

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCABELICA

(Creada por ley N° 25265)

FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA

AMBIENTAL Y SANITARIA



TESIS

**“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA PARA
CONSUMO HUMANO DEL MANANTIAL CASTILLA
PUQUIO DEL DISTRITO DE ASCENSIÓN -
HUANCABELICA EN EL AÑO 2021”**

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Tecnología ambiental y/o sanitaria

PRESENTADO POR:

Bach. CHACA AYUQUE, CLINTON

Bach. ÑAÑEZ CCASANI, YAVIDJA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL Y SANITARIO

HUANCABELICA – PERÚ

2022



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS



En el Auditorium de la Facultad de Ciencias de Ingeniería, a los 16 días del mes de junio del año 2022, a horas 5:00 p.m., se reunieron los miembros del jurado calificador conformado de la siguiente manera:

PRESIDENTE : Mg. Wilfredo SÁEZ HUAMÁN
<https://orcid.org/0000-0002-3114-8134>
DNI N° 04020326

SECRETARIO : M.Sc. LUIS ALBERTO TITO CÓRDOVA
<https://orcid.org/0000-0003-0072-4140>
DNI N° 40943298

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

Designados con Resolución de Decano N° 244-2021-FCI-UNH, de fecha 22 de setiembre del 2021, a fin de proceder el acto académico de evaluación y calificación de la sustentación del informe final de tesis titulado: "EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO DEL MANANTIAL CASTILLA PUQUIO DEL DISTRITO DE ASCENSIÓN-HUANCAVELICA EN EL AÑO 2021", presentado por los Bachilleres Clinthon CHACA AYUQUE con DNI N° 48312195 y Yavidja ÑAÑEZ CCASANI con DNI N° 45622952, a fin de para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental y Sanitaria; Finalizado la evaluación a horas 5:58; se invitó al público presente y a los sustentantes abandonar el recinto. Luego de una amplia deliberación por parte de los jurados, se llegó al siguiente resultado:

Bach. Clinthon CHACA AYUQUE

APROBADO POR UNANIMIDAD

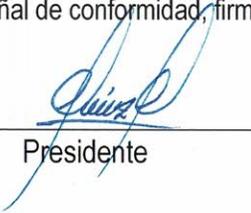
DESAPROBADO

Bach. Yavidja ÑAÑEZ CCASANI

APROBADO POR UNANIMIDAD

DESAPROBADO

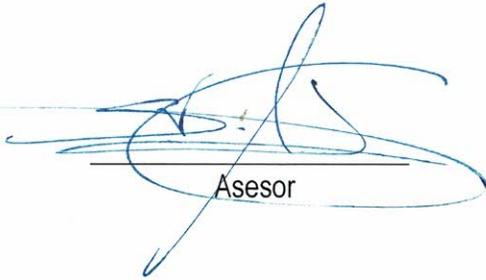
En señal de conformidad, firmamos a continuación:



Presidente



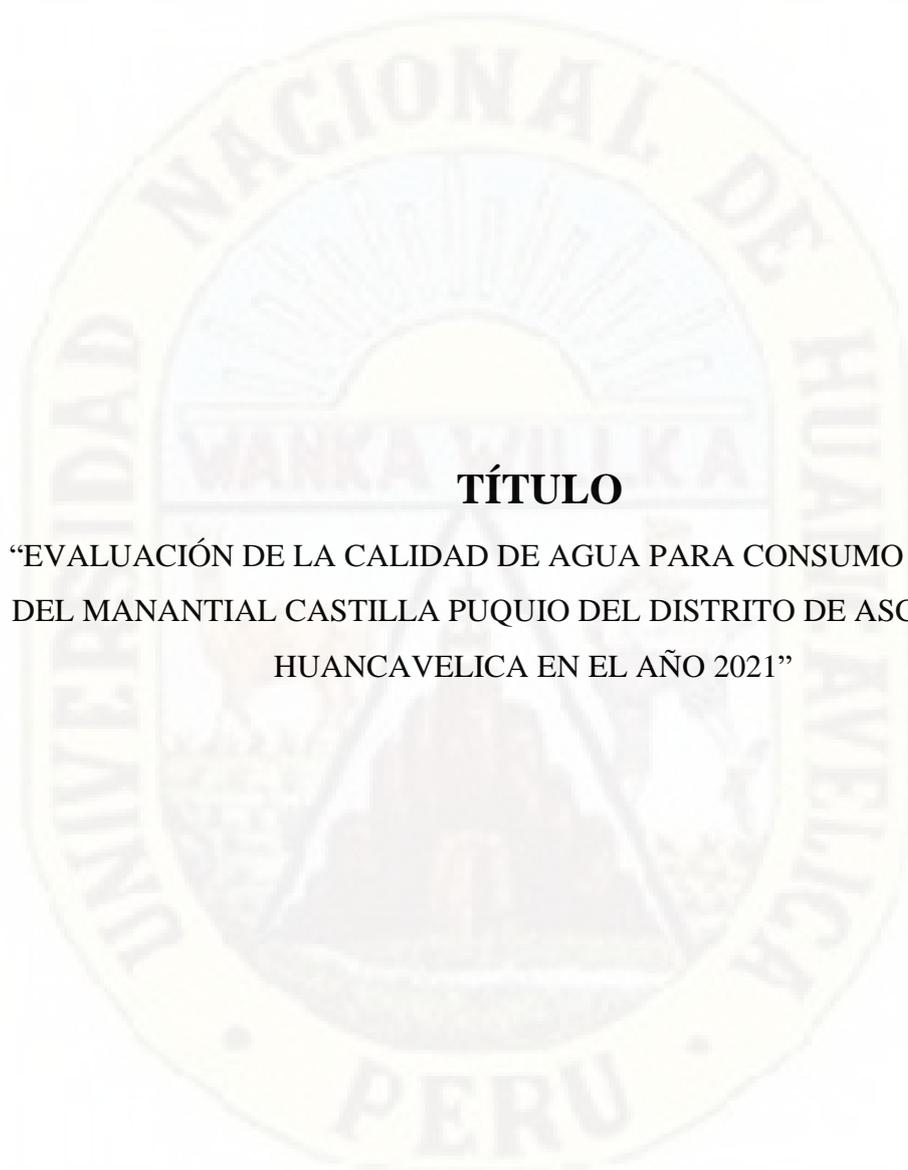
Secretario



Asesor

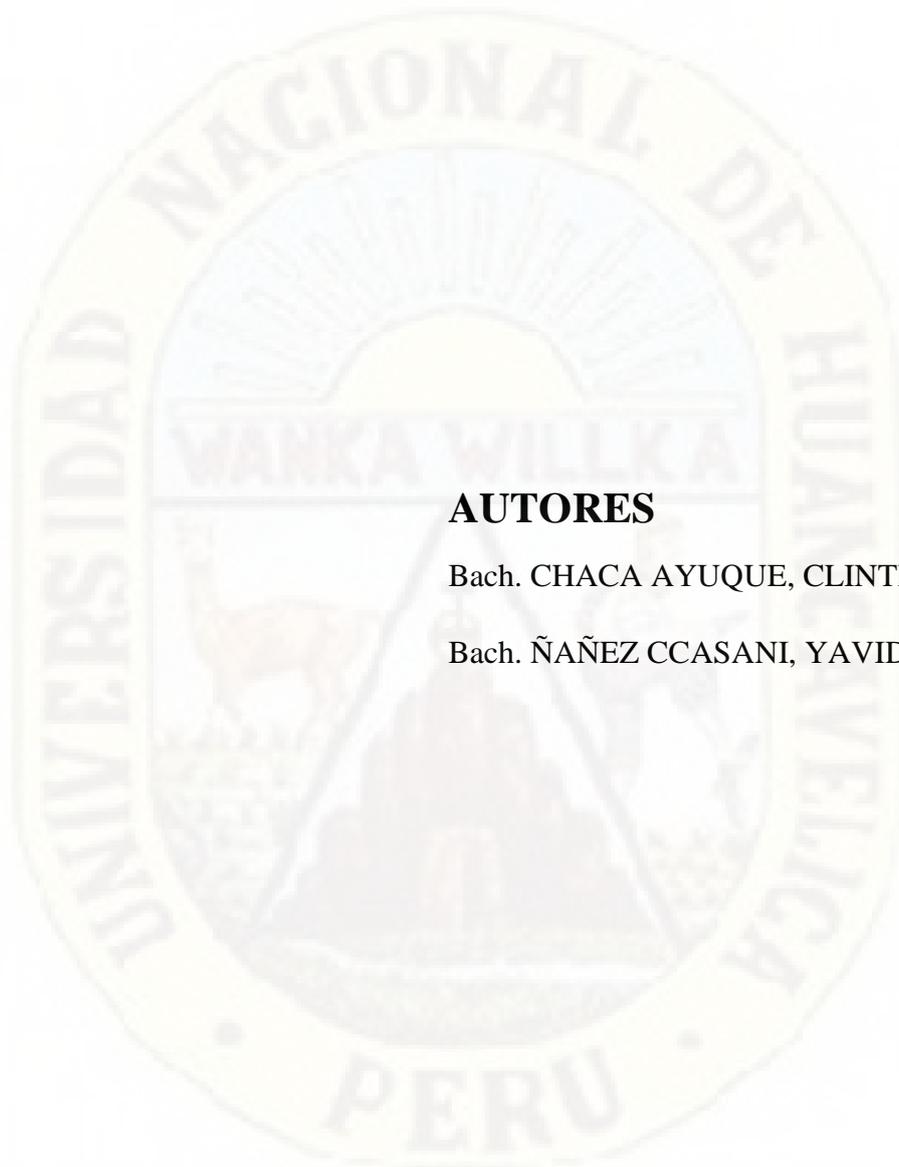


Vº Bº Decano



TÍTULO

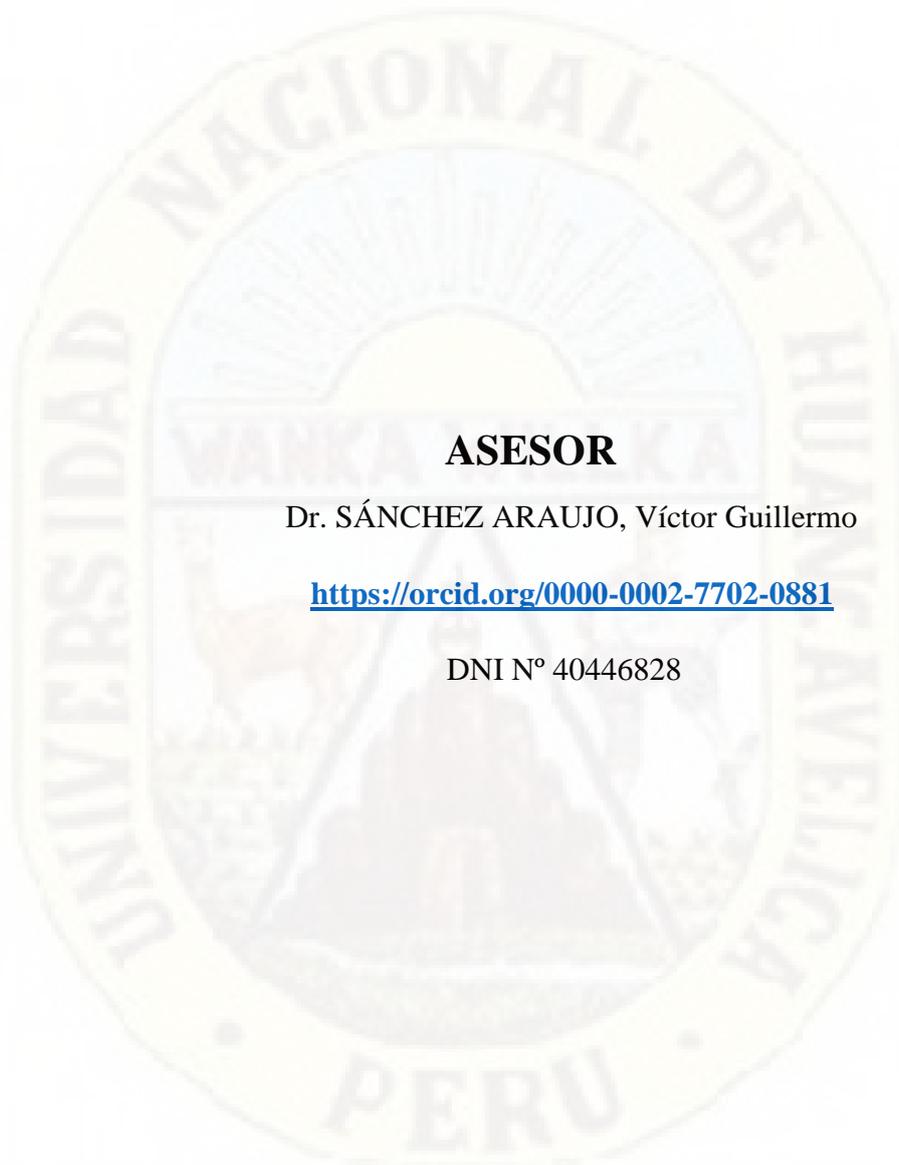
**“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO
DEL MANANTIAL CASTILLA PUQUIO DEL DISTRITO DE ASCENSIÓN -
HUANCAVELICA EN EL AÑO 2021”**



AUTORES

Bach. CHACA AYUQUE, CLINTHON

Bach. ÑAÑEZ CCASANI, YAVIDJA

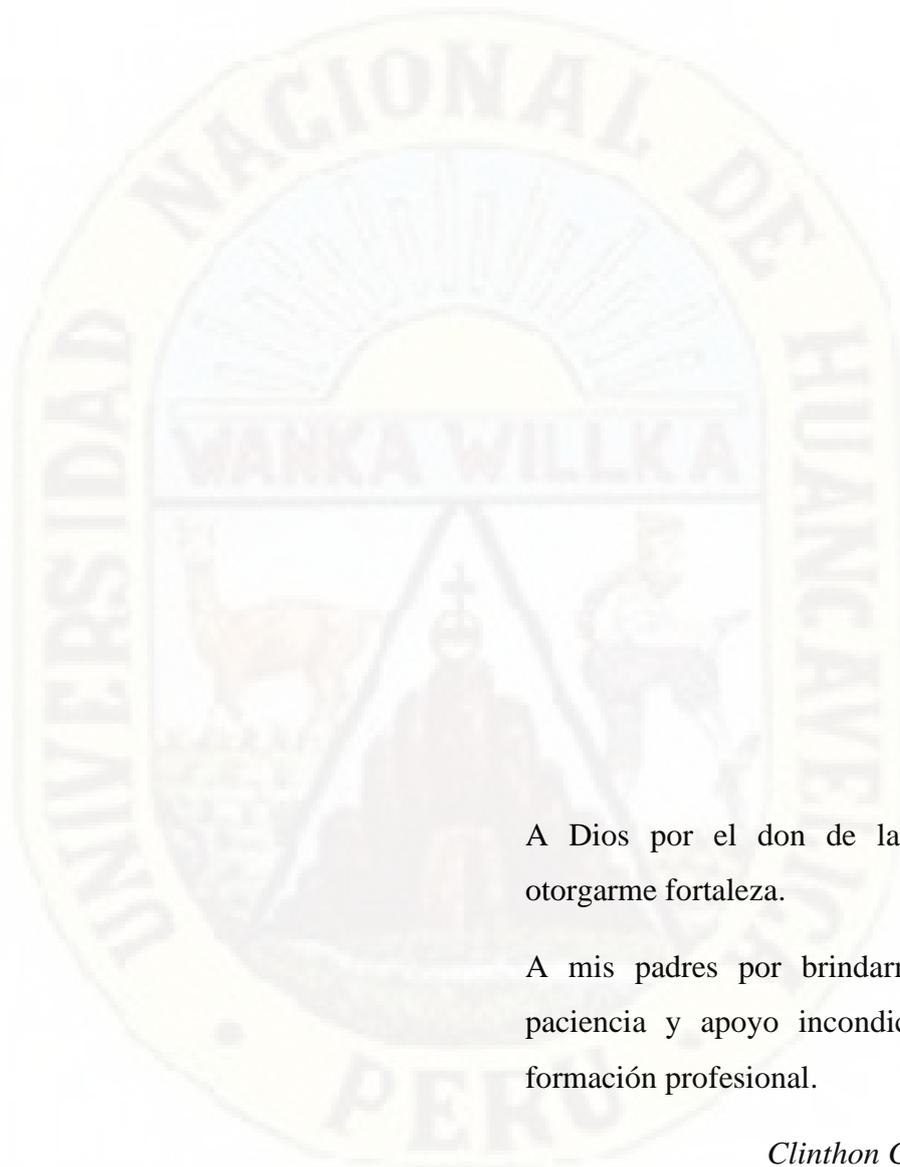


ASESOR

Dr. SÁNCHEZ ARAUJO, Víctor Guillermo

<https://orcid.org/0000-0002-7702-0881>

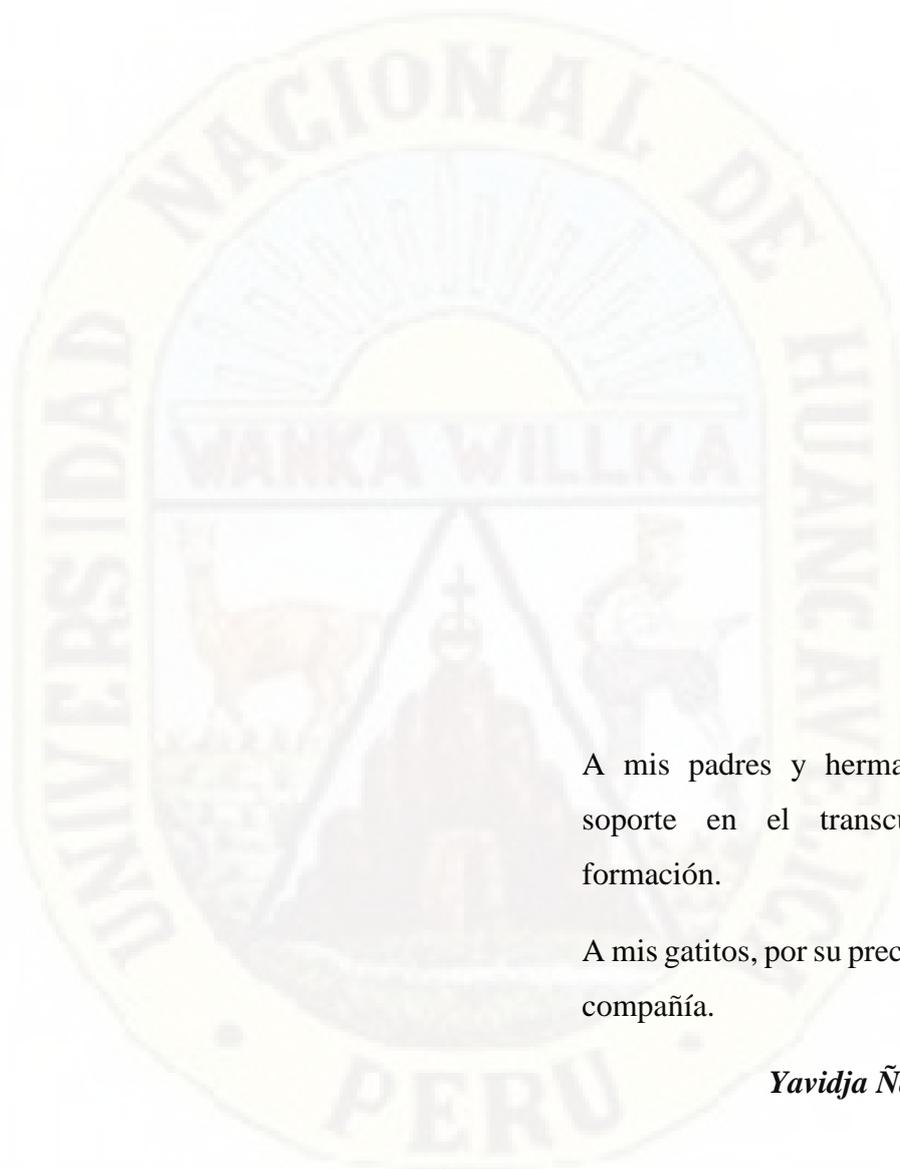
DNI N° 40446828



A Dios por el don de la vida y por otorgarme fortaleza.

A mis padres por brindarme su amor, paciencia y apoyo incondicional en mi formación profesional.

Clinthon Chaca Ayuque



A mis padres y hermanos, por ser soporte en el transcurso de mi formación.

A mis gatitos, por su preciosa y mágica compañía.

Yavidja Ñañez Ccasani

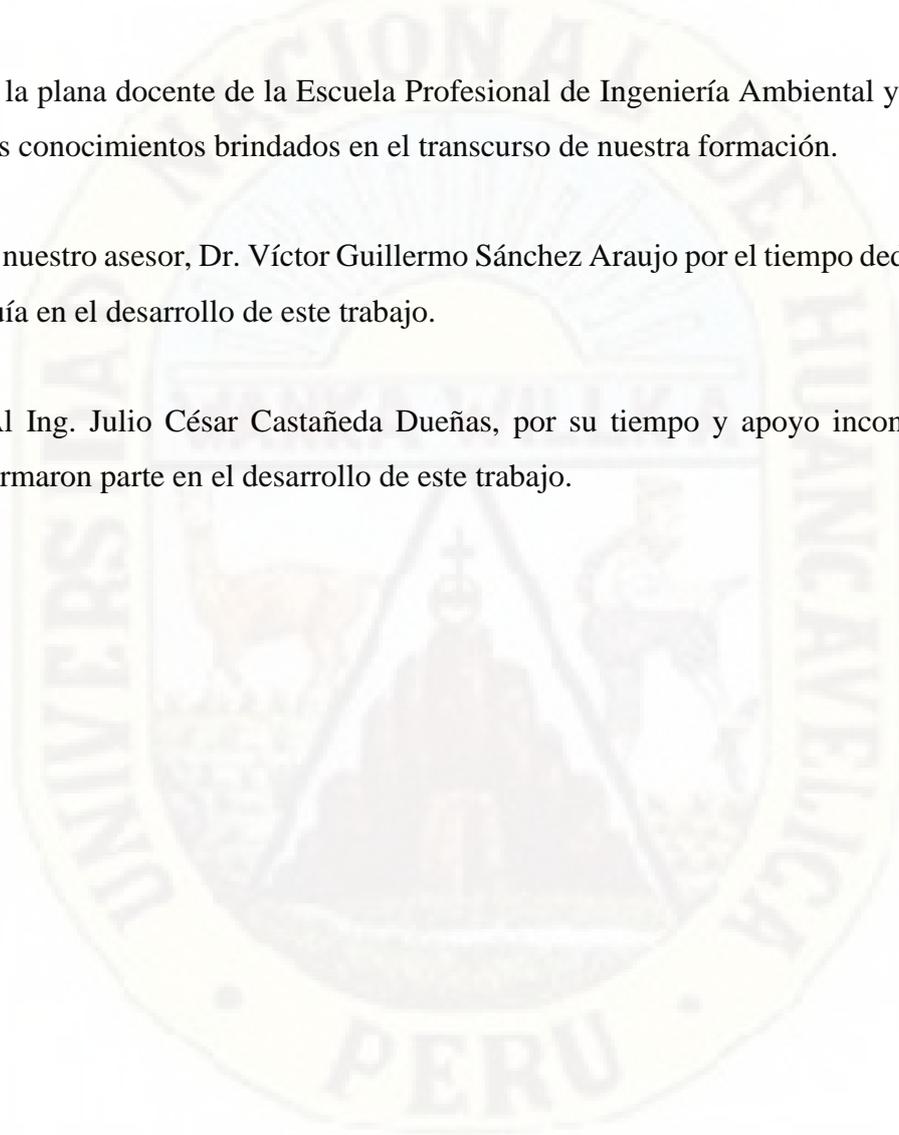
AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional de Huancavelica; creada por Ley N° 25265 por la oportunidad brindada de permitir formarnos como profesionales.

A la plana docente de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental y Sanitaria por los conocimientos brindados en el transcurso de nuestra formación.

A nuestro asesor, Dr. Víctor Guillermo Sánchez Araujo por el tiempo dedicado, siendo guía en el desarrollo de este trabajo.

Al Ing. Julio César Castañeda Dueñas, por su tiempo y apoyo incondicional, que formaron parte en el desarrollo de este trabajo.



ÍNDICE

ACTA DE SUSTENTACIÓN	ii
TÍTULO	iii
AUTORES	iv
ASESOR.....	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTOS	viii
ÍNDICE	ix
ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS	xiv
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS	xv
RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT	xvii
INTRODUCCIÓN	xviii
CAPÍTULO I.....	20
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	20
1.1. Descripción del problema	20
1.2. Formulación del problema	21
1.2.1. Problema general	21
1.2.2. Problemas específicos.....	21
1.3. Objetivos de la investigación	22
1.3.1. Objetivo general.....	22
1.3.2. Objetivos específicos.....	22
1.4. Justificación	23
CAPÍTULO II	25

MARCO TEÓRICO	25
2.1. Antecedentes.....	25
2.1.1. A nivel internacional.....	25
2.1.2. A nivel nacional	27
2.1.3. A nivel local	36
2.2. Bases teóricas.....	38
2.3. Hipótesis.....	51
2.4. Definición de términos	51
2.5. Definición operativa de variables	53
CAPÍTULO III.....	54
MATERIALES Y MÉTODOS.....	54
3.1. Tipo de investigación y nivel de investigación	54
3.1.1. Tipo de investigación	54
3.1.2. Nivel de investigación	54
3.2. Método de investigación	55
3.3. Diseño de investigación.....	55
3.4. Población, muestra y muestreo	57
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	59
3.11. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	74
CAPÍTULO IV	76
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	76
4.1. Presentación e interpretación de resultados	76
4.2. Discusión de resultados.....	97
CONCLUSIONES.....	100
RECOMENDACIONES.....	101
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	102
Anexos	107



ÍNDICE DE TABLAS

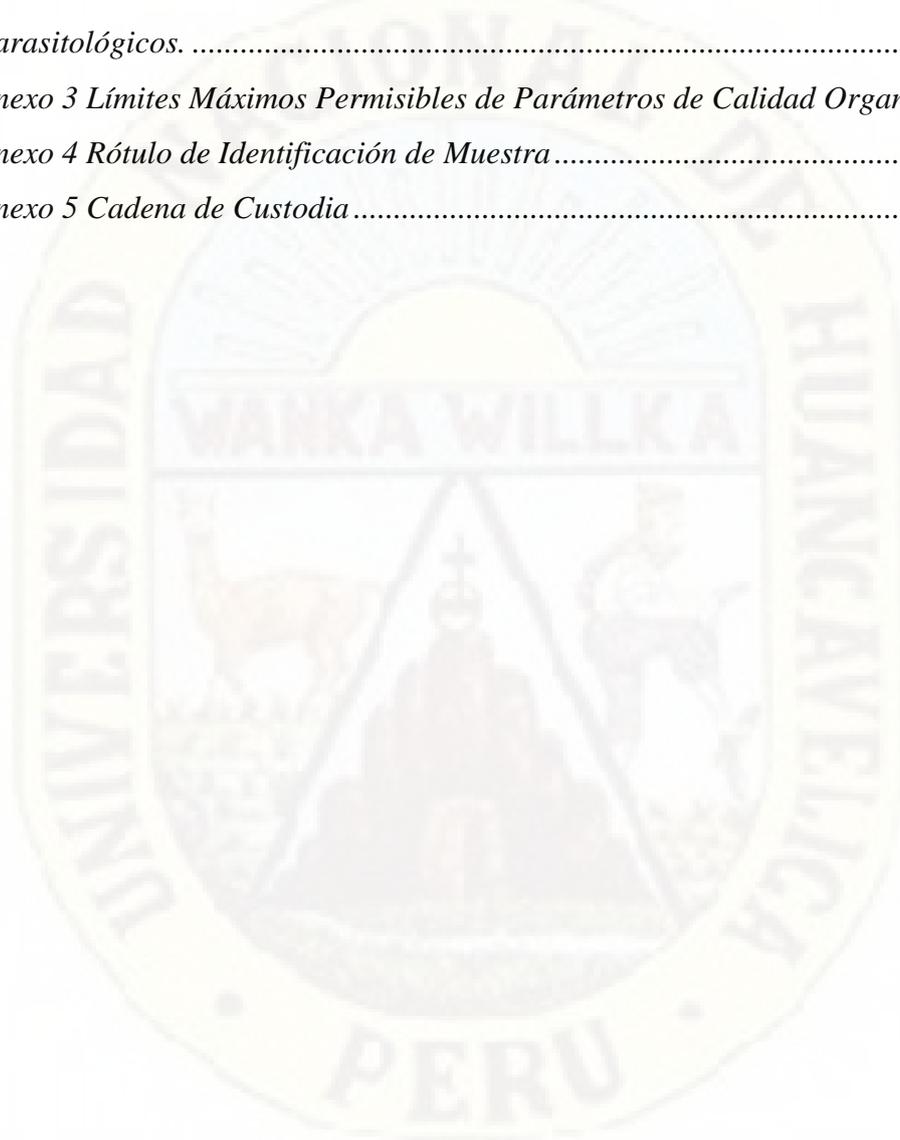
<i>Tabla 1 Definición Operativa de Variables</i>	53
<i>Tabla 2 Muestras por Monitoreo</i>	58
<i>Tabla 3 Límites Máximos Permisibles de Parámetros Químicos y Microbiológicos</i> 71	
<i>Tabla 4 Evaluación de los Parámetros Fisicoquímicos</i>	76
<i>Tabla 5 Prueba de Normalidad para Turbiedad</i>	77
<i>Tabla 6 Prueba de T de Student para turbiedad</i>	78
<i>Tabla 7 Prueba de Normalidad para pH</i>	83
<i>Tabla 8 Prueba de T de Student para pH</i>	84
<i>Tabla 9 Prueba de Normalidad para Cloro Residual</i>	86
<i>Tabla 10 Prueba de T de Student para Cloro Residual Libre</i>	88
<i>Tabla 11 Frecuencia del número de muestras para coliformes totales</i>	90
<i>Tabla 12 Prueba de t Student de Coliformes Totales</i>	92
<i>Tabla 13 Frecuencia del Número de Muestras para Coliformes Termotolerantes</i> ...	94

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1 Olores Característicos del Agua y su Origen</i>	45
<i>Figura 2 Relación Dosis Demanda Residual</i>	47
<i>Figura 3 Comparación de la Concentración de Turbiedad con los LMP-ECA-Agua</i>	77
<i>Figura 4 Campana de Gauss para Prueba de Hipótesis de Turbiedad</i>	80
<i>Figura 5 Comparación de la Concentración de Color con los LMP-ECA-Agua</i>	81
<i>Figura 6 Comparación de la Concentración de pH con los LMP-ECA-Agua</i>	83
<i>Figura 7 Campana de Gauss para Prueba de Hipótesis de pH</i>	85
<i>Figura 8 Comparación de la Concentración de Cloro Residual con los LMP-D.S N° 031-2010-SA</i>	87
<i>Figura 9 Campana de Gauss para Prueba de Hipótesis de Cloro Residual</i>	89
<i>Figura 10 Porcentaje de Frecuencia de Coliformes Totales</i>	91
<i>Figura 11 Comparación de Coliformes Totales con los LMP-ECA-Agua</i>	93
<i>Figura 12 Campana de Gauss para Prueba de Hipótesis para Coliformes Totales</i> . 93	
<i>Figura 13 Porcentaje de Frecuencia de Coliformes Termotolerantes</i>	95
<i>Figura 14 Comparación del recuento promedio de coliformes termotolerantes con los LMP-ECA – Agua</i>	96

ÍNDICE DE ANEXOS

<i>Anexo 1 Evaluación de la calidad de agua para consumo humano del manantial castilla puquio del distrito de Ascensión - Huancavelica en el año 2021.</i>	<i>107</i>
<i>Anexo 2 Límites Máximos Permisibles de Parámetros Microbiológicos y Parasitológicos.</i>	<i>110</i>
<i>Anexo 3 Límites Máximos Permisibles de Parámetros de Calidad Organoléptica.</i>	<i>111</i>
<i>Anexo 4 Rótulo de Identificación de Muestra.....</i>	<i>111</i>
<i>Anexo 5 Cadena de Custodia.....</i>	<i>112</i>



ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

<i>Fotografía 1: Punto de recolección de muestras en el sistema de rebose del reservorio.</i>	113
<i>Fotografía 2: Recolección de muestras en el sistema de rebose y almacenamiento esterilizado para posterior análisis en laboratorio.</i>	113
<i>Fotografía 3: Almacenamiento de muestras rotuladas en cooler refrigerado y esterilizado.</i>	114
<i>Fotografía 4: Preparación de materiales para el análisis microbiológico y físico.</i>	114
<i>Fotografía 5: Retirado de muestras en la brevedad.</i>	115
<i>Fotografía 6: Esterilización de medio de cultivo, antes de la inyección de muestras recolectadas.</i>	115
<i>Fotografía 7: Preparación de muestras para el medio de cultivo.</i>	116
<i>Fotografía 8: Incubación de las muestras preparadas durante el tiempo establecido para el análisis microbiológico.</i>	116
<i>Fotografía 9: Interpretación de resultados respectivo a los cultivos biológicos e interpretación física.</i>	117
<i>Fotografía 10: Interpretación de resultados físicos de las muestras recolectadas.</i>	117

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue determinar la calidad de agua para consumo humano del manantial Castilla Puquio del distrito de Ascensión – Huancavelica en el año 2021. El trabajo de investigación se desarrolló a través del muestreo de agua, para ello se realizaron tres (03) monitoreos en seis (06) puntos de control; el primer punto de monitoreo se realizó en el reservorio “Castilla Puquio”, y los demás puntos de monitoreo en cinco (05) viviendas elegidas convenientemente de acuerdo a la ubicación geográfica. Para esta investigación se analizaron parámetros físicos; turbiedad y color, parámetros químicos; pH y Cloro residual, y parámetros microbiológicos; Coliformes totales, coliformes termotolerantes o fecales y *Escherichia Coli*, los cuales fueron analizados en el laboratorio de la Universidad Nacional de Huancavelica. Los resultados obtenidos en el nivel más alto para turbiedad fue 1.3 UNT en el PM-5, para pH se obtuvo 7.8 en los puntos de monitoreo 2 y 4, así mismo se obtuvo como resultado la ausencia de coliformes totales (0,0 NMP UFC/g-ml) y coliformes termotolerantes (0,0 NMP UFC/g-ml). Los valores obtenidos fueron comparados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA-Agua-Categoría 1-Subcategoría A1), determinándose que el agua del manantial “Castilla puquio” cumple con los parámetros establecidos en el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.

Palabras clave: calidad de agua, parámetros, agua para consumo humano.

ABSTRACT

The objective of the research was to determine the quality of water for human consumption from the Castilla Puquio spring in the district of Ascensión - Huancavelica in the year 2021. The research work was carried out through water sampling, for which three (03) monitoring at six (06) control points; the first monitoring point was carried out in the “Castilla Puquio” reservoir, and the other monitoring points in five (05) homes conveniently chosen according to geographical location. For this investigation, physical parameters were analyzed; turbidity and color, chemical parameters; pH and residual Chlorine, and microbiological parameters; Total coliforms, thermotolerant or fecal coliforms and Escherichia Coli, which were analyzed in the laboratory of the National University of Huancavelica. The results obtained at the highest level for turbidity was 1.3 UNT in PM-5, for pH 7.8 was obtained at monitoring points 2 and 4, likewise the absence of total coliforms (0.0 NMP CFU /g-ml) and thermotolerant coliforms (0.0 NMP CFU/g-ml). The values obtained were compared with the Environmental Quality Standards (ECA-Water-Category 1-Subcategory A1), determining that the water from the “Castilla puquio” spring complies with the parameters established in Supreme Decree No. 004-2017-MINAM.

Keywords: water quality, parameters, water for human consumption.

INTRODUCCIÓN

El recurso agua es un líquido muy importante para el consumo humano, este debe de cumplir con parámetros de calidad y debe ser inocua para la salud humana. El agua no debe presentar ningún tipo de riesgo que pueda causar algún tipo de enfermedad. La contaminación más frecuente de agua es a través de las excretas del hombre y de los animales.

A nivel mundial en los países de Latinoamérica existen cuerpos de agua microbiológicamente seguras, entendiéndose como aquella que se encuentra libre de todo microorganismo patógeno y de bacterias características de una contaminación fecal. El agua es un factor importante puesto que, puede convertirse en un vehículo para contraer diversas enfermedades, especialmente niños y ancianos.

El Perú es un país mega diverso que cuenta con once regiones geográficas, uno de los países con reservas de agua dulce a nivel mundial, sin embargo, con el crecimiento demográfico se tiene una carencia de este recurso, agregado a ello, la falta de sistemas de saneamiento básico, ocasionan enfermedades infecciosas gastrointestinales que ocupan el segundo lugar, alcanzando el 26.48% (OMS, 2006). Este problema, además de la morbilidad, y mortalidad en algunos casos, tiene como consecuencia el incremento de presupuesto público para atender los problemas de salud de origen hídrico, así mismo, genera imprevistos económicos en las familias de escasos recursos, lo que agrava su situación de vulnerabilidad social y por ende la calidad de vida de estos.

La provincia Huancavelica no está exenta de este problema, por lo que es fundamental la evaluación de la calidad de agua para consumo humano, teniendo como fuente de estudio, el recurso hídrico de la cual se abastece la comunidad de Castilla Puquio del distrito de Ascensión. Para realizar la evaluación de la calidad del agua, es necesario determinar la calidad de esta a través de los análisis físico químicos y microbiológicos del reservorio y piletas domiciliarias de la comunidad.

El trabajo de investigación está estructurado de la siguiente manera: Capítulo I Planteamiento del problema, Capítulo II Marco teórico, Capítulo III Metodología de la investigación, Capítulo IV Presentación de resultados.

Finalmente, las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos.



CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema

El agua es un derecho, y un elemento esencial para el desarrollo de la vida desde la percepción microbiología hasta macrobiología, implicando el desarrollo socioeconómico, energético y agrícola, de ellos no toda la población tiene la información de la importancia del agua ni de su consumo en óptimas condiciones y la ciudad de Huancavelica no es ajena a ello.

En 2010, la Asamblea General de las Naciones Unidas reconoció explícitamente el derecho humano al abastecimiento de agua y al saneamiento. Todas las personas tienen derecho a disponer de forma continuada de agua suficiente, salubre, físicamente accesible, asequible y de una calidad aceptable, para uso personal y doméstico (Organización Mundial de la Salud y Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia, 2019).

Alrededor de 2.200 millones de personas en todo el mundo no cuentan con servicios de agua potable gestionados de manera segura, 4.200 millones de personas no cuentan con servicios de saneamiento gestionados de manera segura y 3.000 millones carecen de instalaciones básicas para el lavado de manos (Organización Mundial de la Salud y Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia, 2015).

A nivel mundial existen poblaciones que consumen agua no potable provocando distintas enfermedades a la población, dentro de ello los más afectados son los niños por enfermedades diarreicas y parasitarias, estas a su vez derivan otras enfermedades y gastos económicos en la unidad familiar. El consumo de agua potable contribuye en la mejora de la calidad de vida de las personas.

El 95 % de glaciares tropicales en el mundo se encuentran en los países de la Comunidad Andina, de los cuales el Perú alberga el 71 %. Esta inmensa riqueza

glaciar es la fuente de gran parte del agua utilizada para el consumo humano, las actividades agropecuarias, las actividades industriales y la generación de energía (Ministerio del Ambiente, 2016).

En Perú, muchas de nuestras comunidades son suministradas de sistemas de abastecimiento de agua que no son tratados adecuadamente como consecuencia se ve afectado la salud de la población contrayendo enfermedades parasitarias y enfermedades diarreicas aguda las que conllevan como consecuencia a los niños a una desnutrición y anemia (Aguilar y Navarro, 2018).

Actualmente en el jirón Castilla Puquio del distrito de Ascensión, Huancavelica, la población consume agua de la red de abastecimiento de la EPS EMAPA S.A. y también de la red de abastecimiento del reservorio de Castilla Puquio administrada por la JASS (Junta Administradora de Servicios de Saneamiento) local, de este último se analizará los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos indicados posteriormente, debido a que la JASS local no cuenta con registros de este tipo.

El agua del reservorio del manantial Castilla Puquio es usada para diferentes actividades domésticas y comerciales tales como: preparación de alimentos, aseo personal, lavado de ropa, lavado de carros, entre otros. El agua del manantial Castilla Puquio es aparentemente transparente, limpia y consumible, sin embargo, dichas características no indican que sea potable.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es la calidad de agua para consumo humano del manantial “Castilla Puquio” del distrito de Ascensión - Huancavelica en el año 2021?

1.2.2. Problemas específicos

a) ¿Cuál es la calidad de agua para consumo humano de los parámetros de

color y turbiedad del manantial “Castilla Puquio” del distrito de Ascensión – Huancavelica en el año 2021?

- b) ¿Cuál es la calidad de agua para consumo humano de los parámetros de pH y residual de desinfectante del manantial “Castilla Puquio” del distrito de Ascensión – Huancavelica en el año 2021?
- c) ¿Cuál es la calidad de agua para consumo humano de los parámetros de Coliformes totales y Coliformes termotolerantes del manantial “Castilla Puquio” del distrito de Ascensión - Huancavelica en el año 2021?
- d) ¿Cuál es la calidad de agua para consumo humano del manantial “Castilla Puquio” del distrito de Ascensión – Huancavelica, en comparación con los parámetros ECA-Agua Categoría 1-Subcategoría A1 para Consumo Humano en el año 2021?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Evaluar la calidad de agua para consumo humano del manantial “Castilla Puquio” - del distrito de Ascensión, Huancavelica en el año 2021.

1.3.2. Objetivos específicos

- a) Determinar la calidad de agua para consumo humano de los parámetros físicos, (color, turbiedad) del manantial “Castilla Puquio” - del distrito de Ascensión en el año 2021.
- b) Determinar la calidad de agua para consumo humano de los parámetros Químicos, (pH y residual de desinfectante (cloro)) del manantial “Castilla Puquio” - del distrito de Ascensión en el año 2021.
- c) Determinar la calidad de agua para consumo humano de los parámetros microbiológicos, (Coliformes totales, Coliformes termotolerantes), del

manantial “Castilla Puquio” - del distrito de Ascensión en el año 2021.

- d) Evaluar la calidad de agua para consumo humano del manantial “Castilla Puquio” - del Distrito de Ascensión, en comparación con los parámetros ECA-Agua Categoría 1-Subcategoría A1 para Consumo Humano, ¿en el año 2021?

1.4. Justificación

La calidad óptima del agua para consumo humano contribuye a mejorar la calidad de vida. Por lo mencionado para mejorar la calidad de vida de los pobladores del barrio de Castilla Puquio en el Distrito de Ascensión, se determinará la calidad de agua que se consume o utiliza.

El alarmante crecimiento poblacional de este último ciclo es significativo tanto así que para el 2050 la población será alrededor de 9700 millones de habitantes con referente a la actual de 7700 habitantes aproximadamente, afectando proporcional y directamente al consumo de agua. (Organización Mundial de la Salud y Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia, 2019).

El cambio climático ya tiene efectos considerables sobre los glaciares del Perú: se estima una pérdida de 42 % de la superficie glaciar en los últimos 40 años. Esto implica una reducción del volumen del hielo entre los 32 y 35 km³, viéndose afectados principalmente los glaciares más pequeños (Ministerio del Ambiente, 2016).

El agua que se consume en la pequeña red de distribución de “Castilla Puquio” tiene características físicas, químicas, y microbiológicas desconocidas, ya que no existe ningún estudio oficial de la caracterización de agua para el reservorio y la red de distribución.

Académico: La presente tesis servirá como antecedente para futuros trabajos similares o relacionados a la calidad de agua para consumo humano.

Específicamente datos de información con relación a los aspectos físicos, químicos, microbiológicos de los parámetros establecidos.

Práctico: Los resultados de la presente tesis contribuirá a resolver problemas de tratamiento básico de agua para consumo humano mejorando la calidad de agua, por ende, se prevendrá enfermedades gastrointestinales, desnutrición en la población vulnerable, posibles gastos económicos y mejorar la calidad de vida familiar.



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. A nivel internacional

Hernández (2016), en su investigación “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”, tuvo como objetivo: formular una propuesta que brinde alternativas tendientes a mejorar la situación actual del agua para consumo humano y su calidad, en la comunidad de 4 Millas de Matina, Limón, usando un enfoque participativo., presentó los resultados: el pH (25°C) promedio en las aguas fue adecuado, se permite un rango de 6,5 - 8,5 como valor máximo admisible, el cual ninguna de las muestras supera. Se realizó un análisis bacteriológico de coliformes totales y fecales en 10 de los 25 pozos. Se encontró que la totalidad de las 10 muestras presentaron coliformes fecales, lo que indica contaminación por materia fecal.

Zhen (2009), en su tesis “Calidad físico-química y bacteriológica del agua para consumo humano de la microcuenca de la quebrada Victoria, Curubandé, Guanacaste, Costa Rica, año hidrológico 2007-2008”, tuvo como objetivo: Evaluar durante un año hidrológico (Setiembre del 2007 a junio del 2008) la calidad físico-química y bacteriológica del agua para consumo humano de la microcuenca quebrada Victoria en relación a las principales fuentes puntuales y no puntuales de contaminación, con el fin de establecer línea base para el monitoreo futuro y sustentar un plan de acción para la cogestión del recurso hídrico en la microcuenca, presentó los resultados: la temperatura media anual del agua de la quebrada es de 25 °C con mínima de 22,5 °C y máxima de 27,3 °C, esta temperatura es adecuada para consumo humano.

El pH medio anual del agua de la quebrada es de 5,67 con mínimo de 3,85 y máximo de 7. Según este parámetro, solamente cuatro sitios (8, 10, 12 y 14) son aptas para consumo humano con un tratamiento simple, ya que presentaron pH dentro del rango definido (entre 6,5 y 8,5) para una calidad de agua clase 1. Coliformes fecales, en el primer muestreo de la época lluviosa, el agua de los sitios 5, 7, 9, 10, 13 y 15 son adecuadas para consumo humano con tratamiento simple. El segundo muestreo de la época lluviosa se realizó en noviembre del 2007, Los resultados indican que la calidad del agua se deteriora por la escorrentía superficial y arrastres del suelo. Los resultados del análisis de *Escherichia coli* demuestran que no hay contaminación fecal en la naciente de la quebrada, ya que no fueron detectados.

Valencia (2016), en su tesis de maestría “Evaluación de la calidad de agua para consumo, en la cabecera municipal de Riosucio departamento del Chocó-Colombia”, tuvo como objetivo: evaluar la calidad de agua como fuente de consumo humano en la cabecera municipal de Riosucio departamento del Chocó, presentó los resultados: los resultados muestran que el pH se encuentra dentro de los rangos permitidos en la norma, por tal motivo no se considera un limitante para el consumo humano.

El límite de coliformes totales (Género: *Escherichia*, *Klebsiella*, *Enterobacter* y *Citrobacter*) y fecales (*Escherichia coli*) permitido por el decreto 1575 de 2007 es de 0 UFC/100 ml, mientras que en las muestras tomadas, los valores son de 17000 UFC/100ml en el río Riosucio y 803 UFC/100ml en el río Atrato para coliformes totales, y de 17000 UFC/100ml y 200 UFC/100ml respectivamente, para coliformes fecales, siendo más altos en el río Sucio que en el río Atrato, quizá de ésta característica se desprende su nombre, siendo valores notablemente muy altos para lo permitido y se podría considerar como los causantes de la enfermedades en los habitantes de la cabecera municipal del Riosucio en el departamento del Chocó.

2.1.2. A nivel nacional

Aguilar y Navarro (2018), en su tesis “Evaluación de la calidad de agua para consumo humano de la Comunidad de Llañucancha del distrito de Abancay, provincia de Abancay 2017”, el objetivo de la investigación fue: Evaluar la calidad de agua para consumo humano en la comunidad de Llañucancha del distrito de Abancay, provincia de Abancay 2017, presentaron los siguientes resultados: Los resultados obtenidos en ambos laboratorios como de Mc Química Lab, de la ciudad del Cusco con el resultado del laboratorio referencial de DIGESA Abancay, tiende 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.

Atencio (2018), en su tesis “Análisis de la calidad del agua para consumo humano y percepción local en la población de la localidad de San Antonio de Rancas, del distrito de Simón Bolívar, provincia y región Pasco- 2018”, el objetivo de la investigación fue: determinar la calidad del agua para consumo humano y la percepción local en la población de la localidad de San Antonio de Rancas, del distrito de Simón Bolívar-2018, presentó los resultados: Realizando la evaluación de los resultados de los parámetros físicos para nuestro caso determinamos que el pH, la temperatura y sólidos disueltos totales se encuentran dentro de los límites máximos permisibles. Los coliformes totales y fecales se encuentran fuera de lo permitido. Los resultados de los parámetros químicos para nuestro caso los metales totales se encuentran dentro de lo permitido.

Cava y Ramos (2016), en su investigación “Caracterización físico – química y microbiológica de agua para consumo humano de la localidad Las Juntas del distrito Pacora – Lambayeque, y propuesta de tratamiento”, tuvieron como objetivo: 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. presentaron los resultados: Según los resultados obtenidos y comparados con los límites máximos permisibles se determinó que la temperatura, pH, en el agua de consumo de la localidad de Las Juntas del distrito de Pacora está dentro de los límites establecidos por el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, Decreto Supremo N° 031-2010-SA del Ministerio de Salud, elaborado por la Dirección General de Salud Ambiental en el mes de febrero del 2011.

Los parámetros siguientes como: coliformes termotolerantes, coliformes totales, cloro residual en el agua de consumo de la localidad de Las Juntas del distrito de Pacora no están dentro de los límites establecidos por el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, Decreto Supremo N° 031-2010-SA del Ministerio de Salud, elaborado por la Dirección General de Salud Ambiental, febrero 2011.

Rodríguez (2016), en su tesis “Evaluación de la calidad de agua para consumo humano proveniente de la laguna de Toma de en el distrito de Quiruvilca - La Libertad”, tuvo como objetivo: evaluación de la calidad de agua para consumo humano proveniente de la laguna de Toma de en el distrito de Quiruvilca - La Libertad, presentó los resultados: Se puede establecer que la temperatura del agua muestreada presenta un valor promedio de 20 y 16°C en época de sequía y 17.2 y 14.52 en época de precipitación. En cuanto al pH, se encuentra dentro de los límites máximos permisibles. En parámetros bacteriológicos como coliformes exceden significativamente los límites permisibles establecidos en el reglamento de calidad de agua para consumo humano D.S. N° 031-2010-S.A.

Calsín (2016), en su tesis “Calidad física, química y bacteriológica de aguas subterráneas de consumo humano en el sector de Taparachi III de la ciudad de Juliaca, Puno - 2016”, el objetivo de la investigación fue:

determinar los parámetros físicos (temperatura, sólidos totales disueltos, turbidez), determinar los parámetros químicos (pH, dureza total, cloruros, nitratos y sulfatos) y determinar parámetros bacteriológicos (coliformes totales, coliformes fecales y bacterias heterotróficas) en aguas subterráneas, presentó los resultados: La temperatura promedio de aguas de pozos artesanales y tubulares están dentro de los valores ambientales de temperatura para los meses en estudio (febrero y junio) que varía de 4 a 17 °C.

En relación al parámetro pH, los promedios de pH de aguas de pozos artesanales y tubulares, se encontraron dentro de los límites máximo permisibles emitidos por el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA. Coliformes totales, el promedio de las aguas de los pozos artesanales y pozos tubulares ($378.16 \pm 96.03a$ y $226.21 \pm 62.60a$) respectivamente exceden los límites máximo permisibles emitidos por el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA. Coliformes fecales, el promedio general de los pozos artesanales presenta mayores valores que aguas de pozos tubulares ($107.22 \pm 43.16b$ y $27.79 \pm 6.67a$) respectivamente las 47 aguas en ambos casos exceden el límite máximo permisibles emitidos por el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA.

Palomino (2017), en su investigación “Calidad microbiológica y fisicoquímica de las aguas de consumo humano y de riego del distrito de Luricocha de la provincia de Huanta – Ayacucho 2016 – 2017”, tuvo como objetivo: evaluar la calidad de las aguas de consumo humano y de riego en el distrito de Luricocha, provincia de Huanta – Ayacucho, presentó los resultados: los análisis microbiológicos y biológicos de muestras de agua de consumo humano procedentes del distrito de Luricocha centros poblados o comunidades: (Luricocha, Chamana, San Juan de Llanza, San Pedro de Pampay, Simpayhuasi, Yuraccraccay,

Azángaro, Pichiurara, Ccollana, Los Misioneros de Aycas, Paccosan y Huayllay), muestras obtenidas en la época de estiaje (noviembre 2016) y lluvioso (marzo 2017), observamos que tanto para el número de bacterias coliformes totales y coliformes fecales, todas las muestras analizadas presentan valores que están por encima de los LMP establecidos en el DS. 031 – 2010 S.A/DIGESA

Los resultados del análisis fisicoquímico de muestras de agua de consumo humano para los parámetros: pH, en todas las muestras de agua evaluadas se encuentran con valores dentro del LMP establecido en la norma, En los resultados globales del análisis microbiológico, biológico y fisicoquímico las muestras de agua se encontraron contaminadas con bacterias coliformes totales, por lo tanto, no cumple con el LMP establecido, para el caso de los coliformes fecales el 87,5 % (21) de (24). Los resultados del número de coliformes totales y coliformes fecales, respecto a la presencia de cloro residual ($\geq 0,5$ ppm) y ausencia de este desinfectante, se puede observar que la única muestra de agua que presenta cloro residual, correspondiente a la comunidad de San Pedro de Pampay, y ausencia de coliformes fecales en 100 mL.

Castillo (2016), en su tesis “Control fisicoquímico del sistema de tratamiento de agua potable en el distrito de sucre”, tuvo como objetivo: Determinar la concentración de los parámetros fisicoquímicos del agua del sistema de tratamiento de agua potable en el distrito de Sucre en relación a los Estándares de Calidad Ambiental y Límites Máximos Permisibles, presentó los resultados: los valores obtenidos de pH, Temperatura in situ, cumplen con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para agua potable, categoría 1, y con los Límites Máximos Permisibles (LMP) en todos los puntos de muestreo.

Flores (2016), en su investigación “Evaluación fisicoquímica y bacteriológica de las aguas subterráneas de consumo humano con y sin

ebullición de zonas aledañas a la Universidad Nacional de Cajamarca”, el objetivo de la investigación fue: determinar la concentración de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos de las aguas subterráneas de consumo humano con y sin ebullición de zonas aledañas a la Universidad Nacional de Cajamarca, presentó los resultados:

- Análisis de la variación espacial de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos de las dos aguas subterráneas en estudio.

Agua subterránea de la zona San Martín: La temperatura del agua subterránea sin ebullición muestra una mínima de 18,5 °C en el mes de junio y una máxima de 20,5 °C en los meses de setiembre y diciembre; siendo el promedio de 19,58 °C y la variación del promedio mensual anual es de 0,92 °C (Δ 0,92 °C); esta agua subterránea no supera el estándar nacional de calidad del agua para consumo humano clase A1. El pH, el agua subterránea sin ebullición varía con un mínimo de 7,040 (setiembre) a un máximo de 7,300 (diciembre); con una media de 7,157. Las aguas subterráneas con y sin ebullición, no superan los estándares nacionales de calidad ambiental del agua para consumo humano clase A1 (6,5 – 8,5), A2 (5,5 – 9,0) y A3 (5,5 a 9,0).

Coliformes totales, El agua subterránea sin ebullición sólo presentó una concentración de 9 NMP/100 mL en el mes de junio y en los demás meses no presenta coliformes totales. Ambas aguas subterráneas con y sin ebullición no superan los estándares de calidad ambiental del agua para consumo humano clase A1 (50), A2 (5 000) y A3 (50 000).

Agua subterránea de la zona Ajoscancha Baja: La temperatura del agua subterránea sin ebullición tiene un mínimo de 18,9 °C en el mes de marzo y un máximo de 20,9 °C en el mes de setiembre; con un

promedio de 19,9 °C, la variación del promedio mensual anual es de 0,55 °C. Esta agua subterránea no supera el estándar nacional de calidad del agua para consumo humano clase A1, A2 y A3. El pH, el agua subterránea sin ebullición varía con un mínimo de 7,010 (marzo) a un máximo de 7,150 (junio). Las aguas subterráneas con ebullición presentan un ligero incremento de pH variando de un mínimo de 7,474 (setiembre) a un máximo de 8,130 (diciembre), con un promedio de 8,170. También, de forma similar a las aguas subterráneas de la zona San Martín, aquí se observa que el pH aumenta después de la ebullición.

Coliformes totales, el agua subterránea sin ebullición presenta una concentración mínima de 7 NMP/100 mL y una máxima de 70 NMP/100 mL. Sólo el agua subterránea sin ebullición en el mes de diciembre supera los estándares de calidad ambiental del agua para consumo humano clase A1 (50), A2 (5 000) y A3 (50 000).

Flores (2004), en su tesis “Evaluación de la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua potable para consumo humano en los distritos de El Tambo, Huancayo y Chilca en el año 2014”, el objetivo de la investigación fue: determinar la calidad del agua potable para consumo humano de los distritos de Huancayo, El Tambo y Chilca de la provincia de Huancayo, en el año 2014, presentó los resultados: los valores de pH para los tres distritos, donde se observa una variabilidad, pero con valores muy cercanos, siendo el promedio para el distrito de Huancayo de 7,42, para el distrito de El Tambo de 7,43 y para Chilca de 7,41, Por lo tanto se encuentra en el rango de los Límites Máximos permisibles establecidos por norma.

Del cloro residual el valor promedio obtenido para los tres distritos fue de 1,0 mg/L y se encuentran muy por debajo de los límites máximos permitidos según la OMS (2008) que es de 250 mg/L. En los análisis

microbiológicos ninguno presenta presencia de estos microorganismos dañinos para la salud.

Curo (2000), en su investigación “Calidad bacteriológica y fisicoquímica del agua de pozos con fines de consumo humano en el distrito de Huata – Puno, 2016”, el objetivo de la investigación fue: Determinar la calidad bacteriológica y fisicoquímica del agua de pozos con fines de consumo humano en las cuatro parcialidades del distrito de Huata, región Puno, obteniendo los resultados: el recuento de coliformes totales en 12 muestras de agua de pozos procedentes de las cuatro parcialidades del distrito de Huata fluctúan entre promedio de un máximo de 360.0 - 347.3 UFC/100 ml. todos exceden los límites máximos permisibles por lo tanto el agua de pozo es de mala calidad para el consumo humano, desde el punto de vista microbiológico según el Reglamento de la Calidad de Agua para el Consumo Humano D.S. N° 031-2010 DIGESA (0 UFC/100 ml).

El recuento de coliformes termotolerantes en las muestras del agua de pozos para consumo humano en las cuatro parcialidades del distrito de Huata fueron de promedios de un máximo de 3.3 – 1.7 UFC/100 ml. Por lo tanto, el agua de pozos no reúne la calidad bacteriológica requerida, según el Reglamento de la Calidad de Agua para el Consumo Humano D.S. N° 031-2010 DIGESA (0 UFC/100 ml). Los resultados obtenidos de potencial de hidrogeniones en las muestras del agua de pozos, provenientes de las cuatro parcialidades del distrito de Huata, fluctúan en promedios de un máximo de 7.8 pH. Están dentro de los límites máximos permisibles, emitidos por el Reglamento de la calidad de agua para el consumo humano D.S. N° 031-2010 DIGESA (6.5 a 8.5 pH).

Los resultados obtenidos de temperatura en las muestras del agua de pozos provenientes de las cuatro parcialidades del distrito de Huata,

fueron en promedio en rango de un máximo de 16.7 - 16.5 °C. Concluyendo que las aguas de estudio son aguas subterráneas de mala calidad por ser mayores a los límites máximos permisibles según el Reglamento de la calidad de Agua para el Consumo Humano D.S. N° 031-2010 S.A. DIGESA.

Reyes (2019), en su tesis “Verificación del cumplimiento de los parámetros del reglamento de la calidad del agua para el asentamiento humano vista alegre mediante el análisis fisicoquímico y microbiológico del manantial de Pacán - San Luis - Amarilis - Huánuco, periodo setiembre - noviembre del 2018”, el objetivo de la investigación fue: determinar si los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del manantial de Pacán cumplen con lo establecido en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, presentó los resultados: potencia del hidrogeno (pH) del manantial “Pacán”; se obtuvo el promedio del (pH = 7.74), al comparar los resultados obtenidos con D.S. N° 031 Reglamento de calidad del agua de consumo humano, se concluye que el parámetro fisicoquímico potencial de hidrogeno (pH), no superan los Límites Máximos Permisibles en el manantial “Pacán”.

Temperatura (°C) del manantial de “Pacán”; se obtuvo como temperatura promedio = 19.67 °C, al comparar los resultados obtenidos con D.S. N° 031 Reglamento de calidad del agua de consumo humano, se concluye que el parámetro fisicoquímico Temperatura °C, no supera los Límites Máximos Permisibles en el manantial de “Pacán”. Analizando el parámetro microbiológico: Coliformes totales (UFC/100 mL) del manantial “Pacán”; se obtuvo como promedio de UFC/ mL = 39, al comparar los resultados obtenidos con D.S. N° 031 Reglamento de calidad del agua de consumo humano, se concluye que el parámetro Microbiológico: coliformes totales (UFC/100 mL), supera los Límites Máximos Permisibles en el manantial “Pacán”.

Coliformes termotolerantes (UFC/100 mL) del manantial “Pacán”; se obtuvo como promedio de UFC/100 mL = 14.33, al comparar los resultados obtenidos con D.S. N° 031 Reglamento de calidad del agua de consumo humano, se concluye que el parámetro Microbiológico: coliformes termotolerantes (UFC/100 mL), supera los Límites Máximos Permisibles en el manantial de “Pacán”

Palomino (2016), en su tesis “Calidad de agua de consumo humano del distrito de Anco, La Mar, Ayacucho 2016”, tuvo como objetivo: evaluar la calidad de agua de consumo humano tanto microbiológica, fisicoquímica y cloro residual libre de las comunidades de Huayllahura, Chiquintirca, Ccollpa, Toccate y Huayrapata del distrito de Anco, de la provincia de La Mar, presentó los resultados: los coliformes totales de las muestras de agua de consumo humano (reservorio y domicilio) en comparación con los LMP de cinco comunidades del distrito de Anco, enero a mayo de 2016; los resultados muestra que los pobladores de las comunidades de Huayllahura, Chiquintirca, Ccollpa, Toccate y Huayrapata están consumiendo agua contaminada que no cumplen con los requisitos microbiológicos establecidos y recomendados por la Organización Mundial de Salud (OMS) y la Norma Técnica Peruana para agua de consumo humano.

En caso de coliformes termotolerantes las comunidades Toccate, Chiquintirca y Huayrapata tiene presencia de estos en el consumo de agua, no cumplen con los requisitos microbiológicos establecidos y recomendados por la Organización Mundial de Salud (OMS) y la Norma Técnica Peruana para agua de consumo humano. En el parámetro pH; los valores promedios del parámetro pH están entre 7,5 a 8,0 y se encuentran dentro del rango de los LMP establecidos en el reglamento de la calidad del agua de consumo humano en el D.S N° 031-2010- SA.

Mendoza (2018), en su investigación “Evaluación fisicoquímica

de la calidad del agua superficial en el centro poblado de Sacsamarca, región Ayacucho, Perú”, tuvo como objetivo: evaluar la calidad de agua superficial alrededor del centro poblado de Sacsamarca del distrito de Sacsamarca de la provincia Huancasancos, mediante un análisis fisicoquímico para determinar si el estado actual del recurso cumple con los estándares de calidad para garantizar la salud ambiental y la salud pública en la zona. El objetivo de la presente investigación es evaluar la calidad del agua superficial empleada para consumo humano en este centro poblado, a través de algunos indicadores fisicoquímicos, relacionando la gestión del agua y la comprensión del ciclo hidrológico.

Obtuvo como resultados: las temperaturas de las fuentes de agua superficial muestreadas en las dos campañas difieren entre 0,2 y 2°C para todas las estaciones con excepción de E2, el nivel de pH de las aguas superficiales se encuentra alrededor de 7. Esta tendencia a la neutralidad se puede observar tanto en las muestras de río como en las de otras fuentes, los valores pertenecen al rango establecido por sus respectivos parámetros (ECA o LMP).

2.1.3. A nivel local

Pérez y Ramos (2018), en su tesis “Dosis de cloro y cloro residual libre en el sistema de agua potable del sector de Puyhúan Grande del distrito y provincia de Huancavelica – 2018”, tuvo el objetivo: evaluar la dosis de cloro y cloro residual libre del sistema de agua potable, suministrada por la Junta Administradora de Servicios de Saneamiento de acuerdo al Reglamento de Calidad de Agua para Consumo Humano D.S. N° 031-2010-SA en el sector de Puyhúan Grande del distrito y provincia de Huancavelica – 2018, presentaron resultados: estos resultados nos indican que no se está dosificando el hipoclorito de calcio con regularidad y sobre todo por debajo de lo recomendado, esto también se verá reflejado en los resultados de cloro residual libre en las redes de distribución.

Esta investigación concluye, que con la implementación de este sistema se obtendrá dosis de cloro de 1.5 ppm hasta 2 ppm, valores aceptados por la Norma INEN 1108 (LMP entre 0.3 - 1.5 mg/L). También los resultados obtenidos en la presente tesis fueron comparados con el reglamento de calidad de agua para consumo humano, no cumpliendo con esta; a diferencia de la anterior investigación, el sistema que se utiliza en el sector de Puyhúan Grande es un sistema de cloración por goteo autocompensante.

Landeo (2018), en su investigación “Relación de los métodos por goteo y la eficiencia del cloro residual en la instalación de sistemas de cloración en zonas rurales”, tuvo el objetivo: determinar en qué grado favorece la relación de los métodos por goteo y la eficiencia del cloro residual en la instalación de sistemas de cloración en zonas rurales, presentó resultados: en potencial de hidrogeno (pH) los resultados de análisis de pH están en los rangos permisibles según el Reglamento de calidad de agua para consumo humano (D.S. N°031-2010- SALUD). El método 1 (por goteo) tiene mejores resultados de cloro residual que el método 2 (eficiencia del cloro residual), también en general el método 1 y el método 2 se encuentran en el rango ideal de cloro residual como lo estipula el Reglamento de la calidad de agua para consumo humano, por lo que se puede decir que, los métodos por goteo favorecen significativamente en la eficiencia del cloro residual en la instalación de sistemas de cloración en zonas rurales.

Dirección de Salud Ambiental (2018), presentó el “Informe y mapa de riesgo bacteriológico y parasitológico de la región Huancavelica 2018” donde presentó los siguientes resultados: en la Región Huancavelica el 2018 se realizaron un total de 2755 análisis bacteriológicos de Coliformes Totales y Coliformes Termotolerantes (en fuentes de captación, reservorios y conexiones domiciliarias) de las cuales 1713 muestras resultaron positivas lo que equivale al 62%. La Red de Salud Huancavelica ha sido quien ha realizado la mayor cantidad de análisis de agua con un total de 916 muestras analizadas en sus 418 sistemas de agua.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Origen del agua

La teoría más reciente atribuye el origen del agua a causas extraterrestres. Numerosos estudios realizados por la NASA apoyan los planteamientos de Tobias, Mojzsis y Scienceweek quienes afirman que el agua llegó a la Tierra en forma de hielo, en el interior de numerosos meteoritos, que al impactar sobre la superficie terrestre liberaron este compuesto y llenaron los océanos, o al menos parte de ellos (Ros, 2010).

Estudios referidos por Mojzsis hablan de otros impactos de meteoritos sobre la Tierra, a los cuales se atribuye el haber contribuido con concentraciones significativas de otros elementos y moléculas químicas a la «sopa» donde se originaron las macromoléculas orgánicas y los coacervados. Posteriormente, científicos de la NASA han comunicado algunos descubrimientos que constituyen la primera evidencia sólida para este suceso: análisis del cometa S4 LINEAR han mostrado una similitud muy grande entre la composición y estructura química de éste con el agua que actualmente existe en los océanos de la Tierra (Ros, 2010).

2.2.2. Composición química del agua

Henry Cavendish (1731-1810) fue un científico inglés que contribuyó en forma notable a la física y a la química. Sus trabajos sobre el gas inflamable hidrógeno llevaron al descubrimiento de la composición del agua y con ello a la caída de la teoría del flogisto. Cavendish midió la densidad de varios gases con alta precisión y desarrolló los conceptos de calor específico y entalpía sin establecerlos en términos matemáticos. Es también muy conocido por el experimento famoso que lleva su nombre, para determinar la densidad de la Tierra mediante una balanza de torsión (Wisniak, 2004).

2.2.3. Teoría del ciclo hidrológico

Las ideas de los filósofos griegos y romanos sobre el origen del agua superficial y la subterránea tuvieron vigencia hasta el siglo 17 y se basaban en que la lluvia no era suficiente para abastecer el caudal de los ríos y que el suelo carecía de la permeabilidad necesaria para permitir la infiltración. Por ello, el funcionamiento hidrosférico o ciclo hidrológico, tal como se lo conoce en la actualidad, recién fue descubierto en el siglo 17, por dos investigadores franceses: Pierre Perrault y Edmè Mariotté y constituyen el punto de partida de la hidrología como ciencia.

Perrault, midió la lluvia durante 3 años en la cuenca alta del Sena y el escurrimiento del río; concluyó que el volumen de agua precipitada era 6 veces mayor que la escurrida superficialmente. De esta forma se demostró la falacia de que las lluvias eran insuficientes para alimentar manantiales y ríos. Mariotté, llega a resultados similares en lo referente a la relación precipitación escurrimiento superficial y también define con precisión infiltración y circulación del agua subterránea. Posteriormente, Edmund Halley realizó mediciones de evaporación en el Mar Mediterráneo, demostrando que el volumen evaporado era suficiente para suplir la cantidad de agua que retorna a través de los ríos (Auge, 2007).

2.2.4. Teoría económica del agua

La industria de agua potable se caracteriza por ser un monopolio natural y además presenta importantes externalidades negativas asociadas con el consumo de agua con bajos niveles de calidad. La combinación de estos factores plantea importantes retos para los consumidores a los márgenes de rentabilidad que requieren las empresas privadas para invertir en el sector, pueden causar importantes pérdidas de bienestar en los consumidores que deben asumir los costos vía tarifas (Gómez, 2016).

2.2.5. Tratamiento de agua para consumo humano

El tratamiento de aguas se conoce como la forma más antigua que el ser humano ha conseguido para eliminar los residuos y mejorar la calidad en cuanto a olor, color, sabor y apariencia. Si hacemos un poco de historia, el agua se trataba con métodos muy sencillos como hirviéndola, exponiéndola al sol, sedimentándola o filtrándola a través de arena o grava para purificarla. Como lo muestra el siguiente esquema ilustrativo: En la actualidad, las técnicas de uso general para el tratamiento de aguas residuales y de abastecimiento para consumo humano se complementan con procesos físicos, químicos o biológicos (Salamanca, 2016).

2.2.6. Sistema de tratamiento para agua potable en el ámbito rural

Los sistemas de agua potable tienen por objetivo abastecer de agua potable a una población determinada; pueden ser convencionales y no convencionales. Los sistemas convencionales son los que brindan acceso al agua potable a nivel domiciliario y cuentan con un sistema de tratamiento y distribución del agua potable en cantidad y calidad establecida por las normas de diseño. Cada una de las viviendas se abastece a través de una conexión domiciliaria. Estos sistemas pueden ser de cuatro tipos, por gravedad con o sin tratamiento y por bombeo con o sin tratamiento (Fustamante, 2019).

Las partes de un sistema de agua potable convencional son:

1. Componentes destinados a la producción de agua potable
 - a) Captación de agua

Unidad destinada a captar el agua de la fuente de abastecimiento. Las fuentes de abastecimiento generalmente son de dos tipos: fuente subterránea (pozos) y fuente superficial (ríos) (Fustamante, 2019).

b) Línea de conducción de agua

Conformado por tuberías, estaciones reductoras de presión, válvulas de aire y otras estructuras que tienen como función conducir el agua captada desde la fuente de abastecimiento hacia la unidad de tratamiento de agua (planta de tratamiento en caso exista). La línea de conducción puede ser por gravedad o por bombeo. A esta segunda se le denomina línea de impulsión, porque conduce el agua a presión que se genera con un sistema de bombeo (Fustamante, 2019).

c) Planta de tratamiento de agua potable (PTAP)

Está conformada por un conjunto de unidades diseñadas e instaladas con el fin de adecuar las características fisicoquímicas y bacteriológicas del agua cruda (captada en la fuente de abastecimiento) para que cumplan con los valores límite establecidos en las normas de calidad para agua potable.

2. Componentes destinados para el almacenamiento y distribución de agua potable:

a) Almacenamiento de agua potable

Estructura denominada reservorio de almacenamiento. Su función es almacenar una cantidad de agua suficiente para satisfacer la demanda de la población durante paradas en la producción y regular las presiones en la red de distribución. Cuando no existe planta de tratamiento, aquí se puede realizar la desinfección directa.

b) Línea de aducción de agua potable

Está conformado por sistemas de tuberías, válvulas y otros componentes que en su conjunto sirven para conducir el agua potable desde el reservorio de almacenamiento hacia la red de distribución.

c) Red de distribución de agua potable

Sistema de tuberías que incluye válvulas de control, estaciones reductoras de presión y otros componentes, que en su conjunto distribuyen el agua potable a cada una de las viviendas de la población usuaria.

d) Conexiones domiciliarias

Ubicado generalmente en la vereda de la vivienda abastecida, la conexión domiciliaria brinda el acceso al servicio de agua potable. Está conformada por los elementos de toma, medición y caja de protección. La responsabilidad del prestador o la Junta administrativa de servicio de saneamiento llega hasta la conexión (Fustamante, 2019).

2.2.7. Calidad del agua para distintos usos

Los recursos disponibles deben repartirse entre numerosos usuarios además de tener en cuenta las necesidades del medio ambiente. Durante muchos años, todos los recursos eran considerados disponibles para cualquier uso antrópico, sin tener en cuenta la calidad o las necesidades para los usos ambientales. Cuando se considera la distribución del agua entre los distintos usuarios, la agricultura aparece como el sector de mayor demanda. Las dos terceras partes de los recursos hídricos se destinan al uso agrícola, con una demanda creciente para el turismo, usos urbanos e industriales, compitiendo por un acceso a un recurso cada vez menos disponible (Fernández, 2012).

En la medida en que usamos el agua, hemos generado ciclos antrópicos. Captamos el agua de las fuentes naturales en condiciones mejores a las que habitualmente la devolvemos a esos mismos cuerpos de agua (Fernández, 2012).

2.2.8. El ciclo integral del agua

El ser humano necesita disponer de agua con una cierta calidad y características. Además, necesita de ella en momentos y lugares determinados. Para ello desde siempre ha ideado y perfeccionado una serie de sistemas que le permitieran sacar aún más provecho del ciclo natural o hidrológico del agua. A este ciclo del agua influido por la actividad humana es lo que llamamos ciclo integral del agua. En resumen, el hombre intenta modificar el ciclo hidrológico para aprovechar mejor y disponer de más agua dulce, evitando los desequilibrios temporales y espaciales de la distribución del agua (Ros, 2010).

2.2.9. Calidad del agua

El concepto de calidad del agua se relaciona con la naturaleza de ésta y con la concentración de impurezas que contenga. Las impurezas presentes en el agua son las que le proporcionan sus características. El concepto de impureza del agua es relativo; depende del uso específico que se da al recurso. Por ejemplo, impurezas poco importantes para el agua que se usa en la limpieza pueden ser claves en el agua para beber (Ros, 2010).

Por lo general, las aguas de abastecimiento contienen las siguientes impurezas:

- a) En suspensión: bacterias, microorganismos (algas y protozoarios).
- b) En estado coloidal: sustancias colorantes vegetales, y sílice.
- c) En disolución: sales de calcio y magnesio, sales de sodio, hierro, manganeso, y gases (oxígeno, CO₂, etcétera).

Además de estas sustancias, las aguas presentan:

- d) Sustancias de interés especial: flúor, yodo y sustancias radiactivas.
- e) Sustancias que pueden causar envenenamiento: arsénico, cromo,

cobre, plomo, etcétera.

- f) Sustancias que en exceso tienen un efecto laxante: magnesio, sulfatos y sólidos totales.

Por lo tanto, la calidad del agua se define según sus características, que son físicas, químicas y biológicas. Tales características se determinan mediante los siguientes procedimientos: a) examen físico, b) análisis químico, c) examen bacteriológico (Ros, 2010).

2.2.10. Parámetros de calidad del agua

En base a la vinculación entre calidad de agua y sus usos, se establecen estándares y criterios de calidad específicos que definen los requisitos que ha de reunir una determinada agua para un fin concreto, requisitos que, generalmente, vienen expresados como rangos cuantitativos de determinadas características fisicoquímicas y biológicas (Ros, 2010).

1. Parámetros físicos

1.1. Sabor y olor

El sabor y olor son determinaciones organolépticas de determinación subjetiva, para las cuales no existen instrumentos de observación, ni registro, ni unidades de medida. Tienen un interés evidente en las aguas potables destinadas al consumo humano, ya que estas características constituyen el motivo principal de rechazo por parte del consumidor (Ros, 2010).

Figura 1 Olores Característicos del Agua y su Origen

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

Fuente: (Ros, 2010).

1.2. Color

El color de un agua puede ser de origen natural o por contaminación. Todas las aguas presentan una tonalidad variable dependiendo de muy diversas circunstancias. Esta tonalidad más o menos acusada es el color del agua, que tiene su origen en causas internas o en causas externas. Las primeras, son debidas a los materiales disueltos y a los suspendidos en la misma agua, y las segundas, tienen su origen en la absorción de las radiaciones de mayor longitud de onda. A su vez, este color del agua es de dos tipos: *aparente* (el que presenta el agua bruta) y *real* (el que queda después de haber separado las materias en suspensión por filtración) (Ros, 2010).

1.3. Temperatura

El aumento de la temperatura modifica la solubilidad de las sustancias, aumentando la de los sólidos disueltos y disminuyendo la de los gases. La actividad biológica

aproximadamente se duplica cada diez grados (ley del Q10), aunque superado un cierto valor característico de cada especie viva, tiene efectos letales para los organismos. Una temperatura elevada implica la aceleración de la putrefacción y, por tanto, un aumento de la demanda de oxígeno; paralelamente, disminuye la solubilidad de éste. Las aguas residuales presentan mayor temperatura que las naturales. Las urbanas están en torno a 15°C y las industriales dependerán del tipo de proceso utilizado y del volumen de agua (Ros, 2010).

2. Parámetros químicos

2.1. pH

El pH es una medida de la concentración de iones hidrógeno, y se define como. Es una medida de la naturaleza ácida o alcalina de la solución acuosa que puede afectar a los usos específicos del agua. La mayoría de aguas naturales tienen un pH entre 6 y 8 (Ros, 2010).

2.2. Cloro

En todo el mundo, el mecanismo de desinfección más aplicado en los sistemas de abastecimiento de agua es el que emplea el cloro y sus compuestos derivados como agentes desinfectantes. Fue introducido masivamente a principios del siglo XX y constituyó una revolución tecnológica, que complementó el proceso de filtración que ya era conocido y utilizado para el tratamiento del agua. La cloración, tal como se ha expresado en el capítulo anterior, incrementó en 50% la esperanza de vida de los países desarrollados (Solsoma y Méndez, 2015).

Los productos de la familia del cloro disponibles en el mercado para realizar la desinfección del agua son:

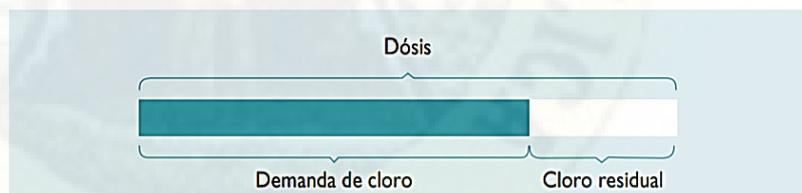
- cloro gaseoso.
- cal clorada.
- hipoclorito de sodio.
- hipoclorito de calcio

2.3. Dosis de cloro

La dosis del desinfectante depende del tipo de agua a clorar. Deberá determinarse antes de poner en funcionamiento el sistema de agua potable. La determinación exacta requiere de un laboratorio y personal especializado. Se recomienda determinar la dosis de cloro por lo menos dos veces al año, según varíe las características físico-químicas del agua a desinfectar. Por ejemplo, durante la época de lluvias y épocas de estiaje (ausencia de lluvias). La dosis de cloro para desinfectar el agua es equivalente (Fustamante, 2019).

Figura 2 relación dosis demanda residual

$$\text{Dosis de cloro (mg/L)} = \text{Demanda de cloro (mg/L)} + \text{Cloro residual libre (mg/L)}$$



Fuente: (Fustamante, 2019).

2.4. Cloro residual libre

Cloro libre que queda disponible después de haber efectuado la desinfección del agua, es decir, la destrucción o inactivación de los microorganismos presentes. La norma peruana exige una concentración mínima de cloro residual libre en el agua potable de 0.50 mg/L. El cloro residual libre está determinado por la suma de la concentración de ácido

hipocloroso más la concentración de ion hipoclorito que se forma en el agua luego de añadir el compuesto de cloro; su equilibrio está influenciado por el pH del agua (Fustamante, 2019).

3. Parámetros microbiológicos

3.1. Coliformes totales

Incluye una amplia variedad de bacilos aerobios y anaerobios facultativos, gramnegativos y no esporulantes capaces de proliferar en presencia de concentraciones relativamente altas de sales biliares fermentando la lactosa y produciendo ácido o aldehído en 24 h a 35–37 °C. *Escherichia coli* y los coliformes termotolerantes son un subgrupo del grupo de los coliformes totales que pueden fermentar la lactosa a temperaturas más altas (Organización Mundial de la Salud, 2006).

a) Valor como indicador

El grupo de los coliformes totales incluye microorganismos que pueden sobrevivir y proliferar en el agua. Por consiguiente, no son útiles como índice de agentes patógenos fecales, pero pueden utilizarse como indicador de la eficacia de tratamientos y para evaluar la limpieza e integridad de sistemas de distribución y la posible presencia de biopelículas (Organización Mundial de la Salud, 2006).

b) Fuentes y prevalencia

Las bacterias pertenecientes al grupo de los coliformes totales (excluida *E. coli*) están presentes tanto en aguas residuales como en aguas naturales. Algunas de estas bacterias se excretan en las heces de personas y animales, pero muchos coliformes son heterótrofos y capaces de multiplicarse en

suelos y medios acuáticos. Los coliformes totales pueden también sobrevivir y proliferar en sistemas de distribución de agua, sobre todo en presencia de biopelículas (Organización Mundial de la Salud, 2006).

c) Relevancia de su presencia en el agua de consumo

Debe haber ausencia de coliformes totales inmediatamente después de la desinfección, y la presencia de estos microorganismos indica que el tratamiento es inadecuado. La presencia de coliformes totales en sistemas de distribución y reservas de agua almacenada puede revelar una reproliferación y posible formación de biopelículas, o bien contaminación por la entrada de materias extrañas, como tierra o plantas (Organización Mundial de la Salud, 2006).

3.2. Coliformes termotolerantes o fecales y *Escherichia coli*

Las bacterias del grupo de los coliformes totales que son capaces de fermentar lactosa a 44 - 45°C se conocen como coliformes termotolerantes. En la mayoría de las aguas, el género predominante es *Escherichia*, pero algunos tipos de bacterias de los géneros *Citrobacter*, *Klebsiella* y *Enterobacter* también son termotolerantes. *Escherichia coli* se puede distinguir de los demás coliformes termotolerantes por su capacidad para producir indol a partir de triptófano o por la producción de la enzima E-glucuronidasa (Organización Mundial de la Salud, 2006).

a) Valor como indicador

Se considera que *Escherichia coli* es el índice de contaminación fecal más adecuado. En la mayoría de las circunstancias, las poblaciones de coliformes termotolerantes se componen predominantemente de *E. coli*; por lo tanto, este grupo se considera un índice de contaminación fecal aceptable,

pero menos fiable que *E. coli* (Organización Mundial de la Salud, 2006).

Escherichia coli (o bien los coliformes termotolerantes) es el microorganismo de elección para los programas de monitoreo para la verificación, incluidos los de vigilancia de la calidad del agua de consumo. Estos microorganismos también se utilizan como indicadores de desinfección, pero los análisis son mucho más lentos y menos fiables que la medición directa de la concentración residual de desinfectante (Organización Mundial de la Salud, 2006).

b) Relevancia de su presencia en el agua de consumo

La presencia de *E. coli* (o bien de coliformes termotolerantes) es un indicio de contaminación fecal reciente, por lo que tras su detección debería considerarse la toma de medidas adicionales, como la realización de muestreos adicionales y la investigación de las posibles fuentes de contaminación, como un tratamiento inadecuado o alteraciones de la integridad del sistema de distribución (Organización Mundial de la Salud, 2006).

2.2.11. El agua potable. Aspectos biológicos

El agua potable no debe contener agentes patógenos que puedan afectar la salud del consumidor. Específicamente, los indicadores de contaminación fecal, coliformes termotolerantes y *Escherichia coli* no deben estar presentes en 100 mL de muestra. Esta calidad debe mantenerse desde que el agua sale de la planta de tratamiento o de la fuente de agua, en el caso de aguas de origen subterráneo hasta llegar al consumidor (Aurazo, 2004).

La buena calidad microbiológica del agua potable debe mantenerse

en toda la red de distribución y esto se logra mediante una adecuada presión en todo el sistema, el mantenimiento de la red y el control del nivel de cloro residual, un programa de vigilancia y control de la calidad del agua y la incorporación de programas de control de las conexiones cruzadas que incluya inspecciones periódicas, entre otras actividades (Aurazo, 2004).

2.3. Hipótesis

2.3.1. Hipótesis general

La calidad de agua para consumo humano del manantial “Castilla Puquio” del Distrito de Ascensión – Huancavelica en el año 2021 no cumplen los LMP-ECA-Agua- Categoría 1-Subcategoría A1.

2.3.2. Hipótesis específicas

- a) La calidad de agua para consumo humano, con respecto a los parámetros físicos de color y turbiedad no cumplen los LMP ECA-Agua- Categoría 1-Subcategoría A1.
- b) La calidad de agua para consumo humano, con respecto a los parámetros Químicas de pH y residual de desinfectante cloro, no cumplen los LMP-ECA-Agua- Categoría 1-Subcategoría A1.
- c) La calidad de agua para consumo humano, con respecto a los parámetros microbiológicos de Coliformes totales, Coliformes termo tolerantes o fecales y Escherichia coli, no cumplen los LMP-ECA-Agua- Categoría 1-Subcategoría A1.

2.4. Definición de términos

- **Muestra:** Es una o más porciones de un volumen de agua, colectadas en cuerpos receptores, descargas, efluentes o vertimientos industriales, redes de abastecimiento público, etc. Con el fin de determinar sus características

físicas, químicas, físico químicas o biológicas (Barreto, 2010).

- **Contaminación:** Es la presencia en el ambiente de una o más sustancias que perjudiquen o resulten nocivos a la vida y el bienestar humano, la flora, la fauna o que degrade la calidad del ambiente causando cambios indeseables en el ecosistema (Barreto, 2010).
- **Monitoreo:** Es la determinación continua o periódica de la cantidad de contaminantes, físicos, químicos, biológicos o su combinación en un recurso hídrico (Barreto, 2010).
- **Parámetros:** Son aquellas características físicas, químicas y biológicas, de calidad del agua, que puede ser sometido a medición (Barreto, 2010).
- **LMP:** Nivel de concentración o cantidad de uno o más contaminantes, por debajo del cual no se prevé riesgo para la salud, el bienestar humano y los ecosistemas, que es fijado por la Autoridad Competente y es legalmente exigible (Barreto, 2010).
- **Agua Potable:** Es considerada agua potable, o más precisamente agua apta para el consumo humano, toda agua, natural o producida por un tratamiento de potabilización que cumpla con las Normas de calidad establecidas para tal fin (Ros, 2010).
- **Consumidor:** Persona que hace uso del agua suministrada por el proveedor para su consumo (Atencio, 2018).
- **Desinfección del agua potable:** La desinfección es una operación de gran importancia para asegurar la inocuidad del agua potable. Su aplicación es obligatoria en todo sistema de abastecimiento de agua para consumo humano (Fustamante, 2019).

2.5. Definición operativa de variables

Tabla 1

Definición Operativa de Variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Valoración (LMP)	Unidad de medida	Instrumentos
Calidad de agua del manantial Castilla Puquio.	El concepto de calidad del agua se relaciona con la naturaleza de ésta y con la concentración de impurezas que contenga. Las impurezas presentes en el agua son las que le proporcionan sus características (Ros, 2010). Por lo tanto, la calidad del agua se define según sus características, que son físicas, químicas y biológicas (Ros, 2010).	Se realizarán tres (3), monitoreos, en seis (6) puntos de control: el primer punto de monitoreo será en el reservorio “Castilla Puquio”, y los demás puntos de monitoreo será en 5 viviendas elegidas convenientemente de acuerdo a la ubicación geográfica, tomando muestras en cada punto para los parámetros físicos de: color, parámetros químicos de: pH y Cloro residual, y parámetros microbiológicos de: Coliformes totales, coliformes termotolerantes o fecales y <i>Escherichia Coli</i> , los cuales serán analizados en el laboratorio de la Universidad Nacional de Huancavelica para los tres (3) monitoreos, finalmente se evaluara la calidad de agua para consumo humano del manantial “Castilla Puquio” - del distrito de Ascensión, en comparación con las ECAs-Agua-Categoría 1-Subcategoría A.	Parámetros físicos	Color	15	Unidad Pt/Co	Espectrofotómetro
				Turbiedad	5	UNT	Turbidímetro (nefelómetro)
			Parámetros químicos	Potencial de hidrógeno (pH).	6.5 < pH < 8.5	(Unidad).	pHmetro digital HI 8424.
				Residual de desinfectante (cloro).	0.5	(mg/L).	Colorímetro de bolsillo Hach DR300
			Parámetros microbiológicos	Coliformes Totales.	<50	(*NMP/100 mL).	autoclave, incubadora
				Coliformes Termotolerantes (CTT) ó Fecales.	<20	(*NMP/100 mL).	autoclave, incubadora

*NMP: Número más probable.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Tipo de investigación y nivel de investigación

3.1.1. Tipo de investigación

Según el objetivo la investigación, es aplicada, se le denomina también activa o dinámica, y se encuentra estrechamente ligada a la básica o pura, ya que depende de sus descubrimientos y aportes teóricos. Busca confrontar la teoría con la realidad, este tipo de investigación es usada cuando se quiere hallar un nuevo producto que mejore las condiciones de vida. Mediante la aplicación de la investigación a problemas concretos, en circunstancias y características concretas. Esta forma de investigación se dirige a su aplicación inmediata y no al desarrollo de teorías (Tamayo y Tamayo, 2003).

3.1.2. Nivel de investigación

La investigación es de nivel descriptivo. Porque tiene como objetivo la descripción de los fenómenos a investigar, tal como es y cómo se manifiesta en el momento de realizarse el estudio y utiliza la observación como método descriptivo, buscando especificar las propiedades importantes para medir y evaluar aspectos, dimensiones o componentes. Pueden ofrecer la posibilidad de predicciones, aunque rudimentarias. Se sitúa en el primer nivel de conocimiento científico. Se incluyen en esta modalidad gran variedad de estudios (estudios correlacionales, de casos, de desarrollo, etc). Los estudios descriptivos no se refieren a relaciones entre variables. Su finalidad es observar, describir y comprobar aspectos de una situación (Rodríguez, 2008).

3.2. Método de investigación

El método científico empleado, es el Método Científico, que es un proceso sistemático para construir la ciencia y desarrollar el conocimiento científico que incluye dos actividades básicas: el razonamiento lógico (racionalismo) para deducir consecuencias contrastables de una teoría en la realidad, y la observación de los hechos empíricos (el empirismo) para corroborar o modificar lo predicho por la teoría. En este proceso el investigador necesita ir de los datos a la teoría y de la teoría a los datos. A veces se inicia con la observación de una situación problemática a partir de la cual se infieren posibles explicaciones y leyes que hay que confirmar en la realidad y, por lo tanto, comprobar empíricamente. Con este fin se deducen una serie de consecuencias lógicas, en tanto que respuesta al problema planteado, formuladas en términos de hipótesis operativas y contrastables. La inferencia inductiva resultante a la verificación de estas consecuencias formará parte del área de influencia de las explicaciones y teorías iniciales y permitirá aportar nuevos datos que ampliarán y complementarán sus estructuras y conceptos (Bisquerra, 2009).

3.3. Diseño de investigación

La investigación se encuentra incluida dentro del diseño no experimental transeccional – Descriptivo. La investigación no experimental, es aquella que se realiza sin manipular deliberadamente variables. Es decir, es la investigación donde no hacemos variar intencionalmente las variables independientes. Lo que hacemos en la investigación no experimental es observar fenómenos tal y como se dan en su contexto natural, para después analizarlos. “La investigación no experimental o *expost-facto* es cualquier investigación en la que resulta imposible manipular variables o asignar aleatoriamente a los sujetos o a las condiciones”. De hecho, no hay condiciones o estímulos a los cuales se expongan los sujetos del estudio (Hernández, Fernández, y Baptista, 1991).

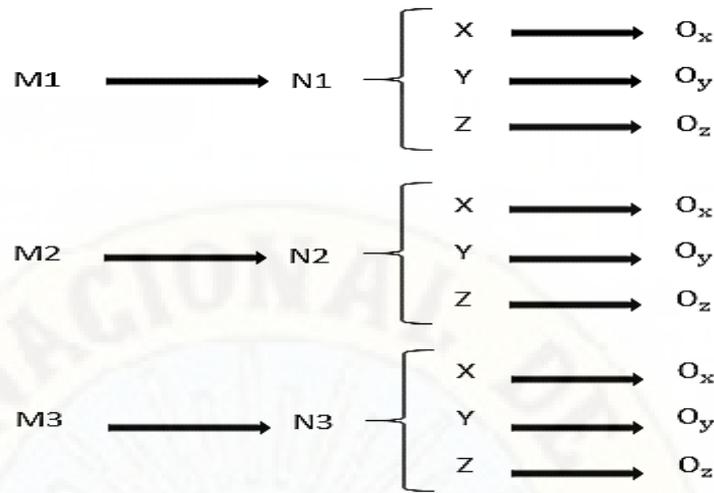
Los sujetos son observados en su ambiente natural, en su realidad, es decir, en un estudio no experimental no se construye ninguna situación, sino que se observan situaciones ya existentes, no provocadas intencionalmente por

el investigador. En la investigación no experimental las variables independientes ya han ocurrido y no pueden ser manipuladas, el investigador no tiene control directo sobre dichas variables, no puede influir sobre ellas porque ya sucedieron, al igual que sus efectos (Hernández, Fernández, y Baptista, 1991).

Los diseños transeccionales o transversal, realizan observaciones en un momento o tiempo único. Cuando recolectan datos sobre una nueva área sin ideas prefijadas; cuando recolectan datos sobre cada una de las categorías, conceptos, variables, contextos, comunidades o fenómenos, e informan lo que arrojan esos datos son descriptivos (Hernández et al., 1991).

Los diseños transeccionales descriptivos tienen como objetivo indagar la incidencia y los valores en que se manifiesta una o más variables. El procedimiento consiste en medir en un grupo de personas u objetos una o generalmente más variables y proporcionar su descripción. Son, por lo tanto, estudios puramente descriptivos que cuando establecen hipótesis, éstas son también descriptivas (Hernández et al., 1991).

El presente proyecto de tesis, tiene el siguiente diagrama: se establece tres (3) monitoreos, con un proceso de recolección de muestras (N), para los parámetros físicos (X), químicos (Y) y microbiológicos (Z); para finalmente proceder con las observaciones y análisis de las muestras en laboratorio para las observaciones (Ox, Oy, Oz), de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos con las variables (x, y, z) respectivamente.



Leyenda:

M1, M2 y M3 = tres (3), Monitoreos.

N = Muestras en el reservorio y red de distribución.

X= Parámetros físicos.

Y= Parámetros químicos.

Z= Parámetros microbiológicos.

OX = Observación 1 para X.

OY= Observación 2 para Y.

OZ= Observación 3 para Z.

3.4. Población, muestra y muestreo

3.4.1. Población

La población de la investigación es el barrio de Castilla Puquio; incluido el reservorio con el mismo nombre “Castilla Puquio”, del Distrito de Ascensión Provincia de Huancavelica, Región Huancavelica.

3.4.2. Muestra

Son las muestras de agua de 05 viviendas y el reservorio “Castilla Puquio”, del barrio de Castilla Puquio, Distrito de Ascensión Provincia de Huancavelica, Región Huancavelica. Consistiendo en un total de tres (3), monitoreos.

Tabla 2*Muestras por Monitoreo*

Monitoreo y control	# de casas	Muestras (5 parámetros)
1er. monitoreo	Reservorio	5
	C - 1	5
	C - 2	5
	C - 3	5
	C - 4	5
	C - 5	5
2do. monitoreo	Reservorio	5
	C - 1	5
	C - 2	5
	C - 3	5
	C - 4	5
	C - 5	5
3er. monitoreo	Reservorio	5
	C - 1	5
	C - 2	5
	C - 3	5
	C - 4	5
	C - 5	5
Total de muestras		90 muestras

Fuente: Elaboración propia.

3.4.3. Muestreo

Se aplicará la técnica de muestreo no probabilístico, quienes son aquellos en los que la selección de los individuos de la muestra no depende de la probabilidad, sino que se ajusta a otros criterios relacionados con las características de la investigación o de quien hace la muestra (Bisquerra, 2009).

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.5.1. Técnicas

3.5.1.1. Identificación del área de estudio

- Reconocimiento de campo del área de estudio.
- Descripción de los procesos.
- Identificación de la distribución del agua.

3.5.1.2. Monitoreo de agua de consumo humano

- Toma de muestras en campo.

3.5.1.3. Análisis de agua para consumo humano

- Todos los análisis de los seis (6), parámetros se desarrollará en el laboratorio de la Universidad Nacional de Huancavelica.
- Se rellenarán los datos de campo y laboratorio en fichas de laboratorio.

3.6. Instrumentos

- Formatos de Recolección de datos (cadena de custodia).
- Fichas de laboratorio.
- Equipo multiparámetro portátil (análisis físico-químicos in situ: (temperatura, pH).
- GPS.

Se realizarán tres (3) monitoreos en seis (6) puntos de control: el primer punto de monitoreo será en el reservorio “Castilla Puquio”, y los demás puntos de monitoreo serán en 5 viviendas elegidas convenientemente de acuerdo a la ubicación geográfica: al inicio y en las áreas intermedias y extremos más alejados de la red de distribución; tomando muestras en cada punto para los parámetros físicos de: color, parámetros químicos de: pH y Cloro residual, y parámetros microbiológicos de: Coliformes totales, coliformes termotolerantes o fecales y Escherichia Coli, los cuales serán analizados en el laboratorio de la

Universidad Nacional de Huancavelica para los tres (3) monitoreos, finalmente se evaluará la calidad de agua para consumo humano del manantial “Castilla Puquio” del Distrito de Ascensión, en comparación con los parámetros obligatorios (Art. 63) del reglamento Decreto Supremo N° 031-2010-SA. Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, en el año 2019.

El Reglamento de Calidad del Agua para Consumo Humano, Decreto Supremo N° 031 – 2010 – S.A., del Ministerio de Salud, define los lineamientos a partir de los cuales la Autoridad Sanitaria, determina la ubicación de los puntos de muestreo, toma de muestra y frecuencias, en el marco de la vigilancia de la calidad del agua para consumo humano establecido en el “Protocolo de procedimientos para la toma de muestras, preservación, conservación, transporte, almacenamiento y recepción de agua para consumo humano”, aprobado con Resolución Directoral N° 160 – 2015/DIGESA/S.A (Dirección General de Salud Ambiental, 2010).

3.7. Preparación de materiales y equipos de muestreo

Se debe verificar antes de realizar la toma de muestra que se cuente con todo lo necesario para efectuar dicha labor:

a) Materiales

- Tablero
- Fichas de campo
- Libreta de campo
- Etiqueta para la identificación de frascos
- Papel higiénico
- Plumón indeleble
- Frascos de plástico de boca ancha, con cierre hermético de primer uso de 500 ml o 1L
- Guantes descartables
- Reactivos para preservar muestras (si fuera el caso)
- Gotero

- Agua destilada
- Caja térmica
- Ice pack o cooler

b) Equipos

- Cámara fotográfica
- GPS
- Medidor multiparamétrico
- Comparador de cloro

c) Instrumentos de protección

- Zapato de seguridad
- Mascarilla cónica
- Guantes de jebe

3.7.1. Consideraciones generales

- Preparar los frascos a utilizar en el muestreo, de acuerdo con la lista de parámetros a evaluar.
- El frasco para muestras microbiológicas debe ser estéril de vidrio neutro no tóxico, con tapa protectora con cierre hermético, de 500 mL de capacidad (Dirección General de Salud Ambiental, 2015).
- Los frascos para muestras microbiológicas no deben ser abiertos hasta el momento del muestreo y no serán enjuagados, debe destaparse el menor tiempo posible, evitando el ingreso de sustancias extrañas que pueda alterar los resultados (Dirección General de Salud Ambiental, 2015).
- El análisis físico químico, microbiológico, parasitológicos e hidrobiológicos, carecen de valor si las muestras analizadas no han sido recolectada, preservadas, conservadas, transportadas (cuando se

supera el tiempo límite), almacenadas e identificadas debidamente (Dirección General de Salud Ambiental, 2015).

3.8. Procedimiento del muestreo

3.8.1. Ubicación de puntos de muestreo

Se debe programar la ubicación y número de muestras a tomar, previendo las facilidades de acceso y medio de transporte hasta el punto de muestreo. La localización de los puntos de recolección de las muestras de agua, en el sistema de abastecimiento de agua para consumo humano, es determinada por la autoridad sanitaria, tomándose como base, los siguientes criterios (Dirección General de Salud Ambiental, 2015).

a. Puntos fijos: se deben localizar los siguientes puntos fijos de muestreo

- En la captación: El punto de muestreo debe localizarse 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 (Dirección General de Salud Ambiental, 2015).

- A la salida del sistema de tratamiento de agua: El punto de muestreo debe localizarse 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.) (Dirección General de Salud Ambiental, 2015).

- A la salida de la infraestructura de almacenamiento (reservorio): El punto de muestreo debe localizar 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. En sistema de gravedad o bombeo sin tratamiento, es imprescindible establecer este punto de muestreo, por ser representativa del agua tratada. De existir más de un reservorio, establecer puntos de muestreo en cada uno de ellos, delimitando sus áreas de servicio para que no se superpongan. En el muestreo no se considerará reservorios flotantes (Dirección General de Salud Ambiental, 2015).
 - En las áreas intermedias y extremas más alejadas de la red de distribución: En una red abierta, el o los puntos fijos de muestreo estará ubicado en áreas intermedias de la red de distribución y en ramales al final de ellas, teniendo en consideración, el recorrido de agua más largo. Si la red es cerrada el o los puntos de muestreo estará ubicado en áreas intermedias de la red de distribución y en los extremos de ella; al ingreso de la red, en el punto más bajo de la red, en el punto más alejado de la red, teniendo en cuenta el recorrido más largo del agua para llegar a la periferia de la red. Si la red de distribución tiene más de una zona de servicio, se debe considerar para cada zona el recorrido más largo del agua desde el punto de entrada a la zona hasta su periferia, considerando su configuración (Dirección General de Salud Ambiental, 2015).
- b. Puntos de interés colectivo:** Se deben localizar otros puntos de muestreo teniendo en cuenta que deben representar el funcionamiento hidráulico del sistema de distribución de agua en su conjunto o en sus principales componentes (Dirección General de Salud Ambiental, 2015).

- En las redes de distribución sectorizadas se debe determinar al menos un punto de muestreo por cada entrada de agua al sector correspondiente.

El sector podrá estar delimitado por:

- Tipo de fuente (superficial, subterránea o mixta).
 - Zona de presión (hasta 50 metros).
- En los sectores de mayor riesgo del sistema de distribución por posible contaminación del agua para consumo humano: Se trata de aquellos sectores del sistema de distribución que se definen como de mayor riesgo de contaminación del agua por baja presión, presión negativa dentro de la tuberías o frecuente rotura de tuberías (Dirección General de Salud Ambiental, 2015).
 - Distribuidos de forma uniforme a lo largo y ancho del sistema de distribución de agua.
 - En aquellos puntos después de la mezcla del agua proveniente de las diferentes fuentes de abastecimiento o tratamiento de agua que ingresan al sistema de distribución.
 - En aquellos puntos de abastecimiento para la población, por otros mecanismos que tienen algunas redes de distribución, tales como piletas públicas y surtidores de camiones cisterna

c. Puntos de muestreo provisionales: Los puntos de muestreo provisionales, deberán se fijados teniendo en cuenta las siguientes situaciones:

- Cuando se presenta riesgo en la población por algún evento natural o antrópico que pueda alterar la calidad

de agua.

- Donde inusualmente surjan quejas de los usuarios relacionadas con la calidad del agua, daños en las tuberías o baja presión (Dirección General de Salud Ambiental, 2015).

3.8.2. Toma de muestras

a) Consideraciones generales

- La toma de muestra debe ser realizada por personal autorizado 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 (Dirección General de Salud Ambiental, 2015).
- El punto de muestreo debe ser identificado, en la determinación de la ubicación se utilizará el sistema de posicionamiento Satelital (GPS), la misma que se registrará en coordenadas UTM y utilizará para el registro de información. - Considerar 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 (Dirección General de Salud Ambiental, 2015).

Tomar en cuenta:

- **Captación**

Para el caso de manantiales, remover todo tipo de maleza, residuos y/o deshechos ubicados alrededor de la tapa de la cámara húmeda. Para el caso de aguas superficiales, remover todo tipo de malezas, residuos y/o deshechos de la rejilla, malla o canastilla salida (Dirección General de Salud Ambiental, 2015).

- Reservoirio y cisternas
 - Remueva todo tipo de residuos ubicados alrededor de la tapa con la ayuda de una escobilla.
 - Remueva la tapa cuidadosamente, teniendo la precaución de que no caiga al interior ningún tipo de residuo (Dirección General de Salud Ambiental, 2015).
- Grifos o caños
 - Se elige un grifo que esté conectado directamente con una cañería de distribución, es decir, que el ramal del grifo no este comunicado con tanques domiciliarios, filtros, ablandadores u otros artefactos similares (Dirección General de Salud Ambiental, 2015).
 - Remueva cualquier dispositivo ajeno al grifo.
 - Verifique que no existan fugas a través de los sellos o empaquetaduras del caño. De existir fugas, deberán ser reparadas antes de tomar una muestra o seleccionar otro lugar de muestreo.
 - Desinfectar el grifo interna y externamente previo a la toma de muestra con algodón o hisopo con hipoclorito de sodio o alcohol al 70 %.
 - Abra la llave y deje que el agua fluya durante dos o tres minutos, antes de tomar la muestra. Este procedimiento limpia la salida y descarga el agua que ha estado almacenada en la tubería.
 - Cuando se toman muestras de grifos mezcladores, se retirarán los filtros, protectores contra salpicaduras y demás accesorios

semejantes; se deberá correr el agua caliente durante 2 minutos, después del agua fría durante 3 minutos, se realizará la toma de muestra de la forma anteriormente señalada.

- Pozos o reservorios de almacenamiento (en caso no tuviera acceso, grifo o caño o purga)
 - Asegure un cordón de nylon de muestreo por medio del sujetador situado en un extremo del cable.
 - Si fuera necesario, pueden añadir otro pedazo de cordel o soguilla al cable para alcanzar el nivel de agua deseado.
 - Coloque el frasco de muestreo en el pozo o reservorio, teniendo cuidado de no rozarlo contra las paredes de la estructura.
 - Permita que el frasco de muestreo se sumerja alrededor de 30 cm. (Dirección General de Salud Ambiental, 2015).

b) Consideraciones para la medición de parámetros de campo:

- Utilizar guantes al momento de la toma de muestra.
- 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, pH y Temperatura (Dirección General de Salud Ambiental, 2015).

- La información recabada de la medición de parámetros de campo, así como la ubicación y descripción del punto de monitoreo se debe ingresar en la ficha de datos de campo (cadena de custodia), deberá estar llenada con letra imprenta legible, sin borrones ni enmendaduras consignando la información de la toma de muestras, tener en cuenta el mantenimiento, calibración de equipos de campo, revisión de los equipos de campo antes del muestreo (Dirección General de Salud Ambiental, 2015).

c) Consideraciones para la toma de muestras microbiológicas:

- Utilizar guantes al momento de la toma de muestras.
- Desamarre el cordón que ajusta la cubierta protectora del papel y saque la cubierta del frasco para la toma de muestra.
- Evitar tocar el interior del frasco o la cara interna del tapón, sujetando esta con la mano mientras se realiza el muestreo, sin colocarlo sobre algún material que lo pueda contaminar.
- Mientras mantiene la tapa en la mano, ponga inmediatamente el frasco debajo del chorro de agua y llénelo dejando un pequeño espacio de aire para facilitar la agitación durante la etapa del análisis.
- Coloque la tapa en el frasco o enrosque la tapa fijando la cubierta protectora.

- Sobre la cantidad de muestra necesaria ver el Listado de requisitos de DIGESA (Dirección General de Salud Ambiental, 2015).

d) Consideraciones para la toma de muestras físico químico:

➤ **Parámetros inorgánicos**

- Utilizar guantes al momento de la toma de muestras.
- Enjuagar dos o tres veces los frascos de muestreo con el agua a ser recolectada, con la finalidad de eliminar posibles sustancias existentes en su interior, agitar y desechar el agua de lavado.
- Llenar a su límite del frasco (no dejar espacio vacío), luego de tomada la muestra y dependiendo del tipo de análisis a ejecutar, se añade el preservante adecuado y cerrar herméticamente.
- Cumplir con los requisitos indicados en el Listado para la recepción de muestras de la DIGESA (Dirección General de Salud Ambiental, 2015).

➤ **Parámetros orgánicos**

- Utilizar guantes al momento de la toma de muestras.
- La toma de muestra deberá realizarse de manera directa sin enjuagar el frasco, en la superficie del cuerpo de agua, es decir no introducir totalmente la boca del frasco de la botella.
- Cumplir con los requisitos indicados en el Listado

para la recepción de muestras de la DIGESA (Dirección General de Salud Ambiental, 2015).

3.8.3. Frecuencia de muestreo y parámetros

- a) La frecuencia de muestreo, puede afectar el grado de representatividad, cuando el intervalo seleccionado permita la detección de cambios importantes de las características de la calidad de las aguas, por lo que es recomendable establecer una frecuencia mínima de muestreo, que además de evidenciar tales cambios, sea razonable técnica y económicamente (Dirección General de Salud Ambiental, 2015).

Parámetros de control obligatorio (PCO): son parámetros de control obligatorio, los siguientes:

- Temperatura.
- pH.
- Residual de desinfectante (cloro residual): en el Artículo 66, Control de desinfectante Antes de la distribución del agua para consumo humano, el proveedor realizará la desinfección con un desinfectante eficaz para eliminar todo microorganismo y dejar un residual a fin de proteger el agua de posible contaminación microbiológica en la distribución. En caso de usar cloro o solución clorada como desinfectante, las muestras tomadas en cualquier punto de la red de distribución, no deberán contener menos de 0.5 mgL⁻¹ de cloro residual libre en el noventa por ciento (90%) del total de muestras tomadas durante un mes. Del diez por ciento (10%) restante, ninguna debe contener menos de 0.3 mgL.
- Coliformes totales.
- Coliformes termotolerantes o fecales.
- Escherichia coli .

En caso que le cloro residual sea menor a 0.5 mg/l, se procederá a tomar la muestra para análisis de coliformes totales y termotolerantes. En caso de resultar positiva la prueba de coliformes termotolerantes, se debe realizar el análisis de Escherichia coli, como prueba confirmativa de la contaminación fecal (Dirección General de Salud Ambiental, 2015).

Para sistemas de agua del ámbito urbano, la determinación de color, turbiedad y residual de desinfectante, se realizará semanalmente. Para sistemas de agua del ámbito rural, la determinación de color, turbiedad y residual de desinfectante, se realizará mensualmente (Dirección General de Salud Ambiental, 2015).

3.8.4. Parámetros de calidad

Los parámetros sujetos al monitoreo de la calidad de agua son los indicados en el D.S. N° 031-2010- S.A. Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano para los cuales se fija los Límites Máximos Permisibles por parámetro.

Tabla 3

Límites Máximos Permisibles de Parámetros Químicos y Microbiológicos

Parámetro	Unidad de medida	Límites máximo permisible
Turbiedad	UNT	5
Color	Pt/Co	15
pH	Unidad	6,5 a 8,5
Cloro residual	mg/L	0.5 (*)
Bacterias coliformes totales	UFC/100 mL	50
Bacterias coliformes termotolerantes	UFC/100 mL	20

Fuente: (ECA-Agua. D.S N° 004-2017-MINAM)

(*) En caso de Cloro residual se analizará con el D.S N° 031-2010-S.A

✓ Descripción de los parámetros a analizar en laboratorio.

- pH:

Se empleará el método de Análisis Electrométrico, usando el pHmetro digital HI 8424

Procedimiento de medición:

- ✓ Se calibra el pH metro con tres soluciones buffer, acida, neutra y alcalina.
- ✓ Después el electrodo se coloca en la muestra analizar.
- ✓ Se presiona la opción READ, para dar lectura.
- ✓ Después el electrodo se lava con agua destilada para hacer otra medición.

- Cloro residual

Para los sistemas de agua que usan cloro, el colorímetro de bolsillo Hach DR300 y el reactivo químico DPD son la mejor forma de medir el cloro residual. Debido a que el cloro es tan volátil, el cloro residual debe medirse en el campo. El colorímetro DR300 es una herramienta simple y portátil para realizar mediciones precisas de cloro residual.

- Parámetros microbiológicos

Se utilizará el método de tubos múltiples, mediante el uso de autoclave, incubadora, conteo de tubos, placas por colonias (conteo de colonias).

3.8.5. Registro de datos de campo

Ficha de registro de campo: Utilizada en el monitoreo y que debe acompañar al informe técnico que elabore el profesional que realice la actividad, deberá contener la siguiente información:

- ✓ Se registrará 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 registrarán todas las mediciones realizadas en el monitoreo.
- ✓ Para realizar esta actividad será necesario contar con equipos de medición de pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, termómetro, GPS y Multiparámetro (Dirección General de Salud Ambiental, 2015).

3.9. Acondicionamiento preservación y traslado de muestras

- Debe asegurarse que las muestras para el análisis de cada parámetro considerado, cumpla con los requisitos (tiempo de vigencia y temperatura); para la recepción de muestras por el laboratorio de control (Dirección General de Salud Ambiental, 2015).
- Una vez tomada la muestra de agua, se procederá a adicionar el reactivo de preservación requerido, cuando sea necesario.
- Una vez preservada la muestra, cerrar herméticamente el frasco y para mayor seguridad sellar la tapa para evitar cualquier derrame del líquido y agitar para uniformizar las muestras (Dirección General de Salud Ambiental, 2015).

3.10. Conservación y etiquetado de las muestras

Una vez tomada cada muestra se procederá a su etiquetado. Se usará un rotulador resistente al agua, y se indicará un código identificador del muestreo, en ella debe mencionar, la fecha de la recolección, los sustratos de los que procede y el fijador utilizado. Se procederá a conservar. Las muestras deben guardarse en un lugar oscuro y fresco durante el trayecto hasta el laboratorio

(Dirección General de Salud Ambiental, 2015).

3.11. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

El propósito fundamental de la fase de análisis de datos consiste en dar sentido a la información obtenida, tratándola y organizándola para poder explicar, describir e interpretar el fenómeno objeto de estudio y dar respuesta al problema planteado. En función de la información obtenida, podemos distinguir el análisis cuantitativo del análisis cualitativo. El presente informe se analizará desde el enfoque cuantitativo, en esta fase se suelen aplicar métodos estadísticos para analizar datos numéricos, decidir si las hipótesis se confirman o se rechazan y al final también llegar a una generalización de los resultados (Bisquerra, 2009).

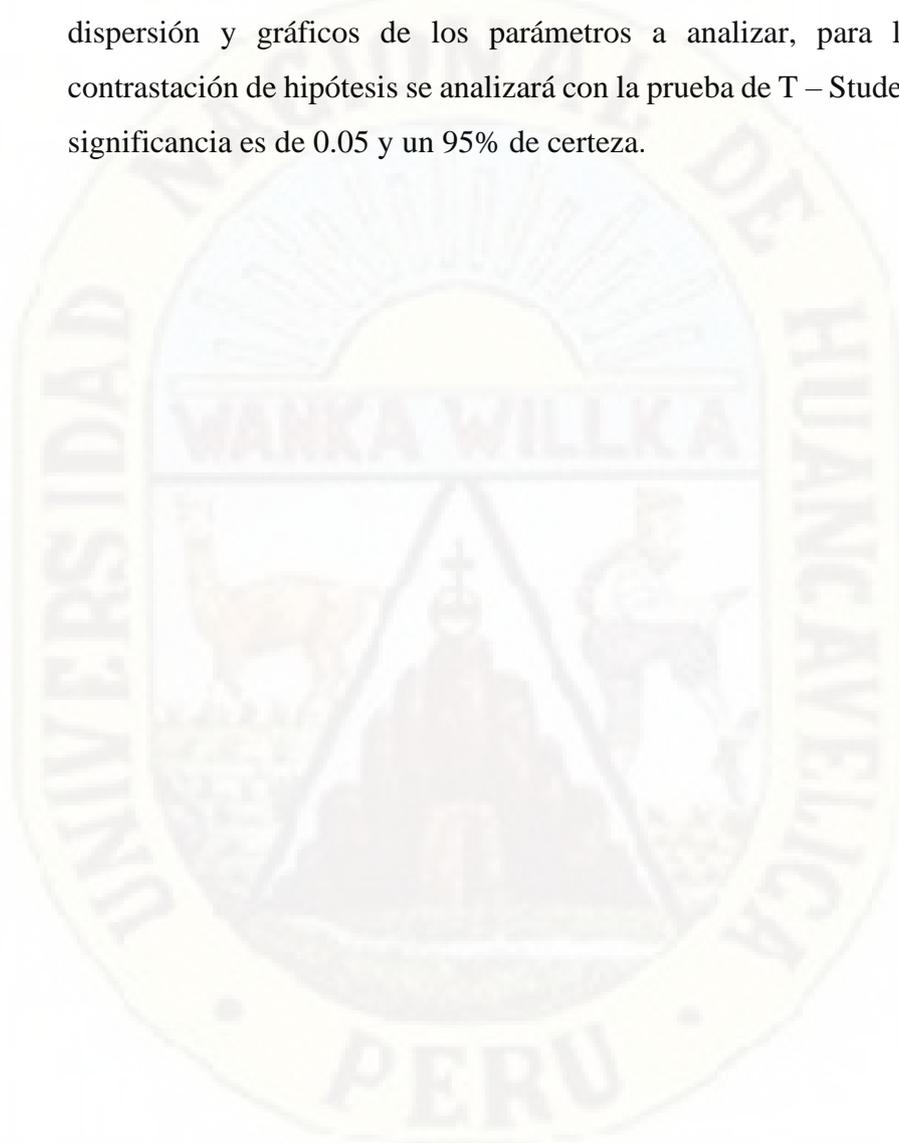
Se usará la estadística descriptiva el cual es el paso previo en todo el proceso de análisis cuantitativo y comprende la tabulación, la representación y la descripción de los datos empíricos a fin de hacerlos más manejables y comprenderlos mejor para la posterior verificación de las hipótesis. Entre las actividades que incluye destacamos lo siguiente (Bisquerra, 2009).

- La elaboración de las tablas de frecuencias mediante el registro en hojas de cálculo como el Microsoft Excel y fichas de laboratorio.
- La representación gráfica (ciclo gramas, histogramas, polígonos de frecuencias).
- La descripción de los datos empíricos a través de las medidas de tendencia central (media, mediana y moda).
- Las medidas de dispersión o variabilidad (rango, varianza y desviación típica) y las medidas de forma (asimetría y curtosis).

Para validar los datos por parámetro se analizará el cumplimiento de la prueba de normalidad mediante la prueba de Shapiro Wilk, Kolmogórov-Smirnov y Cramer, para cumplir con el principio de normalidad. Los datos se recopilarán creando una matriz de datos para cada una de los parámetros

físicos, químicos y microbiológicos, los cuales se registrarán en una en una hoja de cálculo como el Microsoft Excel.

Para el análisis estadístico se utilizará el paquete estadístico SAS 9.4 para obtener los parámetros descriptivos las medidas de tendencia central y de dispersión y gráficos de los parámetros a analizar, para la prueba de contrastación de hipótesis se analizará con la prueba de T – Student, el nivel de significancia es de 0.05 y un 95% de certeza.



CAPÍTULO IV

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Presentación e interpretación de resultados

El trabajo de investigación se desarrolló a través de la recolección de muestreo del agua del manantial de Castilla Puquio, para los análisis de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos, en base a los objetivos específicos permitiendo determinar la calidad del agua para consumo humano. Considerándose los siguientes parámetros: color, temperatura, pH, cloro residual libre, coliformes totales y termotolerantes. El cumplimiento de los objetivos antes mencionado permitirá determinar si cumplen o no cumplen con los LMP (D.S N°031-2010-S.A). El proceso de la obtención de la información recogida mediante las técnicas e instrumentos de estudio en datos cuantitativos de análisis descriptivo e inferencial, las que se objetivan mediante cuadros estadísticos, gráficos y testimonios de acuerdo a las hipótesis de trabajo.

4.1.1. Análisis de la concentración de los parámetros fisicoquímicos de las aguas del manantial Castilla Puquio en comparación con los LMP–ECA–Agua Categoría 1 – Subcategoría A1.

Tabla 4

Evaluación de los Parámetros Fisicoquímicos

Evaluación de parámetros fisicoquímico	Medias de concentración		Desviación Estándar	ECA-Agua	Cumple con los LMP	
	Und.	f_i		Categoría 1-Subcategoría A1		
	Und.	f_i	\bar{x}	S	LMP	Si/No
Turbiedad	UNT	6	0.867	0.383	5	Si
Color	UCV Pt/Co	6	<1	<1	15	Si
pH	Unidad	6	7.6667	0.1211	6.5 – 8.5	Si

Cloro residual	mg/L	6	0.0783	0.0523	0.5 - 5	Si
----------------	------	---	--------	--------	---------	----

Nota: Und. - Unidad de medida; fi - Número de datos procesados.

a. Análisis de la concentración de turbiedad.

- Test de normalidad

Se realizó el test de normalidad utilizando el estadístico de **Shapiro-Wilk**, porque la cantidad de datos evaluados de cada parámetro son menores a 50 datos ($n < 50$).

Tabla 5

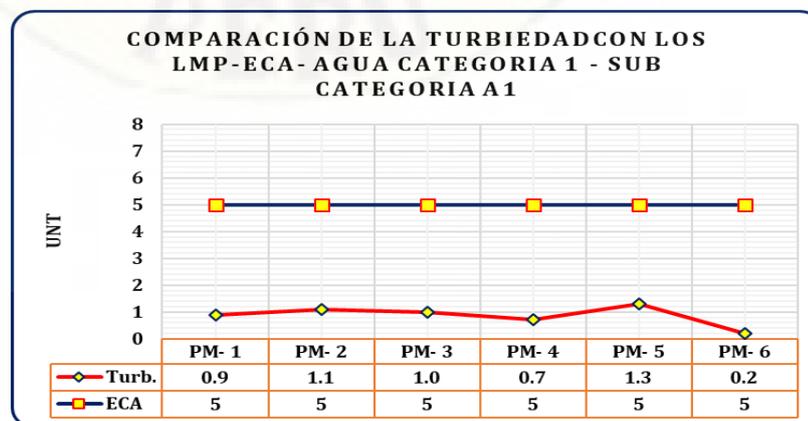
Prueba de Normalidad para Turbiedad

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
TURBIEDA	,201	6	,200*	,936	6	,625
D						

- Comportamiento de turbiedad respecto a la ECA.

Figura 3

Comparación de la Concentración de Turbiedad con los LMP-ECA-Agua



Fuente: Elaboración propia

- Prueba de Hipótesis

Para realizar la constatación de la hipótesis se debe seguir una secuencia de pasos y estando en el último paso, se tiene la posibilidad de tomar la decisión de aceptar o rechazar la hipótesis nula, los pasos a seguir son los siguientes:

1.- Formulación de la hipótesis nula y alterna para turbiedad

H_a: La concentración de Turbiedad del agua de manantial de Castilla Puquio, si cumplen con los (LMP) ECA-Agua-Categoría 1- Subcategoría A1.

H_a: $u < 5$

H_o: La concentración de Turbiedad del agua de manantial de Castilla Puquio, no cumplen con los (LMP) ECA-Agua-Categoría 1- Subcategoría A1.

H_o: $u \geq 5$

2.- Nivel de significancia

En el presente trabajo de investigación se trabajó con un error de 5%; el cual nos quiere decir lo siguiente:

$\alpha = 0.05$, es el nivel de significancia, por tanto, el error del trabajo no debe ser mayor al planteado, con un grado de confianza del 95%, $1 - \alpha = 0.95$.

3.- Estadístico de prueba

Se utilizó la prueba de T de student y se obtuvo un p-valor:

Tabla 6

Prueba de T de Student para turbiedad

Prueba de $\mu = 5$ vs. < 5

N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media	Límite superior de 95%	T	P
6	0,867	0,383	0,156	1,182	-	0,000
					26,44	

Utilizamos el valor P:

Si, $P - \text{Valor} \geq \alpha$ (Nivel de significancia) **Se acepta H_0 .**

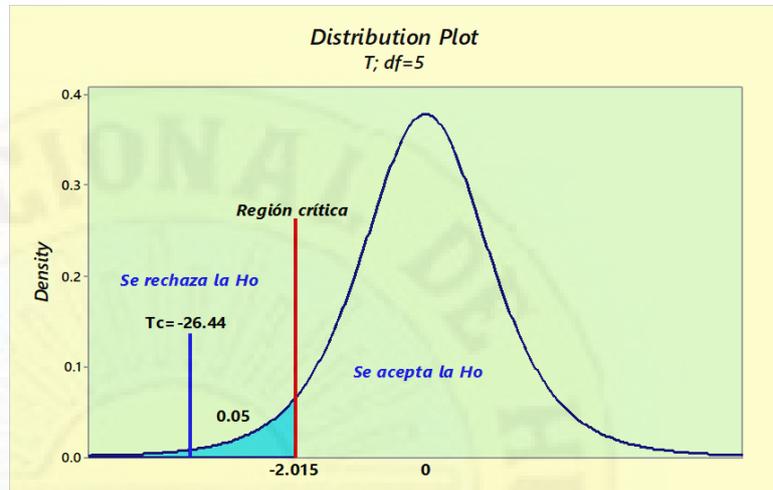
Si, $P - \text{Valor} < \alpha$ (Nivel de significancia) **Se rechaza H_0 .**

4.- Regla de decisión

PRUEBA DE T		
$P - \text{Valor} = 0,000$	$<$	$\alpha = 0,05$

Como el $P - \text{Valor} < 0.05$, aceptamos la hipótesis alterna y rechazamos la hipótesis nula, luego podemos concluir que a un nivel de significancia del 0,05; La concentración de Turbiedad del agua de manantial de Castilla Puquio, **si cumplen** con los (LMP) ECA-Agua-Categoría 1-Subcategoría A1.

Figura 4 Campana de Gauss para Prueba de Hipotesis de Turbiedad



Fuente: Elaboración propia.

5.- Toma de decisión

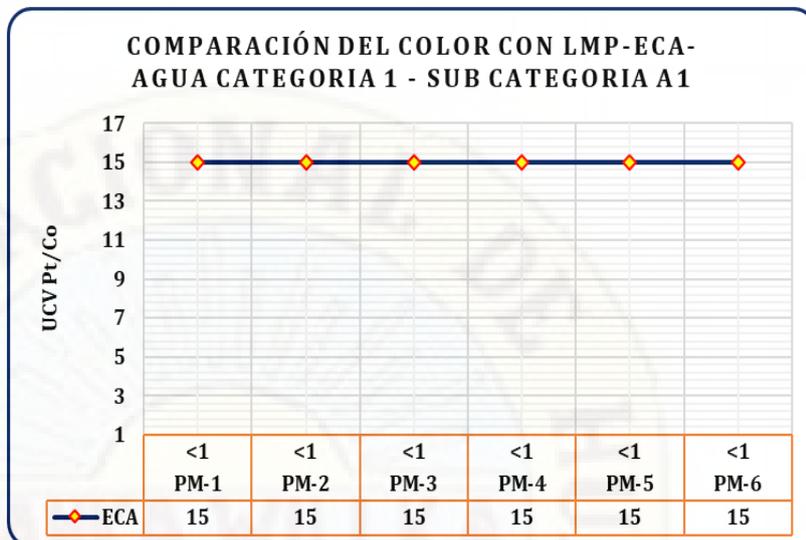
- $T_{cal.}$ cae fuera de la región crítica ($t_{0.05, 6-1}$), se acepta la hipótesis nula.
- $T_{cal.}$ cae dentro de la región crítica ($t_{0.05, 6-1}$), se rechaza la hipótesis nula.

El valor de T_c cae dentro de la región crítica (-2.015), por tanto, se rechaza la Hipótesis nula y **acepto la Hipótesis Ha** la media de concentración de Turbiedad del agua de manantial de Castilla Puquio, **si cumplen** con los (LMP) ECA-Agua-Categoría 1- Subcategoría A1.

b. Análisis de la concentración de color.

- **Comportamiento de color respecto a la ECA.**

Figura 5 Comparación de la Concentración de Color con los LMP-ECA-Agua



Fuente: Elaboración propia.

- Prueba de Hipótesis

Para realizar la constatación de la hipótesis se debe seguir una secuencia de pasos y estando en el último paso, se tiene la posibilidad de tomar la decisión de aceptar o rechazar la hipótesis nula, los pasos a seguir son los siguientes:

1.- Formulación de la hipótesis nula y alterna para color

H_a: La concentración de Color del agua de manantial de Castilla Puquio, si cumplen con los (LMP) ECA-Agua-Categoría 1- Subcategoría A1.

$$\mathbf{H_a: u < 15}$$

H_o: La concentración de Color del agua de manantial de Castilla Puquio, no cumplen con los (LMP) ECA-Agua-Categoría 1- Subcategoría A1.

$$\mathbf{H_o: u \geq 15}$$

2.- Estadístico de prueba

Se utilizó la media muestral para realizar la prueba respectiva:

Media muestral	1 UCV Pt/Co
Media hipotética	15 UCV Pt/Co

3.- Regla de decisión

Como no existe un P – Valor, para la toma de decisión, se utilizará la media de la muestra como medida de referencia para realizar la prueba de hipótesis respectiva.

Por tanto:

Se rechaza la H_0 : $u \geq 15 \implies H_0: 1 \geq 15$ UCV Pt/Co

Se acepta la H_0 : $u < 15 \implies H_0: 1 < 15$ UCV Pt/Co

4.- Toma de decisión

Como la media muestral (μ) es menor que la media hipotética ($1 < 15$), por tanto, se concluye que la concentración de color en las aguas del manantial de Castilla Puquio, **si cumplen** con los (LMP) ECA-Agua-Categoría 1- Subcategoría A1.

c.- Análisis de la concentración de pH.

- Test de normalidad

Se realizó el test de normalidad utilizando el estadístico de **Shapiro-Wilk**, porque la cantidad de datos evaluados de cada parámetro son menores a 50 datos ($n < 50$).

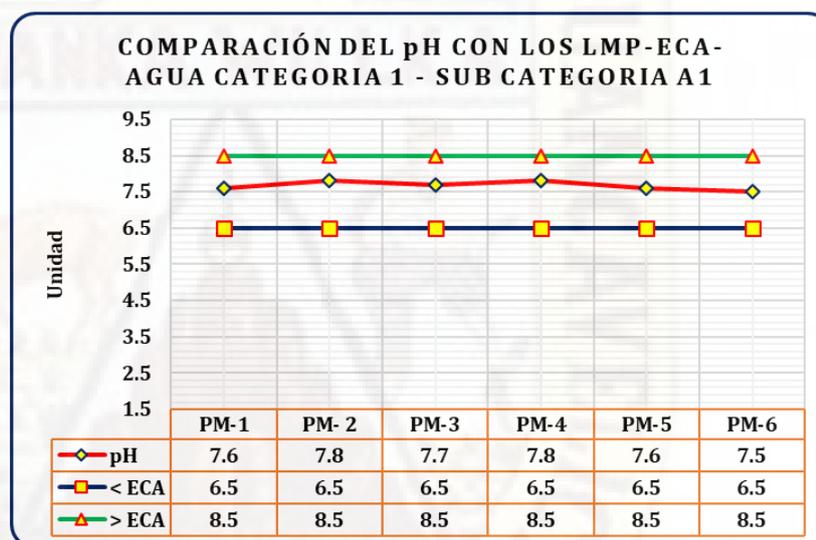
Tabla 7

Prueba de Normalidad para pH

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
pH	,209	6	,200*	,907	6	,415

- **Comportamiento de pH respecto a la ECA.**

Figura 6 Comparación de la Concentración de pH con los LMP-ECA-Agua



Fuente: Elaboración propia.

- **Prueba de Hipótesis**

Para realizar la constatación de la hipótesis se debe seguir una secuencia de pasos y estando en el último paso, se tiene la posibilidad de tomar la decisión de aceptar o rechazar la hipótesis nula, los pasos a seguir son los siguientes:

1.- Formulación de la hipótesis nula y alterna para pH

H_a: La concentración de pH del agua de manantial de Castilla Puquio, si cumplen con los (LMP) ECA-Agua-

Categoría 1- Subcategoría A1.

Ha: $u < 8.5$

H₀: La concentración de Turbiedad del agua de manantial de Castilla Puquio, no cumplen con los (LMP) ECA-Agua- Categoría 1- Subcategoría A1.

H₀: $u \geq 8.5$

2.- Nivel de significancia

En el presente trabajo de investigación se trabajó con un error de 5%; el cual nos quiere decir lo siguiente:

$\alpha = 0.05$, es el nivel de significancia, por tanto, el error del trabajo no debe ser mayor al planteado, con un grado de confianza del 95%, $1 - \alpha = 0.95$.

3.- Estadístico de prueba

Se utilizó la prueba de T de student y se obtuvo un p-valor:

Tabla 8

Prueba de T de Student para pH

Prueba de $\mu = 8.5$ vs. < 8.5

N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media	Límite superior de 95%	T	P
6	7,6667	0,1211	0,0494	7,7663	-	0,000
					16.85	

Utilizamos el valor P:

Si, $P - \text{Valor} \geq \alpha$ (Nivel de significancia) **Se acepta H₀.**

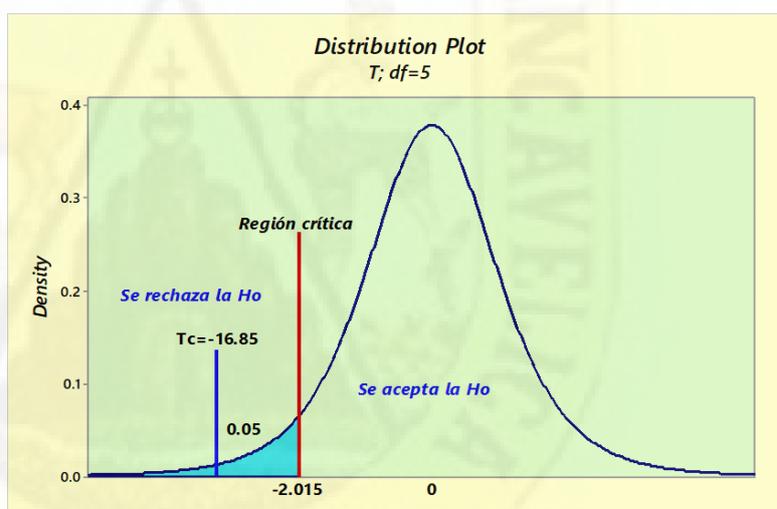
Si, $P - \text{Valor} < \alpha$ (Nivel de significancia) **Se rechaza H₀.**

4.- Regla de decisión

PRUEBA DE T		
P – Valor = 0,000	<	$\alpha = 0,05$

Como el P – Valor < 0.05 , aceptamos la hipótesis alterna y rechazamos la hipótesis nula, luego podemos concluir que a un nivel de significancia del 0,05; La concentración de pH del agua de manantial de Castilla Puquio, **si cumplen** con los (LMP) ECA-Agua-Categoría 1- Subcategoría A1.

Figura 7 Campana de Gauss para Prueba de Hipótesis de pH



Fuente: Elaboración propia.

5.- Toma de decisión

- $T_{cal.}$ cae fuera de la región crítica ($t_{0.05, 6-1}$), se acepta la hipótesis nula.
- $T_{cal.}$ cae dentro de la región crítica ($t_{0.05, 6-1}$), se rechaza la hipótesis nula.

El valor de T_c cae dentro de la región crítica (-2.015), por tanto, se rechaza la Hipótesis nula y **acepto la Hipótesis Ha**

la media de concentración de pH del agua de manantial de Castilla Puquio, **si cumplen** con los (LMP) ECA-Agua-Categoría 1- Subcategoría A1.

d.- Análisis de la concentración de cloro residual libre.

- Test de normalidad

Se realizó el test de normalidad utilizando el estadístico de **Shapiro-Wilk**, porque la cantidad de datos evaluados de cada parámetro son menores a 50 datos ($n < 50$).

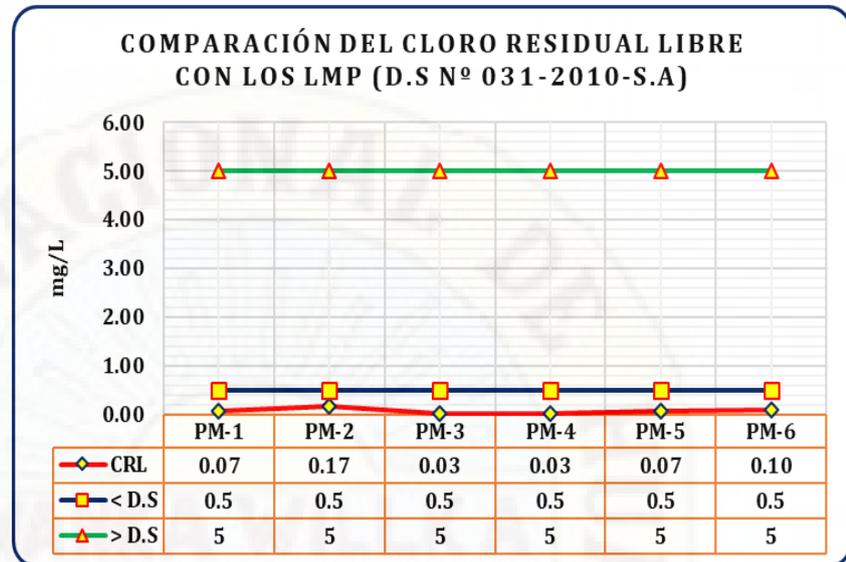
Tabla 9

Prueba de Normalidad para Cloro Residual

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
CLORO RESIDUAL	,230	6	,200*	,879	6	,264

- Comportamiento de cloro residual libre respecto al D.S N° 031-2010-SA.

Figura 8 Comparación de la Concentración de Cloro Residual con los LMP-D.S N° 031-2010-SA.



Fuente: Elaboración propia.

- Prueba de Hipótesis

Para realizar la constatación de la hipótesis se debe seguir una secuencia de pasos y estando en el último paso, se tiene la posibilidad de tomar la decisión de aceptar o rechazar la hipótesis nula, los pasos a seguir son los siguientes:

1.- Formulación de la hipótesis nula y alterna para cloro residual libre

H_a: La concentración de Cloro residual libre del agua de manantial de Castilla Puquio, si cumplen con los (LMP) D.S N° 031-2010-SA.

$$\mathbf{H_a: u < 5}$$

H_o: La concentración de Cloro residual libre del agua de manantial de Castilla Puquio, no cumplen con los (LMP) D.S N° 031-2010-SA.

$$\mathbf{H_o: u \geq 5}$$

2.- Nivel de significancia

En el presente trabajo de investigación se trabajó con un error de 5%; el cual nos quiere decir lo siguiente:

$\alpha = 0.05$, es el nivel de significancia, por tanto, el error del trabajo no debe ser mayor al planteado, con un grado de confianza del 95%, $1 - \alpha = 0.95$.

3.- Estadístico de prueba

Se utilizó la prueba de T de student y se obtuvo un p-valor:

Tabla 10

Prueba de T de Student para Cloro Residual Libre

Prueba de $\mu = 5$ vs. < 5

N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media	Límite superior de 95%	T	P
6	0,0783	0,0523	0,0214	0,1214	- 230,45	0,000

Utilizamos el valor P:

Si, $P - \text{Valor} \geq \alpha$ (Nivel de significancia) **Se acepta H_0 .**

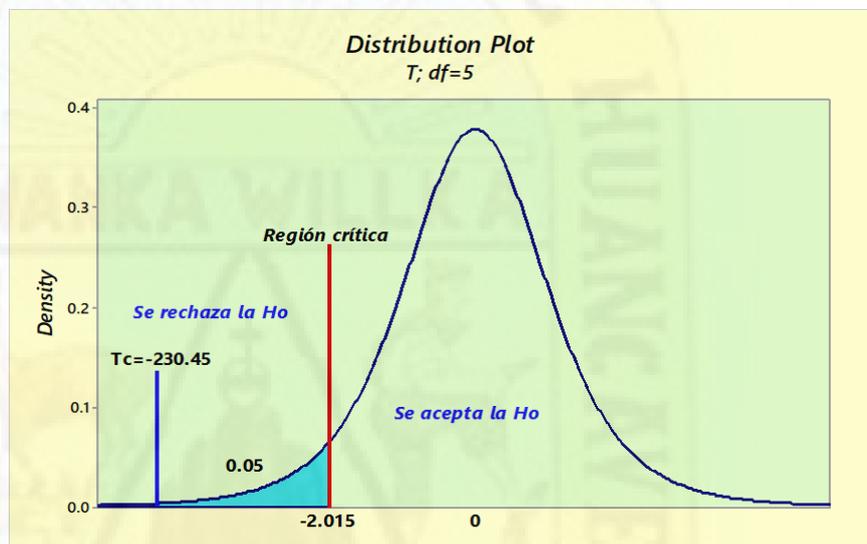
Si, $P - \text{Valor} < \alpha$ (Nivel de significancia) **Se rechaza H_0 .**

4.- Regla de decisión

PRUEBA DE T		
$P - \text{Valor} = 0,000$	$<$	$\alpha = 0,05$

Como el $P - \text{Valor} < 0.05$, aceptamos la hipótesis alterna y rechazamos la hipótesis nula, luego podemos concluir que a un nivel de significancia del 0,05; La concentración de Cloro residual libre del agua de manantial de Castilla Puquio, **si cumplen** con los (LMP) D.S N° 031-2010-SA.

Figura 9 Campana de Gauss para Prueba de Hipótesis de Cloro Residual



Fuente: Elaboración propia.

5.- Toma de decisión

- $T_{\text{cal.}}$ cae fuera de la región crítica ($t_{0.05, 6-1}$), se acepta la hipótesis nula.
- $T_{\text{cal.}}$ cae dentro de la región crítica ($t_{0.05, 6-1}$), se rechaza la hipótesis nula.

El valor de T_c cae dentro de la región crítica (-2.015), por tanto, se rechaza la Hipótesis nula y **acepto la Hipótesis Ha** la media de concentración de Cloro residual libre del agua de manantial de Castilla Puquio, **si cumplen** con los (LMP) D.S N° 031-2010-SA.

4.1.2. Análisis de los parámetros microbiológicos de las aguas del manantial de Castilla Puquio en comparación con los LMP-ECA-Agua Categoría 1 – Subcategoría A1.

- Comportamiento de coliformes totales

Tabla 11

Frecuencia del número de muestras para coliformes totales

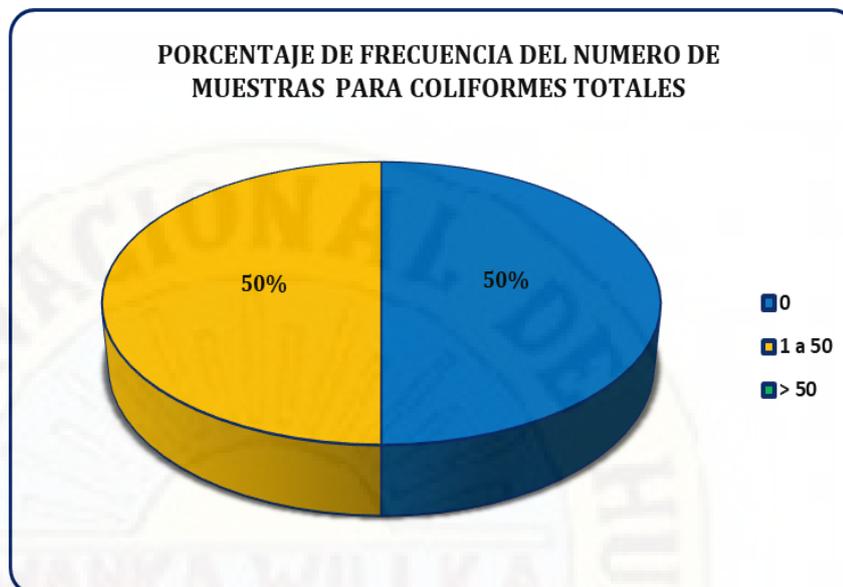
Parámetros de Coliformes totales (NMP)	FRECUENCIA	
	N°	%
0	3	50
1 a 50	3	50
> 50	0	0
TOTAL	6	100

N°: número de muestras

%; porcentaje

En la Tabla N° 11 y figura N° 10, se observa la frecuencia del número de muestras de agua según los LMP-ECA-Agua para la determinación de la calidad de agua de manantial de Castilla Puquio, presentándose una frecuencia del NMP 0 con 50%, seguido del NMP 1 a 50 con 50%, mientras que en el NMP de > 50 con 0%.

Figura 10 *Porcentaje de Frecuencia de Coliformes Totales*



Fuente: Elaboración propia.

- **Prueba de hipótesis**

Para realizar la constatación de la hipótesis se debe seguir una secuencia de pasos y estando en el último paso, se tiene la posibilidad de tomar la decisión de aceptar o rechazar la hipótesis nula, los pasos a seguir son los siguientes:

1.- Formulación de la hipótesis nula y alterna para coliformes totales

H_a: La presencia de coliformes totales en el agua de manantial de Castilla Puquio, no superan los (LMP) ECA-Agua-Categoría 1- Subcategoría A1.

H_a: $u < LMP$

H_o: La presencia de coliformes totales en el agua de manantial de Castilla Puquio, superan los (LMP) ECA-Agua-Categoría 1- Subcategoría A1.

H_o: $u \geq LMP$

2.- Nivel de significancia

En el presente trabajo de investigación se trabajó con un error de 5%; el cual nos quiere decir lo siguiente:

$\alpha = 0.05$, es el nivel de significancia, por tanto, el error del trabajo no debe ser mayor al planteado, con un grado de confianza del 95%, $1 - \alpha = 0.95$.

3.- Estadístico de Prueba

Se utilizó la prueba de T de student y se obtuvo un p – valor:

Tabla 12 Prueba de t Student de Coliformes Totales

Recuento (NMP)	X±S	t Student	P SIGNIFICANCIA
Coliformes Totales	1,333 ± 1.751	-68.07	0.000
ECA	50		

Utilizamos el valor P:

Si, P – Valor $\geq \alpha$ (Nivel de significancia) **Se acepta H_0** .

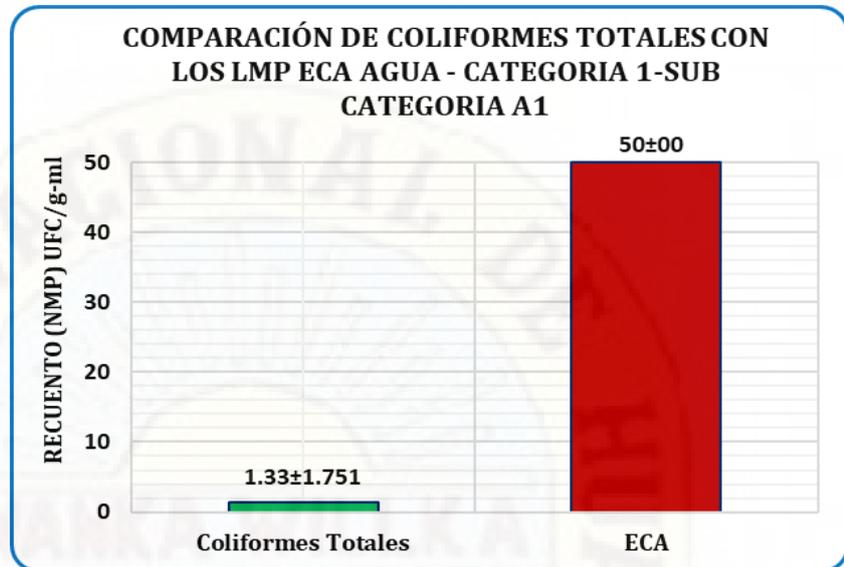
Si, P – Valor $< \alpha$ (Nivel de significancia) **Se rechaza H_0** .

4.- Regla de decisión

PRUEBA DE T		
P – Valor = 0,000	<	$\alpha = 0,05$

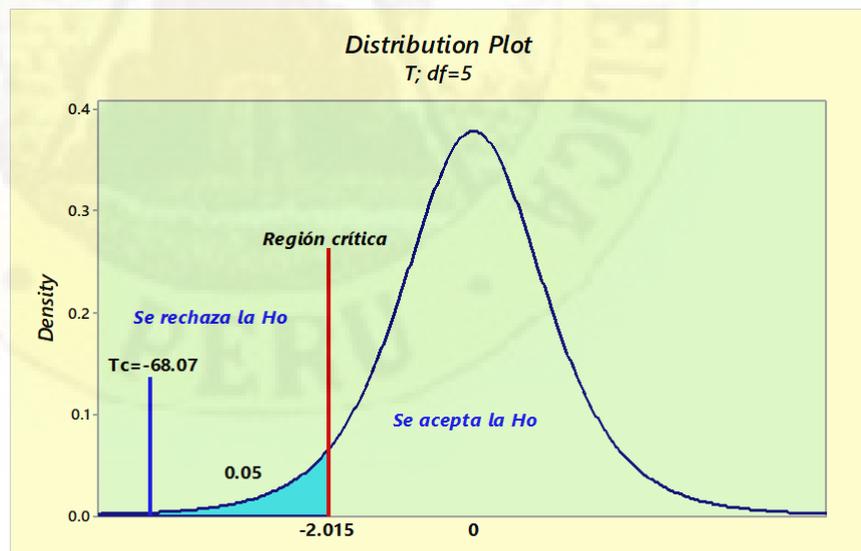
Como el P – Valor < 0.05 , aceptamos la hipótesis alterna y rechazamos la hipótesis nula, luego podemos concluir que a un nivel de significancia del 0,05; La presencia de coliformes totales en el agua de manantial de Castilla Puquio, no superan los (LMP) ECA-Agua-Categoría 1- Subcategoría A1.

Figura 11 Comparación de Coliformes Totales con los LMP-ECA-Agua



Fuente: Elaboración propia.

Figura 12 Campana de Gauss para Prueba de Hipótesis para Coliformes Totales

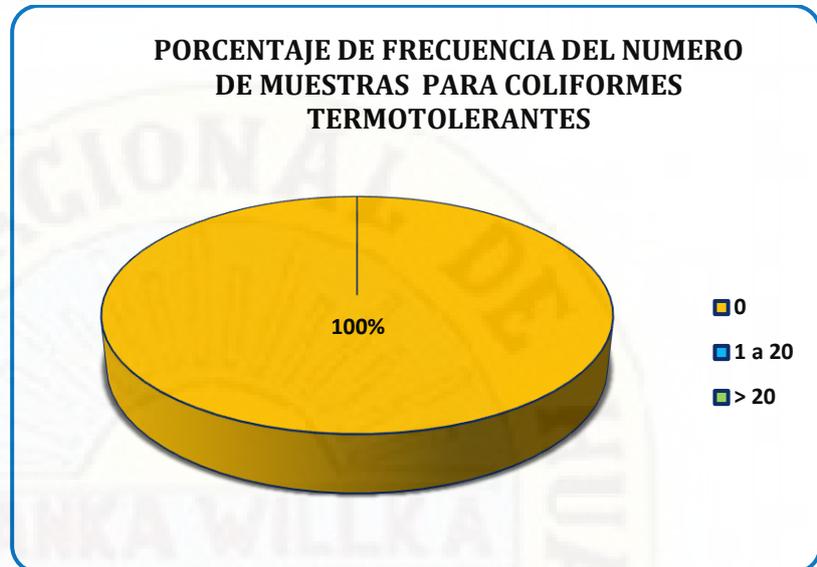


Fuente: Elaboración propia.

5.- Toma de decisión

- ❖ $T_{cal.}$ cae fuera de la región crítica ($t_{0.05, 6-1}$), se acepta la

Figura 13 *Porcentaje de Frecuencia de Coliformes Termotolerantes*



Fuente: Elaboración propia.

- **Prueba de Hipótesis**

Para realizar la constatación de la hipótesis se debe seguir una secuencia de pasos y estando en el último paso, se tiene la posibilidad de tomar la decisión de aceptar o rechazar la hipótesis nula, los pasos a seguir son los siguientes:

1.- Formulación de la hipótesis nula y alterna para coliformes termotolerantes:

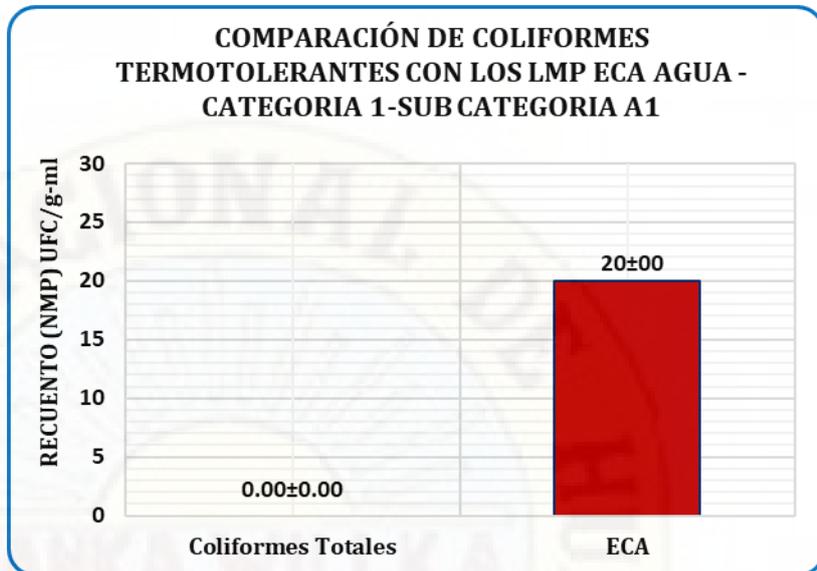
H_a: La presencia de coliformes termotolerantes en el agua de manantial de Castilla Puquio, no superan los (LMP) ECA-Agua-Categoría 1- Subcategoría A1.

$$\mathbf{H_a: u < LMP}$$

H₀: La presencia de coliformes termotolerantes en el agua de manantial de Castilla Puquio, superan los (LMP) ECA-Agua-Categoría 1- Subcategoría A1.

$$\mathbf{H_o: u \geq LMP}$$

Figura 14 Comparación del recuento promedio de coliformes termotolerantes con los LMP-ECA – Agua



Fuente: Elaboración propia.

De la figura N° 14, se puede analizar que no existe la presencia de coliformes termotolerantes en las aguas del manantial de Castilla Puquio, cumple con los (LMP) ECA-Agua-Categoría 1- Subcategoría A1.

Regla de decisión

Como no existe un P – Valor, para la toma de decisión, se utilizará la media de la muestra como medida de referencia para realizar la prueba de hipótesis respectiva.

Media muestral	0,0 NMP UFC/g-ml
Media hipotética	20 NMP UFC/g-ml

Por tanto:

Se rechaza la Ha: $u \geq 20$ \implies Ha: $0,0 \geq 20$ UFC/g-ml

Se acepta la Ha: $u < 20$ \implies Ha: $0,0 < 20$ UFC/g-ml

Toma de decisión

Como la media muestral (μ) es menor que la media hipotética ($0,0 < 20$), por tanto, se concluye que no existe la presencia de coliformes termotolerantes en las aguas del manantial de Castilla Puquio, con lo cual se demuestra que **no superan** los (LMP) ECA-Agua-Categoría 1- Subcategoría A1.

4.2. Discusión de resultados

Para fines de análisis se tomó en consideración cada uno de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos por separado y se estudió su comportamiento según el punto de muestreo.

Los valores de la turbiedad del agua de manantial de Castilla Puquio, destinadas al consumo humano, se aprecia un valor menor a 0,2 y el valor máximo a 1,3 UNT; que al ser comparados estos valores con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA-Agua-Categoría 1-Subcategoría A1) con los respectivos Límites Máximos Permisibles, se evidencia que en los puntos de muestreo se encuentran por debajo de los valores presentados por la norma antes mencionado.

Es importante resaltar lo propuesto por Rodríguez (2016), quien menciona que la causa de la turbiedad del agua de consumo humano es la presencia de partículas que puede deberse aquel tratamiento que ha sido insuficiente o aquel sedimento que ha vuelto a quedarse en suspensión en el sistema de distribución.

Los valores del color del agua de manantial de Castilla Puquio, destinadas al consumo humano, se aprecia un valor menor a <1 escala Pr/Co en todos los puntos de monitoreo; que al ser comparados estos valores con los Estándares de calidad Ambiental (ECA-Agua-Categoría 1-Subcategoría A1) con los respectivos Límites Máximos Permisibles, se evidencia que en los

puntos de muestreo se encuentran por debajo de los valores presentados por la norma antes mencionado.

Los valores obtenidos nos permiten establecer que el manantial de Castilla Puquio destinada al consumo humano, no presenta contaminantes lo que se coincide con Tirado, A. (2013), citado por Rodríguez y Silva (2015) quienes describen que el agua contaminada suele tener ligeros colores rojizos, pardos, amarillentos o verdosos debido, principalmente, a los compuestos húmicos, férricos o los pigmentos verdes de las algas que contienen; además que la coloración es indicadora de la concentración y composición de las aguas contaminadas, y puede variar del gris al negro. En la medida que éste es más intenso, la capacidad de absorción de energía solar es mayor, y ello redundará en una ligera elevación de la temperatura del suelo.

Los valores de pH, del agua de manantial de castilla Puquio destinadas al consumo humano, nos muestra un valor mínimo de 7.5 unidades y el valor máximo de 7.8 unidades, y al ser comparados con la norma establecida, se puede evidenciar que se encuentran dentro de los Límites Máximos Permisibles.

El cual es corroborado por Reyes (2019), que el parámetro químico potencial de hidrogeno (pH), no superan los Límites Máximos Permisibles en el manantial “Pacán”- Huánuco, el cual coincide con el resultado del presente trabajo de investigación.

Los valores de cloro libre del agua del manantial de Castilla Puquio destinada al consumo humano, en los 6 puntos de monitoreo, se aprecia un valor menor a 0,7 mg/L y un valor mayor a 0,17 mg/L, que al ser comparados estos valores con los Estándares de calidad Ambiental (ECA-Agua-Categoría 1-Subcategoría A1) con los respectivos Límites Máximos Permisibles, se evidencia que en los puntos de muestreo se encuentran por debajo de los valores presentados por la norma antes mencionado.

La concentración de cloro libre se debe al tratamiento de desinfección realizado en la zona de estudio, por ser el proceso más difundido; así, además de desinfectar el agua, mejora el color, especialmente de aguas con complejos coloreados y hierro. Las ventajas que ofrece este tipo de desinfectante son la eliminación de bacterias patógenas para el hombre transmitidas por el agua, en tiempos cortos, su bajo costo, fácil de monitorear.

Respecto a los análisis microbiológicos como son los coliformes totales que se tiene un promedio 1,333 UFC/g-ml y coliformes termotolerantes que no existe presencia en el agua del manantial de castilla Puquio, comparados con la norma técnica, se evidencia que la presencia de estos microorganismos es mínima respecto a coliformes totales y no existe presencia respecto a coliformes termotolerantes.

Y a lo mencionado por Reyes (2019), en donde concluye que el parámetro Microbiológico: coliformes totales (UFC/100mL), supera los Límites Máximos Permisibles en el manantial “Pacán”. Así mismo los coliformes termotolerantes (UFC/100mL) del manantial “Pacán”; se obtuvo como promedio de $UFC/100mL = 14.33$, al comparar los resultados obtenidos con D.S. N° 031 Reglamento de calidad del agua de consumo humano, se concluye que el parámetro Microbiológico: coliformes termotolerantes (UFC/100mL), supera los Límites Máximos Permisibles en el manantial de “Pacán”. Por consiguiente, a los resultados obtenidos por el presente trabajo de investigación difieren en los análisis respectivos, pudiendo observar que existe una baja carga microbiana de coliformes totales en el manantial de Castilla Puquio.

CONCLUSIONES

Al procesar, discutir y evaluar los resultados obtenidos en campo y laboratorio se concluye que:

- Los análisis realizados al agua para consumo humano han sido comparados con la normativa vigente a fin de conocer su calidad.
- Los valores obtenidos de los parámetros evaluados no superan los Límites Máximos Permisibles establecidos en ECA-Agua-Categoría 1-Subcategoría A1, agua para consumo humano, por lo que pueden ser potabilizadas con desinfección.
- En relación a la hipótesis planteada en la presente investigación, se concluye en la aceptación de la H_a y el rechazo de la hipótesis H_0 , por tanto, la calidad del agua de manantial de castilla Puquio del distrito de ascensión, destinada al consumo humano, se encuentran dentro de los Límites Máximos Permisibles establecidos en ECA-Agua-Categoría 1-Subcategoría A.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda seguir realizando trabajos de investigación de diferentes cuerpos de aguas superficiales a fin de ser potabilizadas y sirva de abastecimiento a la población en estos tiempos de carencia de este recurso vital.
- A las autoridades universitarias generar vínculos con autoridades regionales y locales, a fin de promover plataformas de análisis y desarrollo de propuestas para el desarrollo sustentable de Huancavelica, mediante la realización de investigaciones de carácter científico.
- A la Municipalidad Provincial de Huancavelica realizar monitoreos de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos para garantizar la calidad del agua de consumo humano.
- A las entidades competentes en el tema de abastecimiento de agua para consumo humano realizar el monitoreo periódico establecido, tanto paramétrico y estructuralmente ya que de ello depende la calidad de vida como fin.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, O., y Navarro, B. (2018). *Evaluación de la calidad de agua para consumo humano de La Comunidad de Llañucancho del Distrito de Abancay, Provincia de Abancay 2017* (Universidad Tecnológica de los Andes). ¿Recuperado de [http://repositorio.utea.edu.pe/bitstream/handle/utea/130/Tesis-Evaluación de la calidad de agua para consumo humano.pdf?sequence=3&isAllowed=y](http://repositorio.utea.edu.pe/bitstream/handle/utea/130/Tesis-Evaluación%20de%20la%20calidad%20de%20agua%20para%20consumo%20humano.pdf?sequence=3&isAllowed=y)
- Atencio, H. (2018). *Análisis de la calidad del agua para consumo humano y percepción local en la población de la localidad de San Antonio de Rancas, del distrito de Simón Bolívar, provincia y región Pasco- 2018*.
- Auge, M. (2007). Agua fuente de vida. En *Salud mundial*. Recuperado de <http://tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/miguel/AguaFuenteVida.pdf>
- Aurazo, M. (2004). Aspectos biológicos de la calidad del agua Bióloga. En *Plantas de Tratamiento de Filtración Rápida. Manual I: Teoría*.
- Barreto, P. (2010). Protocolo de Monitoreo de Agua. *Revista Mexicana De Ingenieros Químicos*, Vol. 1, pp. 1–39.
- Bisquerra, R. (2009). Metodología de la investigación educativa. En *Editorial LA MURALLA, S.A. (2da. Edici)*. Madrid, España.
- Calsín, K. V. (2016). *Calidad física, química y bacteriológica de aguas subterráneas de consumo humano en el sector de Taparachi III de la ciudad de Juliaca, Puno - 2016*. Universidad Nacional del Altiplano, Juliaca, Perú.
- Castillo, T. R. (2016). *Control fisicoquímico del sistema de tratamiento de agua potable en el distrito de sucre* (Universidad Nacional de Cajamarca). Recuperado de <http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/1758/TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cava, T., y Ramos, F. E. (2016). *Caracterización físico – química y microbiológica de agua para consumo humano de la localidad Las Juntas del distrito Pacora –*

- Lambayeque, y propuesta de tratamiento* (Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo). Recuperado de <http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/UNPRG/850>
- Curo, M. (2000). *Calidad bacteriológica y fisicoquímica del agua de pozos con fines de consumo humano en el distrito de Huata – Puno, 2016*. Universidad Nacional del Altiplano, Perú.
- Dirección de Salud Ambiental. (2018). *Informe y mapa de riesgo bacteriológico y parasitológico de la región Huancavelica 2018*. Huancavelica.
- Dirección General de Salud Ambiental, D. Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano. , Ministerio de salud (2010).
- Dirección General de Salud Ambiental, D. Protocolo de procedimiento para la toma de muestras, preservación, conservación, transporte, almacenamiento y recepción de agua para consumo humano. , Ministerio de salud (2015).
- Fernández, A. (2012). El agua: un recurso esencial. *Química Viva*, 11(3), 147–170.
- Flores, J. C. (2016). *Evaluación fisicoquímica y bacteriológica de las aguas subterráneas de consumo humano con y sin ebullición de zonas aledañas a la Universidad Nacional de Cajamarca* (Universidad Nacional de Cajamarca). Recuperado de <http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/1298/TesisMaestría.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Flores, L. A. (2004). *Evaluación de la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua potable para consumo humano en los distritos de El Tambo, Huancayo y Chilca en el año 2014*. Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú.
- Fustamante, N. (2019). Manual para la cloración del agua en sistemas de abastecimiento de agua potable en el ámbito rural. *Cooperación Alemana, Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ)*. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Gómez, D. E. (2016). *Tres ensayos sobre eficiencia, acceso al agua potable y política de control de la contaminación de los recursos hídricos en Colombia*. Universidad Autónoma de Barcelona.

- 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*. Universidad Nacional de Heredia, Costa Rica.
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (1991). Metodología de la investigación. En *McGRAW - Hill Interamericana de México, S.A. de C.V.* (1ra. Edici). México.
- Landeo, A. F. (2018). *Relación de los métodos por goteo y la eficacia del cloro residual en la instalación de sistemas de cloración en zonas rurales* (Universidad Nacional de Huancavelica). Recuperado de <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/1698>
- Mendoza, M. A. (2018). *Evaluación fisicoquímica de la calidad del agua superficial en el centro poblado de Sacsamarca, región Ayacucho, Perú* (Pontificia Universidad Católica del Perú). Recuperado de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/12256>
- Ministerio del Ambiente. (2016). El Perú y el cambio climático. Tercera comunicación Nacional del Perú. *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático*, 662. Recuperado de <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/05/Tercera-Comunicación.pdf>
- Organización Mundial de la Salud. (2006). *Guías para la calidad de agua potable potable*.
- Organización Mundial de la Salud y Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia. (2015). *Progresos en Materia de Agua Potable, Saneamiento e Higiene*.
- Organización Mundial de la Salud y Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia. (2019). *Agua Datos y Cifras*. Recuperado de https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water?fbclid=IwAR2SIDvMC80cxbTSWXs2-7wh7FIH65A-RhrnrT9_KkEpHMCxIJ6Ug63phkY
- Palomino, C. O. (2017). *Calidad microbiológica y fisicoquímica de las aguas de consumo humano y de riego del distrito de Luricocha de la provincia de Huanta – Ayacucho 2016 – 2017* (Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga). Recuperado de <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/3353>

- Palomino, M. C. (2016). *Calidad de agua de consumo humano del distrito de Anco, La Mar, Ayacucho 2016*. Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga, Perú.
- Pérez, R., y Ramos, G. (2018). *Dosis de cloro y cloro residual libre en el sistema de agua potable del sector de Puyhúan Grande del distrito y provincia de Huancavelica* (Universidad Nacional de Huancavelica). Recuperado de <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/2181>
- Reyes, K. G. (2019). *Verificación del cumplimiento de los parámetros del reglamento de la calidad del agua para el asentamiento humano vista alegre mediante el análisis fisicoquímico y microbiológico del manantial de Pacán - San Luis - Amarilis - Huánuco, periodo setiembre -*. Universidad de Huánuco, Perú.
- Rodríguez, F. (2008). Tipos y niveles de investigación científica. En *Tipos y niveles de investigación científica* (p. pp.6.). Perú.
- Rodríguez, G. M. (2016). *Evaluación de la calidad de agua para consumo humano proveniente de la laguna de Toma de en el distrito de Quiruvilca - La Libertad*. Universidad Nacional de Trujillo, Perú.
- Ros, A. (2010). El Agua. En *El Medio Ambiente en Colombia*.
- Salamanca, E. (2016). Tratamiento de aguas para el consumo humano. *Módulo Arquitectura CUC*. <https://doi.org/10.17981/moducuc.17.1.2016.02>
- Solsoma, F., y Méndez, J. P. (2015). *Desinfección del agua*.
- Tamayo, M., y Tamayo. (2003). El proceso de la investigación científica. En N. Editores (Ed.), *Limusa Noriega Editores* (Cuarta). <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>
- Valencia, A. T. (2016). *Evaluación de la calidad de agua para consumo, en la cabecera municipal de Riosucio departamento del Chocó-Colombia*. Universidad de Manizales, Colombia.
- Wisniak, J. (2004, enero). Henry cavendish. *Notes and Queries*, s9-V, 4. <https://doi.org/10.1093/nq/s9-V.106.4-b>

Zhen, Y. (2009). *Calidad físico-química y bacteriológica del agua para consumo humano de la microcuenca de la quebrada Victoria, Curubandé, Guanacaste, Costa Rica, año hidrológico 2007-2008* (Universidad Estatal a Distancia San José). Recuperado de <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A2242E/A2242E.PDF>



Anexos

Anexo 1 *Evaluación de la calidad de agua para consumo humano del manantial Castilla Puquio del distrito de Ascensión - Huancavelica en el año 2021.*

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
<p>PROBLEMA GENERAL</p> <p>¿Cuál es la calidad de agua para consumo humano del manantial “Castilla Puquio” - del Distrito de Ascensión, ¿Huancavelica en el año 2021?</p> <p>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</p> <p>a) ¿Cuál es la calidad de agua para consumo humano de los parámetros físicos (color, turbiedad), ¿del manantial “Castilla Puquio” - del Distrito de Ascensión</p>	<p>OBJETIVO GENERAL</p> <p>Evaluar la calidad de agua para consumo humano del manantial “Castilla Puquio” - del Distrito de Ascensión en el año 2021.</p> <p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</p> <p>a) Determinar la calidad de agua para consumo humano de los parámetros físicos, (color, turbiedad) del manantial “Castilla Puquio” - del Distrito de Ascensión en el año 2021.</p> <p>b) Determinar la calidad de agua para consumo humano de los parámetros Químicos, (pH y cloro residual libre) del manantial “Castilla</p>	<p>HIPÓTESIS GENERAL:</p> <p>La calidad de agua, para consumo humano del manantial “Castilla Puquio” - del Distrito de Ascensión en el año 2021 no cumplen los LMP.</p> <p>Hipótesis específicas:</p> <p>a) La calidad de agua para consumo humano, con respecto a los parámetros físicos (color, turbiedad) superan los LMP,</p> <p>b) La calidad de agua para consumo humano, con respecto a los parámetros Químicas (pH y cloro residual libre) superan los LMP.</p>	<p>Variable de estudio:</p> <p>Calidad de agua del manantial Castilla Puquio.</p> <p>Dimensiones:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Parámetros físicos (color, turbiedad) - Parámetros químicos (pH y cloro residual libre) - Parámetros microbiológicos (Coliformes totales, Coliformes termo tolerantes). 	<p>TIPO DE INVESTIGACIÓN:</p> <p>Investigación aplicada.</p> <p>NIVEL DE INVESTIGACIÓN:</p> <p>Descriptivo.</p> <p>MÉTODO DE INVESTIGACIÓN:</p> <p>Científico</p> <p>DISEÑO DE INVESTIGACIÓN:</p> <p>No experimental transeccional – Descriptivo</p> <div style="text-align: center;"> </div> <p>Leyenda:</p> <p>M1, M2 y M3 = tres (3), Monitoreos.</p> <p>N = Muestras en el reservorio y red de distribución.</p> <p>X= Parámetros físicos.</p> <p>Y= Parámetros químicos.</p>

<p>Huancavelica en el año 2021?</p> <p>b) ¿Cuál es la calidad de agua para consumo humano de los parámetros químico (pH y cloro residual libre) del manantial “Castilla Puquio” - del Distrito de Ascensión en el año 2021?</p> <p>c) ¿Cuál es la calidad de agua para consumo humano de los parámetros microbiológicos, (<i>Coliformes totales, Coliformes termo tolerantes o fecales y Escherichia coli</i>), ¿del manantial “Castilla Puquio” - del Distrito de Ascensión en el año 2021?</p>	<p>Puquio” - del Distrito de Ascensión en el año 2021.</p> <p>c) Determinar la calidad de agua para consumo humano de los parámetros microbiológicos, (<i>Coliformes totales, Coliformes termo tolerantes o fecales y Escherichia coli</i>), del manantial “Castilla Puquio” - del Distrito de Ascensión en el año 2021.</p>	<p>c) la calidad de agua para consumo humano, con respecto a los parámetros microbiológicos, (<i>Coliformes totales, Coliformes termo tolerantes o fecales y Escherichia coli</i>), superan los LMP.</p>	<p>SEGÚN LOS LMP-ECA-Agua-Categoría 1 -Subcategoría A1.</p>	<p>Z= Parámetros microbiológicos. OX = Observación 1 para X. OY= Observación 2 para Y. OZ= Observación 3 para Z.</p> <p>POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO:</p> <p>➤ Población:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Barrio de Castilla Puquio. ✓ Reservorio. <p>➤ Muestra:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 90 muestras. <p>➤ Muestreo:</p> <p>Se aplicará la técnica de muestreo no probabilístico.</p> <p>TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS:</p> <p>➤ Técnica:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Identificación el área de estudio. ✓ Monitoreo de agua de consumo humano. ✓ Análisis de agua para consumo humano. <p>➤ Instrumento:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Formatos de Recolección de datos (cadena de custodia). ✓ Fichas de laboratorio. ✓ Equipo multiparámetro portátil
--	---	---	--	--

				<p>(análisis físico-químicos in situ: (temperatura, pH).</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ GPS. <p>TÉCNICA DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS</p> <p>Técnica estadística:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Test de normalidad. <ul style="list-style-type: none"> ✓ Estadístico de Shapiro-Wilk. ➤ Parámetros descriptivos. <ul style="list-style-type: none"> ✓ Paquete estadístico SAS 9.4. ✓ Prueba de T de Student.
--	--	--	--	--

Anexo 2 Límites Máximos Permisibles de Parámetros Microbiológicos y Parasitológicos.

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

UFC = Unidad formadora de colonias

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

Fuente: (Dirección General de Salud Ambiental, 2010).

Anexo 3 Límites Máximos Permisibles de Parámetros de Calidad Organoléptica.

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Olor	---	Aceptable
2. Sabor	---	Aceptable
3. Color	UCV escala Pt/Co	15
4. Turbiedad	UNT	5
5. pH	Valor de pH	6,5 a 8,5
6. Conductividad (25°C)	µmho/cm	1 500
7. Sólidos totales disueltos	mg L ⁻¹	1 000
8. Cloruros	mg Cl ⁻ L ⁻¹	250
9. Sulfatos	mg SO ₄ ²⁻ L ⁻¹	250
10. Dureza total	mg CaCO ₃ L ⁻¹	500
11. Amoniaco	mg N L ⁻¹	1,5
12. Hierro	mg Fe L ⁻¹	0,3
13. Manganeso	mg Mn L ⁻¹	0,4
14. Aluminio	mg Al L ⁻¹	0,2
15. Cobre	mg Cu L ⁻¹	2,0
16. Zinc	mg Zn L ⁻¹	3,0
17. Sodio	mg Na L ⁻¹	200

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

Fuente: (Dirección General de Salud Ambiental, 2010).

Anexo 4 Rótulo de Identificación de Muestra

LABORATORIO DE CONTROL AMBIENTAL Identificación de Muestra	
Código de identificación de campo	
Coordenadas	Este:
	Norte:
	Altura:
Localidad/distrito/provincia/región	
Punto de muestreo	
Matriz	
Fecha y Hora de Muestreo	
Tipo de análisis requerido:	Preservada: <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No
Nombre del muestreador (Institución/Entidad)	Nombre del preservante:

Fuente: (Dirección General de Salud Ambiental, 2015)

Anexo 5 Cadena de Custodia



Las Américas N° 350 Lima Tel: 442-8353 - 442-8356
Fax: Anexo 212 e-mail: maemas@digesa.minsa.gov.pe

ANEXO N° 5
DIRECCIÓN DE LABORATORIO DE CONTROL AMBIENTAL
Cadena de custodia

Agua

Formulario de _____
Caja N° _____
N° de Informe de ensayo (1) _____

Solicitante: _____

Dirección: _____ Dist.: _____

Contacto: _____

e-mail: _____

Proyecto/Programa: _____

Prov.: _____ Dpto.: _____

Tel.: _____

Fax: _____

No. Oficial Memo: _____

Responsable del muestreo:		Firma:	Parámetros Físico - Químicos (2)												Parámetros Biológicos (2)				Observaciones																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Código de laboratorio (1)	Código de campo	Fecha de muestreo	Hora de muestreo	Muestra (3)	Origen de la fuente (4)	Puntos de muestreo	Vol. de fracciones por analizar	Volumen total (ml)	Temperatura ambiente	Temperatura de almacenamiento	Temperatura de transporte	Temperatura de recepción	pH	Oxígeno disuelto	Oxígeno consumido	Dureza total	Dureza carbonatada	Dureza no carbonatada		Cloruros	Sulfatos	Nitratos	Nitritos	Amonio	Fosfatos	Manganeso	Cadmio	Cobalto	Cromo	Cupero	Hierro	Molibdeno	Manganeso	Níquel	Plomo	Selenio	Zinc	Boro	Bromo	Fluoruro	Iodo	Mercurio	Sodio	Potasio	Silicio	Sodio	Cloruro	Sulfuro	Fosforo	Nitrógeno	Carbono	Oxígeno	Hidrógeno	Nitrógeno	Fosforo	Sulfuro	Cadmio	Cobalto	Cromo	Cupero	Hierro	Molibdeno	Manganeso	Níquel	Plomo	Selenio	Zinc	Boro	Bromo	Fluoruro	Iodo	Mercurio	Sodio	Potasio	Silicio	Sodio	Cloruro	Sulfuro	Fosforo	Nitrógeno	Carbono	Oxígeno	Hidrógeno	Nitrógeno	Fosforo	Sulfuro	Cadmio	Cobalto	Cromo	Cupero	Hierro	Molibdeno	Manganeso	Níquel	Plomo	Selenio	Zinc	Boro	Bromo	Fluoruro	Iodo	Mercurio	Sodio	Potasio	Silicio	Sodio	Cloruro	Sulfuro	Fosforo	Nitrógeno	Carbono	Oxígeno	Hidrógeno	Nitrógeno	Fosforo	Sulfuro	Cadmio	Cobalto	Cromo	Cupero	Hierro	Molibdeno	Manganeso	Níquel	Plomo	Selenio	Zinc	Boro	Bromo	Fluoruro	Iodo	Mercurio	Sodio	Potasio	Silicio	Sodio	Cloruro	Sulfuro	Fosforo	Nitrógeno	Carbono	Oxígeno	Hidrógeno	Nitrógeno	Fosforo	Sulfuro	Cadmio	Cobalto	Cromo	Cupero	Hierro	Molibdeno	Manganeso	Níquel	Plomo	Selenio	Zinc	Boro	Bromo	Fluoruro	Iodo	Mercurio	Sodio	Potasio	Silicio	Sodio	Cloruro	Sulfuro	Fosforo	Nitrógeno	Carbono	Oxígeno	Hidrógeno	Nitrógeno	Fosforo	Sulfuro	Cadmio	Cobalto	Cromo	Cupero	Hierro	Molibdeno	Manganeso	Níquel	Plomo	Selenio	Zinc	Boro	Bromo	Fluoruro	Iodo	Mercurio	Sodio	Potasio	Silicio	Sodio	Cloruro	Sulfuro	Fosforo	Nitrógeno	Carbono	Oxígeno	Hidrógeno	Nitrógeno	Fosforo	Sulfuro	Cadmio	Cobalto	Cromo	Cupero	Hierro	Molibdeno	Manganeso	Níquel	Plomo	Selenio	Zinc	Boro	Bromo	Fluoruro	Iodo	Mercurio	Sodio	Potasio	Silicio	Sodio	Cloruro	Sulfuro	Fosforo	Nitrógeno	Carbono	Oxígeno	Hidrógeno	Nitrógeno	Fosforo	Sulfuro	Cadmio	Cobalto	Cromo	Cupero	Hierro	Molibdeno	Manganeso	Níquel	Plomo	Selenio	Zinc	Boro	Bromo	Fluoruro	Iodo	Mercurio	Sodio	Potasio	Silicio	Sodio	Cloruro	Sulfuro	Fosforo	Nitrógeno	Carbono	Oxígeno	Hidrógeno	Nitrógeno	Fosforo	Sulfuro	Cadmio	Cobalto	Cromo	Cupero	Hierro	Molibdeno	Manganeso	Níquel	Plomo	Selenio	Zinc	Boro	Bromo	Fluoruro	Iodo	Mercurio	Sodio	Potasio	Silicio	Sodio	Cloruro	Sulfuro	Fosforo	Nitrógeno	Carbono	Oxígeno	Hidrógeno	Nitrógeno	Fosforo	Sulfuro	Cadmio	Cobalto	Cromo	Cupero	Hierro	Molibdeno	Manganeso	Níquel	Plomo	Selenio	Zinc	Boro	Bromo	Fluoruro	Iodo	Mercurio	Sodio	Potasio	Silicio	Sodio	Cloruro	Sulfuro	Fosforo	Nitrógeno	Carbono	Oxígeno	Hidrógeno	Nitrógeno	Fosforo	Sulfuro	Cadmio	Cobalto	Cromo	Cupero	Hierro	Molibdeno	Manganeso	Níquel	Plomo	Selenio	Zinc	Boro	Bromo	Fluoruro	Iodo	Mercurio	Sodio	Potasio	Silicio	Sodio	Cloruro	Sulfuro	Fosforo	Nitrógeno	Carbono	Oxígeno	Hidrógeno	Nitrógeno	Fosforo	Sulfuro	Cadmio	Cobalto	Cromo	Cupero	Hierro	Molibdeno	Manganeso	Níquel	Plomo	Selenio	Zinc	Boro	Bromo	Fluoruro	Iodo	Mercurio	Sodio	Potasio	Silicio	Sodio	Cloruro	Sulfuro	Fosforo	Nitrógeno	Carbono	Oxígeno	Hidrógeno	Nitrógeno	Fosforo	Sulfuro	Cadmio	Cobalto	Cromo	Cupero	Hierro	Molibdeno	Manganeso	Níquel	Plomo	Selenio	Zinc	Boro	Bromo	Fluoruro	Iodo	Mercurio	Sodio	Potasio	Silicio	Sodio	Cloruro	Sulfuro	Fosforo	Nitrógeno	Carbono	Oxígeno	Hidrógeno	Nitrógeno	Fosforo	Sulfuro	Cadmio	Cobalto	Cromo	Cupero	Hierro	Molibdeno	Manganeso	Níquel	Plomo	Selenio	Zinc	Boro	Bromo	Fluoruro	Iodo	Mercurio	Sodio	Potasio	Silicio	Sodio	Cloruro	Sulfuro	Fosforo	Nitrógeno	Carbono	Oxígeno	Hidrógeno	Nitrógeno	Fosforo	Sulfuro	Cadmio	Cobalto	Cromo	Cupero	Hierro	Molibdeno	Manganeso	Níquel	Plomo	Selenio	Zinc	Boro	Bromo	Fluoruro	Iodo	Mercurio	Sodio	Potasio	Silicio	Sodio	Cloruro	Sulfuro	Fosforo	Nitrógeno	Carbono	Oxígeno	Hidrógeno	Nitrógeno	Fosforo	Sulfuro	Cadmio	Cobalto	Cromo	Cupero	Hierro	Molibdeno	Manganeso	Níquel	Plomo	Selenio	Zinc	Boro	Bromo	Fluoruro	Iodo	Mercurio	Sodio	Potasio	Silicio	Sodio	Cloruro	Sulfuro	Fosforo	Nitrógeno	Carbono	Oxígeno	Hidrógeno	Nitrógeno	Fosforo	Sulfuro	Cadmio	Cobalto	Cromo	Cupero	Hierro	Molibdeno	Manganeso	Níquel	Plomo	Selenio	Zinc	Boro	Bromo	Fluoruro	Iodo	Mercurio	Sodio	Potasio	Silicio	Sodio	Cloruro	Sulfuro	Fosforo	Nitrógeno	Carbono	Oxígeno	Hidrógeno	Nitrógeno	Fosforo	Sulfuro	Cadmio	Cobalto	Cromo	Cupero	Hierro	Molibdeno	Manganeso	Níquel	Plomo	Selenio	Zinc	Boro	Bromo	Fluoruro	Iodo	Mercurio	Sodio	Potasio	Silicio	Sodio	Cloruro	Sulfuro	Fosforo	Nitrógeno	Carbono	Oxígeno	Hidrógeno	Nitrógeno	Fosforo	Sulfuro	Cadmio	Cobalto	Cromo	Cupero	Hierro	Molibdeno	Manganeso	Níquel	Plomo	Selenio	Zinc	Boro	Bromo	Fluoruro	Iodo	Mercurio	Sodio	Potasio	Silicio	Sodio	Cloruro	Sulfuro	Fosforo	Nitrógeno	Carbono	Oxígeno	Hidrógeno	Nitrógeno	Fosforo	Sulfuro	Cadmio	Cobalto	Cromo	Cupero	Hierro	Molibdeno	Manganeso	Níquel	Plomo	Selenio	Zinc	Boro	Bromo	Fluoruro	Iodo	Mercurio	Sodio	Potasio	Silicio	Sodio	Cloruro	Sulfuro	Fosforo	Nitrógeno	Carbono	Oxígeno	Hidrógeno	Nitrógeno	Fosforo	Sulfuro	Cadmio	Cobalto	Cromo	Cupero	Hierro	Molibdeno	Manganeso	Níquel	Plomo	Selenio	Zinc	Boro	Bromo	Fluoruro	Iodo	Mercurio	Sodio	Potasio	Silicio	Sodio	Cloruro	Sulfuro	Fosforo	Nitrógeno	Carbono	Oxígeno	Hidrógeno	Nitrógeno	Fosforo	Sulfuro	Cadmio	Cobalto	Cromo	Cupero	Hierro	Molibdeno	Manganeso	Níquel	Plomo	Selenio	Zinc	Boro	Bromo	Fluoruro	Iodo	Mercurio	Sodio	Potasio	Silicio	Sodio	Cloruro	Sulfuro	Fosforo	Nitrógeno	Carbono	Oxígeno	Hidrógeno	Nitrógeno	Fosforo	Sulfuro	Cadmio	Cobalto	Cromo	Cupero	Hierro	Molibdeno	Manganeso	Níquel	Plomo	Selenio	Zinc	Boro	Bromo	Fluoruro	Iodo	Mercurio	Sodio	Potasio	Silicio	Sodio	Cloruro	Sulfuro	Fosforo	Nitrógeno	Carbono	Oxígeno	Hidrógeno	Nitrógeno	Fosforo	Sulfuro	Cadmio	Cobalto	Cromo	Cupero	Hierro	Molibdeno	Manganeso	Níquel	Plomo	Selenio	Zinc	Boro	Bromo	Fluoruro	Iodo	Mercurio	Sodio	Potasio	Silicio	Sodio	Cloruro	Sulfuro	Fosforo	Nitrógeno	Carbono	Oxígeno	Hidrógeno	Nitrógeno	Fosforo	Sulfuro	Cadmio	Cobalto	Cromo	Cupero	Hierro	Molibdeno	Manganeso	Níquel	Plomo	Selenio	Zinc	Boro	Bromo	Fluoruro	Iodo	Mercurio	Sodio	Potasio	Silicio	Sodio	Cloruro	Sulfuro	Fosforo	Nitrógeno	Carbono	Oxígeno	Hidrógeno	Nitrógeno	Fosforo	Sulfuro	Cadmio	Cobalto	Cromo	Cupero	Hierro	Molibdeno	Manganeso	Níquel	Plomo	Selenio	Zinc	Boro	Bromo

Panel Fotográfico



Fotografía 1: Punto de recolección de muestras en el sistema de rebose del reservorio.



Fotografía 2: Recolección de muestras en el sistema de rebose y almacenamiento esterilizado para posterior análisis en laboratorio.



Fotografía 3: Almacenamiento de muestras rotuladas en cooler refrigerado y esterilizado.



Fotografía 4: Preparación de materiales para el análisis microbiológico y físico.



Fotografía 5: Retirado de muestras en la brevedad.



Fotografía 6: Esterilización de medio de cultivo, antes de la inyección de muestras recolectadas.



Fotografía 7: Preparación de muestras para el medio de cultivo.



Fotografía 8: Incubación de las muestras preparadas durante el tiempo establecido para el análisis microbiológico.



Fotografía 9: Interpretación de resultados respecto a los cultivos biológicos e interpretación física.



Fotografía 10: Interpretación de resultados físicos de las muestras recolectadas.