



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE  
HUANCAMELICA**

(Creada por Ley N° 25265)



**ESCUELA DE POSGRADO  
FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA  
UNIDAD DE POSGRADO**

**TESIS**

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA  
PARA CONSUMO HUMANO DE LA LOCALIDAD  
DE ACOBAMBA**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

**GESTIÓN AMBIENTAL**

**PRESENTADO POR:**

**BACH. CCORA REPUELLO, BRAULIO**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN  
CIENCIAS DE INGENIERÍA**

**MENCIÓN EN ECOLOGÍA Y GESTIÓN AMBIENTAL**

**HUANCAVELICA - PERÚ**

**2022**



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA

(Creado por Ley N° 25265)

ESCUELA DE POSGRADO

FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERIA

UNIDAD DE POSGRADO

(APROBADO CON RESOLUCIÓN N° 736-2005-ANR)



"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"

### ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En la ciudad de Huancavelica, a los veintiún días del mes de junio, a horas 10:00 am, del año dos mil veintidós se reunieron los miembros del Jurado Evaluador, designado con Resolución N° 1610-2021-EPG-R/UNH, de fecha 23 de diciembre del 2021, conformado de la siguiente manera:

**PRESIDENTE** : Dr. PALOMINO PASTRANA Pedro Antonio  
<https://orcid.org/0000-0001-7833-6805>  
DNI N°: 23275655

**SECRETARIO** : Dr. SANCHEZ ARAUJO Víctor Guillermo  
<https://orcid.org/0000-0002-7702-0881>  
DNI N°: 40446828

**VOCAL** : Dr. SALAS CONTRERAS William Herminio  
<https://orcid.org/0000-0001-7664-3000>  
DNI N°: 19826504

Con la finalidad de llevar a cabo el acto académico de sustentación de tesis Titulada "EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO DE LA LOCALIDAD DE ACOBAMBA" aprobado mediante resolución N° 757 – 2022 – EPG-R/UNH, donde fija la hora y fecha para el mencionado acto.

Sustentante:  
**CCORA REPUELLO Braulio**  
DNI N°: 71926133

Luego de haber absuelto las preguntas que le fueron formuladas por los Miembros del Jurado conformado por los docentes: Dr. Pedro Antonio PALOMINO PASTRANA, Dr. Víctor Guillermo SANCHEZ ARAUJO y Dr. William Herminio SALAS CONTRERAS, se procede con la deliberación con el resultado de:

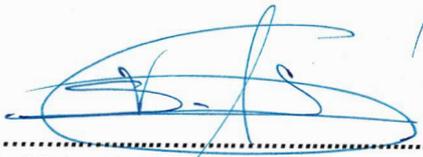
APROBADO

DESAPROBADO

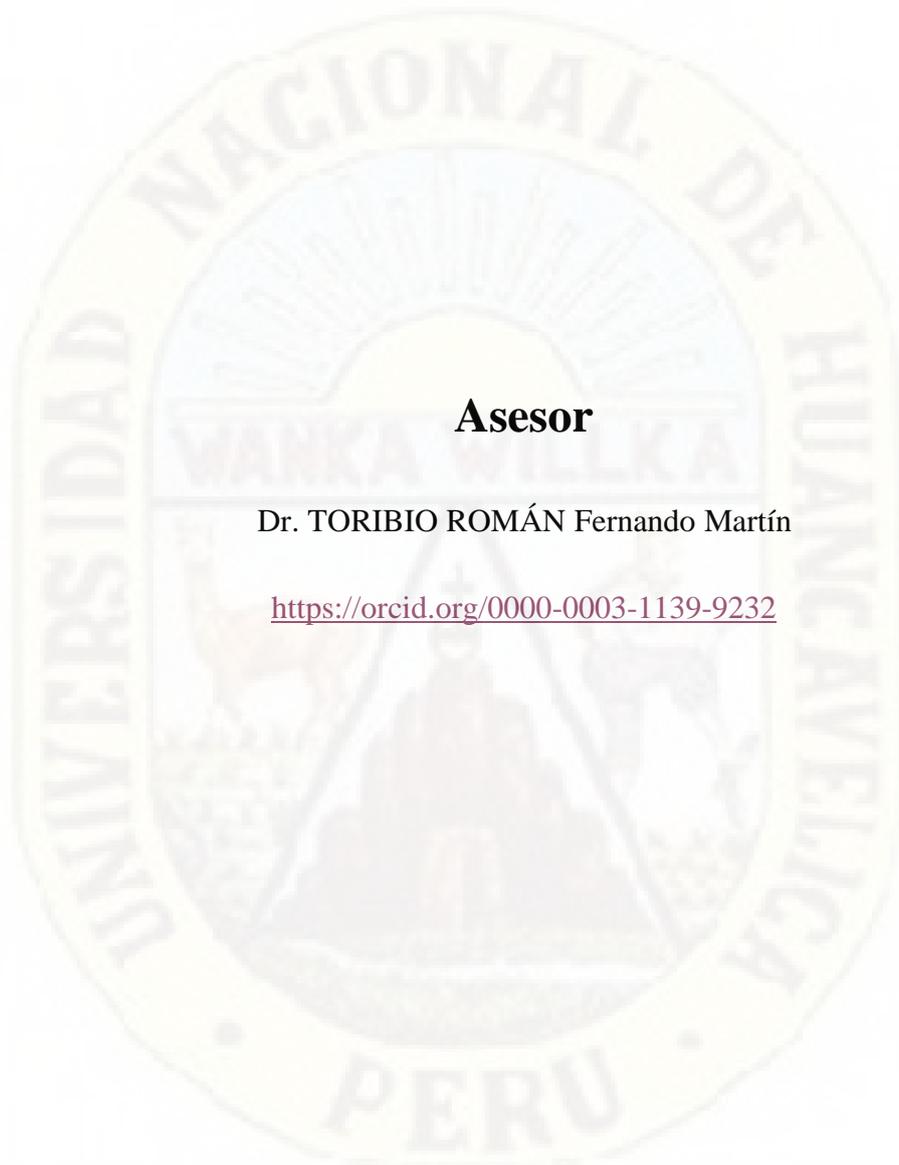
POR: UNANIMIDAD

Para constancia se extiende la presente ACTA, en la ciudad de Huancavelica, a los veintiún días del mes de junio del año 2022.

  
.....  
Dr. Pedro ANTONIO PALOMINO PASTRANA  
Presidente del Jurado.

  
.....  
Dr. Victor Guillermo SANCHEZ ARAUJO  
Secretario del Jurado

  
.....  
Dr. William Herminio SALAS CONTRERAS  
Vocal del Jurado



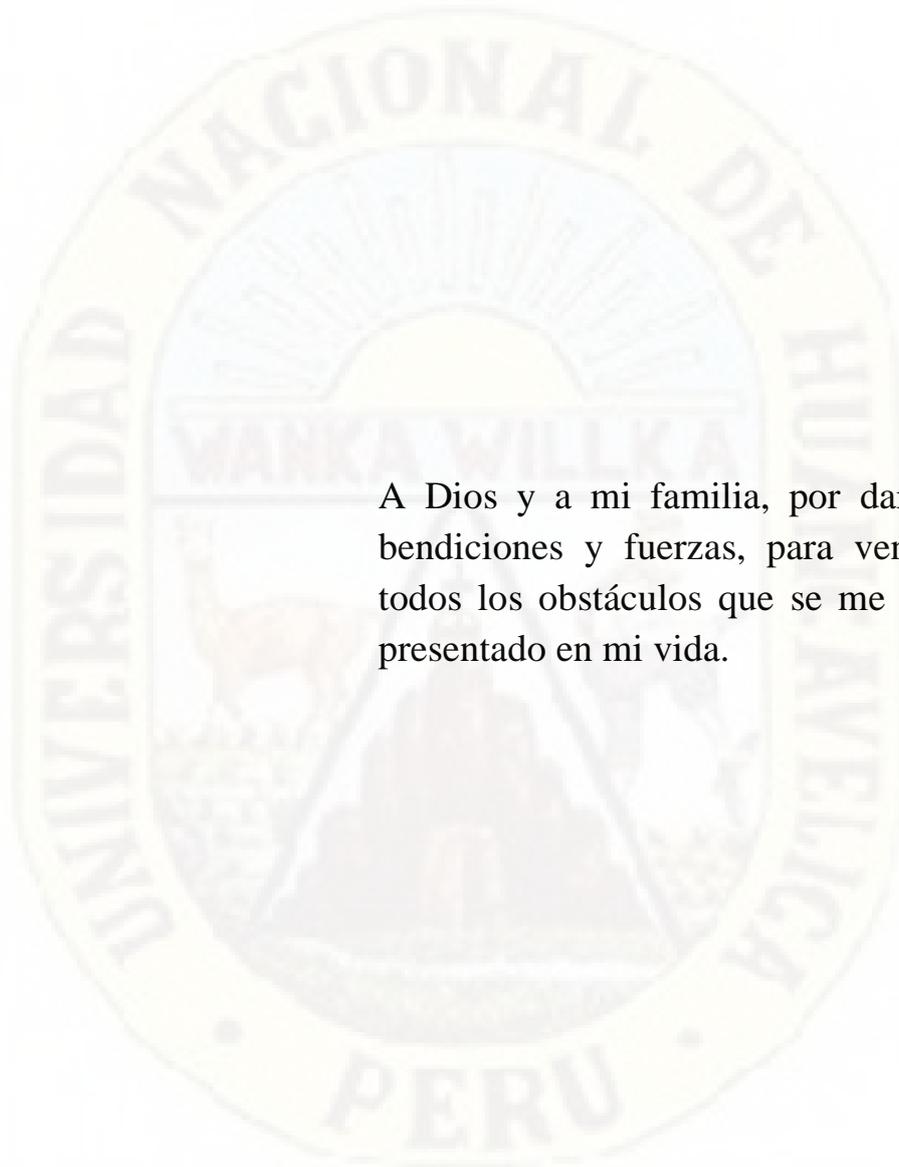
## **Asesor**

Dr. TORIBIO ROMÁN Fernando Martín

<https://orcid.org/0000-0003-1139-9232>

## **Dedicatoria**

A Dios y a mi familia, por darme bendiciones y fuerzas, para vencer todos los obstáculos que se me han presentado en mi vida.



## Resumen

La tesis tuvo como objetivo general evaluar la calidad del agua para consumo humano en la localidad de Acobamba, considerando los parámetros recomendados por el ministerio de salud: microbiológicos, organolépticos e inorgánicos y compararlos con los límites máximos permisibles. La metodología utilizada fue un estudio observacional descriptivo transversal; se analizaron los parámetros en muestras de cinco litros de agua del total de dotación de 160 l/s; se realizó un análisis descriptivo. Los resultados evidencian que a partir del punto (PM-03) donde el agua potable recibe tratamiento; los parámetros microbiológicos se encuentran dentro del LMP, los parámetros organolépticos principalmente para la turbidez se ven afectados por la época de precipitación donde el agua aumenta su caudal y por ende la concentración partículas suspendidas y contaminantes; mientras que el parámetro inorgánico de cloro residual se encuentra dentro del límite permitido a partir de la desinfección (PM-03), sin embargo antes del tratamiento (PM-01 y PM-02) el agua no es apta para consumo humano. Finalmente se concluyó que los tres parámetros analizados, se encuentran dentro de los rangos de los LMP de la calidad de agua para consumo humano a partir del tratamiento en la PTAP (PM-03), a excepción del color que en un punto se encuentra ligeramente fuera del rango.

**Palabras clave:** *DS 031-2010.SA, calidad del agua, agua potable, agua para el consumo humano, Localidad de Acobamba.*

## **Abstract**

The general objective of the thesis was to evaluate the quality of water for human consumption in the town of Acobamba, considering the parameters recommended by the Ministry of Health: microbiological, organoleptic and inorganic, and comparing them with the maximum permissible limits. The methodology used was a cross-sectional descriptive observational study; the parameters were analyzed in samples of five liters of water from the total supply of 160 l/s; A descriptive analysis was made. The results show that from the point (PM-03) where drinking water receives treatment; the microbiological parameters are within the LMP, the organoleptic parameters mainly for turbidity are affected by the time of precipitation where the water increases its flow and therefore the concentration of suspended particles and contaminants; while the inorganic parameter of residual chlorine is within the limit allowed after disinfection (PM-03), however, before treatment (PM-01 and PM-02), the water is not suitable for human consumption. Finally, it was concluded that the three parameters analyzed are within the ranges of the LMP of the quality of water for human consumption from the treatment in the PTAP (PM-03), with the exception of the color that at one point is slightly out of range.

**Keywords:** *DS 031-2010.SA, water quality, drinking water, water for human consumption, Acobamba locality.*

# Índice

Acta de sustentación.....	ii
Asesor .....	iii
Dedicatoria .....	iv
Resumen .....	v
Abstract .....	vi
Índice .....	vii
Índice de tablas.....	ix
Índice de figuras.....	x
Introducción .....	xi
<b>CAPÍTULO I EL PROBLEMA.....</b>	<b>13</b>
1.1. Planteamiento del problema .....	13
1.2. Formulación del problema .....	14
1.2.1. Problema general .....	14
1.2.2. Problemas específicos .....	15
1.3. Objetivos de la investigación .....	15
1.3.1. Objetivo general .....	15
1.3.2. Objetivos específicos .....	15
1.4. Justificación.....	16
<b>CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>17</b>
2.1. Antecedentes de la investigación.....	17
2.2. Bases teóricas .....	30
2.2.1. Teoría .....	30
2.2.2. Bases conceptuales .....	32
2.3. Formulación de hipótesis .....	45
2.4. Definición de términos.....	45
2.5. Identificación de variables .....	48
2.5.1. Variable .....	48
2.5.2. Dimensiones .....	48
2.5.3. Indicadores .....	48
2.6. Operacionalización de variables.....	49
<b>CAPÍTULO III METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>50</b>
3.1. Tipo de investigación.....	50
3.2. Nivel de investigación.....	50

3.3. Diseño de investigación .....	50
3.4. Población, muestra y muestreo.....	51
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	52
3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	55
3.7. Descripción de la prueba de hipótesis.....	56
<b>CAPÍTULO IV RESULTADOS .....</b>	<b>58</b>
4.1. Presentación e interpretación de datos .....	58
4.1.1. Parámetros microbiológicos. ....	58
4.1.2. Parámetros organolépticos. ....	68
4.1.3. Parámetro inorgánico. ....	80
4.2. Discusión de resultados.....	90
4.3. Proceso de prueba de hipótesis.....	93
<b>Conclusiones.....</b>	<b>96</b>
<b>Recomendaciones .....</b>	<b>97</b>
<b>Referencias bibliográficas .....</b>	<b>98</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>101</b>

## Índice de tablas

<b>Tabla 1</b> Cuadro de operacionalización de variables e indicadores .....	49
<b>Tabla 2</b> Parámetros microbiológicos en el punto de muestreo (PM-01).....	59
<b>Tabla 3</b> Parámetros microbiológicos en el punto de muestreo (PM-02).....	60
<b>Tabla 4</b> Parámetros microbiológicos en el punto de muestreo (PM-03).....	61
<b>Tabla 5</b> Parámetros microbiológicos en el punto de muestreo (PM-04).....	63
<b>Tabla 6</b> Parámetros microbiológicos en el punto de muestreo (PM-05).....	65
<b>Tabla 7</b> Parámetros microbiológicos en todos los puntos de monitoreo.....	67
<b>Tabla 8</b> Parámetros organolépticos en el punto de muestreo (PM-01).....	68
<b>Tabla 9</b> Parámetros microbiológicos en el punto de muestreo (PM-02).....	70
<b>Tabla 10</b> Parámetros organolépticos en el punto de muestreo (PM-03).....	71
<b>Tabla 11</b> Parámetros organolépticos en el punto de muestreo (PM-04).....	73
<b>Tabla 12</b> Parámetros organolépticos en el punto de muestreo (PM-05).....	75
<b>Tabla 13</b> Parámetros organolépticos en todos los puntos de monitoreo.....	79
<b>Tabla 14</b> Parámetro inorgánico en el punto de muestreo (PM-01).....	80
<b>Tabla 15</b> Parámetro inorgánico en el punto de muestreo (PM-02).....	82
<b>Tabla 16</b> Parámetro inorgánico en el punto de muestreo (PM-03).....	83
<b>Tabla 17</b> Parámetro inorgánico en el punto de muestreo (PM-04).....	84
<b>Tabla 18</b> Parámetro inorgánico en el punto de muestreo (PM-05).....	86
<b>Tabla 19</b> Parámetro inorgánico en todos los puntos de monitoreo.....	89
<b>Tabla 20</b> Base de datos.....	93
<b>Tabla 21</b> Estadígrafos descriptivos .....	94

## Índice de figuras

<b>Figura 1</b> Teoría de la doble capa .....	31
<b>Figura 2</b> Punto de monitoreo PM-01 para parámetros microbiológicos.....	58
<b>Figura 3</b> Punto de monitoreo PM-02 para parámetros microbiológicos.....	60
<b>Figura 4</b> Punto de monitoreo PM-03 para parámetros microbiológicos.....	61
<b>Figura 5</b> Punto de monitoreo PM-04 para parámetros microbiológicos.....	63
<b>Figura 6</b> Punto de monitoreo PM-05 para parámetros microbiológicos.....	64
<b>Figura 7</b> Todos los puntos de monitoreo para parámetros microbiológicos .....	66
<b>Figura 8</b> Parámetros microbiológicos en todos los puntos de monitoreo .....	66
<b>Figura 9</b> Punto de monitoreo PM-01 para parámetros organolépticos .....	68
<b>Figura 10</b> Punto de monitoreo PM-02 para parámetros organolépticos .....	69
<b>Figura 11</b> Punto de monitoreo PM-03 para parámetros organolépticos .....	71
<b>Figura 12</b> Punto de monitoreo PM-04 para parámetros organolépticos .....	73
<b>Figura 13</b> Punto de monitoreo PM-05 para parámetros organolépticos .....	75
<b>Figura 14</b> Todos los puntos de monitoreo para parámetros organolépticos .....	77
<b>Figura 15</b> Parámetro de Color Verdadero en todos los puntos de monitoreo .....	77
<b>Figura 16</b> Parámetro de Turbiedad en todos los puntos de monitoreo .....	78
<b>Figura 17</b> Parámetro de pH en todos los puntos de monitoreo .....	78
<b>Figura 18</b> Punto de monitoreo PM-01 para parámetro inorgánico.....	80
<b>Figura 19</b> Punto de monitoreo PM-02 para parámetro inorgánico.....	81
<b>Figura 20</b> Punto de monitoreo PM-03 para parámetro inorgánico.....	83
<b>Figura 21</b> Punto de monitoreo PM-04 para parámetro inorgánico.....	84
<b>Figura 22</b> Punto de monitoreo PM-05 para parámetro inorgánico.....	86
<b>Figura 23</b> Todos los puntos de monitoreo para parámetro inorgánico .....	88
<b>Figura 24</b> Parámetro inorgánico en todos los puntos de monitoreo .....	88

## **Introducción**

El agua potable es aquella que no presenta contaminantes y se puede ingerir, abastecer y satisfacer las necesidades de los seres humanos; los contaminantes presentes en el agua tienen consecuencias nocivas para la salud de las personas, siendo necesaria su potabilización; con lo planteado, se consideró importante investigar la calidad del agua para consumo de la localidad de Acobamba ya que aparentemente esta no presenta la calidad requerida, comparado con la normativa ambiental vigente (DS 031-2010-SA); siendo importante el logro de la evaluación de la calidad del agua para consumo humano, y en base a ello proponer las alternativas de solución para mitigar los agente contaminantes; los resultados fueron puestos a disposición de los funcionaron a cargo del agua potable, beneficiando y garantizando la salud de la población.

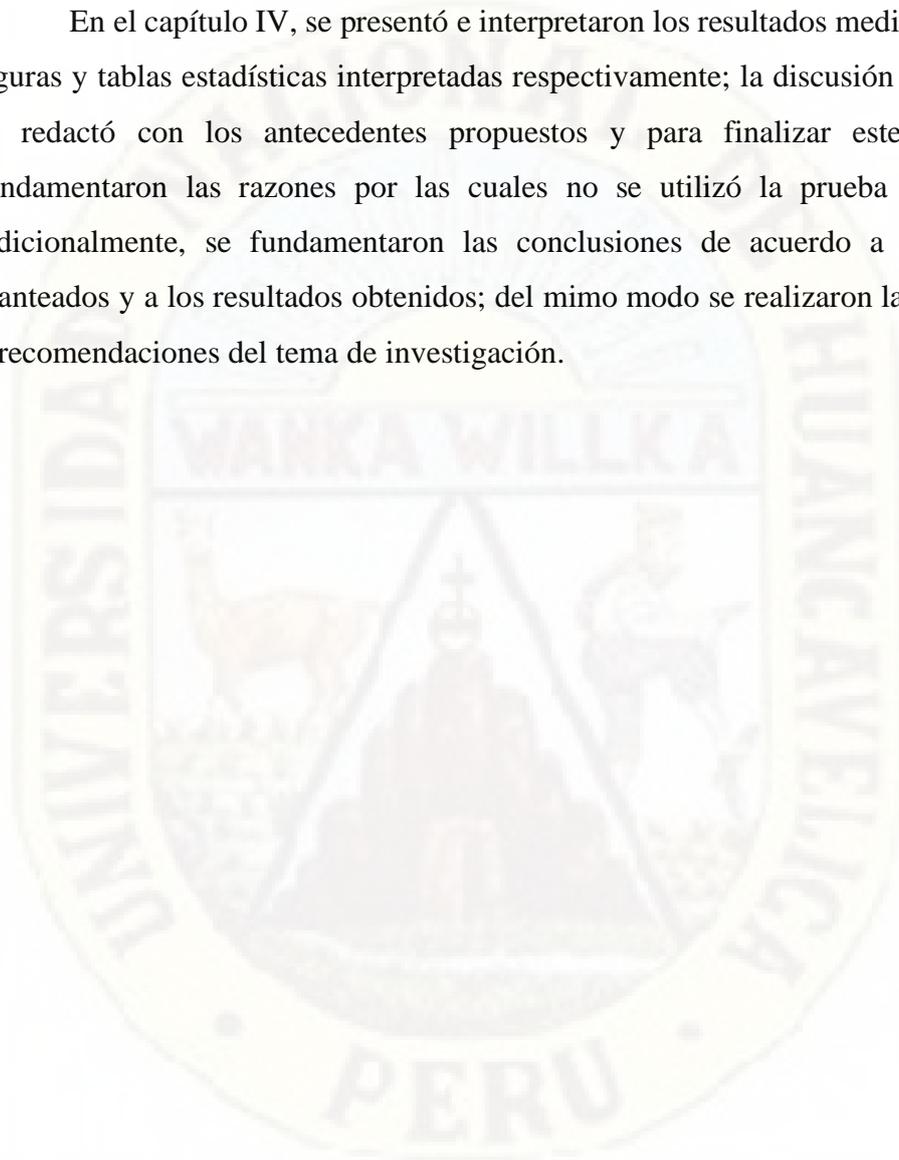
En el capítulo I, se plantó y formuló el problema de la contaminación del agua para consumo humano de la localidad de Acobamba. En este capítulo también se establecieron los objetivos de la investigación el cual es evaluar la calidad del agua para consumo humano de la localidad de Acobamba, comparado con los límites máximos permisibles; se argumentó la justificación como una herramienta para la toma de decisiones y con la mejora continua de la calidad de vida de los pobladores.

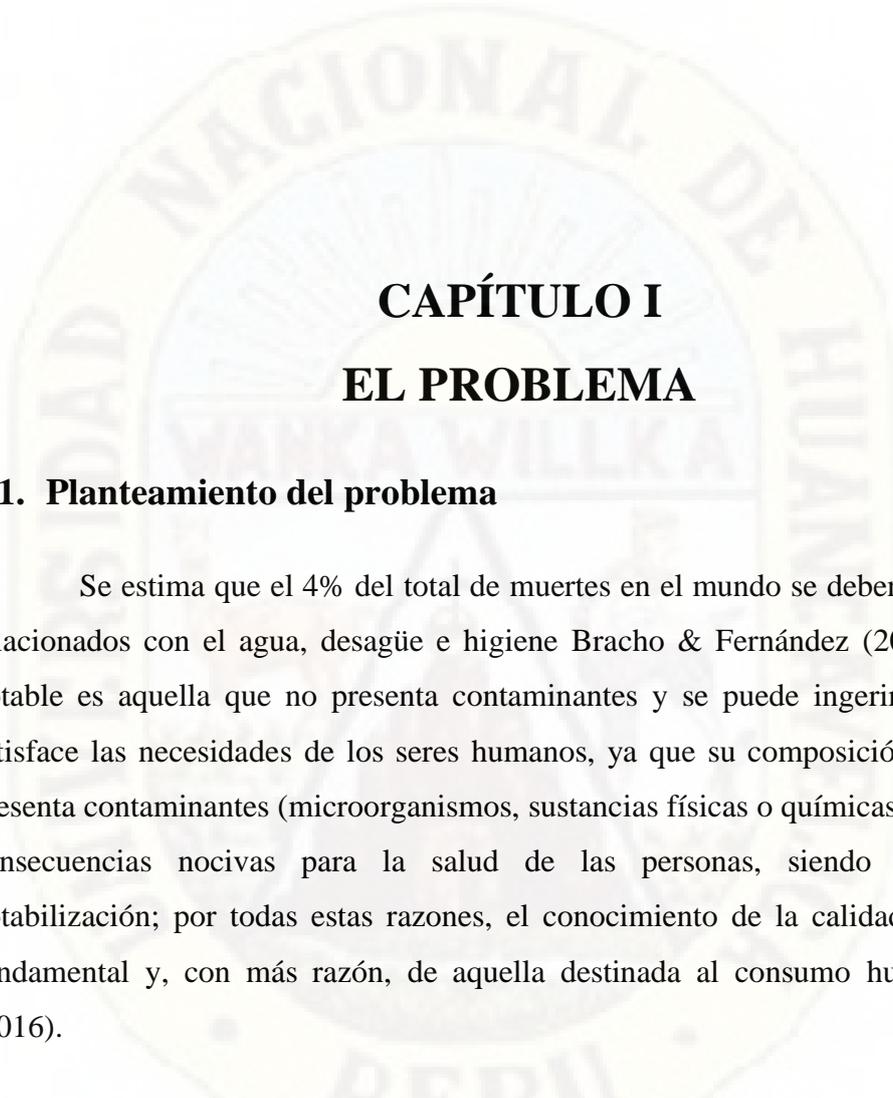
En el capítulo II, se describió los antecedentes de la tesis en las cuales se fundamenta la presente investigación; con apoyo bibliográfico se redactó las bases teóricas sobre la calidad del agua para consumo humano, las bases conceptuales y la definición de términos; no se formuló la hipótesis por la naturaleza de la investigación; una vez definida la variable única (univariable) se construyó la matriz de operacionalización de variables.

En el capítulo III, se fundamenta el tipo de investigación como aplicada y el nivel descriptivo; considerando como población el sistema del agua para consumo humano que abastece a la localidad de Acobamba y como muestra 05 puntos de muestreo; además, se especifica que se utilizó la observación no experimental como

técnica de recolección de datos, y el instrumento se usó una ficha de recolección de datos; y también se describen los protocolo para la recolección de datos; mientras que el procesamiento y análisis de datos, utilizando la estadística descriptiva.

En el capítulo IV, se presentó e interpretaron los resultados mediante el uso de figuras y tablas estadísticas interpretadas respectivamente; la discusión de resultados se redactó con los antecedentes propuestos y para finalizar este capítulo se fundamentaron las razones por las cuales no se utilizó la prueba de hipótesis. Adicionalmente, se fundamentaron las conclusiones de acuerdo a los objetivos planteados y a los resultados obtenidos; del mismo modo se realizaron las sugerencias y recomendaciones del tema de investigación.





# **CAPÍTULO I**

## **EL PROBLEMA**

### **1.1. Planteamiento del problema**

Se estima que el 4% del total de muertes en el mundo se deben a problemas relacionados con el agua, desagüe e higiene Bracho & Fernández (2017). El agua potable es aquella que no presenta contaminantes y se puede ingerir, abastecer y satisface las necesidades de los seres humanos, ya que su composición química no presenta contaminantes (microorganismos, sustancias físicas o químicas, entre otros); consecuencias nocivas para la salud de las personas, siendo necesaria su potabilización; por todas estas razones, el conocimiento de la calidad del agua es fundamental y, con más razón, de aquella destinada al consumo humano Pérez (2016).

En América Latina y el Caribe solamente el 57% de la población rural tiene acceso al abastecimiento de agua de calidad para el consumo humano y para usos domésticos como la higiene personal; del mismo modo, se ha demostrado en diversas investigación que las enfermedades transmitidas por el agua como la gastroenteritis, la fiebre tifoidea, la hepatitis A y el cólera, están entre las principales causas de muerte en los países de América Latina; hay una relación directa entre la mortalidad infantil y la cobertura de la calidad del agua de consumo debido a que los niños son especialmente propensos a enfermarse Palomino (2016).

En el Perú, para el 2008, solo el 61% de la población rural tenía acceso a fuentes mejoradas de agua potable, frente al 90% de la población urbana y 36% de la población rural tenía acceso a servicios de saneamiento mejorados frente al 81% de la población urbana; este se ve reflejado en la distribución de las causas de muerte en menores de 5 años, en donde la diarrea representa en 4% (Palomino, 2016).

El agua que consumen en la localidad de Acobamba proviene del río denominado Virgen de Lourdes, una vez captado es trasladado por las tuberías de conducción de 4.2 km de longitud, siendo el principal abastecedor de agua para consumo humano de la pequeña ciudad de Acobamba, el cual recibe tratamiento en la planta (PTAP) llamado NÚMERO 8, administrada y operada por la unidad de gestión de servicios de saneamiento (UGSS) contando con capacidad de tratamiento de 160 L/s, esta planta abastece al 70% de la población Acobambina. El problema radica en que esta agua proveniente de zonas altas (aguas arriba de la captación) donde se desarrolla la actividad humana, y en su recorrido son contaminadas por la actividad agrícola, pecuaria e inclusive aguas residuales. Esto ha traído consigo contaminantes patógenos de dudosa procedencia y existe el riesgo que el agua al llegar a los hogares de la localidad de Acobamba no sea apta para el consumo humano.

Ante esta realidad surgió la necesidad de ejecutar la presente tesis, donde se evaluó la calidad del agua para consumo de la localidad de Acobamba y compararla con los valores establecidos en el reglamento de la calidad del agua potable en el año 2021, siendo de vital importancia saber las características y/o propiedades de las aguas con fines de abastecimiento poblacional.

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1. Problema general**

¿Cuál es la calidad del agua para consumo humano de la localidad de Acobamba, comparado con los límites máximos permisibles?

### **1.2.2. Problemas específicos**

¿Cuál es la calidad del agua para consumo humano de la localidad de Acobamba en los parámetros microbiológicos, comparado con los límites máximos permisibles?

¿Cuál es la calidad del agua para consumo humano de la localidad de Acobamba en los parámetros organolépticos, comparado con los límites máximos permisibles?

¿Cuál es la calidad del agua para consumo humano de la localidad de Acobamba en los parámetros inorgánicos, comparado con los límites máximos permisibles?

## **1.3. Objetivos de la investigación**

### **1.3.1. Objetivo general**

Evaluar la calidad del agua para consumo humano de la localidad de Acobamba, comparado con los límites máximos permisibles.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

Determinar la calidad del agua para consumo humano de la localidad de Acobamba en los parámetros microbiológicos, comparado con los límites máximos permisibles.

Determinar la calidad del agua para consumo humano de la localidad de Acobamba en los parámetros organolépticos, comparado con los límites máximos permisibles.

Determinar la calidad del agua para consumo humano de la localidad de Acobamba en los parámetros inorgánicos, comparado con los límites máximos permisibles.

## 1.4. Justificación

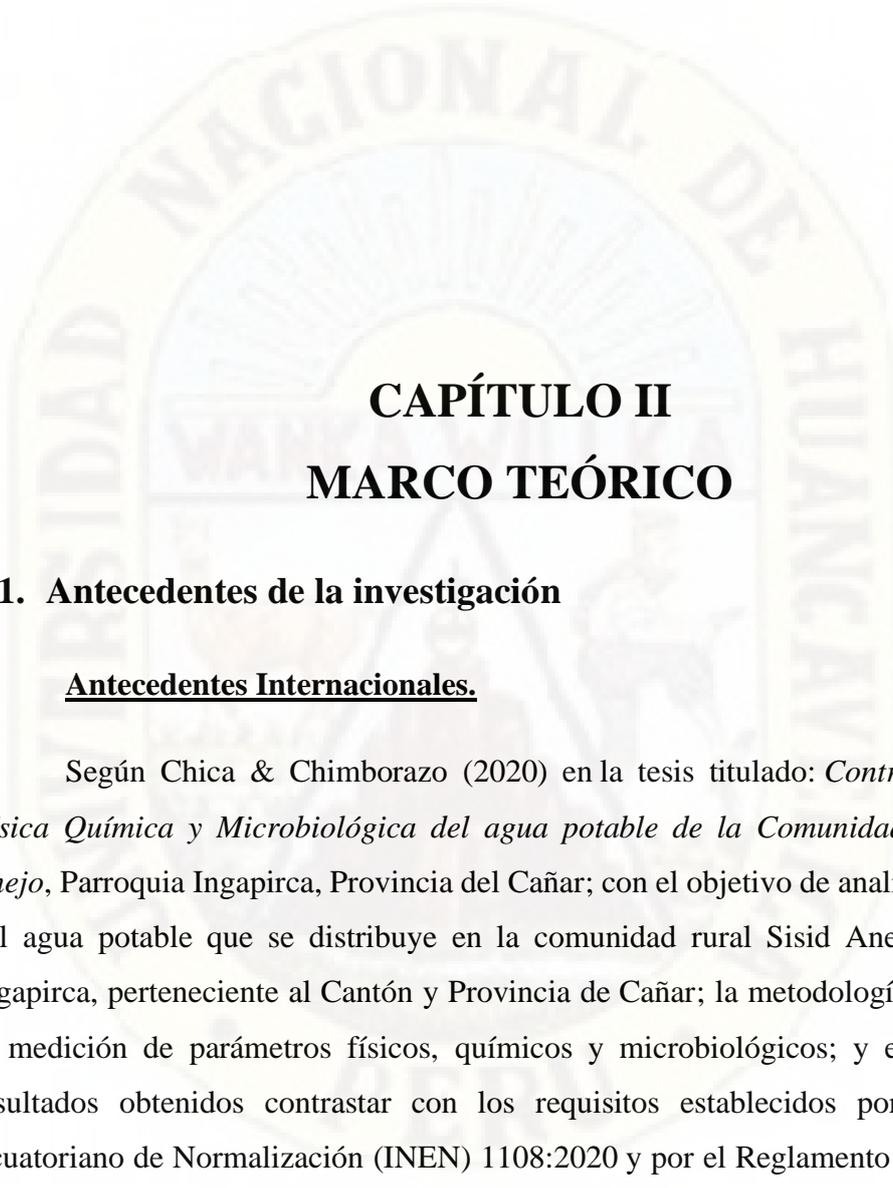
El estudio de la calidad del agua para consumo humano se justifica en la necesidad de velar por la salud integral y bienestar de los pobladores los cuales consumen y utilizan este recurso para sus actividades como la ganadería y agricultura.

**Ambiental**, se justifica porque, el medio ambiente constantemente sufre cambios debido a las actividades provocadas por el hombre en sus actividades cotidianas o actividades comerciales causando alteración en perjuicio del entorno natural. Siendo necesario métodos para cuantificar la magnitud de las alteraciones causadas al ambiente y los impactos que esto generara a la biodiversidad e inclusive al hombre.

**Social**, se justifica porque, se obtendrá información de la calidad del agua para consumo humano, su nivel de contaminación, y si estos superan los límites máximos permitidos en la norma, y el efecto de generar una opinión favorable de la población frente a la suspicacia que se consume agua de mala calidad, del mismo modo las autoridades competentes deberán tomar decisiones de acuerdo a los resultados.

**Salud humana**, la ejecución de la tesis se justifica porque disminuirá el riesgo de adquisición de enfermedades y daño a la salud causados por los probables microorganismos patógenos presentes en el agua, evitando costos tratamientos médicos, optimizando las inversiones del estado en salud pública, garantizando una mejor calidad de vida a los pobladores.

La importancia del estudio reside en lograr una adecuada calidad del agua para consumo humano, a consecuencias de algún tipo de riesgo que constituye un potencial peligro para la salud humana, al ser un líquido de uso permanente y necesario; investigación demuestran que ciertos niveles de contaminación, hacen al agua no apta para el consumo humano; de ahí, la importancia que tienen las medidas preventivas de higiene, relacionadas con la salubridad del agua, para evitar enfermedades como la hepatitis A y la diarrea Briñez et al. (2012).



## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes de la investigación**

##### **Antecedentes Internacionales.**

Según Chica & Chimborazo (2020) en la tesis titulado: *Control de Calidad Física Química y Microbiológica del agua potable de la Comunidad Rural Sisid Anejo*, Parroquia Ingapirca, Provincia del Cañar; con el objetivo de analizar la calidad del agua potable que se distribuye en la comunidad rural Sisid Anejo, Parroquia Ingapirca, perteneciente al Cantón y Provincia de Cañar; la metodología consistió en la medición de parámetros físicos, químicos y microbiológicos; y en base a los resultados obtenidos contrastar con los requisitos establecidos por el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) 1108:2020 y por el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano de Perú; siendo 69 el total de muestras de agua analizadas, seleccionadas aleatoriamente en las tres zonas de estudio; los análisis físicos, químicos y microbiológicos se efectuaron durante 12 semanas entre los meses de diciembre de 2019, Enero y Febrero de 2020, en el Laboratorio de Análisis de Calidad de Aguas y Suelos de la Universidad de Cuenca – Campus Balzay, a excepción de Cloro libre residual y el pH, que se determinaron in-situ, con ayuda de los equipos Colorimeter DR/890 y Water Quality Meter 850081 respectivamente; en el análisis de

datos se aplicaron dos tipos de estudio: descriptivo y estadístico, mediante el programa Microsoft Excel 2013; a partir de los resultados obtenidos se evidenció que los parámetros fisicoquímicos cumplen con las normas de referencia, a excepción del Cloro libre residual en las tres zonas de estudio y el pH principalmente en la zona baja; en cuanto a los parámetros microbiológicos se observó crecimiento de 4 NMP/100 mL de Coliformes totales en dos muestras de la zona baja y una total negatividad para Coliformes fecales en todas las zonas de estudio

Según Quintuña & Concepción (2019) realizaron un artículo titulado: *Evaluación fisicoquímica y microbiológica del agua potable de la planta potabilizadora del Cantón Chordeleg-Ecuador*; con el objetivo principal de evaluar mediante un estudio físico-químico y microbiológico el Sistema de Calidad y Tratamiento del Agua que se efectúa en la Planta Potabilizadora del cantón Chordeleg; en la metodología se realizó un estudio no experimental, de campo, descriptivo y de corte no longitudinal; para el análisis físico-químico se evaluaron 176 muestras en las 8 semanas, realizando 1 muestreo al día; en cada muestreo se realizó el análisis de 11 muestras que corresponden: 2 muestra de agua cruda, 2 muestras de agua pre-filtrada, 6 muestras de agua filtrada y 1 muestra de agua tratada realizándose un total de 22 muestras a la semana, en los cuales se determinó los parámetros físico-químicos: temperatura, sólidos totales disueltos, turbiedad y color, pH, dureza, alcalinidad, hierro, sulfato, nitritos, nitratos y cloro libre residual; parámetros microbiológicos: Coliformes totales y fecales; como resultado el análisis fisicoquímico realizado demuestra que en la mayoría de pruebas cumplen con los parámetros de calidad, establecidos por la norma NTE INEN 1108 – 2014 y 1108 – 2006, sin embargo el color y sólidos totales disueltos se encuentran fuera de los rangos establecidos; del mismo modo el elevado nivel de Coliformes totales y de color, al igual que el bajo nivel de sólidos totales disueltos, limita considerablemente el uso de dicha agua y un posible rechazo por parte del consumidor .

Según Bracho & Fernández (2017) en su artículo científico titulado: *Evaluación de la calidad de las aguas para consumo humano en la comunidad Venezolana de San Valentín, Maracaibo*; la investigación tuvo por objetivo: evaluar

la potabilidad del agua para consumo humano en la comunidad de San Valentín, ubicada en el sector Ancón Bajo II, en el municipio venezolano de Maracaibo; en la metodología se analizaron diez muestras de agua de distintas fuentes de abasto, desde el punto de vista físico, químico y bacteriológico; el método de análisis utilizado fue el método estándar (AWWA, APHA y WEF), los resultados fueron comparados con los valores establecidos como aceptables por las normas sanitarias venezolanas para la calidad del agua potable y los catálogos de calidad de agua emitidos por la Organización Mundial de la Salud; finalmente, se concluyó que el agua de la tubería de aducción requiere tratamiento convencional completo para su purificación, mientras que el agua de los pozos requiere tratamiento de desalinización; encontrándose altamente contaminada por lo que no es una opción como fuente de abastecimiento

Pérez (2016) realizó un artículo científico sobre: *Control de calidad en aguas para consumos humano en la región occidental de Costa Rica*; con el objetivo de evaluar diferentes parámetros de calidad del agua para consumo humano, tales como conductividad eléctrica, densidad, pH, dureza total, dureza cálcica, alcalinidad total, cloruros, magnesio y calcio por absorción atómica en muestras de agua potable de la región del Occidente del país, Grecia, Naranjo, San Ramón, Poás, Zarcerero, San Carlos y Esparza y comparar los resultados con los parámetros de calidad; la metodología consistió en determinar la conductividad eléctrica con un conductímetro calibrado, tomando las lecturas con el equipo directamente a la muestra respectiva; luego se determinó la densidad utilizando el densímetro directamente en la muestra colocada en una probeta; el pH se midió con el pH-metro recién calibrado con buffer de pH 4, 7 y 10, antes de la medición de las muestras; el estudio arrojó resultados muy favorables, ya que las muestras cumplen con la regulación vigente en el país en cuanto a parámetros de calidad del agua; el rango de pH admisible es entre 6.5 y 8.5, todas las muestras analizadas están dentro de lo especificado, ya que se obtuvo 6.44 como valor mínimo el caso de la muestra de agua de Zarcerero y 7.32 como valor máximo en el caso de San Ramón; los resultados para calcio y magnesio están dentro de los recomendados por el Reglamento, que corresponden a 100 mg/L para calcio y 30 mg/L para magnesio; los resultados de alcalinidad oscila en valores de 66 y 128 mg/l cumpliendo

con lo que establece en reglamento de 50 a 200 mg/l CaCO<sub>3</sub>; la prueba de cloruros osciló entre 20.8 y 23.3 mg/l Cl cumpliendo con el reglamento que considera un valor idóneo de 25 mg/L Cl y como un valor máximo admisible 250 mg/L

Hernández (2016) en su proyecto de graduación titulado: *Evaluación de la calidad del agua para consumo humano y propuesta de alternativas tendientes a su mejora, en la Comunidad de 4 Millas de Matina, Limón*; el objetivo fue realizar un diagnóstico de las fuentes de agua para consumo humano utilizadas en la comunidad de 4 Millas de Matina, Limón, con el fin de generar una propuesta de alternativas tendiente a mejorar la calidad del agua que se consume; la metodología se realizó en fuentes equivalentes a pozos artesanales construidos manualmente en 4 Millas; los resultados del análisis determinaron que las concentraciones de manganeso en el agua tomada de los pozos son altas (mediana: 835 µg/L Mn) y muchas veces (67%) están por encima de lo máximo permitido; con base en lo que menciona la literatura científica, estas concentraciones podrían afectar el neurodesarrollo infantil; además, se detectó la presencia de coliformes fecales en todas las muestras y en algunas se detectaron también plaguicidas; se concluye que los factores que influyen en la calidad del agua pueden deberse a varios motivos: desde razones naturales y geológicas, tal y como la presencia de Mn en el suelo, hasta acciones antropogénicas, entre estas la escasa planificación urbana (ubicación pozoletina), una pobre inversión en infraestructura de fuentes, pocas medidas de higiene, así como la contaminación proveniente posiblemente del uso extensivo de plaguicidas en las fincas aledañas

Guzmán et al (2015) en su artículo: *La calidad del agua para consumo humano y su asociación con la morbimortalidad en Colombia, 2008-2012*; el cual tuvo como objetivo analizar la calidad del agua para consumo humano y su asociación con la morbimortalidad en Colombia, 2008-2012; como materiales y métodos: se analizó la base de datos de la vigilancia de la calidad del agua mediante métodos de estadística descriptiva en lo referente a las principales características indicadoras de calidad (coliformes totales, E coli (*Escherichia coli*), turbiedad, color, pH, cloro residual libre e índice del riesgo de la calidad del agua); los resultados se correlacionaron con la mortalidad infantil y la morbilidad por enfermedad diarreica aguda, enfermedades

transmitidas por alimentos y hepatitis A; se elaboró un mapa de riesgo para identificar los municipios con alto riesgo de contaminación del agua y mortalidad infantil; como resultados se encontró un alto porcentaje de municipios en los que el valor de potabilidad del agua no se ajustaba a lo establecido por la norma vigente; se identificaron los problemas relacionados con la presencia de E coli, de coliformes totales y la ausencia de cloro residual libre, los cuales fueron más agudos en la zona rural; la calidad del agua tuvo una mayor correlación con la mortalidad infantil, constatándose así su importancia para la salud de la población infantil; en conclusión, la calidad del agua demostró tener un impacto importante en la mortalidad infantil, por lo que se requiere la adopción de políticas que fortalezcan los sistemas de suministro de agua en el país; es esencial fortalecer los programas de vigilancia en salud ambiental, para orientar las acciones de mejoramiento de la calidad del agua e influir positivamente en la salud

Mejia (2015) en su tesis que lleva por título: *Análisis de la calidad del agua para consumo humano y percepción local de las tecnologías apropiadas para su desinfección a escala domiciliaria, en la microcuenca El Limón, San Jerónimo, Honduras; el estudio se realizó en la microcuenca El Limón, ubicada en la subcuenca del Río Copán, Honduras, en el período de enero a julio de 2015*, con el objetivo de hacer un análisis socio ambiental de la calidad del agua para consumo humano, y determinar la percepción local del uso de tecnologías apropiadas para desinfección de agua; en la metodología se hicieron análisis de laboratorio de las principales fuentes de consumo humano mediante parámetros físicos, químicos y bacteriológicos del agua; obteniendo una recopilación del conocimiento local del uso y manejo del agua mediante una metodología participativa, información que llevó al planteamiento de alternativas y acciones sostenibles para mantener la calidad del agua para consumo dentro de los rangos permitidos por la Norma Técnica Nacional; la información de campo se obtuvo mediante recorridos por los cauces de las principales quebradas, aplicación de encuestas a los pobladores y usuarios del agua de la microcuenca, y talleres participativos donde se analizaron los diferentes procesos que se están desarrollando en la microcuenca y que contribuyen a la contaminación del agua; los resultados mostraron que la oferta es mayor a la demanda, y la disponibilidad está en

su límite máximo ya que el recurso no se está utilizando de manera sostenible; la calidad del agua se ve afectada por la turbidez y sedimentación en la parte física, y por contaminación biológica con coliformes fecales; los usuarios muestran poca aceptación al uso de tecnologías de desinfección propuestas debido a la desinformación en cuanto a salud y poca preocupación por su nivel de vida

Gramajo (2014) en su investigación titulada: *Determinación de la calidad del agua para consumo humano y uso industrial, obtenida de pozos mecánicos en la Zona 11, Mixco, Guatemala*; como objetivo se determinó la calidad del agua para consumo humano y uso industrial de cuatro pozos mecánicos ubicados en la zona 11 de Mixco, específicamente en las colonias Lo de Fuentes, Lo de Molina y Primero de Mayo; mediante la metodología de determinar las características físicas, químicas y bacteriológicas del agua de cada uno de los pozos, posteriormente estos valores se compararon con la norma para agua potable NGO 29001 de la Comisión Guatemalteca de Normas COGUANOR, y también se compararon con los requerimientos de calidad del agua para uso industrial contenidos en la norma propuesta CATIE; para el análisis bacteriológico se usó el método de tubos múltiples de fermentación; todos los parámetros evaluados se encontraron dentro de los límites aceptados en la norma para agua potable, por lo que se concluyó que el agua de estos cuatro pozos es adecuada para consumo humano; como resultado de la calidad del agua para uso industrial, se encontró que es adecuada para uso en la industria de alimentos en general, no así para las industrias de bebidas carbonatadas, destilerías y cervecías, y calderas por no cumplir con los requerimientos para estas industrias; en conclusión, el agua de estos pozos se clasifica como dura y ligeramente corrosiva

Borbolla et al (2013) realizaron un artículo científico: *Calidad del agua en Tabasco*; se tuvo como objetivo conocer las características fisicoquímicas y calidad de las muestras de agua potable, procedentes de las diferentes jurisdicciones sanitarias; se realizó un estudio que contó con 268 registros de agua potable; en la metodología se estudiaron: color, turbidez, pH, dureza total como  $\text{CaCO}_3$ , sulfatos, nitratos como nitrógenos, cloruros, cloro residual y sólidos disueltos totales: los resultados obtenidos de los parámetros del agua potable: color 11.46 pt/Co, turbidez 5.40 UTM, pH 7.62,

dureza total como  $\text{CaCO}_3$  de 223.05 mg/l, sulfatos 89.86 mg/l, nitratos como nitrógeno 0.39 mg/l, cloro libre residual 0.75 mg/l, cloruros 40.17 mg/l, y sólidos disueltos totales de 395.05 mg/l; se concluye que la coloración del agua potable se encuentra dentro de los límites permisibles de calidad en un espectro de 0 a 20 pt/Co, no se cumplen con la turbidez que se encuentra en una escala de 0-5 UTN, cumple con los límites de cloro residual libre que establece un rango de 0.2-1.50 mg/l, cumple con los límites de cloruros que establece un rango de 0-250.00 mg/, cumple con los límites de dureza total que establece un rango de 0-500.00 mg/l, cumple con los límites de nitratos como nitrógeno que establece un rango de 0-10.00 mg/l, cumple con los límites de sólidos disueltos totales que establece un rango 0-1000.00 mg/l, cumple con los límites de sulfato que establece un rango 0-400.00 mg/l; también se observó una correlación entre turbidez con sulfatos y dureza total y que existe una discordancia entre las variables físicas y químicas

#### **Antecedentes Nacionales.**

García (2019) realizó la tesis: *Parámetros de control obligatorio para determinar la calidad del agua de consumo humano en la ciudad de Iquitos*; con el objetivo de evaluar la calidad del agua de consumo humano de la ciudad de Iquitos referente a los parámetros organolépticos y microbiológicos de control obligatorio; la metodología de investigación fue de tipo descriptiva-cualitativa, con un diseño general no experimental y diseño específico descriptivo transversal; para el desarrollo de la tesis se tomó una muestra de 48 viviendas de 58,000 viviendas en los distritos de Punchana, San Juan y Belén donde se realizaron mediciones de los parámetros de pH, turbiedad, cloro residual, microbiológicas y parasitológicas; los resultados obtenidos muestran que el agua que consume la ciudad de Iquitos contiene concentraciones adecuadas de cloro residual mayor a 0.5 mg/l en un 95% de las muestras el pH del agua no se encuentra en los parámetros adecuados llegando hasta un valor de 4.5, la turbiedad del agua se mantiene dentro de los límites máximos permisibles entre 0 a 5 NTU; el agua potable distribuida en la ciudad de Iquitos no presenta contaminación parasitológica, se presenta problemas de presencia de Organismos de vida libre, en su mayoría algas y diatomeas; considerando los 123 parámetros establecidos en el DS

031-2010-SA Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, se concluye que el agua que consume la ciudad de Iquitos no es apta para el consumo humano por encontrarse presencia de Organismos de Vida Libre

Según Pantoja (2019) en su tesis: *Análisis de la satisfacción del servicio de agua potable en la Precipitación Mercedes Indacochea, Huacho*; la investigación tuvo por objetivo determinar el nivel de satisfacción del servicio de agua potable en la Precipitación Mercedes Indacochea de la ciudad de Huacho y reconocer cual es el nivel de dicho servicio en calidad, características y tarifa para reconocer las principales deficiencias que posee y plantear alternativas de solución; la metodología aplicada en la investigación es no experimental, de tipo básica pues permitirá reconocer el servicio de calidad, características y satisfacción de la tarifa del servicio de agua potable; los resultados muestran que el nivel de satisfacción mediante este estudio del servicio de agua potable en la Precipitación Mercedes Indacochea de la ciudad de Huacho fue buena con 44.83%, asimismo la cantidad de agua que reciben consideran que es suficiente con 72.41% y no es suficiente con 27.59% y las características del agua con 75.86 %, pero el 13.79% que tiene un defecto de olor, 6.90 % de sabor y 3.45% de color y considera que el precio que paga es adecuado 72.41 %, asimismo el 58.62% de las personas considera que no le comunicaron con tiempo el corte del servicio

Según Atencio (2018) en su tesis que lleva por título: *Análisis de la calidad del agua para consumo Localidad de San Antonio de Rancas, del Distrito de Simón Bolívar, Provincia y Región de Pasco-2018*; El estudio se realizó con objetivo de realizar el análisis físico, químico y microbiológico del agua de consumo humano y la percepción local de la población; como metodología se tomó como referencia el reglamento de la calidad del agua para consumo humano: DS N° 031 – 2010 – SA del ministerio de salud y estándares nacionales de calidad ambiental para agua: DS N° 004-2017-MINAM, categoría 1: poblacional y recreacional subcategoría A: aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable; de las actividades realizadas para el análisis de agua se tomaron 2 puntos de muestreo los cuales incluye el reservorio de agua y la pileta de una vivienda, para cada sitio de muestreo se recolectó 3 muestras para el análisis físicos, químicos y microbiológicos respectivamente; para

la percepción local de agua de consumo se realizó una encuesta a la población de la localidad de San Antonio de Rancas; como resultado podemos determinar que la calidad del agua que consume la población de la localidad de San Antonio de Rancas no es apta para el consumo humano, ya que los parámetros de coliformes fecales y totales no cumplen con los Límites Máximos Permisibles establecidos en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano (DS N°031-2010-SA), asimismo la percepción local de los pobladores mencionan que esta satisfechos con la cantidad de agua que llega a sus viviendas pero no conocen de la calidad de esta

Según Aguilar & Navarro (2018) en su tesis de grado titulado: *Evaluación de la calidad de agua para consumo humano de la comunidad de Llañucancha del distrito de Abancay, provincia de Abancay 2017*; la investigación tuvo por objetivo determinar los parámetros físicos como: conductividad, temperatura, turbiedad, sólidos totales disueltos; determinar los parámetros químicos como: pH, dureza total, cloruros, sulfatos y alcalinidad; determinar parámetros bacteriológicos como: coliformes totales, coliformes fecales, en la metodología se analizaron muestras de agua procedentes de la captación de Siracachayoc, los cuales se utilizaron métodos según la norma técnica N° 031 DIGESA (2012), reglamento de la calidad de agua para consumo humano MINAM (2012) en el laboratorio de control de la calidad de agua de la DESA de la Dirección regional de salud Apurímac los datos que fueron procesados se utilizó el paquete estadístico SPS (sistema de procesamiento de salud); los resultados obtenidos en laboratorio muestran en los parámetros físicos fueron en pH  $7.78 \pm 4.0$ , Temperatura  $17.43 \pm 8.2$ , Conductividad  $138.12 \pm 4.1$ , Alcalinidad  $73.68 \pm 10.3$ ; mientras en los parámetros químicos los resultados que se obtuvieron fueron en dureza Total  $74.28 \pm 13.3$ , Calcio  $23.35 \pm 7.9$ , Magnesio  $4.74 \pm 9.8$ , Cloruros  $74 \pm 15.6$ ; entre tanto para los resultados bacteriológicos en las Unidades de Formadoras de Colonias en coliformes totales fueron en captación de  $18.67 \pm 28.05$ , en reservorio fue de  $18.08 \pm 13.51$ , en pileta domiciliaria fue de  $29.08 \pm 24.6$ , para los coliformes Termotolerantes en captación fue de  $6.67 \pm 16.83$ , en reservorio fue de  $1.75 \pm 2.60$  y en pileta domiciliaria fue de  $6.25 \pm 16.94$ . según la Norma Técnica 031-DIGESA en los parámetros fisicoquímicos se encuentran dentro de los valores normales para agua para consumo humano mientras para los coliformes totales y

termotolerantes el valor normal debe de ser <1 UFC/ml los cuales exceden en los resultados muy encima de los LMP en cada componente del sistema de abastecimiento de agua para consumo humano y que las aguas no son aptas para consumo humano

Martinez (2017) realizo la tesis: *Calidad fisicoquímica y bacteriológica del agua de consumo humano del distrito de Saman, provincia de Azángaro-Puno*; con el objetivo de determinar la calidad bacteriológica y fisicoquímica de agua de consumo humano; para alcanzar estos objetivos se analizaron muestras procedentes de ingreso, salida de planta de tratamiento y red domiciliaria; se aplicó la metodología, de la Norma Técnica Peruana, manual de análisis HACH-2000 y el Reglamento de la calidad del agua para consumo humano DS 031-2010 DIGESA; los resultados fisicoquímicos obtenidos en el ingreso a la planta de tratamiento fueron; temperatura de 18.6°C, conductividad eléctrica de 471.6 µs/cm, solidos disueltos totales de 232.4 mg/l, pH de 7.75, dureza total de 215.5 mg/l, sulfatos de 104.5 mg/l, cloruros de 33.9 mg/l, bacterias coliformes totales y termotolerantes de 467 y 392 UFC/100ml respectivamente; en la salida de la planta de tratamiento se obtuvo datos de temperatura de 19° C, conductividad eléctrica de 686.6 µs/cm, solidos disueltos totales de 329.6 mg/l, pH de 7.29, dureza total de 276.5 mg/l, sulfatos de 138.5 mg/l, cloruros de 48.1 mg/l; bacterias coliformes totales y termotolerantes de 32 y 26 UFC/100 ml respectivamente; en la red de distribución domiciliaria con flujo y sin flujo respectivamente: temperaturas de 19.5 y 19.5 °C, conductividades eléctricas de 678.8 y 684.1 µs/cm, solidos disueltos totales de 326.6 y 329.5 mg/l, pH de 7.35 y 7.37, dureza total de 243 y 249 mg/l, sulfatos de 139 y 135 mg/l, cloruros de 47 y 47 mg/l, bacterias coliformes totales de 64.13 y 42.13 UFC/100 ml y coliformes termotolerantes 78.13 y 65.13 UFC/100 ml; los parámetros bacteriológicos determinados sobrepasan los límites permisibles según el reglamento de calidad de agua para consumo humano DS 031-2010 DIGESA por lo que estas aguas no son aptas para el consumo humano

Palomino (2017) realizó la tesis: *Calidad de agua de consumo humano del distrito de Anco, La Mar, Ayacucho*; con el objetivo de evaluar la calidad de agua de consumo humano en los parámetros microbiológico, fisicoquímica y cloro residual libre de las comunidades de Huayllahura, Chiquintirca, Ccollpa, Toccate y Huayrapata

del distrito de Anco; se analizaron 50 muestras de agua procedentes de los reservorios, grifos domiciliarios de las 5 comunidades y 5 muestras de agua de la fuente de captación para el análisis de parámetros inorgánicos, las muestras fueron trasladadas al Laboratorio de Control Ambiental de la Dirección Regional de Salud – Ayacucho (DIRESA) y Laboratorio de Biodiversidad y Sistema de Información Geográfica de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, para su procesamiento; en los resultados obtenidos se reportó, para las bacterias heterotróficas mesófilas viables se obtuvo un promedio de 415,8 UFC/1 ml lo cual indica que están dentro de los límites máximos permisibles (LMP) establecidas en el DS N° 031-2010-SA; en caso de coliformes totales de las muestras de agua analizadas se encuentran por encima de los LMP en todas las comunidades; para coliformes termotolerantes hay presencia en las comunidades de Chiquintirca, Toccate y Huayrapata, y ausente en las demás; los valores promedios de los análisis fisicoquímicos se hallan por debajo de los LMP; para el cloro residual libre se obtuvo 0,0 mg/l en todas las muestras; con relación a los análisis de los parámetros químicos inorgánicos en caso de arsénico se encontró por encima de los valores permitidos en los estándares nacionales de calidad ambiental (ECA) en las comunidades de Huayllahura y Ccollpa con un valor menor a 1 mg/l y 2,6 mg/l respectivamente; se concluye que las cinco comunidades del distrito de Anco no consumen agua de buena calidad al, no cumplir con todos los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos establecidos en el DS N° 031-2010 – SA

Simbron (2017) realizó la tesis: *Calidad microbiológica y fisicoquímica de las aguas de consumo humano y de riego del distrito de Lauricocha de la provincia de Huanta-Ayacucho*; con el objetivo evaluar la calidad de las aguas de consumo humano y de riego en el distrito de Lauricocha bajo el marco legal establecido por el DS N° 031-2010 MINSa y el DS N° 015-2015 MINAM; la metodología: el tipo de investigación fue básico-descriptivo, para el estudio se obtuvieron muestras de agua correspondientes a 12 comunidades del distrito de Lauricocha; el muestreo se realizó de manera intencional, obteniéndose 12 muestras de agua de consumo humano por muestreo; los muestreos se realizaron durante la época de Sequía y Precipitaciones; las muestras fueron procesadas en el laboratorio de microbiología ambiental de la UNSCH; los resultados para el caso de agua de consumo humano el 100% de las

muestras de aguas analizadas superan los límites máximos permisibles (LMP) de coliformes totales y termotolerantes establecidos, para el caso de bacterias heterotróficas mesófilas viables el 58,3% de las muestras sobrepasa el LMP, el 100% presenta organismos de vida libre y en caso del análisis fisicoquímico para los parámetros: pH, conductividad, sólidos totales disueltos (STD), dureza total, cumplen al 100% con el LMP, el 33,3 % y 29,2 % de color y turbiedad no cumplen con el LMP, en el caso de cloro residual el 91,7 % no cumple con el LMP establecido y en el caso de agua de riego y para los parámetros: pH, conductividad, carbonatos y bicarbonatos, coliformes totales y fecales cumplen al 100 % con los LMP establecidos en el DS N° 015-2015 MINAM

Cava & Ramos (2016) realizaron la tesis: *Caracterización físico – química y microbiológica de agua para consumo humano de la localidad Las Juntas del distrito Pacora – Lambayeque, y propuesta de tratamiento*; con el objetivo de caracterizar físico – químico y microbiológicamente el agua de consumo humano de dicha localidad y así elaborar una propuesta de tratamiento para el fortalecimiento de este servicio; como metodología se tomó como referencia el reglamento de la calidad del agua para consumo humano: DS N° 031 – 2010 – SA del Ministerio de Salud; para el análisis de agua se tomaron 10 puntos de muestreo en diferentes sitios de la localidad los cuales incluye el pozo subterráneo, tanque de almacenamiento y 8 viviendas, para cada sitio de muestreo se recolectó dos muestras para análisis físico – químico y microbiológico respectivamente, se recolectó por 4 semanas haciendo un total de 40 muestras, evaluando 19 parámetros; obteniéndose como resultado que los parámetros que están dentro de los límites para consumo humano son: pH, dureza total, turbidez, color, nitratos, arsénico, plomo y recuento de heterótrofos y los siguientes parámetros que sobrepasan los límites son: cloruros, magnesio, conductividad eléctrica, sólidos totales disueltos, sulfatos, cloro residual, coliformes totales y coliformes termotolerantes; según los datos proporcionados de la calidad del agua, se concluye que el agua proveniente de la localidad de Las Juntas no es apta para consumo humano; esto implica y justifica la aplicación sistemática de un tratamiento de electrodiálisis reversible, con el fin de mejorar la calidad de agua, y lograr que la población esté protegida contra enfermedades infectocontagiosas

Días (2016) realizó la tesis de maestría: *Calidad de agua de uso poblacional de la ciudad de Chota-Cajamarca*; con el objetivo de analizar la calidad física, química y microbiológica del agua potable que se distribuye a la población de la ciudad de Chota; la metodología se realizó mediante el muestreo de la planta de tratamiento y en los domicilios; se analizaron 6 muestras de agua del sistema abastecimientos del agua a la ciudad de Chota, las que fueron tomadas en tiempo de sequía y en tiempo de lluvias; los análisis físicos y bacteriológicos se realizaron en laboratorio de la Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental de Chota; los resultados fueron comparados con el Decreto Supremo N° 031- 2010 que define los parámetros físicos, químicos y micro bacteriológicos del agua de consumo humano de la población del Perú; los datos obtenidos demuestran que la conductividad eléctrica en la planta de tratamiento varía en promedio entre 284 uS/cm y 301 uS/cm siendo menores al estándar que establece una concentración menor de 1500 uS/cm, los valores promedio de pH se encuentran dentro del rango 7.10 - 7.50 pH, la dureza total que suma las concentraciones de iones de calcio y magnesio en el agua se encuentran en el rango de 260 mg /L de  $\text{CaCO}_3$ , la turbidez del agua a la salida de la planta es 0.86 y los puntos de conexión domiciliaria de 0.68 - 0.69 UNT, la temperatura varía de 13 a 25° C dependiendo del estado del tiempo y el recorrido del agua en la ciudad, el cloro a la salida de planta de tratamiento es de 2.5 ppm y cuando llega a la parte domiciliaria se encuentra entre 0.6 - 0.7 ppm, los coliformes termotolerantes y totales en colonias por cien mililitros de agua fue de 0 y referentes a los metales pesados del agua que sale de la planta de tratamiento de la de la ciudad de Chota en la temporada de lluvia contiene ligeramente algunos metales pesados que no cumple con las normas peruanas y en temporada de lluvias el agua que llega de forma turbia no recibe el tratamiento adecuado para eliminar la turbidez ya que los pozos de filtrado en algunas ocasiones colapsan y permiten que el agua aun haya presencia de algunas partículas

Marin & Lezama (2015) realizaron la tesis: *Calidad fisicoquímica y microbiológica del agua de consumo humano del distrito de Oxamarca-Celendin*; con el objetivo de determinar la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua de consumo humano mediante los niveles de temperatura, turbiedad, pH, conductividad eléctrica, concentraciones de sólidos totales disueltos, alcalinidad, dureza cálcica,

cloro libre residual y concentración de coliformes totales y coliformes termotolerantes; como metodología se tomaron 2 puntos de muestra con una duración de muestreo de 4 meses; en cumplimiento a los ECAs del DS N° 004-2017-MINAM (Categoría A1), el agua del punto de monitoreo se puede considerar agua potable, porque los resultados obtenidos no excedieron los valores límites establecidos por esta normativa; asimismo, en cuanto el agua del punto de monitoreo 2 no es considerada un agua apta para consumo humano, debido a la presencia de coliformes totales de 46 NMP/100 ml, coliformes termotolerantes de 6.9 NMP/100 ml y a la ausencia de cloro libre residual, no cumpliendo con los LMPs del D.S. N°031-2010 que establece 0 colonias de coliformes y  $> 0,5$  mg/L de cloro libre residual. Respecto a los demás parámetros, los valores máximos obtenidos, considerando ambos puntos muestreados fueron; turbiedad de 0,94 NTU, conductividad eléctrica de 538  $\mu$ S/cm, sólidos totales disueltos de 341 mg/l, dureza cálcica de 275.9 mg/l, alcalinidad total de 290.3 mgCaCO<sub>3</sub>/l, rangos de pH entre 7.1 a 7.7 y temperatura entre 13 a 16°C, cumpliendo con ambas normativas nacionales

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Teoría**

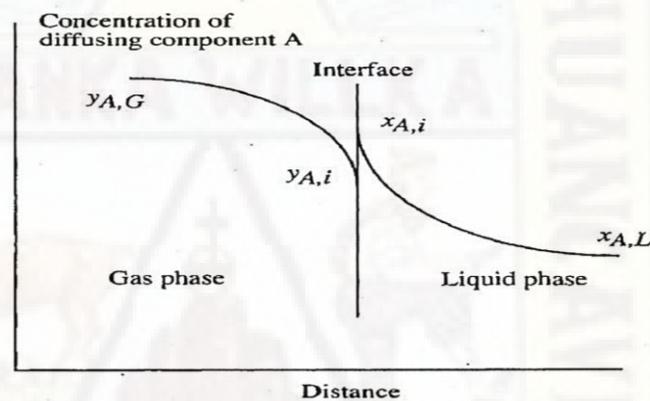
Para realizar la medición de la calidad del agua, tenemos que entender el principio de la contaminación del agua, el cual se lleva a cabo generalmente con la adición de sustancias contaminantes (masa sólida) al agua (líquida). La contaminación del agua se entiende como el transporte de las partículas contaminantes (A) al agua (L) se presenta la transferencia de masas explicada mediante la teoría de la doble capa.

**Problema:** Considerando un sistema que está compuesto por dos fases: gas (G) y líquida (L), G y L están separadas por una interfase  $i$ ; para describir el transporte de A (atravesando la interfase  $i$ ), no es posible utilizar una función tipo ley de enfriamiento de Newton (coeficiente de transporte), este impedimento se debe a que A debe atravesarla interfase  $i$ ; y que en esta zona están interrelacionadas mediante una relación de equilibrio, que debe tomarse en consideración para establecer una diferencia motriz global (n.d.).

**Teoría de la doble capa:** para resolver este problema Lewis y Whitman (1924) propusieron la teoría de la doble capa, según la cual cada una de las fases que constituyen el sistema oponen cierta resistencia al transporte de masa, la interfase no opone resistencia alguna, pero se requiere que ahí se cumplan las condiciones de equilibrio, consecuentemente,  $y_{A,i}$  y  $x_{A,i}$  representan a los valores de dicho equilibrio, que las relacionan de manera biunívoca (n.d.).

**Figura 1**

*Teoría de la doble capa*



*Nota.* Imagen obtenida de Lewis y Whitman (1924).

La teoría de la doble capa o película, propuesta por Whitman (1923), supone que en la interfase hay equilibrio, y propone la suma de las resistencias en la transferencia de masas de las dos fases para obtener la resistencia total. El inverso de la resistencia total el coeficiente total, término usado en los cálculos de diseño más que los coeficientes individuales. Lo que da lugar a que la transferencia de masa entre las fases sea más completa. Según la teoría, la velocidad de transferencia de masa hacia la interfase es igual a la velocidad de transferencia desde la interfase (n.d.).

**De esa manera se puede explicar cada uno de los indicadores:**

El primero, esencialmente químico, consiste en las reacciones de las sustancias contaminantes con el agua y la formación de especies hidrolizadas con carga positiva.

Este proceso depende de la concentración de la sustancia contaminantes y el pH final de la mezcla.

El segundo, fundamentalmente físico, consiste en el transporte de especies hidrolizadas que hacen contacto con las impurezas.

El tercero, netamente microbiológico, consiste en la adhesión de los microorganismos en las partículas sólidas que transporta el agua.

## **2.2.2. Bases conceptuales**

### **2.2.2.1. Agua**

El agua es un recurso natural renovable, indispensable para la vida; vulnerable y estratégico para el desarrollo sostenible, el mantenimiento de los sistemas y ciclos naturales que la sustentan, y la seguridad de la Nación. Es un recurso muy importante para la vida de las personas, los animales y las plantas; es decir, para todo el planeta. Está formada por un átomo de oxígeno y dos de hidrógeno Ministerio del Ambiente (2017).

#### **(a) Calidad del agua**

El agua potable es aquella que no ocasiona ningún riesgo significativo para la salud cuando se consume, teniendo en cuenta las diferentes sensibilidades que pueden presentar las personas en las distintas etapas de su vida. El agua posee unas características variables que la hacen diferente de acuerdo al sitio y al proceso de donde provenga, estas características se pueden medir y clasificar de acuerdo a características físicas, químicas y biológicas del agua Atencio (2018)

#### **(b) Importancia del agua**

Se piensa que el agua siempre estará allí para nosotros cuando nosotros la queremos. Reascos y Yar (2010) afirman: “Sin agua, los seres vivos morirían. Es necesaria para la vida del hombre, los animales y las plantas. Es parte importante de la riqueza de un país”.

Es utilizada en:

- En la agricultura
- La ganadería
- Para generar energía eléctrica
- Para lavar, limpiar en la industria y minería
- Como elemento de refrigeración y/o elemento que transporta el calor en la industria
- En forma de vapor para la industria
- Como elemento que interviene en mezclas y disoluciones, en la industria
- Para el transporte, (Ríos caudalosos para transporte fluvial, transporte de madera)
- Para el consumo humano

### (c) Usos del agua

El agua es un recurso indispensable que alcanza un consumo doméstico de aproximadamente el 10% y un consumo industrial de 21%. El uso del agua se puede clasificar en:

#### **Uso humano o domestico**

El consumo doméstico alcanza aproximadamente el 10% de consumo en las actividades del quehacer cotidiano de las personas, así como para las plantas y los animales Cava & Ramos (2016).

#### **Uso industrial**

Es utilizada en proceso de plantas industriales como materia prima como en actividades de generación de vapor por calderas, actividades de lavado, como refrigerantes, curtiembres, etc Cava & Ramos (2016).

#### **Uso público**

Es el agua que se consume en lugares públicos para el riego de áreas verdes, servicios higiénicos públicos y para mantener en los sistemas contra incendios Cava & Ramos (2016).

#### **Uso agrícola**

La agricultura es el sector que consume más agua, representando globalmente alrededor del 69 % de toda la extracción. El riego consume la mayor parte del agua que se consume, como resultado de la evaporación, incorporación a los tejidos de las plantas y transpiración de los cultivos Cava & Ramos (2016).

#### **Uso recreativo**

Deportes, peceras, duchas y balnearios, etc Cava & Ramos (2016)

### **(d) Tipos del agua**

El agua se clasifica en:

#### **Aguas naturales potables**

Son aguas que provienen de manantiales, ríos, lagos, lagunas, deshielos, y otros que por sus características de potabilidad en lo que respecta a su composición salina y pureza bacteriana son aptas para el consumo humano, sin poseer ninguna virtud medicinal Vicuña (2019).

#### **Aguas superficiales**

Estas aguas comprenden las de los ríos, lagos, lagunas, estanques y otros, estas aguas provienen del agua de lluvia que cae en la cuenca receptora correspondiente Vicuña (2019).

#### **Aguas subterráneas**

Son aguas que se encuentran en el interior de la corteza terrestre a donde han llegado por infiltración del agua superficial o se originan en los núcleos volcánicos de la tierra, al aflorar forman los manantiales o fuentes Vicuña (2019).

#### **Aguas Minerales**

Son aguas que se caracterizan por su alto contenido mineral, más de 1g/L de materias sólidas disueltas, el mismo que está sobre los

límites establecidos por las normas de aguas potables Vicuña (2019).

 **Aguas minerales gaseosas**

Son aguas que emergen acompañados del gas CO<sub>2</sub> y que debido a la cantidad y pureza del mismo puede ser utilizada para bebida

 **Aguas minerales gasificadas**

Es el agua mineral que por no tener el gas natural se le añade CO<sub>2</sub> artificialmente para los fines de bebida Vicuña (2019).

 **Aguas termales**

Son aguas que al aflorar lo hacen a temperaturas mayores que el promedio anual de la temperatura ambiente del lugar de la fuente Vicuña (2019).

 **Aguas minero medicinales**

Son aguas minerales que además de su alto contenido de iones comunes, contienen otros elementos minerales no comunes en cantidades pequeñas, como: Litio, yodo, flúor, bromo, aluminio, cinc y otros, que utilizados como: Baños, bebidas, aspersion, inhalación, irrigación: Producen efectos benéficos para la salud Vicuña (2019).

 **Aguas termo minerales**

Son aguas minerales a las que se añade otro factor fundamental, que es la termalidad y en consecuencia sus aplicaciones son mayores y mejores, estas aguas son las mejores de todas y las más apreciadas para la curación de enfermedades Vicuña (2019).

### **Aguas residuales**

Es una combinación de los líquidos y residuos arrastrados por el agua, procedentes de casas, edificios comerciales, fábricas e instituciones junto a cualquier agua subterránea, superficial y pluvial que puede estar presente Vicuña (2019).

#### **2.2.2.2. Sistema de abastecimiento de agua**

Un sistema de abastecimiento de agua para consumo humano es el conjunto de componentes hidráulicos e instalaciones físicas que son accionadas por procesos operativos, administrativos y equipos necesarios desde la captación hasta el suministro del agua mediante conexión domiciliaria Ministerio de Salud (2011a); en este caso se detallaran el sistema de abastecimiento por gravedad con tratamiento Agüero (1997).

##### **(a) Captación**

Son el conjunto de estructuras e instalaciones destinadas a la regulación, derivación y obtención del máximo caudal posible de aguas superficiales o subterráneas Agüero (1997).

##### **(b) Línea de conducción**

Conformado por estructuras y elementos que conectan las captaciones con los reservorios, pasando o no por las estaciones de tratamiento Agüero (1997).

##### **(c) Planta de tratamiento de agua potable (PTAP)**

Es un conjunto de sistemas y procesos de ingeniería en las que se trata el agua de manera que se vuelva apta para el consumo humano. El tratamiento de agua potable tiene relación entre la calidad del agua cruda y la selección del proceso de tratamiento y rendimiento.

#### **(d) Reservorio**

Es la infraestructura estanca destinada a la acumulación de agua para consumo humano, comercial, estatal y social. Por su función, los reservorios pueden ser de regulación, de reserva, de mantenimiento de presión o de alguna combinación de las mismas.

#### **(e) Redes de distribución de agua**

Es el conjunto de tuberías principales y ramales distribuidores que permiten abastecer de agua para consumo humano a las viviendas.

La Autoridad de Salud del nivel nacional normará los requisitos sanitarios que deben reunir los componentes de los sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano en concordancia con las normas de diseño del ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, los que serán vigilados por la Autoridad de Salud del nivel regional, los mismos que deberá considerar sistemas de protección, condiciones sanitarias internas y externas de las instalaciones, sistema de desinfección y otros requisitos de índole sanitario Ministerio de Salud (2011b)

### **2.2.2.3. Requisitos de calidad del agua para consumo humano**

Toda agua inocua para la salud tiene que cumplir los requisitos de calidad establecidos.

#### **(a) Parámetros microbiológicos**

Toda agua destinada para el consumo humano debe estar exenta de: bacterias heterotróficas; virus; huevos y larvas de helmintos, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos; y organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépedos, rotíferos y nemátodos en todos sus estadios evolutivos Atencio (2018)

✚ **Coliformes totales:** De los organismos indicadores, las bacterias coliformes totales son las que se usan con mayor frecuencia; este

grupo incluye, por definición, todas las bacterias aerobias y anaerobias facultativas, gramnegativas, no formadoras de esporas y con forma de bastón que fermentan lactosa con formación de gases antes de 48 horas a 35 °C; el grupo de coliformes se compone de *Escherichia coli* (*E. coli*), *Enterobacter aerogenes*, *Citrobacter freundii* y bacterias afines Chica & Chimborazo (2020).

- ✚ **Coliformes termotolerantes:** Dentro de este grupo se considera a *Escherichia Coli* exclusivamente, y por ello es el organismo indicador preferido de contaminación fecal; son bacterias que producen gas en medio *Escherichia Coli* a 44.5 °C en 24 ± 2 horas Chica & Chimborazo (2020).

#### (b) Parámetros de calidad organoléptica

El noventa por ciento (90%) de las muestras tomadas en la red de distribución en cada monitoreo establecido para los parámetros químicos que afectan la calidad estética y organoléptica del agua para consumo no deben exceder las concentraciones o valores señalados por la norma; el diez por ciento (10%) restante, el proveedor evaluará las causas que originaron el incumplimiento y tomará medidas para cumplir con los valores establecidos en el reglamento de la calidad del agua para consumo humano DS N° 031-2010-SA Ministerio de Salud (2011a): sólidos totales disueltos, amoníaco, cloruros, sulfatos, dureza total, hierro, manganeso, aluminio, cobre, sodio y zinc, conductividad Atencio (2018)

- ✚ **Turbidez:** El agua clara tiene un bajo nivel de turbidez y el agua turbia o lodosa tiene un nivel de turbidez elevado; los niveles altos pueden ser causados por partículas suspendidas y coloidales en el agua, tales como limo, tierra, sedimento, aguas residuales, plancton y otros organismos microscópicos Chica & Chimborazo (2020).

✚ **Color:** Su presencia en el agua se debe a los vertidos de residuos, presencia de compuestos metálicos, sólidos en suspensión o de la descomposición de vegetales y bacterias; la expresión color se define en dos términos Chica & Chimborazo (2020):

**Color verdadero:** Es el color del agua de la cual se ha eliminado la turbiedad Chica & Chimborazo (2020).

**Color aparente:** Engloba no sólo el color debido a sustancias disueltas sino también a las materias en suspensión y se determina en la muestra original sin filtrarla o centrifugarla; esta contribución puede resultar importante en algunas aguas residuales industriales, casos en que ambos colores deben ser determinados; el color puede determinarse por espectrofotometría o por comparación visual; este último resulta más sencillo y consiste en la comparación de la muestra con soluciones coloreadas de concentraciones conocidas Severiche (2013).

✚ **Potencial de Hidrógeno (pH):** Es la medida de la concentración de los iones hidronio,  $H_3O^+$ , en la disociación; las aguas con pH menores de 7 son aguas ácidas y favorecen la corrosión de sustancias metálicas que se encuentren en contacto con ella, y las que poseen valores de pH mayores de 7 son aguas básicas y pueden dar lugar a incrustaciones; en su valor, hay que tener presente que estas sufren variaciones con la temperatura y que los valores indicados son para 20°C Quintuña & Concepcion (2019).

### (c) **Parámetros inorgánicos**

Toda agua destinada para el consumo humano no deberá exceder los límites máximos permisibles para los parámetros inorgánicos señalados en el reglamento de la calidad del agua para consumo humano DS N° 031-2010-SA Ministerio de Salud (2011a): Plomo, arsénico, mercurio, cadmio, cromo total, antimonio, níquel, selenio, bario, fluor

y cianuros, nitratos, boro, clorito clorato, molibdbeno y uranio Atencio (2018)

✚ **Cloro:** Se aplica tanto en potabilización como depuración e incluye funciones adicionales a la desinfección, como son el control de sabor y olor, la prevención del crecimiento de algas en la infraestructura hidráulica, el mantenimiento de filtros, la remoción de hierro y manganeso, la destrucción del ácido sulfhídrico, la remoción de color por ciertos colorantes orgánicos y el mantenimiento de sistemas de distribución de agua (para controlar el limo); sobre todo, el efecto residual que guarda después de ser aplicado y que le permite continuar desinfectando aún después de que el agua haya salido de la planta de tratamiento; característica, que ningún otro método común de desinfección posee Nuñez (2019). Cuando el cloro es añadido al agua, se desarrollan una serie de procesos o combinaciones químicas:

**Cloro total:** concentración de cloro remante después del consumo por la demanda de cloro del agua.

**Cloro combinado:** concentración de cloro combinado o reaccionado con nitrógeno presente inicialmente en el agua, cantidad no disponible para desinfección.

**Cloro libre o residual:** concentración de cloro disponible para desinfección.

#### (d) **Parámetros de control obligatorio (PCO)**

Son parámetros de control obligatorio para todos los proveedores de agua, los siguientes Ministerio de Salud (2011a):

- Coliformes totales;
- Coliformes termotolerantes;
- Color;
- Turbiedad;
- Residual de desinfectante; y

- pH; Atencio (2018)

#### 2.2.2.4. Contaminación del agua

La contaminación consiste en una modificación generalmente provocada por el hombre, de la calidad del agua, haciéndola inapropiada o peligrosa para el consumo humano, la industria, la agricultura, la pesca y las actividades recreativas, así como para los animales domésticos y la vida natural Atencio (2018)

##### (a) Tipos de contaminación del agua

La contaminación hídrica se entiende como la acción de introducir algún material en el agua alterando su calidad y su composición química Mejías et al. (2016a). Según la Organización Mundial de la Salud el agua está contaminada cuando su composición se haya modificado de modo que no reúna las condiciones necesarias para el uso, al que se le hubiera destinado en su estado natural Organización Mundial de La Salud (2011) de forma general, hay dos clases de fuentes de contaminación:

##### Fuentes puntuales

Descargan de agentes contaminantes en lugares o localizaciones específicas.

##### Fuentes difusas

No se puede localizar fácilmente; es decir, afectan a las masas de aguas desde fuentes como escorrentías de zonas agrícolas que drenan hacia los ríos. Este tipo de contaminación es difícil de controlar Mejías et al. (2016b).

##### (b) Principales contaminantes del agua

Los principales contaminantes de la fuente de agua se clasifican en:

- ✚ **Agentes patógenos:** algunas bacterias, virus y parásitos, originarias de desechos orgánicos, entran en contacto con el agua Mejías et al. (2016b).
- ✚ **Desechos que requieren oxígeno:** Son desperdicios pueden ser descompuestos por bacterias que usan oxígeno para biodegradarlos. Cuando existen grandes poblaciones de estas bacterias pueden llegar a agotar el oxígeno del agua, matando toda la vida acuática Mejías et al. (2016b).
- ✚ **Sustancias químicas inorgánicas:** Un ejemplo de sustancias químicas orgánicas son los ácidos y los compuestos de metales tóxicos que son descargados a las fuentes de agua Mejías et al. (2016b).
- ✚ **Sustancias químicas:** Son sustancias orgánicas el petróleo, el plástico, los plaguicidas y los detergentes que amenazan la vida en el agua Mejías et al. (2016b).
- ✚ **Nutrientes vegetales:** Son aquellos que pueden ocasionar el crecimiento excesivo de plantas acuáticas que al morir se descomponen y agotan el oxígeno del agua provocando la muerte de varias especies marinas Mejías et al. (2016b).

### (c) Control y vigilancia de la calidad del agua

La calidad del agua para consumo humano tiene una fuerte incidencia en la salud de las personas como consecuencia de que sirve como vehículo de muchos microorganismos de origen gastrointestinal y que son patógenos para el hombre y que estos están presentes en el agua como bacterias y virus y en menor cuantía los parásitos; la calidad microbiológica del agua de consumo humano es de gran importancia por el cual es considerado como un indicador bacteriano a los coliformes totales y fecales el cual se debe de dar prioridad dentro de las políticas de abastecimiento de agua Organización Mundial de la Salud (2006).

### **2.2.2.5. Impacto de la calidad del agua en la salud**

#### **(a) Salud pública y calidad del agua**

El agua es con frecuencia una fuente potencial de enfermedades infecciosas y también de intoxicaciones químicas, por consiguiente, es el factor individual más importante para asegurar la salud pública: los métodos que normalmente se emplea para determinar la calidad de agua depende de técnicas microbiológicas y químicas estandarizadas. Incluso cuando el agua parece totalmente limpia y transparente puede estar contaminada con microorganismos patógenos y constituir un serio problema para la salud. No resulta práctico analizar el agua para cada organismo patógeno que pueda estar presente en un determinado abastecimiento de agua, la presencia de unos cuantos microorganismos no patógenos en lo general tolerable, e incluso inevitable; Sin embargo, los suministros de agua deben ser analizados en cuanto a la presencia de microorganismos indicadores específicos cuya existencia señala una posible contaminación Bracho & Fernández (2017).

#### **(b) Enfermedades a causa del agua.**

El agua tiene una estrecha relación con la vida humana por su utilidad directa y por ser un elemento esencial para la conservación del ecosistema. Tener acceso a un agua segura es fundamental para la salud de las personas, sin embargo, si el agua está contaminada se convierte en uno de los principales vehículos de transmisión de enfermedades, afectando a los grupos más desprotegidos de la población, entre ellos, los más vulnerables que son los niños Ibañez (2018).

Las enfermedades transmitidas por el agua, especialmente las diarreas, se encuentran entre las principales causas de morbilidad y mortalidad en la mayoría de los países en desarrollo. Los niños pueden contraer enfermedades debido a la ingesta de agua contaminada, prácticas higiénicas inadecuadas e inapropiada disposición de excretas, también

se deben a la falta de educación y pautas culturales inapropiadas Ibañez (2018).

### **Enfermedades y síntomas producidos por bacterias**

- ✚ *Aeromonas sp.* Enteritis Diarrea muy líquida, con sangre y moco
- ✚ *Campylobacter Jejuni Campilobacteriosis.* Gripe, diarreas, dolor de cabeza y estómago, fiebre, calambres y náuseas
- ✚ *Escherichia Coli Entorocolitis.* Diarrea acuosa, dolores de cabeza, fiebre, uremia, daños hepáticos
- ✚ *Plesiomonas Shigelloides Plesiomonas.* Infección Náuseas, dolores de estómago y diarrea acuosa, a veces fiebre, dolores de cabeza y vómitos
- ✚ *Salmonella Typhi.* Fiebre Tifoidea Fiebre
- ✚ *Salmonella sp. Salmonelosis.* Mareos, calambres intestinales, vómitos, diarrea y a veces fiebre leve
- ✚ *Streptococcus sp.* Dolores de estómago, diarrea y fiebre, a veces vómitos
- ✚ *Vibrio Cholerae.* El Tor (agua dulce) Cólera (forma leve) Fuerte diarrea

#### **2.2.2.6. Bases legales**

- ✚ **Constitución Política del Perú (1993).** La Constitución Política del Perú constituye, dentro del ordenamiento jurídico, la norma legal de mayor jerarquía e importancia dentro del Estado Peruano. En ella se resaltan los derechos fundamentales de la persona humana, como son el derecho de gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de la vida.
- ✚ **Ley General de Salud (N° 26842).** Esta Ley establece que la salud es condición indispensable del desarrollo humano y medio fundamental para alcanzar el bienestar individual y colectivo. Por tanto, es responsabilidad del Estado regularla, vigilarla y promoverla Bracho & Fernández (2017).

- ✚ **Reglamento de la Calidad de Agua para Consumo: D.S. N° 031 – 2010 – SA / Ministerio de Salud.** El presente reglamento contempla La gestión de la calidad del agua; La vigilancia sanitaria del agua; El control y supervisión de la calidad del agua; La fiscalización, las autorizaciones, registros y aprobaciones sanitarias respecto a los sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano; Los requisitos físicos, químicos, microbiológicos y parasitológicos del agua para consumo humano; y La difusión y acceso a la información sobre la calidad del agua para consumo humano Bracho & Fernández (2017).
- ✚ Decreto Supremo N° 004 – 2017 – MINAM, Los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua.
- ✚ Protocolo para la Toma de Muestras, Preservación, Conservación, Transporte, Almacenamiento y Recepción de Agua para Consumo Humano (R.D. N° 160 – 2015/DIGESA/SA).

### **2.3. Formulación de hipótesis**

La investigación presenta hipótesis al ser univariable y de carácter netamente descriptivo.

### **2.4. Definición de términos**

- **Agua**

El agua es un compuesto con características únicas, de gran importancia para la vida, es el más abundante en la naturaleza y determinante en los procesos físicos, químicos y biológicos que gobiernan el medio natural SIAC (2007).

- **Agua cruda**

Es el agua que se encuentra en la naturaleza y que no ha recibido ningún tratamiento para modificar sus características: físicas, químicas o microbiológicas Chica & Chimborazo (2020).

- **Agua de consumo humano**

Agua apta para consumo humano y para todo uso doméstico habitual, incluida la higiene personal Ministerio de Salud (2011b).

- **Agua tratada**

Toda agua sometida a procesos físicos, químicos o biológicos para convertirla en un producto inocuo para el consumo humano Ministerio de Salud (2011b).

- **Cloro residual libre**

Cantidad de cloro presente en el agua en forma de ácido hipocloroso e hipoclorito que debe quedar en el agua de consumo humano para proteger de posible contaminación microbiológica, posterior a la cloración como parte del tratamiento Ministerio de Salud (2011b).

- **Consumidor**

Persona que hace uso del agua suministrada por el proveedor para su consumo Ministerio de Salud (2011b).

- **Desinfección**

Proceso de tratamiento que elimina o reduce el riesgo de enfermedad que pueden presentar los agentes microbianos patógenos, constituye una medida preventiva esencial para la salud pública Chica & Chimborazo (2020).

- **Límite máximo permisible**

Son los valores máximos admisibles de los parámetros representativos de la calidad del agua Ministerio de Salud (2011b).

- **Parámetros microbiológicos**

Son los microorganismos indicadores de contaminación y/o microorganismos patógenos para el ser humano analizados en el agua de consumo humano Ministerio de Salud (2011b).

- **Parámetros organolépticos**

Son los parámetros físicos, químicos y/o microbiológicos cuya presencia en el agua para consumo humano pueden ser percibidos por el consumidor a través de su percepción sensorial Ministerio de Salud (2011b).

- **Parámetros inorgánicos**

Son los compuestos formados por distintos elementos pero que no poseen enlaces carbono-hidrógeno analizados en el agua de consumo humano Ministerio de Salud (2011b).

- **Parámetros de control obligatorio (PCO)**

Son los parámetros que todo proveedor de agua debe realizar obligatoriamente al agua para consumo humano Ministerio de Salud (2011b).

- **Sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano**

Conjunto de componentes hidráulicos e instalaciones físicas que son accionadas por procesos operativos, administrativos y equipos necesarios desde la captación hasta el suministro del agua Ministerio de Salud (2011b).

- **Sistema de tratamiento de agua**

Conjunto de componentes hidráulicos; de unidades de procesos físicos, químicos y biológicos; y de equipos electromecánicos y métodos de control que tiene la finalidad de producir agua apta para el consumo humano Ministerio de Salud (2011b).

## **2.5. Identificación de variables**

### **2.5.1. Variable**

Calidad del agua para consumo humano

### **2.5.2. Dimensiones**

- Parámetros microbiológicos
- Parámetros de calidad organoléptica
- Parámetros inorgánicos

### **2.5.3. Indicadores**

- Cantidad de coliformes totales
- Cantidad de coliformes termotolerantes
- Escala de color
- Nivel de turbiedad
- Variación de pH
- Concentración de residual de desinfectante

## 2.6. Operacionalización de variables

**Tabla 1**

*Cuadro de operacionalización de variables e indicadores*

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medición	Instrumento	Escala de medición
<b>Calidad del agua para consumo humano</b>	Características físicas, químicas, y bacteriológicas del agua que la hacen aptas para el consumo humano, sin implicancias para la salud, incluyendo apariencia, gusto y olor Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (2006).	Se evaluará la calidad de	Parámetros microbiológicos	1. Coliformes totales	UFC/100 mL a 35°C	Incubadora, y autoclave	Escala de razón
		parámetros físicos, químicos, microbiológicos del agua para consumo humano de la localidad de Acobamba		2. Coliformes termotolerantes	UFC/100 mL a 44,5°C		
		Ministerio de Salud (2011b).	Parámetros de calidad organoléptica	3. Color	UCV escala Pt/Co	Colorímetro	Escala de razón
				4. Turbiedad	UNT	Turbidímetro	
			Parámetros inorgánicos	5. pH	Valor de pH	pHmetro	Escala de razón
				6. Residual de desinfectante	mg L-1	Clorímetro DPD	



## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. Tipo de investigación**

Se utilizó el tipo de investigación **aplicada**, ya que, según Hernández et al., (2014), los aportes de este tipo de investigación están dirigidos a iluminar la comprensión y/o resolución de problemas de algún fenómeno o aspecto de la realidad perteneciente al dominio de estudio de una disciplina científica; se caracteriza por que busca la aplicación de conocimientos.

#### **3.2. Nivel de investigación**

La presente investigación conforme a Barrios (2011) fue de nivel **descriptivo simple**, el que se basa en la descripción de los fenómenos tales como: realidad de las situaciones, personas, eventos, comunidades o grupos al que se está analizando, se trata solamente en la obtención y el procesamiento de los datos, mediante procesos y análisis que involucra Barrios (2011).

#### **3.3. Diseño de investigación**

En la tesis se utilizó un diseño de investigación **no experimental** de tipo **transeccional**, de tipo **descriptivo simple**.

## M→O

Donde: M: muestra; O: observación de la muestra.

El diseño de investigación no experimental Escamilla (2016), refiere que se distingue por no manipularse el variable, por el contrario, se ve los sucesos tal como se dan en el ambiente natural sin causar un entorno intencional tan solo observando las variables existentes en un entorno por lo que no se tiene una inspección directo de las variables Escamilla (2016).

Los diseños de investigación transeccional o transversales se caracterizan por recoger información en un solo momento es decir únicamente en un solo tiempo con el fin de analizar las variables Escamilla (2016).

### 3.4. Población, muestra y muestreo

La población de la tesis abarca al sistema de aguas para consumo humano de la localidad de Acomba por el cual circula **160 L/s**, el cual es administrada por la UGSS – Acobamba en el año 2021

Para la muestra se programaron dos periodos de monitoreo una en época de Precipitación y la otra en Sequía; tomando cinco (05) puntos por época (Precipitación y Sequía) del sistema de agua para consumo humano.

El muestreo del agua para consumo humano para el análisis fue **no probabilístico y por conveniencia**, según Hernández et al., (2014) la elección de los elementos no depende de la probabilidad, sino de causas relacionadas con el propósito del investigador, las muestras del agua para consumo humano fueron tomas de manera deliberada en los siguientes puntos: captación, llegada a reservorio, salida de reservorio, primera casa y ultima casa; se pretende que los casos sean estadísticamente representativos de la población.

### 3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Como técnica para la recolección de datos de la calidad del agua para consumo humano de la localidad de Acobamba se aplicó la observación no experimental.

Sin embargo, como instrumentos de recolección de datos se utilizó una ficha de observación, la cual se puede observar en los anexos de la presente tesis.

Del mismo modo los instrumentos utilizados en el laboratorio para el análisis de los parámetros seleccionados, se puede afirmar que son válidos y confiables por ser de un laboratorio acreditado por INACAL, evidenciándose en los anexos.

#### 3.5.1. Procedimiento del muestreo

##### a) Ubicación de puntos de muestreo:

**En la captación:** El primer punto de muestreo se localizó obligatoriamente en el punto de captación de la fuente de abastecimiento de agua. Así mismo, si el sistema de abastecimiento de agua cuenta con dos o más fuentes de abastecimiento, el muestreo se hace por cada toma de captación o en su defecto cuando son muy numerosas en el buzón de reunión; sean estas del tipo superficial o subterráneo Atencio (2018).

**En el ingreso a la planta de tratamiento del agua:** En este punto se evaluó la calidad de agua a través de la línea de conducción, en caso existiera filtraciones de contaminantes a través de las tuberías enterradas Aguilar & Navarro (2018).

**A la salida del sistema de tratamiento de agua:** Este punto de muestreo se localizó a la salida del sistema de tratamiento de agua, luego que el agua de la fuente de abastecimiento ha sido sometida a procesos de tratamiento físicos y químicos, para hacerla inocua. Este punto de recolección de la muestra, debe ser representativa del agua tratada (grifo de muestreo en tubería de la salida de agua, cisterna de agua tratada, etc.) Atencio (2018).

**A la salida de la infraestructura de almacenamiento (reservorio):** El punto de muestreo se localizó en el grifo de la tubería de la salida del reservorio, de no existir accesorio (grifo o válvula) para la toma de muestras; el punto debe ubicarse en un grifo de la vivienda más cercana al reservorio, que abastece de la red de distribución Atencio (2018).

**En áreas extremos más alejados de la red de distribución:** En la red abierta, el punto fijo de muestreo fue ubicado en el ramal final más alejada de la red áreas de distribución, teniendo en consideración, el recorrido de agua más largo, en el punto más bajo de la red Atencio (2018).

**b) Toma de muestras:**

La toma de muestra fue realizada por el tesista quien recibió capacitación para la actividad, a fin de asegurar que las muestras sean representativas del agua que está siendo suministrada a los consumidores y que durante el muestreo y transporte su composición no se modifique Atencio (2018).

El punto de muestreo fue identificado, en la determinación de la ubicación se utilizó el sistema de posicionamiento Satelital (GPS), la misma que se registró en coordenadas UTM y utilizará para el registro de información Atencio (2018).

Se considero un espacio de 2.5 cm aproximadamente de la capacidad del envase (espacio de cabeza) para permitir la expansión, adición de preservantes y homogenización de la muestra Atencio (2018).

Además, se tomó en cuenta;

**Captación:** Se removió todo tipo de maleza, residuos y/o desechos ubicados alrededor de la captación y sumergió alrededor de 30 cm el recipiente para la toma de muestra.

**Reservorio:** Se removió todo tipo de residuos ubicados alrededor de la tapa con la ayuda de una escobilla, se removió la tapa cuidadosamente,

teniendo la precaución de que no caiga al interior ningún tipo de residuo; se aseguró un cordón de nylon de muestreo por medio del sujetador situado en un extremo del cable; se colocó el frasco de muestreo en el pozo o reservorio, teniendo cuidado de no rozarlo contra las paredes de la estructura; el frasco de muestreo se sumergió alrededor de 30 cm Atencio (2018). (RD N°160-2015/DIGESA/SA).

**Grifos o caños:** Se eligió un grifo que estaba conectado directamente con una cañería de distribución, es decir, que el ramal del grifo no este comunicado con tanques domiciliarios, filtros, u otros artefactos similares; se removió cualquier dispositivo ajeno al grifo; se verifico que no existan fugas a través de los sellos o empaquetaduras del caño, se desinfecto el grifo interna y externamente previo a la toma de muestra con algodón o hisopo con hipoclorito de sodio o alcohol al 70 %; se abrió la llave y se dejó que el agua fluya durante dos o tres minutos, antes de tomar la muestra, y se toma la muestra del grifo Atencio (2018).

**c) Consideraciones en la toma de muestras:**

**Medición de parámetro de campo:** De acuerdo al D.S N°031-2010-SA reglamento de la calidad de agua para consumo humano, corresponde evaluar los siguientes parámetros de campo: cloro residual libre y pH. La información recabada de la medición de parámetros de campo, así como la ubicación y descripción del punto de monitoreo se fue ingresada en la ficha de datos de campo (cadena de custodia), consignando la información de la toma de muestras Atencio (2018).

**Toma de muestras microbiológicas:** Utilizando guantes al momento de la toma de muestras, se desamarro el cordón que ajusta la cubierta protectora del papel y se sacó la cubierta del frasco para la toma de muestra; se evitó tocar el interior del frasco o la cara interna del tapón, sujetando esta con la mano mientras se realiza el muestreo, sin colocarlo sobre algún material que lo pueda contaminar; mientras se mantuvo la tapa en la mano, se colocó inmediatamente

el frasco debajo del chorro de agua y se llenó dejando un pequeño espacio de aire para facilitar la agitación durante la etapa del análisis Atencio (2018).

**Registro de datos de campo:** Se registro el código del punto de muestreo, origen de la fuente, descripción clara y definida del punto de muestreo, hora y fecha de muestreo, localidad, distrito, provincia y departamento, coordenadas de ubicación del punto de muestreo, datos personales de quien realizó la toma de muestra, las condiciones climáticas y otras observaciones pertinentes en el punto de muestreo; se registró todas las mediciones realizadas en el monitoreo Atencio (2018).

**Conservación y etiquetaje de las muestras:** Una vez tomada cada muestra se procedió a su etiquetado; se usó un rotulador resistente al agua, y se indicó un código identificador del muestreo, en ella menciona, la fecha de la recolección, los sustratos de los que procede y el fijador utilizado; se procedió a conservar las muestras, guardándose en un lugar oscuro y fresco durante el trayecto hasta el laboratorio Atencio (2018).

#### **d) Procedimiento analítico**

Este procedimiento se realizó en un laboratorio acreditado por INACAL la cual tiene una infraestructura adecuada para los análisis que realizan y estar dotados de los servicios de electricidad, agua destilada y gas, entre otros. Asimismo, cuenta con instalaciones de seguridad. Los equipos son los adecuados para el control de la calidad del agua potable, de tal manera que con ellos se puedan analizar sustancias en las concentraciones que generalmente se presentan en el agua potable, con niveles de precisión aceptables Atencio (2018).

### **3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

Para el análisis de los datos se utilizó la estadística descriptiva para obtener los mínimos y máximos valores de concentración de coliformes totales, coliformes termotolerantes, color, turbiedad, pH y residual de desinfectante, los resultados que se

obtengan se clasificaran de acuerdo a los límites máximos permisibles establecidos en el reglamento de calidad del agua para consumo humano el D.S. N° 031-2010-SA.

Según Hernández et al., (2014) cuando el estudio tiene una finalidad descriptiva, se evalúa si es posible establecer relaciones entre variables; en tal caso es factible seguir con la estadística inferencial; sin embargo, en la presente tesis tenemos una sola variable y la finalidad es describir la calidad del agua en base a la normativa ambiental existente, se determina que no se utilizó la estadística inferencial; recalando que cada punto de monitoreo es individual y presenta un resultado al objetivo de la investigación.

### **3.7. Descripción de la prueba de hipótesis**

Según Hernández et al., (2014) una hipótesis en el contexto de la estadística inferencial es una proposición respecto de varios parámetros, y lo que el investigador hace por medio de la prueba de hipótesis es determinar si la hipótesis poblacional es congruente con los datos obtenidos en la muestra (Wilcox, 2012; Gordon, 2010; Wiersma y Jurs, 2008; y Stockburger, 2006); para comprender lo que es la prueba de hipótesis en la estadística inferencial es necesario revisar el conceptos de distribución muestral.

Una distribución muestral es un conjunto de valores sobre una estadística calculada de todas las muestras posibles de determinado tamaño de una población (Bond, 2007a). Las distribuciones muestrales de medias son probablemente las más conocidas; si calculáramos la media de todas las medias de las muestras, prácticamente obtendríamos el valor de la media poblacional; lo que comúnmente hacemos es extraer una sola muestra Hernández et al., (2014).

Se entiende que al realizar la prueba de hipótesis, se utilizan datos agrupados; como la media ( $m$ ) y desviación estándar ( $s$ ) y el tamaño de muestra ( $n$ ) de la estadística descriptiva de datos agrupados; razón por la cual, en la presente tesis no se puede realizar la prueba de hipótesis, debido que, al agrupar los datos agrupados no representa significado alguno, cada punto de monitoreo de la calidad del agua para

consumo humano de manera individual presenta información para poder contrastar con la normativa y ver si se cumple o no con las hipótesis planteadas.

Con frecuencia, el propósito de la investigación va más allá de describir las distribuciones de las variables: se pretende probar hipótesis y generalizar los resultados obtenidos en la muestra a la población; los datos casi siempre se recolectan de una muestra y sus resultados estadísticos se denominan estadígrafos; la media o la desviación estándar de la distribución de una muestra son estadígrafos; a las estadísticas de la población se les conoce como parámetros; estos no son calculados, porque no se recolectan datos de toda la población, pero pueden ser inferidos de los estadígrafos, de ahí el nombre de estadística inferencial Hernández et al., (2014).

Finalmente, se justifica que no es posible realizar una prueba de hipótesis en la presente tesis, debido a que la muestra y la población vendría a ser lo mismo, puesto que se está estudiando al sistema de agua potable de la localidad de Acobamba, siendo esta apta o no para el consumo humano; del mismo modo cada punto de monitoreo de agua nos indica si exclusivamente en ese punto se cumplen las suspicacias de calidad de agua para consumo humano, siendo innecesarios agruparlos debido a que cada punto es diferente, a razón que a partir de la planta de tratamiento de agua potable de la localidad de Acobamba la calidad del agua es mucho mejor.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS

#### 4.1. Presentación e interpretación de datos

##### 4.1.1. Parámetros microbiológicos.

- **Punto de monitoreo PM-01: captación.** Se realizó el monitoreo de la calidad del agua en este punto en dos épocas diferentes del año, una en tiempo de precipitación y la otra en tiempo de sequía, y finalmente comparado con los límites máximos permisibles.

#### Figura 2

*Punto de monitoreo PM-01 para parámetros microbiológicos*



**Tabla 2**

*Parámetros microbiológicos en el punto de muestreo (PM-01)*

Punto de Muestreo	Fecha de monitoreo	Época	Coliformes Totales (NMP/100 mL)	Coliformes Termotolerantes (NMP/100 mL)
PM-01	16/02/2021	Sequía	220	22
PM-01	15/04/2021	Precipitación	3500	3500
LMP DS N° 031-2010-SA			0	0

En la tabla 2, podemos observar el punto de muestreo (PM-01), la que se utilizó para analizar dos parámetros que determinan la calidad del agua cuyos valores fueron: coliformes totales = 220 y 3500 UFC/100mL, coliformes termotolerantes = 22 y 3500 UFC/100. Evidenciándose que en épocas de Precipitación son mucho mayores los valores de los parámetros microbiológicos debido a las precipitaciones pluviales que aumentan la concentración de contaminantes.

Comparando con el reglamento de la calidad del agua para consumo humano DS N° 031-2010-SA, Dirección General de Salud Ambiental del Ministerio de Salud, los límites máximos permisibles (LMP) de los siguientes parámetros son: coliformes totales=0 UFC/100mL, coliformes termotolerantes=0 UFC/100 mL. Por lo cual se observa para la época de Precipitación y la época de Sequía los coliformes totales superan el LMP y los coliformes termotolerantes superan el LMP.

Al no cumplir con los parámetros microbiológicos, en este punto (captación) el agua no es apta para el consumo humano, es por ello que aguas abajo se tiene una planta de tratamiento de agua potable (PTAP).

- **Punto de monitoreo PM-02: línea de conducción.** Se realizó el monitoreo de la calidad del agua en la línea de conducción a la entrada de la PTAP en dos épocas diferentes del año, una en época de Precipitación y la otra en época de Sequía; y finalmente se compara con los límites máximos permisibles.

### Figura 3

*Punto de monitoreo PM-02 para parámetros microbiológicos*



**Tabla 3**

*Parámetros microbiológicos en el punto de muestreo (PM-02)*

Punto de Muestreo	Fecha de monitoreo	Época	Coliformes Totales (NMP/100 mL)	Coliformes Termotolerantes (NMP/100 mL)
PM-02	16/02/2021	Sequía	920	79
PM-02	15/04/2021	Precipitación	5400	940
LMP DS N° 031-2010-SA			0	0

De la tabla 3, se puede observar el punto de monitoreo (PM-02), en la cual se analizó dos parámetros para determinar la calidad del agua cuyos valores fueron: coliformes totales = 920 y 5400 UFC/100mL, coliformes termotolerantes = 79 y 940 UFC/100. Observando que en épocas de Precipitación los valores de los parámetros microbiológicos son mucho mayores debido a las precipitaciones pluviales que aumentan la concentración de contaminantes.

De acuerdo, al reglamento de la calidad del agua para consumo humano DS N° 031-2010-SA, los límites máximos permisibles (LMP) de los siguientes parámetros son: coliformes totales=0 UFC/100mL, coliformes termotolerantes=0 UFC/100 mL. Se observa que para las dos épocas los

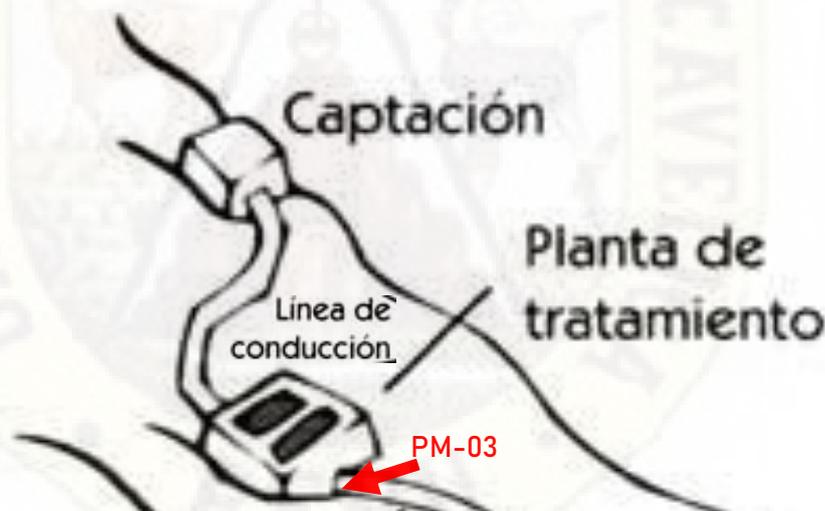
coliformes totales superan el LMP, los coliformes termotolerantes superan el LMP.

Al no cumplir con los parámetros microbiológicos, en este punto (línea de conducción hacia la PTAP) el agua no es apta para el consumo humano, siendo necesario ingresar a la planta de tratamiento de agua potable (PTAP).

- **Punto de monitoreo PM-03: planta de tratamiento de agua potable (PTAP).** Se realizó el monitoreo de la calidad del agua en dos épocas diferentes del año; una en tiempo Precipitación y la otra en época de Sequía, después pasar por un tratamiento en la respectiva PTAP y finalmente se comparó los resultados con los límites máximos permisibles.

**Figura 4**

*Punto de monitoreo PM-03 para parámetros microbiológicos*



**Tabla 4**

*Parámetros microbiológicos en el punto de muestreo (PM-03)*

Punto de Muestreo	Fecha de monitoreo	Época	Coliformes Totales (NMP/100 mL)	Coliformes Termotolerantes (NMP/100 mL)
PM-03	16/02/2021	Sequía	0	0
PM-03	15/04/2021	Precipitación	0	0
LMP DS N° 031-2010-SA			0	0

De la tabla 4, se observa el punto de muestreo (PM-03), se analizó dos parámetros para determinar la calidad del agua cuyos valores fueron: coliformes totales = 0 UFC/100mL, coliformes termotolerantes = 0 UFC/100. Evidenciándose que en las dos épocas los valores de los parámetros microbiológicos son cero (0 NMP/100 mL) debido a que el agua recibió tratamiento en la planta.

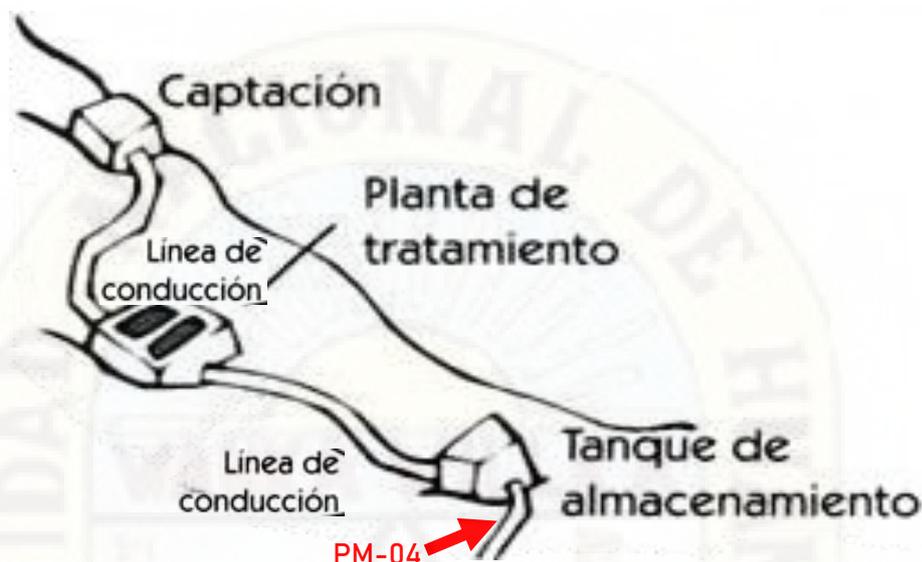
Acorde al reglamento de la calidad del agua para consumo humano DS N° 031-2010-SA, los límites máximos permisibles (LMP) de los parámetros son: coliformes totales = 0 UFC/100mL, coliformes termotolerantes = 0 UFC/100 mL. Por lo cual se observa que para las dos épocas los coliformes totales no superan el LMP, los coliformes termotolerantes no superan el LMP.

Al cumplir con los parámetros microbiológicos, en este punto (después de la PTAP) el agua es apta para el consumo humano, observándose que la planta cumple con su función.

- **Punto de monitoreo PM-04: reservorio.** Se realizó el monitoreo de la calidad del agua a la salida del reservorio, específicamente en el primer punto de consumo de agua; en las dos épocas del año Precipitación y Sequía; y finalmente se comparó con los límites máximos permisibles.

**Figura 5**

*Punto de monitoreo PM-04 para parámetros microbiológicos*



**Tabla 5**

*Parámetros microbiológicos en el punto de muestreo (PM-04)*

Punto de Muestreo	Fecha de monitoreo	Época	Coliformes	Coliformes
			Totales (NMP/100 mL)	Termotolerantes (NMP/100 mL)
PM-04	16/02/2021	Sequía	0	0
PM-04	15/04/2021	Precipitación	0	0
LMP DS N° 031-2010-SA			0	0

De la tabla 5, se observa el punto de muestreo (PM-04), se analizó dos parámetros para determinar la calidad del agua cuyos valores fueron: coliformes totales = 0 UFC/100mL, coliformes termotolerantes = 0 UFC/100. Evidenciándose que en las dos épocas los valores de los parámetros microbiológicos son cero (0 NMP/100 mL) debido a que el agua recibió tratamiento en la planta.

Acorde al reglamento de la calidad del agua para consumo humano DS N° 031-2010-SA, los límites máximos permisibles (LMP) de los parámetros son: coliformes totales = 0 UFC/100mL, coliformes termotolerantes = 0

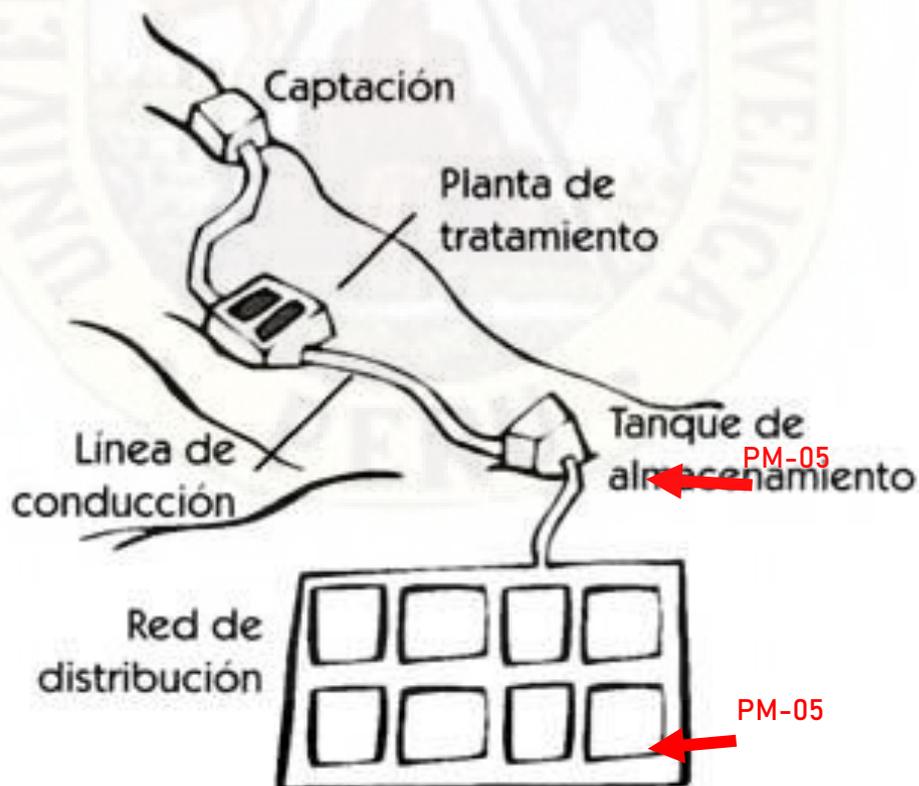
UFC/100 mL. Por lo cual se observa que para las dos épocas los coliformes totales no superan el LMP, los coliformes termotolerantes no superan el LMP.

Al cumplir con los parámetros microbiológicos, en este punto (después de la PTAP y del reservorio) el agua es apta para el consumo humano, observándose que después de la PTAP el agua no recibió contaminante alguno.

- **Punto de monitoreo PM-05: red de distribución.** Se realizó el monitoreo de la calidad del agua en la red de distribución, específicamente en el último punto de abastecimiento de agua potable; en las dos épocas del año Precipitación y Sequía; y finalmente se comparó con los límites máximos permisibles.

**Figura 6**

*Punto de monitoreo PM-05 para parámetros microbiológicos*



**Tabla 6**

*Parámetros microbiológicos en el punto de muestreo (PM-05)*

Punto de Muestreo	Fecha de monitoreo	Época	Coliformes Totales (NMP/100 mL)	Coliformes Termotolerantes (NMP/100 mL)
PM-05	16/02/2021	Sequía	0	0
PM-05	15/04/2021	Precipitación	0	0
LMP DS N° 031-2010-SA			0	0

De la tabla 6, se observa el punto de muestreo (PM-05), se analizó dos parámetros para determinar la calidad del agua cuyos valores fueron: coliformes totales = 0 UFC/100mL, coliformes termotolerantes = 0 UFC/100. Evidenciándose que en las dos épocas Precipitación y Sequía los valores de los parámetros microbiológicos son cero (0 NMP/100 mL) debido a que el agua recibió tratamiento en la planta.

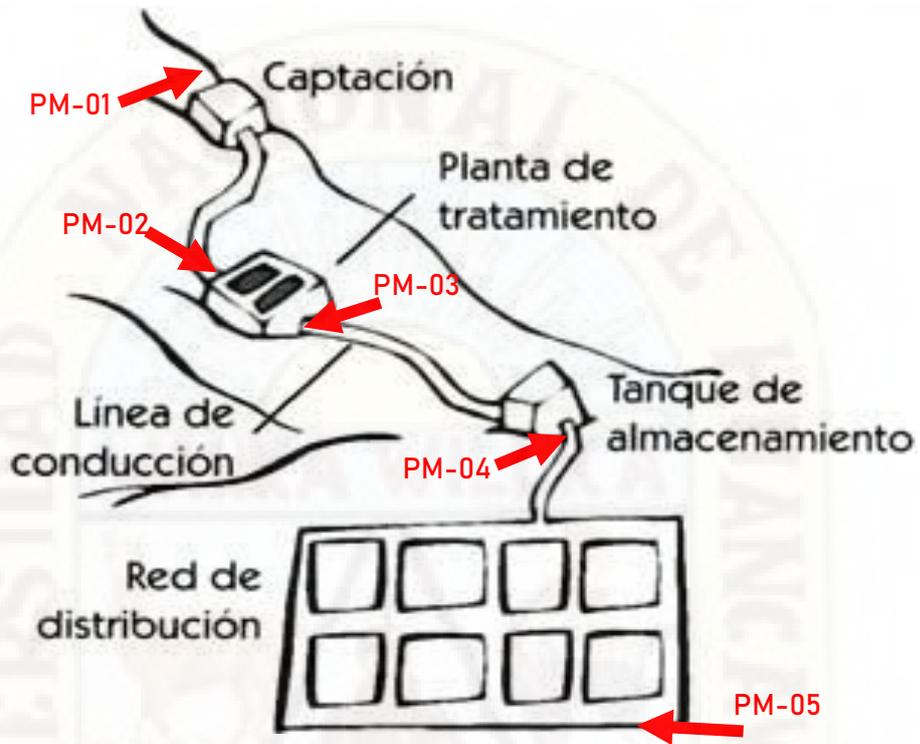
Acorde al reglamento de la calidad del agua para consumo humano DS N° 031-2010-SA, los límites máximos permisibles (LMP) de los parámetros son: coliformes totales = 0 UFC/100mL, coliformes termotolerantes = 0 UFC/100 mL. Por lo cual se observa que para las dos épocas los coliformes totales no superan el LMP, los coliformes termotolerantes no superan el LMP.

Al cumplir con los parámetros microbiológicos, en este punto (después de la PTAP y del reservorio) el agua es apta para el consumo humano, observándose que en las redes de distribución el agua no recibió contaminante alguno.

- **Resumen de todos los puntos de monitoreo.** Se evalúa el monitoreo de la calidad del agua en todos los puntos descritos anteriormente (captación, línea de conducción, planta de tratamiento de agua, reservorio, redes de distribución); en las dos épocas del año Precipitación y Sequía; y finalmente se comparó con los límites máximos permisibles.

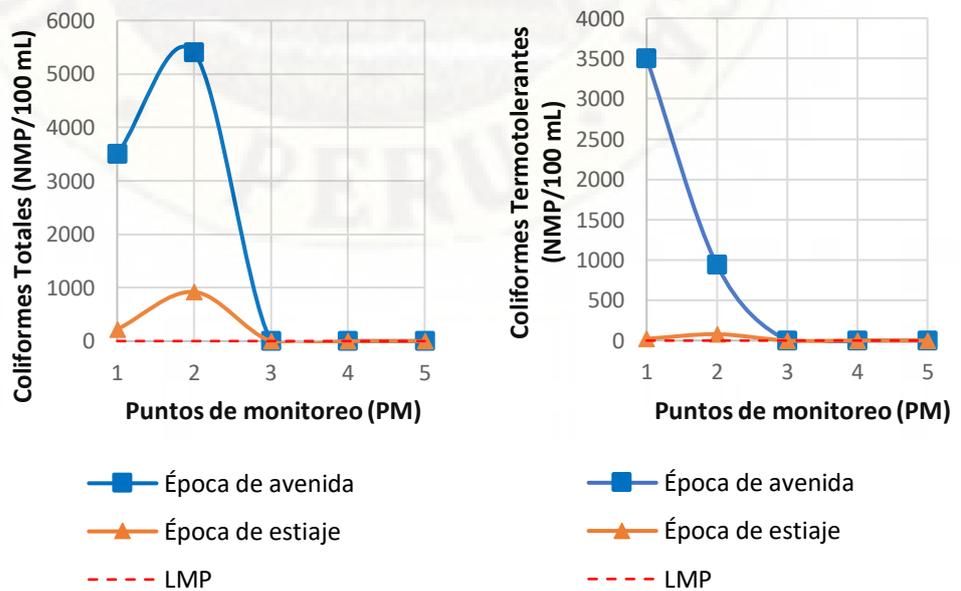
**Figura 7**

*Todos los puntos de monitoreo para parámetros microbiológicos*



**Figura 8**

*Parámetros microbiológicos en todos los puntos de monitoreo*



**Tabla 7***Parámetros microbiológicos en todos los puntos de monitoreo*

<b>Punto de Muestreo</b>	<b>Fecha de monitoreo</b>	<b>Época</b>	<b>Coliformes Totales (NMP/100 mL)</b>	<b>Coliformes Termotolerantes (NMP/100 mL)</b>
PM – 01	16/02/2021	Sequía	220	22
PM – 02	16/02/2021	Sequía	920	79
PM – 03	16/02/2021	Sequía	0	0
PM – 04	16/02/2021	Sequía	0	0
PM – 05	16/02/2021	Sequía	0	0
PM – 01	15/04/2021	Precipitación	3500	3500
PM – 02	15/04/2021	Precipitación	5400	940
PM – 03	15/04/2021	Precipitación	0	0
PM – 04	15/04/2021	Precipitación	0	0
PM – 05	15/04/2021	Precipitación	0	0
LMP DS N° 031-2010-SA			0	0

De la tabla 7, se observan los cinco (05) puntos de monitoreo, en los cuales se analizaron los parámetros microbiológicos para determinar la calidad del agua cuyos valores se presentan en la tabla. Evidenciándose que para los puntos PM-01 y PM-02 en las dos épocas: Precipitación y Sequía los valores son superiores a cero (0 NMP/100 mL) debido a que el agua se encuentra en su estado natural con contaminantes; mientras que en los puntos PM-03, PM-04 y PM-05 son cero (0 NMP/100 mL) debido a que el agua recibió tratamiento en la planta, y este se mantiene hasta el último punto de abastecimiento de agua potable.

Acorde al reglamento de la calidad del agua para consumo humano DS N° 031-2010-SA, los límites máximos permisibles (LMP) de los parámetros son: coliformes totales = 0 UFC/100mL, coliformes termotolerantes = 0 UFC/100 mL. Por lo cual se observa que, para las dos épocas, los coliformes totales superan el LMP en los puntos PM-01 y PM-02, los coliformes termotolerantes superan el LMP en los puntos PM-01 y PM-02.

Al cumplir con los parámetros microbiológicos en los puntos PM-03, PM-04 y PM-05 (a partir de la PTAP) el agua es apta para el consumo humano.

#### 4.1.2. Parámetros organolépticos.

- **Punto de monitoreo PM-01: captación.** Se realizó el monitoreo de la calidad del agua en este punto en dos épocas diferentes del año, una en tiempo de lluvia (época de Precipitación) y la otra en tiempo de sequía (época de Sequía) y finalmente comparado con los límites máximos permisibles.

**Figura 9**

*Punto de monitoreo PM-01 para parámetros organolépticos*



**Tabla 8**

*Parámetros organolépticos en el punto de muestreo (PM-01)*

Punto de Muestreo	Fecha de monitoreo	Época	Color Verdadero (UCV)	Turbidez (UNT)	pH (valor pH)
PM-01	16/02/2021	Sequía	51	22.20	7.8
PM-01	15/04/2021	Precipitación	24	34.60	8.0
LMP DS N° 031-2010-SA			15	5	6.5 a 8.5

De la tabla 8, podemos observar el punto de muestreo (PM-01), en la cual se analizó tres parámetros para determinar la calidad del agua cuyos valores fueron: color verdadero = 51 y 24 UCV; turbidez = 22.20 y 34.60 UNT; y pH = 7.8 y 8.0. Evidenciándose que en épocas de Sequía el color verdadero

es superior; sin embargo, para la turbiedad y pH son mayores los valores en la época de Precipitación debido a las precipitaciones pluviales que afectan turbiedad y pH del agua, pero no el color verdadero ya que este parámetro está relacionado con la materia orgánica presente en el agua.

Acorde al reglamento de la calidad del agua para consumo humano DS N° 031-2010-SA, dirección general de salud ambiental del ministerio de salud, los límites máximos permisibles (LMP) de los siguientes parámetros son: color verdadero = 15 UCV; turbidez = 5 UNT; y pH = 6.5 a 8.5. Por lo cual se observa para las dos épocas que el color verdadero y la turbidez superan el LMP, en tanto para el pH no superan el LMP.

Al no cumplir con dos los parámetros organolépticos, en este punto (captación) el agua no es apta para el consumo humano, es por ello que aguas abajo se tiene una planta de tratamiento de agua potable (PTAP), lo cual es correcto.

- **Punto de monitoreo PM-02: línea de conducción.** Se realizó el monitoreo de la calidad del agua en la línea de conducción a la entrada de la PTAP en dos épocas diferentes del año, una en época de Precipitación y la otra en época de Sequía; y finalmente se compara con los límites máximos permisibles.

### Figura 10

*Punto de monitoreo PM-02 para parámetros organolépticos*



**Tabla 9**

*Parámetros microbiológicos en el punto de muestreo (PM-02)*

Punto de Muestreo	Fecha de monitoreo	Época	Color Verdadero (UCV)	Turbidez (UNT)	pH (valor pH)
PM-02	16/02/2021	Sequía	69	25.90	7.6
PM-02	15/04/2021	Precipitación	16	38.00	7.7
LMP DS N° 031-2010-SA			15	5	6.5 a 8.5

De la tabla 9, se puede observar el punto de muestreo (PM-02), en la cual se analizó tres parámetros para determinar la calidad del agua cuyos valores fueron: color verdadero = 69 y 16 UCV; turbidez = 25.90 y 38.00 UNT; y pH = 7.6 y 7.7. Evidenciándose que en épocas de Sequía el valor del color verdadero es superior; sin embargo, para la turbiedad y pH son mayores los valores en la época de Precipitación debido a las precipitaciones pluviales que afectan turbiedad y pH del agua, pero no el color verdadero ya que este parámetro está relacionado con la materia orgánica presente en el agua.

De acuerdo, al reglamento de la calidad del agua para consumo humano DS N° 031-2010-SA, los límites máximos permisibles (LMP) de los siguientes parámetros son: color verdadero = 15 UCV; turbidez = 5 UNT; y pH = 6.5 a 8.5. Por lo cual se observa para las dos épocas que el color verdadero y la turbidez superan el LMP, en tanto para el pH no superan el LMP.

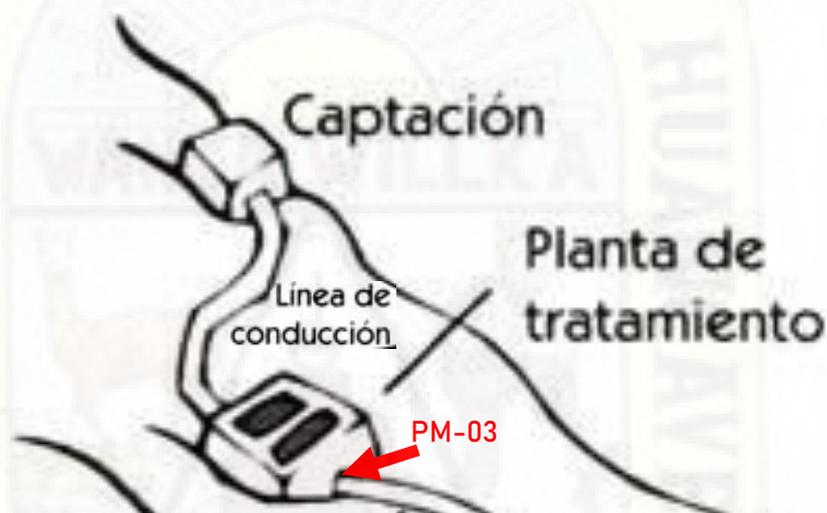
Acorde al reglamento de la calidad del agua para consumo humano DS N° 031-2010-SA, dirección general de salud ambiental del ministerio de salud, los límites máximos permisibles (LMP) de los siguientes parámetros son: color verdadero = 15 UCV; turbidez = 5 UNT; y pH = 6.5 a 8.5. Por lo cual se observa para las dos épocas que el color verdadero y la turbidez superan el LMP, en tanto para el pH no superan el LMP.

Al no cumplir con los parámetros organolépticos, en este punto (línea de conducción hacia la PTAP) el agua no es apta para el consumo humano, siendo necesario ingresar a la planta de tratamiento de agua potable (PTAP).

- **Punto de monitoreo PM-03: planta de tratamiento de agua potable (PTAP).** Se realizó el monitoreo de la calidad del agua en dos épocas diferentes del año; una en tiempo Precipitación y la otra en época de Sequía, después pasar por un tratamiento en la respectiva PTAP y finalmente se comparó los resultados con los límites máximos permisibles.

**Figura 11**

*Punto de monitoreo PM-03 para parámetros organolépticos*



**Tabla 10**

*Parámetros organolépticos en el punto de muestreo (PM-03)*

Punto de Muestreo	Fecha de monitoreo	Época	Color Verdadero (UCV)	Turbidez (UNT)	pH (valor pH)
PM-03	16/02/2021	Sequía	26	0.51	6.8
PM-03	15/04/2021	Precipitación	3	0.55	6.9
LMP DS N° 031-2010-SA			15	5	6.5 a 8.5

De la tabla 10, se observa el punto de muestreo (PM-03), se analizó tres parámetros para determinar la calidad del agua cuyos valores fueron: color verdadero = 26 y 3 UCV; turbidez = 0.51 y 0.55 UNT; y pH = 6.8 y 6.9. Evidenciándose que en épocas de Sequía el valor del color verdadero es superior; sin embargo, para la turbiedad y pH son mayores los valores en la

época de Precipitación debido a las precipitaciones pluviales que afectan turbiedad y pH del agua, pero no el color verdadero ya que este parámetro está relacionado con la materia orgánica presente en el agua.

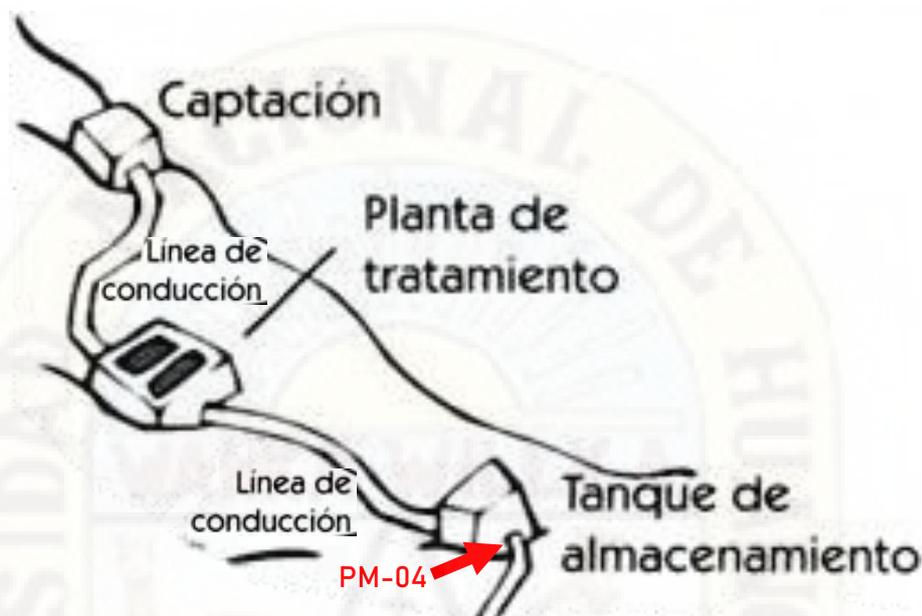
Acorde al reglamento de la calidad del agua para consumo humano DS N° 031-2010-SA, los límites máximos permisibles (LMP) de los parámetros son: color verdadero = 15 UCV; turbidez = 5 UNT; y pH = 6.5 a 8.5. Por lo cual se observa para la época de Sequía el color verdadero es el único que supera el LMP, el color verdadero para la época de Precipitación, la turbidez y el pH para las dos épocas no superan los LMP debido a que el agua recibió tratamiento en la planta.

Al cumplir con la mayoría de los parámetros organolépticos, en este punto (después de la PTAP) se puede considerar que el agua es apta para el consumo humano, observándose en la planta cuando llega alta concentración de color verdadero no lo remueve eficientemente, por lo cual requeriría mejoramiento.

- **Punto de monitoreo PM-04: reservorio.** Se realizó el monitoreo de la calidad del agua a la salida del reservorio, específicamente en el primer punto de consumo de agua; en las dos épocas del año Precipitación y Sequía; y finalmente se comparó con los límites máximos permisibles.

**Figura 12**

*Punto de monitoreo PM-04 para parámetros organolépticos*



**Tabla 11**

*Parámetros organolépticos en el punto de muestreo (PM-04)*

Punto de Muestreo	Fecha de monitoreo	Época	Color Verdadero (UCV)	Turbidez (UNT)	pH (valor pH)
PM-04	16/02/2021	Sequía	14	0.26	7.0
PM-04	15/04/2021	Precipitación	0	1.77	7.2
LMP DS N° 031-2010-SA			15	5	6.5 a 8.5

De la tabla 11, se observa el punto de muestreo (PM-04), se analizó tres parámetros para determinar la calidad del agua cuyos valores fueron: color verdadero = 14 y 0 UCV; turbidez = 0.26 y 1.77 UNT; y pH = 7.0 y 7.2. Evidenciándose que en épocas de Sequía el valor del color verdadero es superior; sin embargo, para la turbiedad y pH son mayores los valores en la época de Precipitación debido a las precipitaciones pluviales que afectan la turbiedad y pH del agua, pero no el color verdadero ya que este parámetro está relacionado con la materia orgánica presente en el agua.

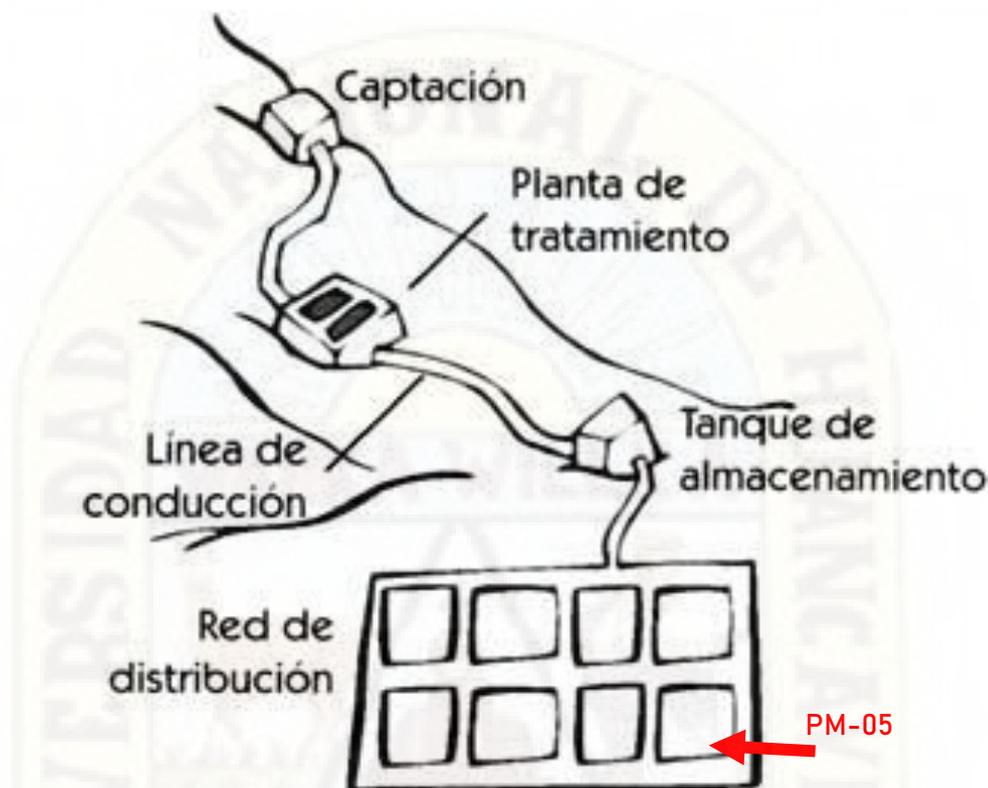
Acorde al reglamento de la calidad del agua para consumo humano DS N° 031-2010-SA, los límites máximos permisibles (LMP) de los parámetros son: color verdadero = 15 UCV; turbidez = 5 UNT; y pH = 6.5 a 8.5. Por lo cual se observa para la época de Sequía y Precipitación, el color verdadero, la turbidez y el pH no superan los LMP debido a que el agua recibió tratamiento en la planta.

Al cumplir con los parámetros organolépticos, en este punto (después de la PTAP y del reservorio) el agua es apta para el consumo humano, observándose que después de la PTAP el agua no recibió contaminante alguno.

- **Punto de monitoreo PM-05: red de distribución.** Se realizó el monitoreo de la calidad del agua en la red de distribución, específicamente en el último punto de abastecimiento de agua potable; en las dos épocas del año Precipitación y Sequía; y finalmente se comparó con los límites máximos permisibles.

**Figura 13**

*Punto de monitoreo PM-05 para parámetros organolépticos*



**Tabla 12**

*Parámetros organolépticos en el punto de muestreo (PM-05)*

Punto de Muestreo	Fecha de monitoreo	Época	Color Verdadero (UCV)	Turbidez (UNT)	pH (valor pH)
PM-04	16/02/2021	Sequía	5	0.70	7.8
PM-04	15/04/2021	Precipitación	2	0.66	7.7
LMP DS N° 031-2010-SA			15	5	6.5 a 8.5

De la tabla 12, se observa el punto de muestreo (PM-05), se analizó tres parámetros para determinar la calidad del agua cuyos valores fueron: color verdadero = 5 y 2 UCV; turbidez = 0.70 y 0.66 UNT; y pH = 7.5 y 7.7. Evidenciándose que en épocas de Sequía los valores del color verdadero, turbiedad y pH son superior a los valores de la época de Precipitación; debido

a que las precipitaciones pluviales no afectan los parámetros organolépticos ya que el agua se encuentra dentro de las tuberías o redes de distribución.

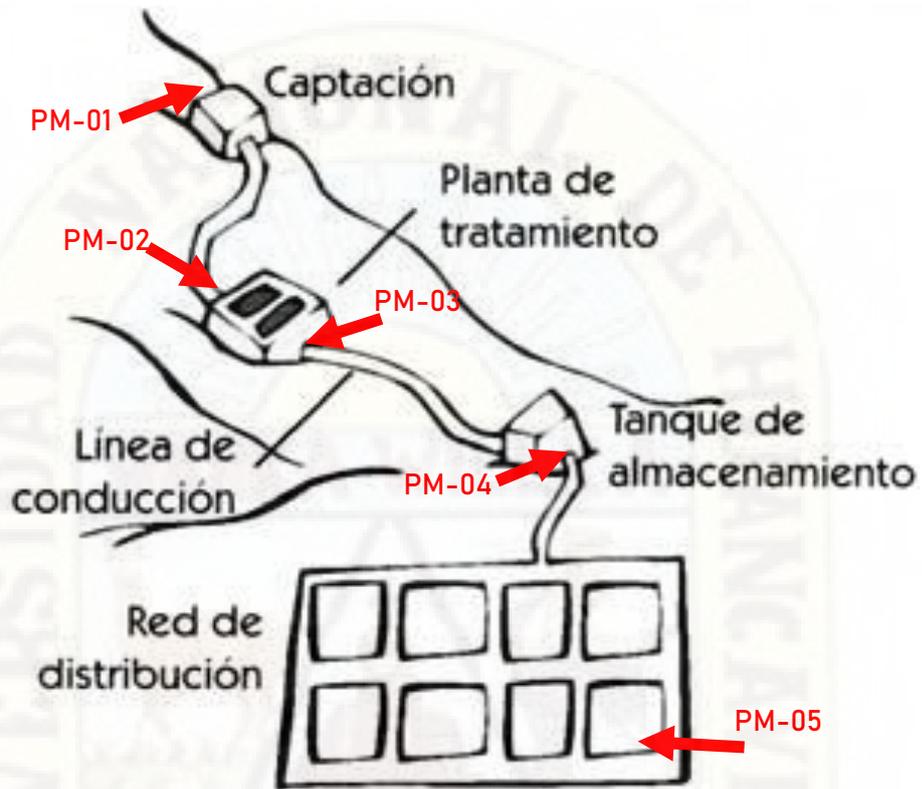
Acorde al reglamento de la calidad del agua para consumo humano DS N° 031-2010-SA, los **límites máximos permisibles (LMP)** de los parámetros son: color verdadero = 15 UCV; turbidez = 5 UNT; y pH = 6.5 a 8.5. Por lo cual se observa que para las dos épocas los parámetros organolépticos no superan los LMP.

Al cumplir con los parámetros microbiológicos, en este punto (después de la PTAP y del reservorio) el agua es apta para el consumo humano, observándose que en las redes de distribución el agua no recibió contaminante alguno.

- **Resumen de todos los puntos de monitoreo.** Se evalúa el monitoreo de la calidad del agua en todos los puntos descritos anteriormente (captación, línea de conducción, planta de tratamiento de agua, reservorio, redes de distribución); en las dos épocas del año Precipitación y Sequía; y finalmente se comparó con los límites máximos permisibles.

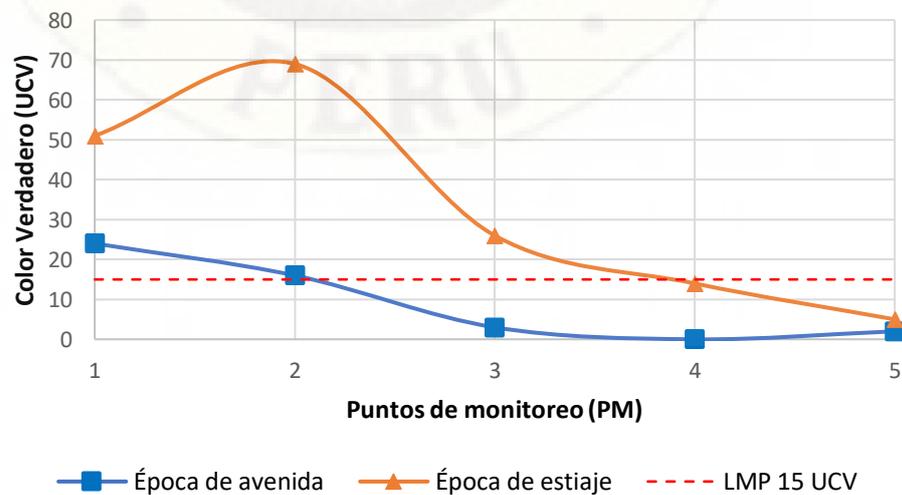
**Figura 14**

*Todos los puntos de monitoreo para parámetros organolépticos*



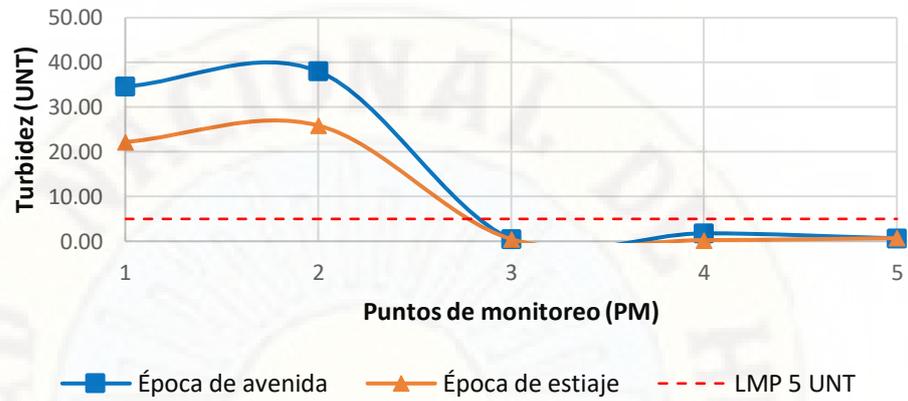
**Figura 15**

*Parámetro de Color Verdadero en todos los puntos de monitoreo*



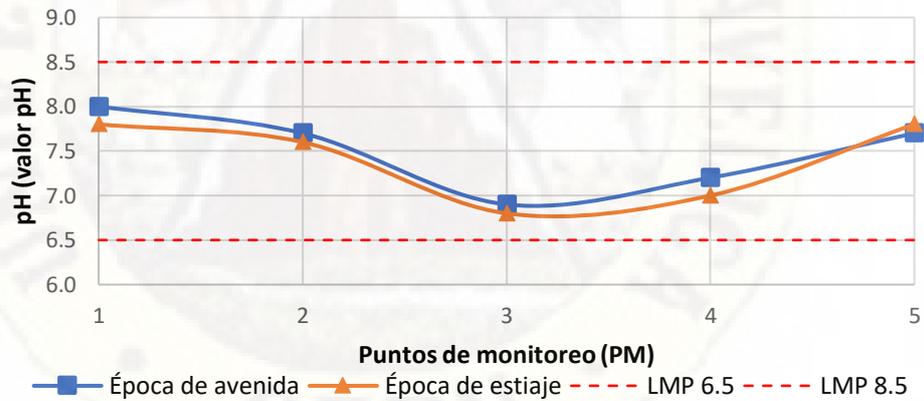
**Figura 16**

*Parámetro de Turbiedad en todos los puntos de monitoreo*



**Figura 17**

*Parámetro de pH en todos los puntos de monitoreo*



**Tabla 13***Parámetros organolépticos en todos los puntos de monitoreo*

Punto de Muestreo	Fecha de monitoreo	Época	Color Verdadero (UCV)	Turbidez (UNT)	pH (valor pH)
PM – 01	16/02/2021	Sequía	51	22.20	7.8
PM – 02	16/02/2021	Sequía	69	25.90	7.6
PM – 03	16/02/2021	Sequía	26	0.51	6.8
PM – 04	16/02/2021	Sequía	14	0.26	7.0
PM – 05	16/02/2021	Sequía	5	0.70	7.8
PM – 01	15/04/2021	Precipitación	24	34.60	8.0
PM – 02	15/04/2021	Precipitación	16	38.00	7.7
PM – 03	15/04/2021	Precipitación	3	0.55	6.9
PM – 04	15/04/2021	Precipitación	0	1.77	7.2
PM – 05	15/04/2021	Precipitación	2	0.66	7.7
LMP DS N° 031-2010-SA			15	5	6.5 a 8.5

De la tabla 13, se observan los cinco (05) puntos de monitoreo en las dos épocas: Precipitación y Sequía; en los cuales se analizaron los parámetros organolépticos para determinar la calidad del agua cuyos valores se presentan en la tabla anterior. Evidenciándose para los valores de los indicadores color verdadero y turbidez en los puntos PM-01 y PM-02 son superiores a los límites máximos permisibles (LMP) debido a que el agua se encuentra en su estado natural con partículas contaminantes; en los puntos PM-03, PM-04 y PM-05 son menores a los LMP debido a que el agua recibió tratamiento en la planta, y este se mantiene hasta el último punto de abastecimiento de agua potable. El indicador de pH en todos los puntos y para las dos épocas no superan el LMP.

Al cumplir con los parámetros organolépticos en los puntos PM-03, PM-04 y PM-05 (a partir de la PTAP), se considera al agua como apta para el consumo humano, a excepción del color verdadero en época de Sequía en el PM-03.

#### 4.1.3. Parámetro inorgánico.

- **Punto de monitoreo PM-01: captación.** Se realizó el monitoreo de la calidad del agua en este punto en dos épocas diferentes del año, una en tiempo de lluvia (época de Precipitación) y la otra en tiempo de sequía (época de Sequía) y finalmente comparado con los límites máximos permisibles.

**Figura 18**

*Punto de monitoreo PM-01 para parámetro inorgánico*



**Tabla 14**

*Parámetro inorgánico en el punto de muestreo (PM-01)*

Punto de Muestreo	Fecha de monitoreo	Época	Residual de desinfectante (mg/L)
PM-01	16/02/2021	Sequía	0
PM-01	15/04/2021	Precipitación	0
LMP DS N° 031-2010-SA			0.5 a 5.0

De la tabla 14, podemos observar el punto de muestreo (PM-01), en el cual se analizó el parámetro cloro residual para determinar la calidad del agua cuyo valor fue de cero (0 mg/L) para ambas épocas de Sequía y de Precipitación, debido a que en la captación no realizan ningún proceso de cloración de agua.

Acorde al reglamento de la calidad del agua para consumo humano DS N° 031-2010-SA, los límites máximos permisibles (LMP) se encuentran entre

0.5 a 5.0 mg/L. Por lo cual se observa para las dos épocas que el residual de desinfectante se encuentra fuera de los LMP.

Al no cumplir con el parámetro inorgánico, en este punto (captación) el agua no es apta para el consumo humano, es por ello que aguas abajo se tiene una planta de tratamiento de agua potable (PTAP) para su respectiva cloración, lo cual es correcto.

- **Punto de monitoreo PM-02: línea de conducción.** Se realizó el monitoreo de la calidad del agua en la línea de conducción a la entrada de la PTAP en dos épocas diferentes del año, una en época de Precipitación y la otra en época de Sequía; y finalmente se compara con los límites máximos permisibles.

**Figura 19**

*Punto de monitoreo PM-02 para parámetro inorgánico*



**Tabla 15**

*Parámetro inorgánico en el punto de muestreo (PM-02)*

<b>Punto de Muestreo</b>	<b>Fecha de monitoreo</b>	<b>Época</b>	<b>Residual de desinfectante (mg/L)</b>
PM-02	16/02/2021	Sequía	0
PM-02	15/04/2021	Precipitación	0
LMP DS N° 031-2010-SA			0.5 a 5.0

De la tabla 15 se puede observar el punto de muestreo (PM-02), en el cual se analizó el parámetro cloro residual para determinar la calidad del agua cuyo valor fue de cero (0 mg/L) para ambas épocas de Sequía y de Precipitación, debido a que en la línea de conducción no realizan ningún proceso de cloración de agua.

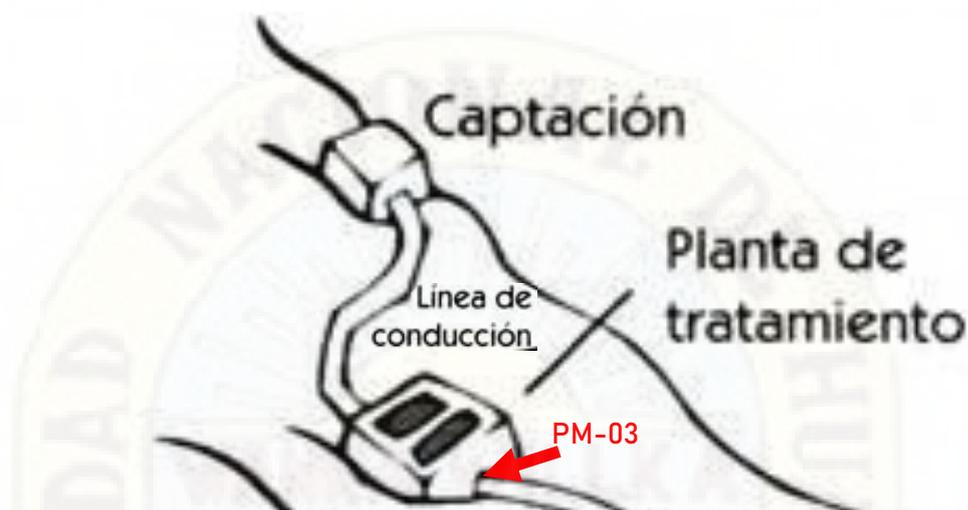
De acuerdo al reglamento de la calidad del agua para consumo humano DS N° 031-2010-SA, los límites máximos permisibles (LMP) se encuentran entre 0.5 a 5.0 mg/L. Por lo cual se observa para las dos épocas que el residual de desinfectante se encuentra fuera de los LMP.

Al no cumplir con el parámetro inorgánico, en este punto (línea de conducción hacia la PTAP) el agua no es apta para el consumo humano, siendo necesario ingresar a la planta de tratamiento de agua potable (PTAP).

- **Punto de monitoreo PM-03: planta de tratamiento de agua potable (PTAP).** Se realizó el monitoreo de la calidad del agua en dos épocas diferentes del año; una en tiempo Precipitación y la otra en época de Sequía, después pasar por un tratamiento en la respectiva PTAP y finalmente se comparó los resultados con los límites máximos permisibles.

## Figura 20

*Punto de monitoreo PM-03 para parámetro inorgánico*



**Tabla 16**

*Parámetro inorgánico en el punto de muestreo (PM-03)*

Punto de Muestreo	Fecha de monitoreo	Época	Residual de desinfectante (mg/L)
PM-03	16/02/2021	Sequía	1.8
PM-03	15/04/2021	Precipitación	0.7
LMP DS N° 031-2010-SA			0.5 a 5.0

De la tabla 16, se observa el punto de muestreo (PM-03), se analizó el indicador cloro residual para determinar la calidad del agua cuyos valores fueron: época de Sequía = 1.8 mg/L y época de Precipitación = 0.7 mg/L. Evidenciándose que en épocas de Sequía el valor del cloro residual es superior; debido a las precipitaciones pluviales que aumentan el caudal del agua y al mismo tiempo reducen la concentración de cloro presente en la salida de la PTAP.

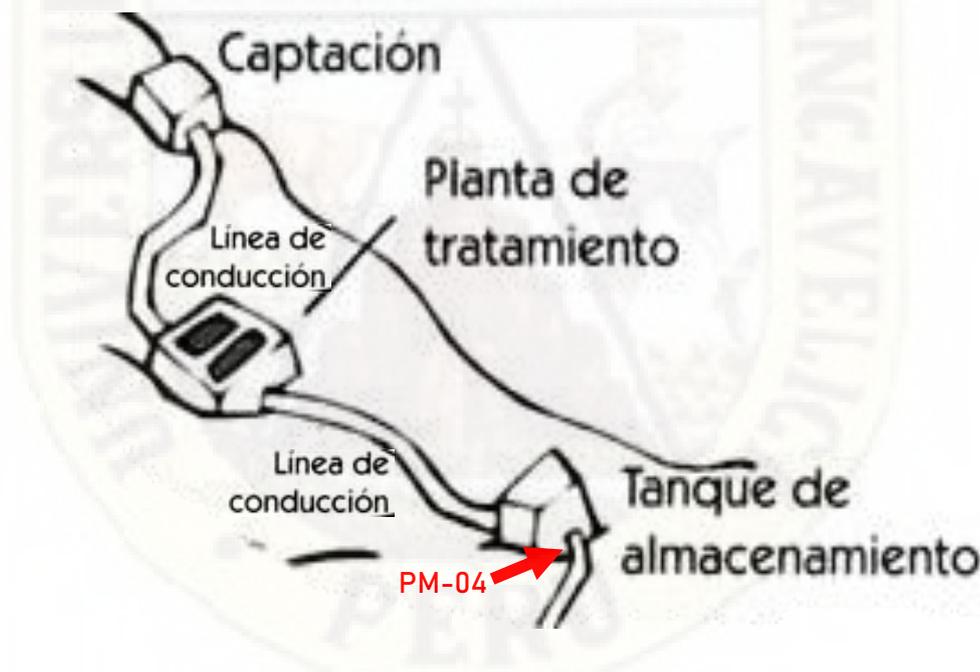
Acorde al reglamento de la calidad del agua para consumo humano DS N° 031-2010-SA, los límites máximos permisibles (LMP) del indicador cloro residual se encuentra entre 0.5 a 5.0 mg/L. Por lo cual se observa para ambas

épocas de Precipitación y Sequía el cloro residual están dentro de los LMP debido a que el agua recibió tratamiento y cloración en la planta. Al cumplir con este indicador inorgánico en este punto (después de la PTAP) el agua es apta para el consumo humano.

- **Punto de monitoreo PM-04: reservorio.** Se realizó el monitoreo de la calidad del agua a la salida del reservorio, específicamente en el primer punto de consumo de agua; en las dos épocas del año Precipitación y Sequía; y finalmente se comparó con los límites máximos permisibles.

**Figura 21**

*Punto de monitoreo PM-04 para parámetro inorgánico*



**Tabla 17**

*Parámetro inorgánico en el punto de muestreo (PM-04)*

Punto de Muestreo	Fecha de monitoreo	Época	Residual de desinfectante (mg/L)
PM-04	16/02/2021	Sequía	1.6
PM-04	15/04/2021	Precipitación	0.6
LMP DS N° 031-2010-SA			0.5 a 5.0

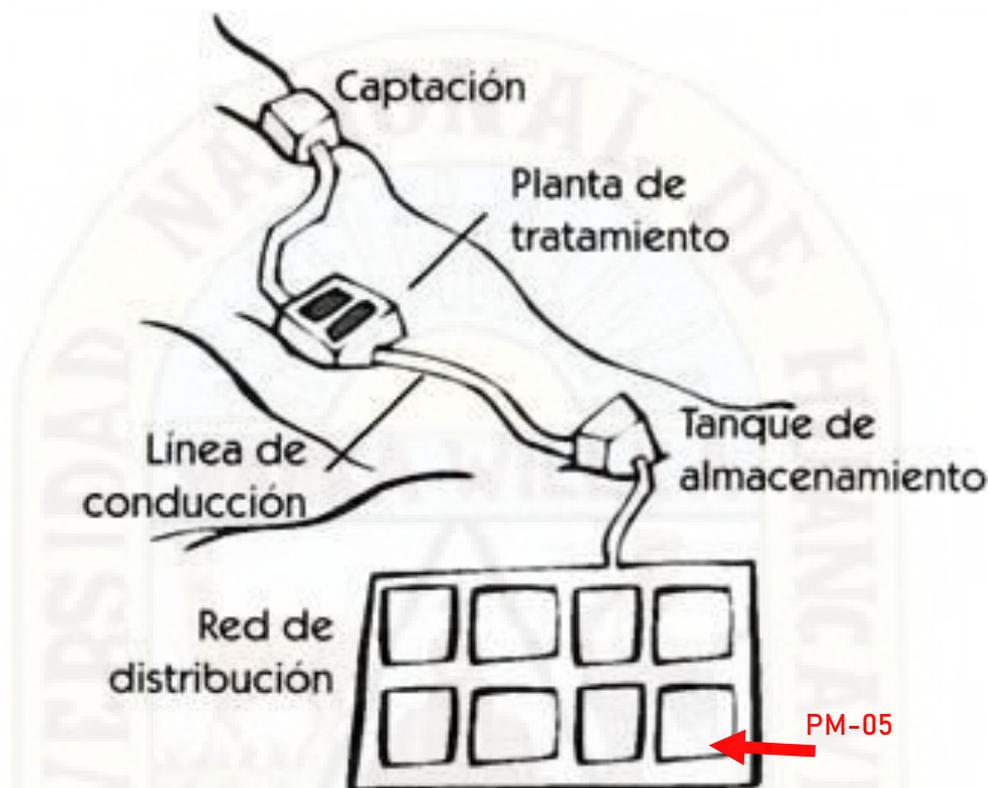
De la tabla 17, se observa el punto de muestreo (PM-04), se analizó el indicador cloro residual para determinar la calidad del agua cuyos valores fueron: época de Sequía = 1.6 mg/L y época de Precipitación = 0.6 mg/L. Evidenciándose que en épocas de Sequía el valor del cloro residual es superior; debido a las precipitaciones pluviales que aumentan el caudal del agua y al mismo tiempo reducen la concentración de cloro remanente en el reservorio y primer punto de abastecimiento de agua potable.

Acorde al reglamento de la calidad del agua para consumo humano DS N° 031-2010-SA, los límites máximos permisibles (LMP) del indicador cloro residual se encuentra entre 0.5 a 5.0 mg/L. Por lo cual se observa para ambas épocas de Precipitación y Sequía el cloro residual están dentro de los LMP debido a que el agua recibió tratamiento y cloración en la planta. Al cumplir con este indicador inorgánico en este punto (después de la PTAP y del reservorio) el agua es apta para el consumo humano, observándose que después de la PTAP el agua mantiene sus propiedades desinfectantes.

- **Punto de monitoreo PM-05: red de distribución.** Se realizó el monitoreo de la calidad del agua en la red de distribución, específicamente en el último punto de abastecimiento de agua potable; en las dos épocas del año Precipitación y Sequía; y finalmente se comparó con los límites máximos permisibles.

**Figura 22**

*Punto de monitoreo PM-05 para parámetro inorgánico*



**Tabla 18**

*Parámetro inorgánico en el punto de muestreo (PM-05)*

Punto de Muestreo	Fecha de monitoreo	Época	Residual de desinfectante (mg/L)
PM-05	16/02/2021	Sequía	0.6
PM-05	15/04/2021	Precipitación	0.5
LMP DS N° 031-2010-SA			0.5 a 5.0

De la tabla 18, se observa el punto de muestreo (PM-05), se analizó el indicador cloro residual para determinar la calidad del agua cuyos valores fueron: época de Sequía = 0.6 mg/L y época de Precipitación = 0.5 mg/L. Evidenciándose que en épocas de Sequía el valor del cloro residual es ínfimamente superior; debido a la estabilización del cloro residual dentro de

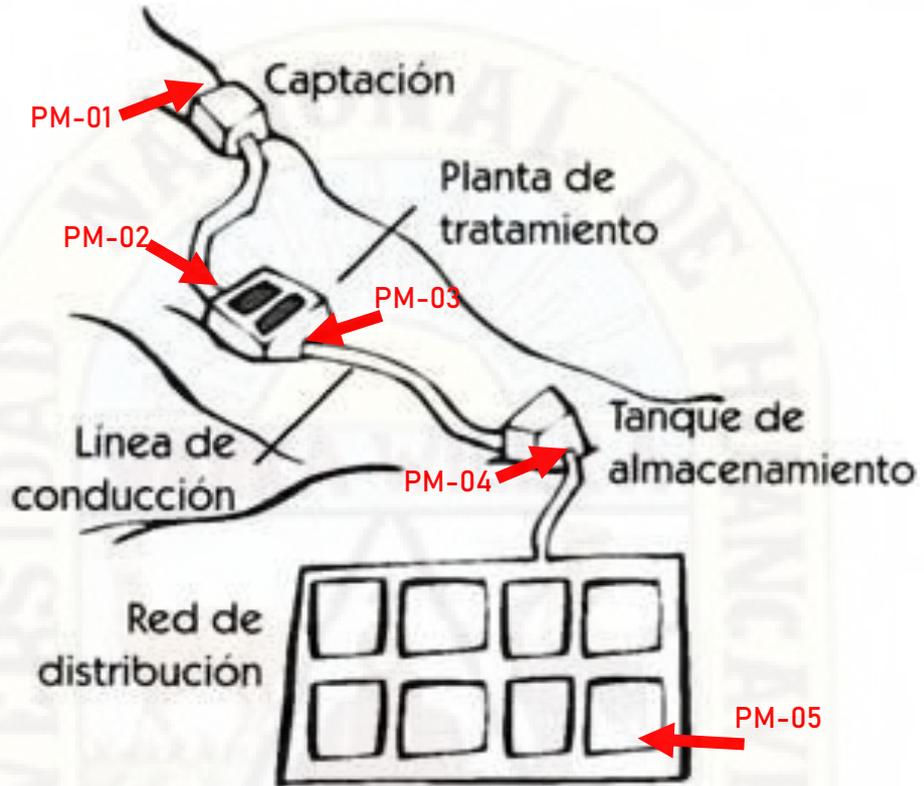
las redes de distribución de agua potable a pesar del aumento de la cantidad de agua por cambio de época del año.

Acorde al reglamento de la calidad del agua para consumo humano DS N° 031-2010-SA, los límites máximos permisibles (LMP) del indicador cloro residual se encuentra entre 0.5 a 5.0 mg/L. Por lo cual se observa para la época de Precipitación se encuentra realmente al límite de 0.5 mg/L pero de igual forma se encuentran dentro de los LMP debido a que el agua en su último punto de abastecimiento aun mantiene sus propiedades desinfectantes al interior de las redes de distribución.

- **Resumen de todos los puntos de monitoreo.** Se evalúa el monitoreo de la calidad del agua en todos los puntos descritos anteriormente (captación, línea de conducción, planta de tratamiento de agua, reservorio, redes de distribución); en las dos épocas del año Precipitación y Sequía; y finalmente se comparó con los límites máximos permisibles.

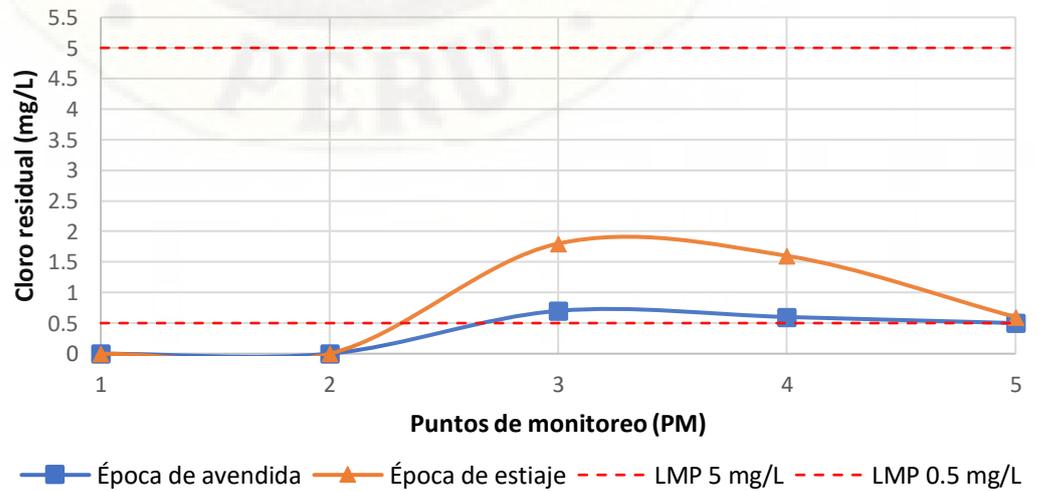
**Figura 23**

*Todos los puntos de monitoreo para parámetro inorgánico*



**Figura 24**

*Parámetro inorgánico en todos los puntos de monitoreo*



**Tabla 19**

*Parámetro inorgánico en todos los puntos de monitoreo*

<b>Punto de Muestreo</b>	<b>Fecha de monitoreo</b>	<b>Época</b>	<b>Cloro residual (mg/L)</b>
PM – 01	16/02/2021	Sequía	0
PM – 02	16/02/2021	Sequía	0
PM – 03	16/02/2021	Sequía	1.8
PM – 04	16/02/2021	Sequía	1.6
PM – 05	16/02/2021	Sequía	0.6
PM – 01	15/04/2021	Precipitación	0
PM – 02	15/04/2021	Precipitación	0
PM – 03	15/04/2021	Precipitación	0.7
PM – 04	15/04/2021	Precipitación	0.6
PM – 05	15/04/2021	Precipitación	0.5
LMP DS N° 031-2010-SA			0.5 a 5.0

De la tabla 19, se observan los cinco (05) puntos de monitoreo en las dos épocas: Precipitación y Sequía; en los cuales se analizó el parámetro inorgánico de cloro residual o residual de desinfectante para determinar la calidad del agua cuyos valores se presentan en la anterior tabla. Evidenciándose los puntos PM-01 y PM-02 son superiores a los límites máximos permisibles (LMP) debido a que el agua se encuentra en su estado natural con material contaminante que no ha sido removido con ningún desinfectante; mientras que en los puntos PM-03, PM-04 y PM-05 se encuentran dentro de los LMP debido a que el agua recibió tratamiento y cloración en la PTAP, y este se mantiene hasta el último punto de suministro de agua potable, resaltándose en la época de Precipitación el PM-05 que se encuentra realmente al límite permisible de 0.5 mg/L de concentración de cloro residual.

Al cumplir con los parámetros organolépticos en los puntos PM-03, PM-04 y PM-05 (a partir de la PTAP), se considera al agua como apta para el consumo humano.

## 4.2. Discusión de resultados

El resultado de la presente tesis se obtuvo mediante comparación referencial con los límites máximos permisibles (LMP) para aguas superficial (DS N° 031-2010.SA), para todos los parámetros se obtuvieron valores tanto para épocas de Sequía (sin lluvias de junio - marzo) como para época de Precipitación (con lluvias de marzo – agosto) tal y como se registra en el SENAMHI para el año 2021. Los parámetros microbiológicos; coliformes totales y coliformes termotolerantes presentaron altas concentraciones antes del tratamiento de la PTAP y en épocas de avenida debido al aumento del caudal del agua por las lluvias; con respecto a los parámetros organolépticos el color verdadero no fue influenciado por el aumento de caudal de las lluvias ya que en épocas de Sequía presentaron mayores valores, pero si en pequeña proporción por la PTAP ya que a partir del punto PM-03 se redujo considerablemente su concentración; la turbidez fue la que evidentemente sufrió los cambios de época y de tratamiento, ya que en época de Precipitación presentan mayores valores y a partir del punto PM-03 (PTAP) se redujo su concentración hasta el punto de cumplir con los LMP; sin embargo el pH sin distinción; el parámetro inorgánico residual de desinfectante presento un valor de 0.00 mg/L en los puntos antes del tratamiento como era de esperar por la falta de desinfectante, así mismos valores superiores a 0.5 mg/L e inferiores a 5.0 mg/L en los puntos después del tratamiento, viéndose levemente afectado por el aumento del caudal del agua que disuelve en mayor medida la concentración del desinfectante.

Los resultados obtenidos por Quintuña & Concepcion (2019) fueron comparados con la norma NTE INEN 1108 – 2014 y 1108 – 2006, evidenciando; en el análisis fisicoquímico realizado demuestra que la mayoría de pruebas cumplen con los parámetros de calidad, sin embargo, el color y sólidos totales disueltos se encuentran fuera de los rangos establecidos; Similar a la presente tesis en la cual el color en época de Sequía se encuentra fuera del rango; En el análisis microbiológico demuestra que en el agua tratada hay presencia de coliformes totales, no cumpliendo con lo establecido por la OMS, dicha contaminación se puede deber a la mala toma de la muestra ya que el momento de tomar la muestra fue directamente de la llave de agua

y no del tanque de almacenamiento, sin flamear la llave; sin embargo los coliformes fecales se encuentran dentro del rango establecido por la norma NTE INEN 1108 – 2014 Quintuña & Concepcion (2019); Con respecto al parámetro microbiológico en la presente tesis se cumplen con los LMP en los puntos donde el agua ya recibió tratamiento, evidenciando también que se realizó adecuadamente la toma de muestras.

En la investigación de Bracho & Fernández (2017) se analizaron diez muestras de distintas fuentes de abastecimiento, utilizando el método estándar (AWWA, APHA y WEF); desde el punto de vista bacteriológico, todas las fuentes de abasto están contaminadas al superar los valores establecidos por las normas, indicando la presencia de heterótrofos aeróbicos y coliformes totales; las fuentes de contaminación de las aguas son principalmente las actividades agrícolas y el uso de productos químicos para prevenir enfermedades en las cosechas; sumado a lo anterior, y no menos importante, es la actividad vacuna, porcina y aviar en el área, las que aportan desechos orgánicos al suelo que percolan hasta las fuentes de agua ; Situación similar se evidencia en la localidad de Acobamba, evidenciándose en los reportes del laboratorio donde la captación de agua (riachuelo) y la línea de conducción superan los LMP para los parámetros microbiológicos; a causa de la contaminación aguas arriba de la captación con productos agropecuarios, residuos agrícolas e inclusive pozos sépticos y letrinas de centros poblados ubicados al margen del riachuelo que conduce el agua hasta la captación de localidad de Acobamba.

Núñez (2019) en la tesis acerca de compuestos clorados, como resultado, obtuvo que la concentración de los compuestos clorados se encuentra en niveles por debajo de los LMP dispuestos por el DS. N° 031-2010-SA; se concluye que, que el proceso de cloración en la red de distribución de su reservorio es deficiente, puesto que, los valores encontrados en todo el monitoreo de los compuestos clorados son bajos en comparación a los parámetros dispuestos por el DS 031-2010-SA y la organización de la salud (OMS), por lo tanto, no garantizan la calidad del agua potable ; Lo cual contrasta con la presente tesis donde todos los valores a partir del tratamiento en las dos épocas cumplen con los LMP, evidenciando que el proceso de

cloración de la localidad de Acobamba es eficiente, a pesar que en algunos puntos se encontraron valores realmente al límite de 0.5 mg/L.

Los resultados obtenidos en el presente estudio, no son coincidentes con los obtenidos por Aguilar & Navarro (2018) debido a que monitoreo y análisis de agua indica que las aguas no son aptas para consumo humano por la presencia de coliformes totales y fecales fuera de lo permitido del DS N° 031-2010-SA y DS N° 004-2017-MINAM; asimismo la percepción local de los pobladores mencionan que están satisfechos con la cantidad de agua que llega a sus viviendas pero no conocen de la calidad de esta, no hay ninguna institución que les informa sobre la calidad del agua que consumen; En la presente investigación el agua es apta para consumo humano, y la población no está satisfecha, principalmente por la limitada cantidad de este recurso y argumentando que se producen enfermedades a su causa.

Del mismo modo Castillo (2016), comparó sus resultados con los Estándares de Calidad Ambiental del DS N° 004-2017-MINAM y LMPs establecidos por el Reglamento de la Calidad del Agua para consumo humano demostrándose que, al realizar el análisis bacteriológico observó concentraciones que exceden los límites establecidos por la Norma Peruana, haciéndola no recomendable para el consumo humano, debido esto a una inadecuada o ineficiente dosificación del hipoclorito de calcio en el tanque de cloración en la planta de tratamiento del agua que consume actualmente la población de Acobamba. Esto también implicó que el pH del agua se encuentre ligeramente superior al límite máximo permisible; es por ello, que las plantas de tratamiento deben garantizar mediante sistemas, estructuras o procedimientos de control, el tiempo de contacto del hipoclorito de calcio como desinfectante, antes de enviar el agua a las redes. (Directiva sobre Desinfección de Agua para Consumo Humano (Resolución de Superintendencia 190-97- SUNASS).

Los resultados obtenidos en el presente estudio no coinciden a los obtenidos por Zegarra (2016), en su estudio de evaluación de la calidad fisicoquímica y microbiológicos del manantial de Huañambra-Celendín, obteniendo concentraciones de coliformes termotolerantes de 1000 UFC/100 mL, valores que superan a los LMPs

establecidos por los ECA para aguas categoría 1; concluyendo en que el agua del manantial Huañambra en su estado natural no es apta para el consumo humano.

Por otro lado los resultados obtenidos en el presente estudio, coinciden con los obtenidos por Canseco (2017), en su estudio de evaluación de la calidad de agua para consumo humano de la comunidad de Llañucancha del distrito de Abancay, provincia de Abancay 2017, a pesar que se analizó las muestras en distintos laboratorios como de Mc Química Lab de la ciudad del Cusco y con el resultado del laboratorio referencial de DIGESA Lima, estas tienden a una variación mínima, pero ambos resultados se encuentran dentro de los rangos establecidos por los límites máximos permisibles según los estándares de calidad Ambiental para agua, en su categoría para agua de consumo humano.

#### 4.3. Proceso de prueba de hipótesis

**Tabla 20**

*Base de datos*

Punto de Muestreo	Fecha de monitoreo	Época	Coliformes Totales (NMP/100 mL)	Coliformes Termotolerantes (NMP/100 mL)	Color Verdadero (UCV)
PM - 01	16/02/2021	Sequía	220	22	51
PM - 01	15/04/2021	Precipitación	3500	3500	24
PM - 02	16/02/2021	Sequía	920	79	69
PM - 02	15/04/2021	Precipitación	5400	940	16
PM - 03	16/02/2021	Sequía	0	0	26
PM - 03	15/04/2021	Precipitación	0	0	3
PM - 04	16/02/2021	Sequía	0	0	14
PM - 04	15/04/2021	Precipitación	0	0	0
PM - 05	16/02/2021	Sequía	0	0	5
PM - 05	15/04/2021	Precipitación	0	0	2

Punto de Muestreo	Fecha de monitoreo	Época	Turbidez (UNT)	pH (escala pH)	Residual de desinfectante (mg/L)
PM - 01	16/02/2021	Sequía	22.20	7.8	0
PM - 01	15/04/2021	Precipitación	34.60	8.0	0
PM - 02	16/02/2021	Sequía	25.90	7.6	0

PM - 02	15/04/2021	Precipitación	38.00	7.7	0
PM - 03	16/02/2021	Sequía	0.51	6.8	1.8
PM - 03	15/04/2021	Precipitación	0.55	6.9	0.7
PM - 04	16/02/2021	Sequía	0.26	7.0	1.6
PM - 04	15/04/2021	Precipitación	1.77	7.2	0.6
PM - 05	16/02/2021	Sequía	0.70	7.8	0.6
PM - 05	15/04/2021	Precipitación	0.66	7.7	0.5

Los datos anómalos se presentan debido al tratamiento que recibe el agua en la planta, a raíz de ello, varían los valores desde un número alto a uno que llega hasta cero o viceversa.

**Tabla 21**

*Estadígrafos descriptivos*

Parámetros	N Estadístico	Rango Mínimo Estadístico	Rango Máximo Estadístico	Media Estadístico	Desviación Estadístico
Coliformes Totales	10	0.00	5400.00	1004.00	1892.225
Coliformes Termotolerantes	10	0.00	3500.00	454.10	1109.467
Color Verdadero	10	0.00	69.00	21.00	22.838
Turbidez	10	0.26	37.74	12.52	15.788
pH	10	6.80	1.20	7.45	0.433
Residual de Desinfectante	10	0.00	1.80	0.58	0.658

De la tabla 21, apreciamos los estadísticos descriptivos de los parámetros de la calidad de agua: coliformes totales con una media de 1004.00, una desviación estándar de 1892.225, coliformes termotolerantes con una media de 454.10, una desviación estándar de 1109.467, color verdadero con una media de 21.00, una desviación estándar de 22.838, turbidez con una media de 12.52, una desviación estándar de 15.788, pH con una media de 7.45, una desviación estándar de 0.433, residual de desinfectante con un valor mínimo estadístico de 0.00, un valor máximo estadístico de 1.80; de los seis (06)

indicadores su estadística descriptiva no representan información valiosa, debido a que para realizar una prueba de hipótesis se trabajan con datos agrupados y no existe forma de agrupar los datos de los cinco (05) puntos de muestreo de los dos épocas del año; ya que individualmente cada punto se puede comparar con la normativa ambiental vigente y de acuerdo a su ubicación poder interferir si son válidos o no.

Según reglamento de la calidad del agua para consumo humano DS N° 031-2010-SA; toda agua inocua para la salud que cumple los límites máximos permisibles (LMP) del presente reglamento es apta para consumo humano, estipulándose en sus anexos los valores para los parámetros microbiológicos, organolépticos e inorgánicos y se decide que se cumple o no los LMP por confrontación simple con los valores estipulados. Recalcando que cada parámetro tienen sus propios indicadores validando en ellas las hipótesis.

## Conclusiones

Los resultados de la evaluación de la calidad del agua para consumo humano de la localidad de Acobamba, evidencia que a partir del punto que recibe tratamiento (PM-03) en todos los parámetros el agua es apta para consumo humano de acuerdo al reglamento de calidad de agua para consumo humano DS N° 031-2010-SA.

Los resultados de los parámetros microbiológicos recolectados del sistema de abastecimiento de agua para consumo humano de la localidad de Acobamba: coliformes totales y coliformes termotolerantes de acuerdo a los LMP DS N° 031-2010-SA, muestran que el agua no es apta para consumo humano en los puntos de captación y línea de conducción, por lo que está totalmente prohibido ingerir agua en esos puntos, mientras para los demás puntos son aptas para consumo humano.

Los resultados obtenidos de los parámetros organolépticos recolectados del sistema de abastecimiento de agua para consumo humano de la localidad de Acobamba: color verdadero, turbidez y pH no exceden los LMP DS N° 031-2010-SA después del tratamiento en la PTAP a excepción del color verdadero en el punto PM-03.

Los resultados obtenidos del parámetro inorgánico recolectados del sistema de abastecimiento de agua para consumo humano de la localidad de Acobamba: residual de desinfectante o cloro residual excede los LMP DS N° 031-2010-SA en los puntos PM-01 (captación) y PM-02 (línea de conducción); debido a que no se realiza cloración del agua en esos puntos, sin embargo, a partir del tratamiento y desinfección recibida en la PTAP se cumple con los LMP.

## Recomendaciones

- Instaurar faenas de vigilancia y control de la calidad de agua que consume la población de Acobamba, así se evitar contaminar el agua antes de su captación, mediante actores sociales como Municipalidad, Gobierno Regional, DIRESA, Redes de Salud y Ministerio de Vivienda.
- Monitorear los puntos críticos del sistema de abastecimiento de agua potable, evitando infiltraciones de contaminantes en las tuberías y estructuras deteriorada; realizar periódicamente la limpieza y desinfección de todos los componentes del sistema de abastecimiento de agua para consumo humano de la localidad de Acobamba.
- Difundir la presente investigación a la población de la localidad de Acobamba a fin de exigir a las autoridades de salud y otras instituciones involucradas para el tratamiento de las aguas que llegan a las viviendas.
- Para realizar la evaluación de la calidad de agua, es necesario contar con equipos e insumos como incubadora, equipos de filtración, placas petri, etc. Lo cual en la actualidad no cuenta la Universidad Nacional de Huancavelica. Los análisis de agua para consumo humano tienen altos costos monetarios.

## Referencias bibliográficas

- Aguilar, O., & Navarro, B. (2018). *Evaluación de la calidad de agua para consumo humano de la comunidad de Llañucancha del distrito de Abancay, provincia de Abancay 2017. AIREACION Y TRANSFERENCIA DE GASES*. (n.d.).
- Atencio, H. (2018). *Análisis de la Calidad del Agua para Consumo Localidad se San Antonio de Rancas , del Distrito de Simón Bolívar, Provincia y Region de Pasco-2018*.
- Borbolla, M., de la cruz, L., Piña, O., de la fuente, J., & Garrido, S. (2013). *Calidad de agua en Tabasco*. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=48709106>
- Bracho, I., & Fernández, M. (2017). Evaluación de la calidad de las aguas para consumo humano en la comunidad venezolana de San Valentín, Maracaibo. *Minería y Geología*, 33(3), 339–349.
- Briñez, K., Guarnizo, J., & Arias, S. (2012). *Calidad del agua para consumo humano en el departamento del Tolima, Colombia*.
- Cava, T., & Ramos, R. (2016). *Caracterización físico – química y microbiológica de agua para consumo humano de la localidad Las Juntas del distrito Pacora – Lambayeque, y propuesta de tratamiento*.
- Chica, E., & Chimborazo, S. (2020). *Control de Calidad Física Química y Microbiológica del agua potable de la Comunidad Rural Sisid Anejo, Parroquia Ingapirca, Provincia del Caña*.
- Días, W. (2016). *Calidad de agua de uso poblacional de la ciudad de Chota-Cajamarca*.
- Díaz Edquén, W. E. (2019). *Calidad de agua de uso poblacional de la ciudad Chota - Cajamarca 2014. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo*.
- García, R. (2019). *Parametros de Control Obligatorio para Determinar la Calidad del Agua de Consumo Humano en la Ciudad de Iquitos*.
- Gramajo, B. (2014). *Determinacion de la Calidad del Agua para Consumo Humano y Uso Industrial, Obtenida de Pozos Mecanicos en la Zona 11, Mixco, Guatemala*. 69.
- Guzmán, B. L., Nava, G., & Díaz, P. (2015). La calidad del agua para consumo humano y su asociación con la morbimortalidad en Colombia, 2008-2012. *Biomedica*, 35(3), 177–190. <https://doi.org/10.7705/biomedica.v35i0.2511>
- Hernández, C. (2016). *Evaluación de la calidad del agua para consumo humano y propuesta de alternativas tendientes a su mejora, en la Comunidad de 4 millas de Matina, Limón*. 130. <http://hdl.handle.net/11056/13212>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). Metodología de la Investigación. In *Journal of Chemical Information and Modeling*.
- Hernández Viquez, C. (2016). *Evaluación de la calidad del agua para consumo humano y propuesta de alternativas tendientes a su mejora, en la Comunidad de 4 millas de Matina, Limón*. 130.

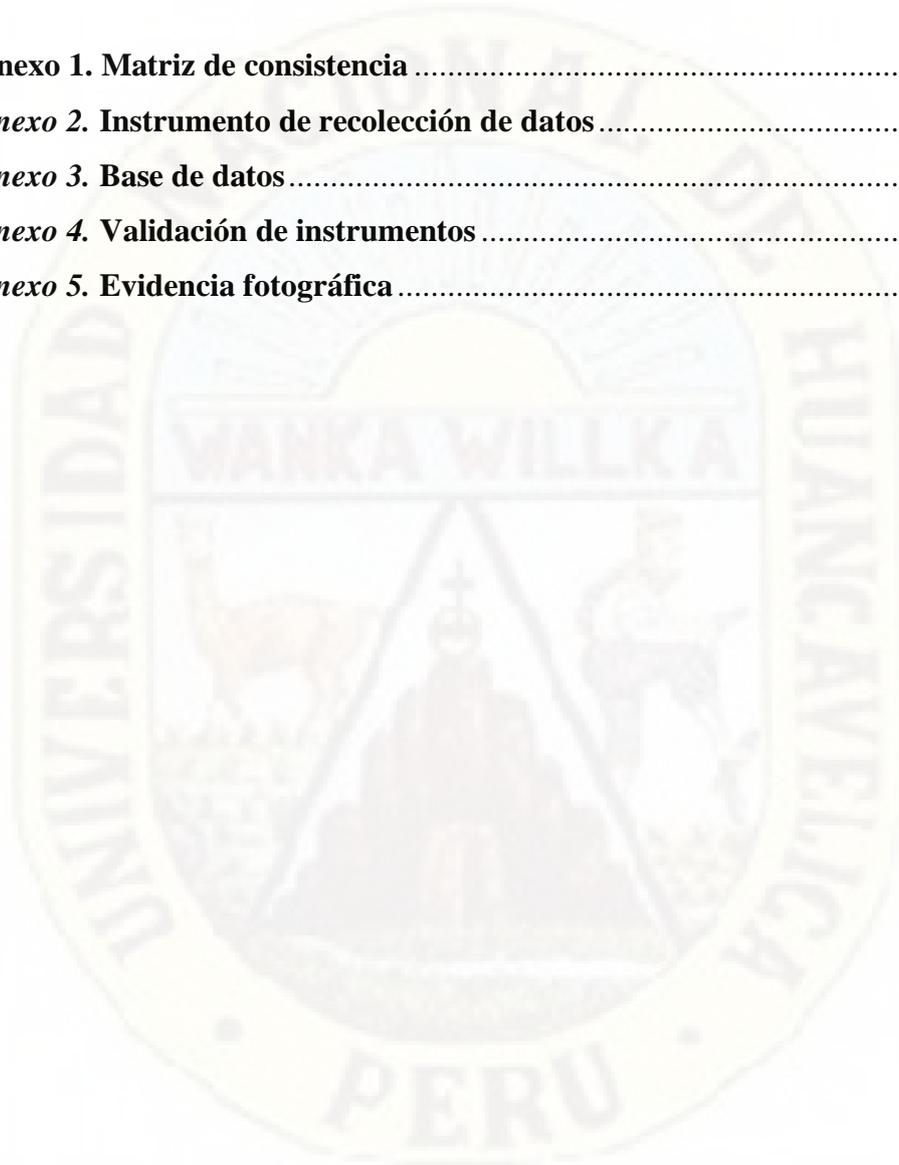
- Marin, Z., & Lezama, J. (2015). *Calidad Fisicoquímica y Microbiológica del Agua de Consumo Humano del Distrito de Oxamarca-Celendin*. 1–83.
- Martinez, J. (2017). *Calidad Fisicoquímica y Bacteriológica del Agua de Consumo Humano del Distrito de Saman, Provincia de Azangaro-Puno*. 1–70.
- Mejía, M. (2015). Análisis de la calidad del agua para consumo humano y percepción local de las tecnologías apropiadas para su desinfección a escala domiciliaria, en la microcuenca El Limón, San Jerónimo, Honduras. *Research and Higher Education Center*, 123.
- Mejías, N., Orozco, E., & Hernández, N. (2016a). Contaminación del agua. *Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales*, 2(6), 27–41.
- Mejías, N., Orozco, E., & Hernández, N. (2016b). Contaminación del agua. *Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales*, 2(6), 27–41.
- Ministerio de Salud. (2011a). Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA. *El Peruano*, 20–25. <https://doi.org/10.1130/micro18-p20>
- Ministerio de Salud. (2011b). Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA. *El Peruano*, 20–25. <https://doi.org/10.1130/micro18-p20>
- Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. (2006). Reglamento Nacional de Edificaciones. *El Peruano*, 1–439. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Núñez, E. (2019). *Concentración de compuestos clorados en la red de distribución de agua potable del Reservorio N° 2 de la Planta El Milagro en la Ciudad de Cajamarca – 2018*.
- Organización Mundial de La Salud. (2011). Guías para la calidad del agua de consumo humano. Cuarta edición. Incorpora la primera adenda. *Organización Mundial de La Salud*, 4, 608.
- Palomino, M. (2016). *Calidad de agua de consumo humano del distrito de Anco, La Mar, Ayacucho 2016*.
- Palomino, M. (2017). *Calidad de Agua de Consumo Humano del Distrito de Anco, La Mar, Ayacucho*. 52.
- Pantoja, J. (2019). *Análisis de la satisfacción del servicio de agua potable en la Precipitación Mercedes Indacochea, Huancho*.
- Pérez, E. (2016). Control de Calidad en Aguas para Consumos Humano en la Region Occidental de Costa Rica. *Tecnología En Marcha*, 29, 3–14. <https://doi.org/10.18845/tm.v29i3.2884>
- Quintuña, M., & Concepcion, M. (2019). Evaluación Fisicoquímica y Microbiológica del Agua Potable de la Planta Potabilizadora del Cantón Chordeleg. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Simbron, C. (2017). Calidad Microbiológica y Fisicoquímica de las Aguas de Consumo Humano y de Riego del Distrito de Lauricocha de la Provincia de Huanta-Ayacucho.

*Efecto Genotóxico in Vitro de Látex y Extracto Hidroalcohólico de Semilla de Carica  
Papaya L. "Papaya" Frente a ADN Genómico Humano., 1, 92.*



# Anexos

<b>Anexo 1. Matriz de consistencia .....</b>	<b>102</b>
<b>Anexo 2. Instrumento de recolección de datos .....</b>	<b>103</b>
<b>Anexo 3. Base de datos .....</b>	<b>104</b>
<b>Anexo 4. Validación de instrumentos .....</b>	<b>109</b>
<b>Anexo 5. Evidencia fotográfica .....</b>	<b>111</b>



### Anexo 1. Matriz de consistencia

Problema	Objetivo	Variable	Método
<p><b>General</b> ¿Cuál es la calidad del agua para consumo humano de la localidad de Acobamba, comparado con los límites máximos permisibles?</p> <p><b>Específicos</b> ¿Cuál es la calidad del agua para consumo humano de la localidad de Acobamba en los parámetros microbiológicos, comparado con los límites máximos permisibles?</p> <p>¿Cuál es la calidad del agua para consumo humano de la localidad de Acobamba en los parámetros organolépticos, comparado con los límites máximos permisibles?</p> <p>¿Cuál es la calidad del agua para consumo humano de la localidad de Acobamba en los parámetros inorgánicos, comparado con los límites máximos permisibles?</p>	<p><b>General</b> Evaluar la calidad del agua para consumo humano de la localidad de Acobamba, comparado con los límites máximos permisibles.</p> <p><b>Específicos</b> Determinar la calidad del agua para consumo humano de la localidad de Acobamba en los parámetros microbiológicos, comparado con los límites máximos permisibles.</p> <p>Determinar la calidad del agua para consumo humano de la localidad de Acobamba en los parámetros organolépticos, comparado con los límites máximos permisibles.</p> <p>Determinar la calidad del agua para consumo humano de la localidad de Acobamba en los parámetros inorgánicos, comparado con los límites máximos permisibles.</p>	<p><b>Variable 01</b> Calidad del agua para consumo humano.</p> <p><b>Indicadores</b> Parámetros microbiológicos 1. Coliformes totales 2. Coliformes termotolerantes</p> <p>Parámetros de calidad organoléptica 3. Color 4. Turbiedad 5. pH</p> <p>Parámetros inorgánicos 6. Residual de desinfectante</p>	<p><b>Tipo investigación:</b> Aplicada</p> <p><b>Nivel de investigación:</b> Descriptivo</p> <p><b>Método de investigación:</b> <b>General:</b> método científico <b>Específico:</b> hipotético deductivo</p> <p><b>Población:</b> El total de agua para consumo humano de la localidad de Acobamba de 160 L/s.</p> <p><b>Muestra:</b> 05 litro por periodo de muestreo para los análisis respectivos.</p>

## Anexo 2. Instrumento de recolección de datos

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS						
N°	Parámetros microbiológicos		Parámetros de calidad organoléptica			Parámetros inorgánicos
	Coliformes totales	Coliformes termotolerantes	Color	Turbiedad	pH	Residual de desinfectante
	UFC/100 mL a 35°C	UFC/100 mL a a 44.5°C	UCV escala Pt/Co	UNT	Valor de pH	mg/L
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
30						

### Anexo 3. Base de datos

#### INFORME DE ENSAYO N° A0108/21

**Solicitante** : BRAULIO CCORA REPUELLO  
**Dirección** : Huancavelica  
  
**Procedencia** : No indica  
 Distrito: Acobamba - Provincia: Acobamba  
 Departamento: Huancavelica  
  
**Matriz de la Muestra** : Agua Superficial  
  
**Fecha de Muestreo** : 16 - Febrero - 2021  
**Responsable del Muestreo** : Personal Técnico - Empresa Solicitante  
  
**Fecha y Hora de Recepción** : 17 - Febrero - 2021 / 07:00 h  
**Fecha de Ejecución del Ensayo** : 17 al 24 - Febrero - 2021

Código Interno: L0108/21

PARÁMETROS	0108 - 1 <sup>(a)</sup>	0108 - 2 <sup>(a)</sup>	0108 - 3 <sup>(a)</sup>	Expresado en:	MÉTODOS DE ENSAYO
	PM - 01 <sup>(b)</sup>	PM - 02 <sup>(b)</sup>	PM - 03 <sup>(b)</sup>		
Color Verdadero	51	69	26	UC	APHA 2120 C
Turbidez	22,20	25,90	0,51	NTU	APHA 2130 B
<b>Microbiológicos</b>					
Coliformes Totales (NMP)	220	920	< 1,8	NMP/100 mL	APHA 9221 B
Coliformes Termotolerantes (NMP)	22	79	< 1,8	NMP/100 mL	APHA 9221 E (Ítem 1)

<sup>(a)</sup> Código de Laboratorio

<sup>(b)</sup> Código del Solicitante

**REFERENCIA DE MÉTODOS ANALÍTICOS. -**

STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER, 23 rd Ed. APHA, AWWA WEF, 2017.

**ESTADO Y CONDICIÓN DE LA MUESTRA. -**

Las muestras cumplen con los requisitos de calidad para ser analizadas.

Lima, 24 de Febrero de 2021.

## INFORME DE ENSAYO N° A0108/21

**Solicitante** : BRAULIO CCORA REPUELLO  
**Dirección** : Huancavelica  
  
**Procedencia** : No indica  
 Distrito: Acobamba - Provincia: Acobamba  
 Departamento: Huancavelica  
  
**Matriz de la Muestra** : Agua Superficial  
  
 Fecha de Muestreo : 16 - Febrero - 2021  
 Responsable del Muestreo : Personal Técnico - Empresa Solicitante  
  
 Fecha y Hora de Recepción : 17 - Febrero - 2 021 / 07:00 h  
 Fecha de Ejecución del Ensayo : 17 al 24 - Febrero - 2021

Código Interno: L0108/21

PARÁMETROS	0108 - 4 <sup>(a)</sup>	0108 - 5 <sup>(a)</sup>	Expresado en:	MÉTODOS DE ENSAYO
	PM - 04 <sup>(b)</sup>	PM - 05 <sup>(b)</sup>		
Color Verdadero	14	5	UC	APHA 2120 C
Turbidez	0,26	0,70	NTU	APHA 2130 B
<i>Microbiológicos</i>				
Coliformes Totales (NMP)	< 1,8	< 1,8	NMP/100 mL	APHA 9221 B
Coliformes Termotolerantes (NMP)	< 1,8	< 1,8	NMP/100 mL	APHA 9221 E (ítem 1)

<sup>(a)</sup> Código de Laboratorio

<sup>(b)</sup> Código del Solicitante

**REFERENCIA DE MÉTODOS ANALÍTICOS. -**

STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER, 23 rd Ed. APHA, AWWA WEF, 2017.

**ESTADO Y CONDICIÓN DE LA MUESTRA. -**

Las muestras cumplen con los requisitos de calidad para ser analizadas.

Lima, 24 de Febrero de 2 021.

## INFORME DE ENSAYO N° A0481/21 - AN

Solicitante : BRAULIO CCORA REPUELLO  
 Dirección : Huancavelica

Procedencia : ESTUDIO DE INVESTIGACIÓN PARA POST GRADO  
 Distrito: Acobamba - Provincia: Acobamba –  
 Departamento: Huancavelica

Matriz de la Muestra : Agua Superficial

Fecha de Muestreo : 15 - Abril - 2 021  
 Responsable del Muestreo : Personal Técnico - Empresa Solicitante

Fecha y Hora de Recepción : 16 - Abril - 2 021 / 07:37 h  
 Fecha de Ejecución del Ensayo: 16 al 23 - Abril - 2 021

Código Interno: L0481/21

PARÁMETROS	0481-1 <sup>(a)</sup>	0481-2 <sup>(a)</sup>	Expresado en:	MÉTODOS DE ENSAYO
	PM - 01 <sup>(b)</sup> (16:29 h)	PM - 02 <sup>(b)</sup> (16:09 h)		
Color Verdadero	24	16	UC	APHA 2120 C
Turbidez	34,6	38,00	NTU	APHA 2130 B
<i>Microbiológicos</i>				
Coliformes Totales (NMP)	35 x 10 <sup>2</sup>	54 x 10 <sup>2</sup>	NMP/100 mL	APHA 9221 B
Coliformes Termotolerantes (NMP)	35 x 10 <sup>2</sup>	940	NMP/100 mL	APHA 9221 E (ítem 1)

<sup>(a)</sup> Código de Laboratorio

<sup>(b)</sup> Código del Solicitante y hora de muestreo

**REFERENCIA DE MÉTODOS ANALÍTICOS. -**

STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER, 23 rd Ed. APHA, AWWA WEF, 2017.

**ESTADO Y CONDICIÓN DE LA MUESTRA. -**

La muestra cumple con los requisitos de calidad para ser analizada.

Lima, 23 de Abril de 2 021.

## INFORME DE ENSAYO N° A0481/21 - AN

**Solicitante** : BRAULIO CCORA REPUELLO  
**Dirección** : Huancavelica  
  
**Procedencia** : ESTUDIO DE INVESTIGACIÓN PARA POST GRADO  
 Distrito: Acobamba - Provincia: Acobamba –  
 Departamento: Huancavelica  
  
**Matriz de la Muestra** : Agua Superficial  
  
**Fecha de Muestreo** : 15 - Abril - 2 021  
**Responsable del Muestreo** : Personal Técnico - Empresa Solicitante  
  
**Fecha y Hora de Recepción** : 16 - Abril - 2 021 / 07:37 h  
**Fecha de Ejecución del Ensayo** : 16 al 23 - Abril - 2 021

Código Interno: L0481/21

PARÁMETROS	0481-3 <sup>(a)</sup> PM - 03 <sup>(b)</sup> (16:00 h)	0481-4 <sup>(a)</sup> PM - 04 <sup>(b)</sup> (15:44 h)	Expresado en:	<i>MÉTODOS DE ENSAYO</i>
Color Verdadero	3	< 1	UC	<i>APHA 2120 C</i>
Turbidez	0,55	1,77	NTU	<i>APHA 2130 B</i>
<b>Microbiológicos</b>				
Coliformes Totales (NMP)	< 1,8	< 1,8	NMP/100 mL	<i>APHA 9221 B</i>
Coliformes Termotolerantes (NMP)	< 1,8	< 1,8	NMP/100 mL	<i>APHA 9221 E (ítem 1)</i>

<sup>(a)</sup> Código de Laboratorio

<sup>(b)</sup> Código del Solicitante y hora de muestreo

**REFERENCIA DE MÉTODOS ANALÍTICOS. -**

STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER, 23 rd Ed. APHA, AWWA WEF, 2017.

**ESTADO Y CONDICIÓN DE LA MUESTRA. -**

La muestra cumple con los requisitos de calidad para ser analizada.

Lima, 23 de Abril de 2 021.

## INFORME DE ENSAYO N° A0481/21 - AN

Solicitante : BRAULIO CCORA REPUELLO  
 Dirección : Huancavelica

Procedencia : ESTUDIO DE INVESTIGACIÓN PARA POST GRADO  
 Distrito: Acobamba - Provincia: Acobamba –  
 Departamento: Huancavelica

Matriz de la Muestra : Agua Superficial

Fecha de Muestreo : 15 - Abril - 2 021  
 Responsable del Muestreo : Personal Técnico - Empresa Solicitante  
 Fecha y Hora de Recepción : 16 - Abril - 2 021 / 07:37 h  
 Fecha de Ejecución del Ensayo: 16 al 23 - Abril - 2 021

Código Interno: L0481/21

PARÁMETROS	0481-5 <sup>(a)</sup>	Expresado en:	MÉTODOS DE ENSAYO
	PM - 05 <sup>(b)</sup> (14:50 h)		
Color Verdadero	2	UC	APHA 2120 C
Turbidez	0,66	NTU	APHA 2130 B
<i>Microbiológicos</i>			
Coliformes Totales (NMP)	< 1,8	NMP/100 mL	APHA 9221 B
Coliformes Termotolerantes (NMP)	< 1,8	NMP/100 mL	APHA 9221 E (ítem 1)

<sup>(a)</sup> Código de Laboratorio

<sup>(b)</sup> Código del Solicitante y hora de muestreo

**REFERENCIA DE MÉTODOS ANALÍTICOS. -**

STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER, 23 rd Ed. APHA, AWWA WEF, 2017.

**ESTADO Y CONDICIÓN DE LA MUESTRA. -**

La muestra cumple con los requisitos de calidad para ser analizada.

Lima, 23 de Abril de 2 021.

## Anexo 4. Validación de instrumentos

		
		<b>INACAL</b> DA - Perú Certificación de Sistemas de Gestión Acreditado
Registro N° OCSG - 006		
<b>ENVIRONMENTAL QUALITY ANALYTICAL SERVICE S.A (EQUAS S.A.)</b>		
Contracting Entity: Manzana I Lote - N° 74, Urbanización Naranjito - Puente Piedra, Lima - Perú.		
<i>Bureau Veritas Certification certify that the Management System of the above organisation has been audited and found to be in accordance with the requirements of the management system standards detailed below</i>		
<b>ISO 9001:2015</b>		
Scope of certification		
<b>SERVICIOS DE LABORATORIO (ANÁLISIS QUÍMICO PARA MUESTRAS AMBIENTALES DE AGUA, AIRE, SUELO Y MICROBIOLÓGICOS). MONITOREO, ESTUDIOS Y PROYECTOS AMBIENTALES (ALCANCE TÉCNICO PARA LAS ACTIVIDADES DE MONITOREO DE AGUAS Y AIRE). CONSULTORIA AMBIENTAL (ELABORACIÓN DE DOCUMENTOS DE GESTIÓN AMBIENTAL).</b>		
<b>*Exclusión Permitida: 8.3 Diseño y desarrollo de productos y servicios</b>		
<b>LABORATORY SERVICES (CHEMICAL ANALYSIS FOR ENVIRONMENTAL SAMPLES OF WATER, AIR, SOIL AND MICROBIOLOGICAL). MONITORING, STUDIES AND ENVIRONMENTAL PROJECTS (TECHNICAL SCOPE FOR WATER AND AIR MONITORING ACTIVITIES). ENVIRONMENTAL CONSULTING (PREPARATION OF ENVIRONMENTAL MANAGEMENT DOCUMENTS).</b>		
<b>*Permitted Exclusion: 8.3 Design and development of products and services</b>		
Original cycle start date:	<b>16-October-2015</b>	
Expiry date of previous cycle:	<b>N.A.</b>	
Recertification Audit date:	<b>N.A.</b>	
Recertification cycle start date:	<b>14-September-2018</b>	
Subject to the continued satisfactory operation of the organization's Management System, this certificate expires on: 13-September-2021		
<b>Certificate No.</b>	<b>PE18.0034-I</b>	<b>Version: No.00</b> <b>Revision date: 14-September-2018</b>
<i>Local office: Bureau Veritas Del Perú S.A. Av. Camino Real 390 – Torre Central del Centro Comercial Camino Real, Piso 14, Oficina 1402, Lima 27, Perú.</i>		
Further clarifications regarding the scope of this certificate and the applicability of the management system requirements may be obtained by consulting the organisation. To check this certificate validity please call: 51-1-422 9000		
	Certificate Template single site rev3.3	1 / 1      January 30, 2017

# Certificado



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

## Environmental Quality Analytical Services S.A. - EQUAS S.A.

**Laboratorio de Ensayo**

En su sede ubicada en: Panamericana Norte Km. 28.5, Mz. I, Lte 74, Urb. Naranjito, distrito de Puente Piedra, provincia de Lima, departamento de Lima

Con base en la norma

**NTP-ISO/IEC 17025:2006 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 Acreditación: 28 de octubre de 2018

Fecha de Vencimiento: 27 de octubre de 2022

**MARÍA DEL ROSARIO URÍA TORO**  
Directora (e), Dirección de Acreditación - INACAL

Cédula N° : 0935-2018-INACAL/DA  
Contrato N° : Adenda al Contrato de Acreditación  
N° 043-2014/INDECOPI-SNA  
Registro N° : LE-030

Fecha de emisión: 24 de enero de 2019

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

*La Dirección de Acreditación del INACAL es firmante del Acuerdo de Reconocimiento Multilateral (MLA) del Inter American Accreditation Cooperation (IAAC) e International Accreditation Forum (IAF) y del Acuerdo de Reconocimiento Mútuo con la International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC).*

DA-acr-01P-02M Ver: 02

## Anexo 5. Evidencia fotográfica



**Fotografía 1.** Captación de agua para consumo humano de la localidad de Acobamba.



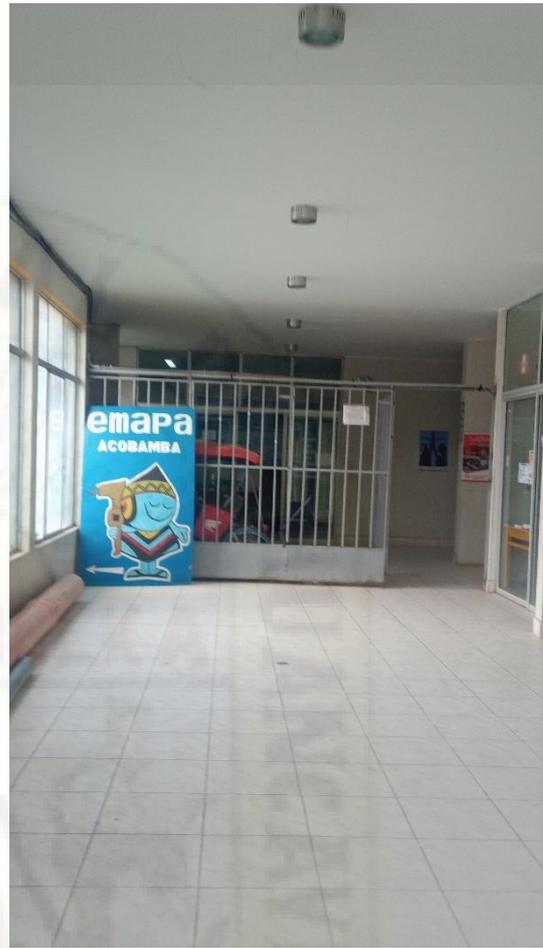
**Fotografía 2.** Equipo para monitoreo de agua al ingreso de la PTAP.



**Fotografía 3.** Toma de muestras del punto PM-01.



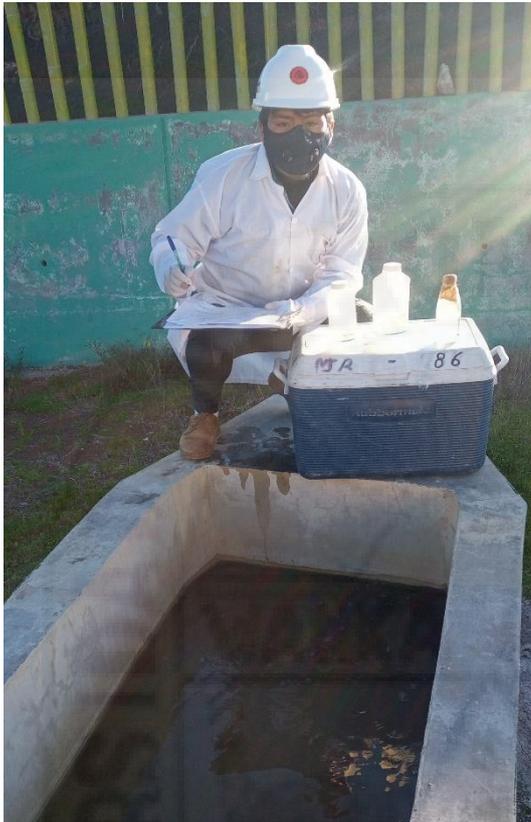
**Fotografía 4.** Recipientes para la toma de muestras.



**Fotografía 5.** Oficina de UGSS quien administra el servicio de agua potable.



**Fotografía 6.** Toma de muestras de la llegada a la PTAP.



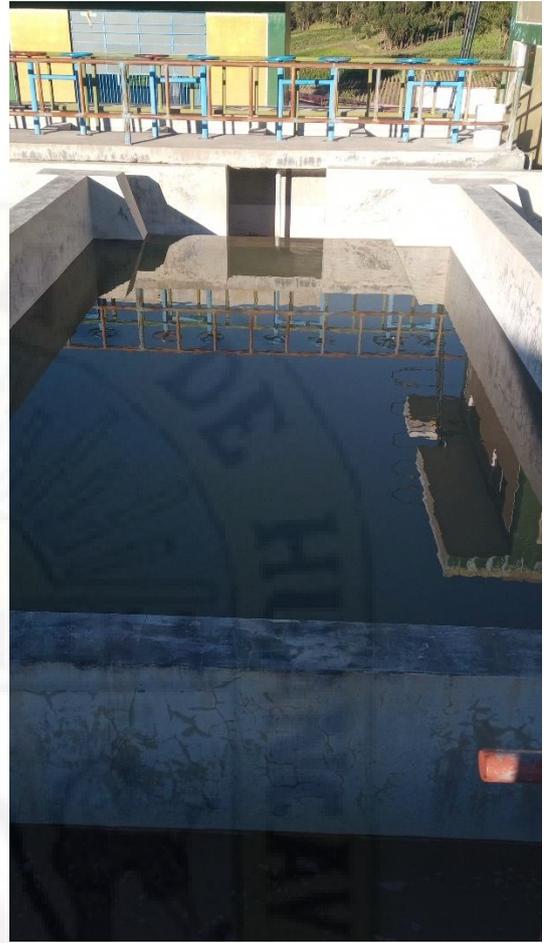
**Fotografía 7.** Registro de datos de campo. **Fotografía 8.** Mezcla rápida de la PTAP.



**Fotografía 9.** Floculadores de la PTAP – Acobamba.



**Fotografía 10.** Ingreso al decantador de la PTAP



**Fotografía 11.** Salida del decantador de la PTAP



**Fotografía 12.** Sala de cloración de la PTAP



**Fotografía 13.** Cámara de contacto de cloro de la PTAP



**Fotografía 14.** Toma de muestra del reservorio de la localidad de Acobamba



**Fotografía 15.** Primera vivienda del sistema de agua potable



**Fotografía 16.** Toma de muestra de la primera vivienda del sistema de abastecimiento de agua potable



**Fotografía 17.** Última vivienda del sistema de agua potable



**Fotografía 18.** Toma de muestra de la última vivienda del sistema de agua potable