 1994                        | Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry        |
| pH <sup>1)</sup>  | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 23 rd Ed. 2017 | pH Value Electrode Method  |
| Temperatura <sup>1)</sup>                                     | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2520 B, 23rd Ed. 2017     | Salinity, Electrical Conductivity Method   |
| Turbidez <sup>1)</sup>  | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2130 B 23rd Ed. 2017      | Turbidity, Nephelometric Method  |

<sup>1)</sup>EPA - U. S. Environmental Protection Agency, Methods for Chemicals Analysis

<sup>2)</sup>SMEWW - Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

<sup>3)</sup> Los resultados obtenidos corresponden a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA.

<sup>4)</sup> Ensayo acreditado por el IAS

<sup>5)</sup> El Ensayo indicado no ha sido acreditado

**INFORME DE ENSAYO N.º: IE-20-6942**

**IV. RESULTADOS**

| ITEM  | 1                              | 2                              | 3                              |            |          |          |
|---|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------|----------|----------|
| CÓDIGO DE LABORATORIO   | M-20-22842                     | M-20-22843                     | M-20-22844                     |            |          |          |
| CÓDIGO DEL CUENTE   | CAF-SOPT-JAGS-SP               | SBST / JAGS-LV                 | SBST / JAGS-HP                 |            |          |          |
| COORDENADAS   | E 9809958                      | E 0882533                      | E 0588873                      |            |          |          |
| UTM WGS 84  | N 9403976                      | N 9403932                      | N 9403469                      |            |          |          |
| PRODUCTO  | Agua para Uso y Consumo Humano | Agua para Uso y Consumo Humano | Agua para Uso y Consumo Humano |            |          |          |
| SUB PRODUCTO  | Bebida (Agua Potable)          | Bebida (Agua Potable)          | Bebida (Agua Potable)          |            |          |          |
| INSTRUCTIVO DE MUESTREO   | NO APLICA                      |                                |                                |            |          |          |
| FECHA y HORA DE MUESTREO  | 13-11-2020<br>08:45            | 13-11-2020<br>11:29            | 13-11-2020<br>12:15            |            |          |          |
| ENSAYO  | UNIDAD                         | L.D.M.                         | L.C.M.                         | RESULTADOS |          |          |
| Alcalinidad Total (*)   | mg CaCO <sub>3</sub> /L        | 2                              | 5                              | 129        | 378      | 290      |
| Cloruro (*)   | mg Cl <sup>-</sup> /L          | 2.0                            | 0.3                            | 22.7       | 67.7     | 846.4    |
| Calcio Total <sup>†</sup><br>(UPC/100mL <sup>‡</sup> )                    | UPC/100mL                      | NA                             | 1.0                            | 80.0       | <1.0     | <1.0     |
| Calcio Total <sup>†</sup><br>(Terminaciones)<br>(UPC/100mL <sup>‡</sup> ) | UPC/100mL                      | NA                             | 1.0                            | 80.0       | <1.0     | <1.0     |
| Conductividad (*)   | µS/cm                          | NA                             | 0.01                           | 381.00     | 1 064.00 | 3 770.00 |
| Dureza Total (*)  | mg CaCO <sub>3</sub> /L        | 2                              | 5                              | 87         | 253      | 409      |
| pH (**)   | Unidad de pH                   | NA                             | 0.01                           | 7.79       | 8.99     | 7.32     |
| Temperatura (**)  | °C                             | NA                             | 0.1                            | 20.3       | 20.4     | 20.3     |
| Turbidez (*)  | NTU                            | NA                             | 0.01                           | 0.25       | 0.25     | 0.20     |
| <b>Metas Totales †</b>  |                                |                                |                                |            |          |          |
| Aluminio  | mg/L                           | 0.025                          | 0.025                          | <0.005     | <0.005   | <0.005   |
| Antimonio   | mg/L                           | 0.002                          | 0.008                          | <0.002     | <0.002   | <0.002   |
| Arsénico  | mg/L                           | 0.002                          | 0.008                          | <0.002     | <0.002   | <0.002   |
| Bario   | mg/L                           | 0.002                          | 0.010                          | 0.1308     | 0.1432   | 0.5952   |
| Berilio   | mg/L                           | 0.002                          | 0.010                          | <0.0003    | <0.0003  | <0.0003  |
| Bismuto   | mg/L                           | 0.009                          | 0.030                          | <0.009     | <0.009   | <0.009   |
| Cromo   | mg/L                           | 0.002                          | 0.008                          | 0.005      | 0.137    | 0.308    |
| Cadmio  | mg/L                           | 0.001                          | 0.004                          | <0.0001    | <0.0001  | <0.0001  |

(†) Los resultados obtenidos corresponden a metales que han sido acreditados por el INACAL - DA  
(\*\*) El ensayo realizado no ha sido acreditado

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "n/a" Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "n/a" Menor que el L.D.M.

NA: No Aplica

**INFORME DE ENSAYO N°: IE-20-6942**

| ITEM                      | 1                              | 2                              | 3                              |            |         |         |
|---------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------|---------|---------|
| CÓDIGO DE LABORATORIO:    | M-20-22842                     | M-20-22843                     | M-20-22844                     |            |         |         |
| CÓDIGO DEL CLIENTE:       | CAP,SGPT,JA53-SP               | 8887 / JA53-LV                 | 8887 / JA53-HP                 |            |         |         |
| COORDENADAS:              | E:0698353                      | E:0692533                      | E:0566573                      |            |         |         |
| UTM WGS 84:               | N:9428970                      | N:9440502                      | N:9432460                      |            |         |         |
| PRODUCTO:                 | Agua para Uso y Consumo Humano | Agua para Uso y Consumo Humano | Agua para Uso y Consumo Humano |            |         |         |
| SUB PRODUCTO:             | Bebida (Agua Potable)          | Bebida (Agua Potable)          | Bebida (Agua Potable)          |            |         |         |
| INSTRUCTIVO DE MUESTREO:  |                                | NO APLICA                      |                                |            |         |         |
| FECHA y HORA DE MUESTREO: | 13-11-2020<br>08:45            | 13-11-2020<br>11:30            | 13-11-2020<br>12:15            |            |         |         |
| ENSAYO                    | UNIDAD                         | L.D.M.                         | L.C.M.                         | RESULTADOS |         |         |
| Calcio                    | mg/L                           | 0.002                          | 0.006                          | 03.388     | 226.358 | 271.157 |
| Cadmio                    | mg/L                           | 0.02                           | 0.07                           | <0.02      | <0.02   | <0.02   |
| Cobalto                   | mg/L                           | 0.002                          | 0.007                          | <0.002     | <0.002  | <0.002  |
| Cobre                     | mg/L                           | 0.0009                         | 0.0019                         | <0.0009    | <0.0009 | <0.0009 |
| Cromo                     | mg/L                           | 0.0002                         | 0.0008                         | <0.0002    | <0.0002 | <0.0002 |
| Estaño                    | mg/L                           | 0.001                          | 0.003                          | <0.001     | <0.001  | <0.001  |
| Estroncio                 | mg/L                           | 0.00094                        | 0.00010                        | 0.38038    | 1.12070 | 1.81700 |
| Fosforo                   | mg/L                           | 0.01                           | 0.04                           | <0.01      | <0.01   | <0.01   |
| Hierro                    | mg/L                           | 0.001                          | 0.004                          | 0.021      | 0.019   | 0.019   |
| Litio                     | mg/L                           | 0.0003                         | 0.0009                         | <0.0003    | <0.0003 | 0.0004  |
| Aluminio                  | mg/L                           | 0.005                          | 0.020                          | 11.807     | 23.484  | 41.044  |
| Manganeso                 | mg/L                           | 0.0001                         | 0.0002                         | <0.0001    | <0.0001 | <0.0001 |
| Mercurio                  | mg/L                           | 0.001                          | 0.004                          | <0.001     | <0.001  | <0.001  |
| Molibdeno                 | mg/L                           | 0.0006                         | 0.0020                         | <0.0006    | <0.0006 | <0.0006 |
| Níquel                    | mg/L                           | 0.0003                         | 0.0010                         | <0.0003    | <0.0003 | <0.0003 |
| Plata                     | mg/L                           | 0.002                          | 0.007                          | <0.002     | <0.002  | <0.002  |
| Plomo                     | mg/L                           | 0.002                          | 0.008                          | <0.002     | <0.002  | <0.002  |
| Potasio                   | mg/L                           | 0.04                           | 0.10                           | 3.86       | 1.13    | 8.08    |

L.C.M.: Límite de cuantificación del método. (\*) Mayor que el L.C.M.  
L.D.M.: Límite de detección del método. (\*) Mayor que el L.D.M.  
/ / No ensayado  
NA: No Aplica

**INFORME DE ENSAYO N°: IE-20-6942**

| ITEM                      | 1                              | 2                              | 3                              |            |         |           |
|---------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------|---------|-----------|
| CÓDIGO DE LABORATORIO     | M-20-22842                     | M-20-22842                     | M-20-22844                     |            |         |           |
| CÓDIGO DEL CLIENTE        | CAP-SOPT-JASS-SP               | SBST / JASS-LV                 | SBST / JASS-HP                 |            |         |           |
| COORDENADAS               | E 0509359                      | E 0509533                      | E 0509573                      |            |         |           |
| UTM WGS 84                | N 9438870                      | N 9440022                      | N 9432469                      |            |         |           |
| PRODUCTO                  | Agua para Uso y Consumo Humano | Agua para Uso y Consumo Humano | Agua para Uso y Consumo Humano |            |         |           |
| SUB PRODUCTO              | Bebida (Agua Potable)          | Bebida (Agua Potable)          | Bebida (Agua Potable)          |            |         |           |
| INSTRUCTIVO DE MUESTREO   |                                | NO APLICA                      |                                |            |         |           |
| FECHA y HORA DE MUESTREO: | 13-11-2020<br>08:45            | 13-11-2020<br>11:20            | 13-11-2020<br>12:15            |            |         |           |
| ENSAYO                    | UMIDAD                         | L.D.M.                         | L.C.M.                         | RESULTADOS |         |           |
| Selenio                   | mg/L                           | 0.001                          | 0.005                          | <0.001     |         | <0.001    |
| Silicio                   | mg/L                           | 0.001                          | 0.004                          | 29.622     | 68.866  | 45.726    |
| Sodio                     | mg/L                           | 0.004                          | 0.010                          | 81.089     | 296.990 | 1 360.990 |
| Talio                     | mg/L                           | 0.0003                         | 0.0010                         | <0.0003    | <0.0003 | <0.0003   |
| Tierras                   | mg/L                           | 0.0007                         | 0.0020                         | <0.0007    | <0.0007 | <0.0007   |
| Uranio                    | mg/L                           | 0.01                           | 0.02                           | <0.01      | <0.01   | <0.01     |
| Vanadio                   | mg/L                           | 0.0002                         | 0.0007                         | <0.0002    | 0.0008  | <0.0003   |
| Zinc                      | mg/L                           | 0.0001                         | 0.0004                         | 0.0026     | 0.0083  | 0.0503    |

L.C.M.: Límite de cuantificación del método. "<" Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método. ">" Mayor que el L.D.M.

NA: No ensayado

NA: No Aplica

**"FIN DE DOCUMENTO"**

Apéndice 2: Zonas donde se obtuvo las muestras de agua.



*Fuente.* Elaboración propia.

Apéndice 3. Cooler para conservación de la muestra



*Fuente:* Elaboración propia.

Apéndice 4. Toma de muestra de agua Pozo Las Viñas



Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia.

Apéndice 5. Toma de muestra de agua pozo-Huapalas



*Fuente:* Elaboración propia.



*Fuente:* Elaboración propia.

Apéndice 6. Toma de muestra de agua Zona alta y baja de Chulucanas



Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia.

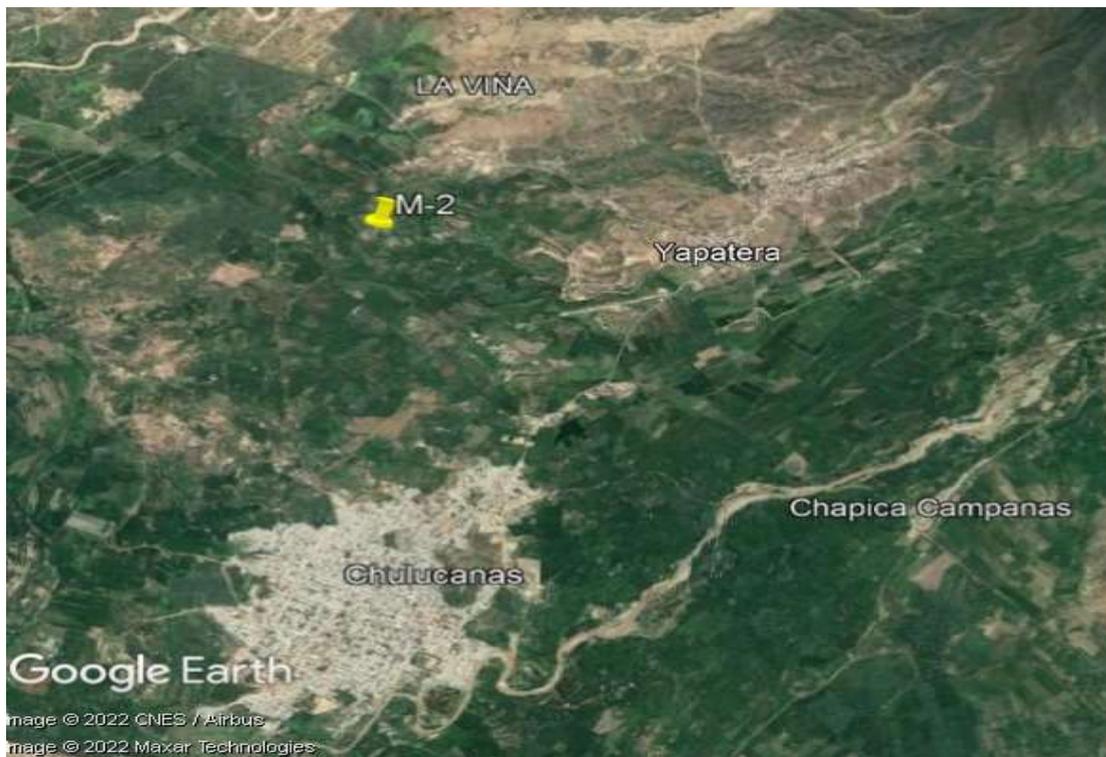


*Fuente:* Elaboración propia.

Apéndice 7. Mapa de ubicación de los puntos de muestreo según sus coordenadas



Fuente: Elaboración propia en base al programa Google Earth.



Fuente: Elaboración propia en base al programa Google Earth.



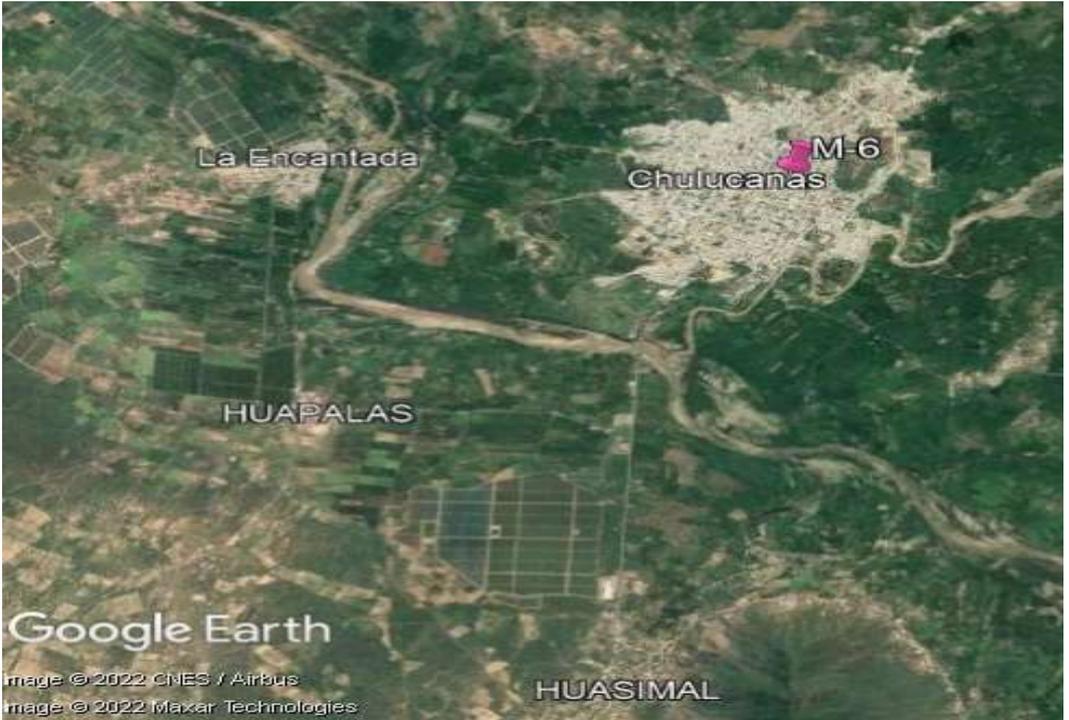
Fuente: Elaboración propia en base al programa Google Earth



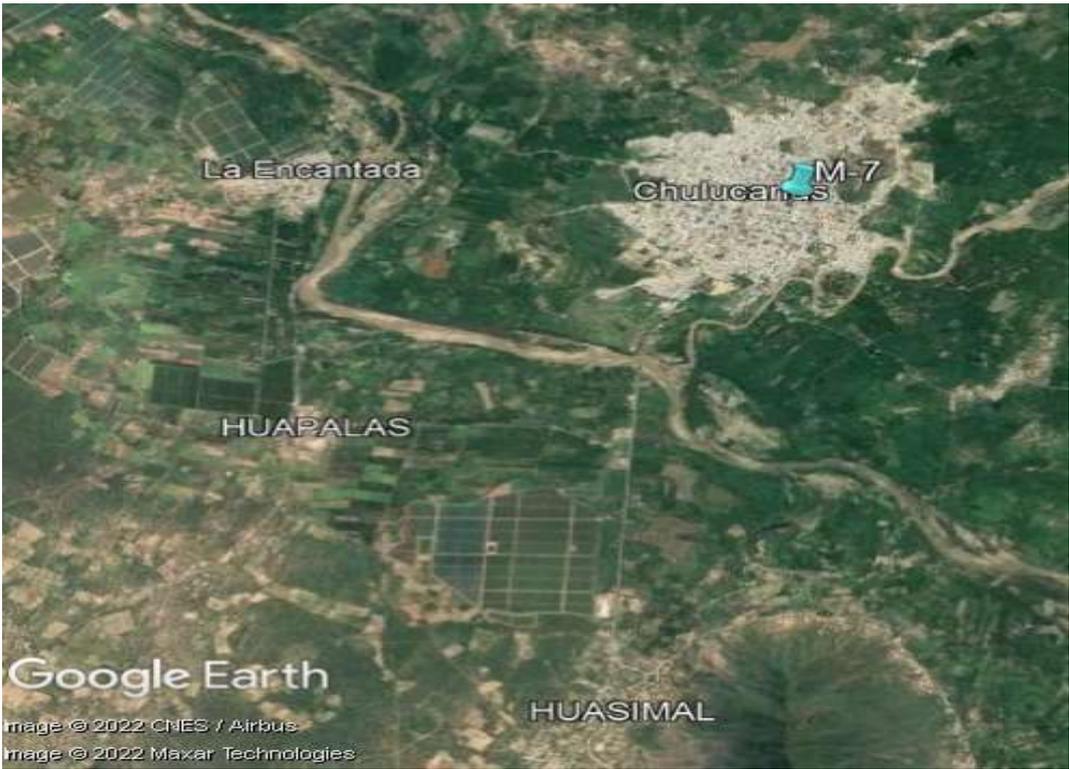
Fuente: Elaboración propia en base al programa Google Earth.



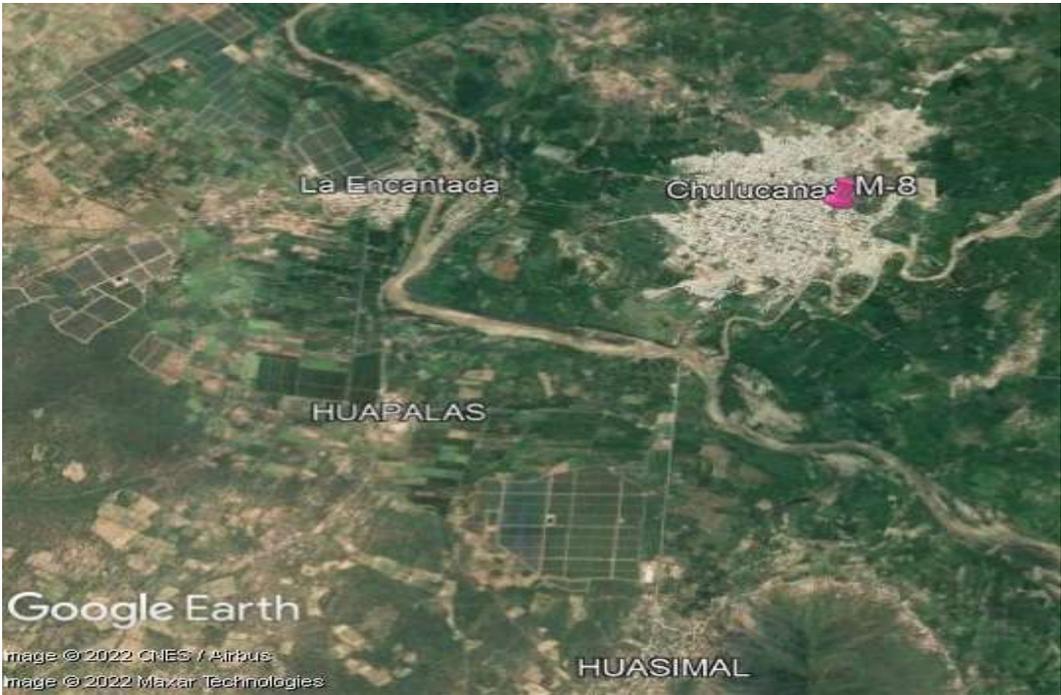
Fuente: Elaboración propia en base al programa Google Earth



Fuente: Elaboración propia en base al programa Google Earth



Fuente: Elaboración propia en base al programa Google Earth



Fuente: Elaboración propia en base al programa Google Earth



Fuente: Elaboración propia en base al programa Google Earth.

### Apéndice 8. Registro cadena de custodia o Acta de muestreo

| LQR<br>MEXAP  |                       | ENSAYOS DE LABORATORIO Y<br>ASESORIA PRIVADO E.I.R.L. |               | CADENA DE CUSTODIA-MATRIZ AGUA |                               | Código: F-01-001<br>Revisión: 01  |    | Fecha: 23-jul-2021 |        |                       |             |                    |                  |               |                 |                     |                   |    |                  |             |                 |                     |                   |   |   |
|---|-----------------------|---|---------------|--------------------------------|-------------------------------|---|----|--------------------|--------|-----------------------|-------------|--------------------|------------------|---------------|-----------------|---------------------|-------------------|----|------------------|-------------|-----------------|---------------------|-------------------|---|---|
| Cliente: <u>Pueblo de Chulucana, Pueblo Nuevo</u><br>Persona de contacto: <u>Pablo de G. Ruiz, Elvira</u> Correo/Telefono: <u>pc_pene@culture.ca / 992212096</u><br>Nombre del proyecto: <u>Subvención para la mejora y rehabilitación del agua comunal por la carretera y caminos rurales a la zona de origen, en Chulucana, Provincia de Huehuetenango - Peten.</u> |                       |   |               |                                |                               | Orden de servicio: <u>017 - 2020</u><br>Plan de monitoreo:<br>Procedencia o lugar de la muestra: <u>Chulucana - Peten</u> |    | Pág. de ____       |        |                       |             |                    |                  |               |                 |                     |                   |    |                  |             |                 |                     |                   |   |   |
| Temperatura: <u>26.0</u><br><u>26.7</u><br><u>26.7</u><br><u>26.7</u><br><u>26.6</u><br><u>26.6</u><br><u>26.7</u><br><u>26.6</u><br><u>26.7</u>  |                       |   |               |                                |                               | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA   |    |                    |        | PARAMETROS DE ENSAYOS |             | PARAMETROS IN SITU |                  | OBSERVACIONES |                 |                     |                   |    |                  |             |                 |                     |                   |   |   |
| Punto de muestreo/Estación  | Código de laboratorio | Muestra   | Clasificación |                                | Ubicación                     | N.º Frasco  |    | Esterilidad        | Dureza | Acidez                | Alcalinidad | pH                 | Oxígeno disuelto | Temperatura   | Sólidos totales | Sólidos suspendidos | Sólidos disueltos | pH | Oxígeno disuelto | Temperatura | Sólidos totales | Sólidos suspendidos | Sólidos disueltos |   |   |
|   |                       |   | Grupo         | Sub-Grupo                      |                               | V   | F  |                    |        |                       |             |                    |                  |               |                 |                     |                   |    |                  |             |                 |                     |                   |   |   |
| 1   | ZB-01                 | E11.01.21<br>M02.23                                   | AN            | Retable                        | N.º 91805.52<br>E. 503282.45  | -   | 02 | /                  | /      | /                     | /           | /                  | /                | /             | /               | /                   | /                 | /  | /                | /           | /               | /                   | /                 | / | / |
| 2   | ZB-02                 | E11.01.21<br>M02.33                                   | AN            | Retable                        | N.º 945471.24<br>E. 503271.22 | -   | 02 | /                  | /      | /                     | /           | /                  | /                | /             | /               | /                   | /                 | /  | /                | /           | /               | /                   | /                 | / | / |
| 3   | PC-01                 | E11.01.21<br>M02.45                                   | AN            | Retable                        | N.º 945467.60<br>E. 554271.92 | -   | 02 | /                  | /      | /                     | /           | /                  | /                | /             | /               | /                   | /                 | /  | /                | /           | /               | /                   | /                 | / | / |
| 4   | PC-02                 | E11.01.21<br>M02.57                                   | AN            | Retable                        | N.º 945462.02<br>E. 503282.45 | -   | 02 | /                  | /      | /                     | /           | /                  | /                | /             | /               | /                   | /                 | /  | /                | /           | /               | /                   | /                 | / | / |
| 5   | ZB-01                 | E11.01.21<br>M02.07                                   | AN            | Retable                        | N.º 945472.42<br>E. 503282.45 | -   | 02 | /                  | /      | /                     | /           | /                  | /                | /             | /               | /                   | /                 | /  | /                | /           | /               | /                   | /                 | / | / |
| 6   | ZB-02                 | E11.01.21<br>M02.25                                   | AN            | Retable                        | N.º 945467.52<br>E. 503282.45 | -   | 02 | /                  | /      | /                     | /           | /                  | /                | /             | /               | /                   | /                 | /  | /                | /           | /               | /                   | /                 | / | / |
| 7   |                       |   |               |                                |                               |   |    |                    |        |                       |             |                    |                  |               |                 |                     |                   |    |                  |             |                 |                     |                   |   |   |
| 8   |                       |   |               |                                |                               |   |    |                    |        |                       |             |                    |                  |               |                 |                     |                   |    |                  |             |                 |                     |                   |   |   |
| 9   |                       |   |               |                                |                               |   |    |                    |        |                       |             |                    |                  |               |                 |                     |                   |    |                  |             |                 |                     |                   |   |   |
| Leyenda:<br>F: Frasco    B: Botella    V: Vidrio    T: Temperatura del muestreo    OD: Oxígeno disuelto<br>M: Muestra    E: Envase    P: Plástico    CE: Conductividad eléctrica  |                       |   |               |                                |                               |   |    |                    |        |                       |             |                    |                  |               |                 |                     |                   |    |                  |             |                 |                     |                   |   |   |
| Observaciones/Comentarios:<br><u>GPS: Trámite R25.</u>  |                       |   |               |                                |                               |   |    |                    |        |                       |             |                    |                  |               |                 |                     |                   |    |                  |             |                 |                     |                   |   |   |
| Clasificación de la matriz agua (Ref. NTP 214.042)  |                       |   |               |                                |                               |   |    |                    |        |                       |             |                    |                  |               |                 |                     |                   |    |                  |             |                 |                     |                   |   |   |
| Muestreado por: <input type="checkbox"/> ELAP <input checked="" type="checkbox"/> Cliente   |                       |   |               |                                |                               |   |    |                    |        |                       |             |                    |                  |               |                 |                     |                   |    |                  |             |                 |                     |                   |   |   |
| Nombre: <u>Pueblo de Chulucana</u> Cliente: <u>Pueblo Nuevo</u><br>Fecha: <u>11/01/2021</u><br>Firma: <u>[Firma]</u> <u>[Firma]</u>   |                       |   |               |                                |                               |   |    |                    |        |                       |             |                    |                  |               |                 |                     |                   |    |                  |             |                 |                     |                   |   |   |
| Recepción de muestra:<br>11/01/2021<br>12:10 PM<br>DIRECCIÓN TÉCNICA<br>ELAV  |                       |   |               |                                |                               |   |    |                    |        |                       |             |                    |                  |               |                 |                     |                   |    |                  |             |                 |                     |                   |   |   |

Fuente: Elaboración propia.



Apéndice 10. Certificación de la Dirección de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad (INACAL).

**Certificado**

 **INACAL**  
Instituto Nacional  
de Calidad  
Acreditación

La Dirección de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad - INACAL, en el marco de la Ley N° 30224, **OTORGA** el presente certificado de Renovación de la Acreditación al:

**ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L.**

**Laboratorio de Ensayo**

Prolongación Zarumilla Mz D2 Lt 3, Asociación Daniel Alcides Carrión, distrito de Bellavista, provincia constitucional del Callao, departamento de Lima

Con base en la norma  
**NTP-ISO/IEC 17025:2017 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración**

Facultándolo a emitir Informes de Ensayo con Símbolo de Acreditación. En el alcance de la acreditación otorgada que se detalla en el DA-acr-06P-21F que forma parte integral del presente certificado llevando el mismo número del registro indicado líneas abajo.

Fecha de Renovación: 26 de julio de 2019  
Fecha de Vencimiento: 25 de julio de 2023

  
ESTELA CONZILLAS RIGO  
Directora, Dirección de Acreditación - INACAL

Fecha de emisión: 24 de julio de 2019

Cédula N° : 0547-2019/INACAL-DA  
Certificado N° : Admisión al Certificado de Acreditación  
N°025-16/INACAL-DA  
Registro N° : LE-096

El presente certificado tiene validez con su correspondiente Alcance de Acreditación y objeto de certificación, dado que el alcance puede estar sujeto a modificaciones, reducciones, actualizaciones y suspensiones temporales. El alcance y objeto debe confirmarse en la página web: [www.inacal.gob.pe/credita/informacion/acreditados](http://www.inacal.gob.pe/credita/informacion/acreditados) al momento de hacer uso del presente certificado.

La Dirección de Acreditación del INACAL es Afiliada del Acuerdo de Reconocimiento Multilateral (MLA) del Inter American Accreditation Co-operation (IAAC) e Internacional Accreditation Forum (IAF) y del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo con la International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC).

DA-acr-06P-21F-02 DA-UB-06  
CNC-Firma del alcance de acreditación

Fuente: <https://alab.com.pe/>.