

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONIO GUILLERMO URRELO



Facultad de Ingeniería

Carrera Profesional de Ingeniería Ambiental y Prevención de Riesgos

**EFICIENCIA DEL SISTEMA DE DESINFECCIÓN DEL AGUA
PARA CONSUMO HUMANO DEL CENTRO POBLADO MANZANILLA,
SECTOR LA PILA – SAN MARCOS – CAJAMARCA, 2022**

Bach. Medina Sanchez Edgar Delfin

Bach. Ramírez Paucar Rosmery

Asesor:

Dr. Vera Zelada Persi

Cajamarca - Perú

Setiembre - 2022

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONIO GUILLERMO URRELO



Facultad de Ingeniería

Carrera Profesional de Ingeniería Ambiental y Prevención de Riesgos

**EFICIENCIA DEL SISTEMA DE DESINFECCIÓN DEL AGUA
PARA CONSUMO HUMANO DEL CENTRO POBLADO MANZANILLA,
SECTOR LA PILA – SAN MARCOS – CAJAMARCA, 2022**

Tesis presentada en cumplimiento parcial de los requerimientos para optar el Título Profesional
de Ingeniero Ambiental y Prevencionista de Riesgos

Bach. Medina Sanchez Edgar Delfin

Bach. Ramírez Paucar Rosmery

Asesor:

Dr. Persi Vera Zelada

Cajamarca - Perú

Setiembre - 2022

COPYRIGHT © 2022 by

MEDINA SANCHEZ EDGAR DELFIN

RAMÍREZ PAUCAR ROSMERY

Todos los derechos reservados

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONIO GUILLERMO URRELO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y PREVENCIÓN DE
RIESGOS**

APROBACIÓN DE TESIS PARA OPTAR TÍTULO PROFESIONAL

**EFICIENCIA DEL SISTEMA DE DESINFECCIÓN DEL AGUA
PARA CONSUMO HUMANO DEL CENTRO POBLADO MANZANILLA,
SECTOR LA PILA – SAN MARCOS – CAJAMARCA, 2022**

Presidente: _____

Secretario: _____

Vocal: _____

Asesor: _____

DEDICATORIA

A:

Dios que me diste la oportunidad de vivir y de regalarme una familia maravillosa.

Mis padres que me dieron la vida y han estado conmigo en todo momento. Gracias por todo papá y mamá por darme una carrera para mi futuro y por creer en mí, aunque hemos pasado momentos difíciles siempre han estado apoyándome y brindándome todo su amor, por todo esto les agradezco de todo corazón el que estén conmigo a mi lado. Y sin dejar atrás a toda mi familia por confiar en mí, gracias por ser parte de mi vida y por permitirme ser parte de su orgullo.

MEDINA SANCHEZ EDGAR DELFIN

A:

Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

Mis padres, por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional sin importar nuestras diferencias de opiniones.

Mi familia en general, porque me han brindado su apoyo incondicional y por compartir conmigo buenos y malos momentos

Mis verdaderas amistades, por estar conmigo en todo este tiempo donde he vivido momentos felices y tristes y recuerden que siempre los llevaré en mi corazón.

RAMIREZ PAUCAR ROSMERY

AGRADECIMIENTO

A Dios por darnos la vida y sobre todo salud para continuar; gracias por hacernos superar cada uno de los obstáculos que fueron surgiendo en el camino y así poder lograr esta meta.

A nuestros familiares, quienes estuvieron siempre a nuestro lado en los días y noches más difíciles de nuestro estudio. Siempre han sido nuestros mejores guías de vida.

A cada docente de la UPAGU, sus palabras fueron sabias, sus conocimientos rigurosos y precisos, a ustedes les debemos el fortalecimiento de nuestros conocimientos. Donde quiera que vayamos, los llevaremos presentes en el transitar profesional.

A la Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo, por nuestra formación profesional en estos preciados cinco años.

A nuestro asesor Persi Vera Zelada, sin usted y sus virtudes, su paciencia y constancia este trabajo no lo hubiese logrado tan fácil. Muchas gracias por sus múltiples palabras de aliento, cuando más lo necesitamos; por estar allí cuando las horas de trabajo se hacían confusas. Gracias por sus orientaciones”

MEDINA SANCHEZ EDGAR DELFIN

RAMÍREZ PAUCAR ROSMERY

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo principal determinar la eficiencia del sistema de desinfección del agua para consumo humano del centro poblado Manzanilla, sector La Pila – San Marcos – Cajamarca, 2022.

Para lo cual se monitorearán los parámetros microbiológicos del agua con el fin de analizar si cumple con los límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos y parasitológicos establecidos en el D.S. N° 031-2010-SA. Según la metodología, la presente investigación es de tipo descriptivo -comparativo, con diseño longitudinal, pues no se tendrá el control premeditado de ninguna de las variables y el estudio se realizará en diferentes momentos; el análisis estadístico de la investigación se realizó mediante el Test U de Mann - Whitney para muestras independientes (no pareadas).

Concluyendo que al realizar la comparación de los valores obtenidos de los parámetros fisicoquímicos con los valores establecidos en los LMP D.S 301-2010-SA, los resultados del análisis estadístico muestran que $|Z_{cal}| > Z_{1-\frac{\alpha}{2}}$ ($3.576 > 1.96$) y $Sig. bilateral < \alpha$ ($0,000 < 0,05$); lo que permite rechazar la H_0 es decir, que se acepta la H_1 , lo que significa que el proceso de desinfección del centro poblado Manzanilla, sector La Pila – San Marcos – Cajamarca, 2022 es eficiente.

Palabras claves: Agua para consumo humano, microorganismos y desinfección.

ABSTRACT

The main objective of this research is to determine the efficiency of the water disinfection system for human consumption in the Manzanilla populated center, La Pila sector - San Marcos - Cajamarca, 2022.

For which the microbiological parameters of the water will be monitored in order to analyze if it complies with the maximum permissible limits of microbiological and parasitological parameters established in D.S. No. 031-2010-SA. According to the methodology, this research is of a descriptive-comparative type, with a longitudinal design, since there will be no premeditated control of any of the variables and the study will be carried out at different times; the statistical analysis of the research was performed using the Mann-Whitney U Test for independent samples (unpaired).

Concluding that when comparing the values obtained from the physicochemical parameters with the values established in the LMP D.S 301-2010-SA, the results of the statistical analysis show that que $|Z_{cal}| > Z_{1-\frac{\alpha}{2}}$ ($3.576 > 1.96$) y *Sig. bilateral* $< \alpha$ ($0,000 < 0,05$); which allows H0 to be rejected, that is, H1 is accepted, which means that the disinfection process of the Manzanilla populated center, La Pila - San Marcos - Cajamarca sector, 2022 is efficient.

Keywords: Water for human consumption, microorganisms and disinfection.

CONTENIDO

DEDICATORIA.....	5
AGRADECIMIENTO	6
RESUMEN.....	7
ABSTRACT.....	8
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	11
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	11
1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	11
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	12
1.3 OBJETIVOS	13
1.3.1 <i>Objetivo general</i>	13
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i>	13
1.4 JUSTIFICACIÓN	13
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	16
2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN	16
2.1 ANTECEDENTES TEÓRICOS	16
2.2 BASES TEÓRICAS	22
2.2.1 <i>Agua</i>	22
2.2.2 <i>Tipos de agua</i>	23
2.2.3 <i>Calidad de agua</i>	24
2.2.4 <i>Parámetros microbiológicos</i>	25
2.2.5 <i>Decreto supremo 031-2010-SA</i>	27
2.2.6 <i>Estándares de calidad ambiental (ECA)</i>	27
2.2.7 <i>Aspectos biológicos del agua</i>	28
2.3 DISCUSIÓN TEÓRICA.....	29
2.4 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	34
2.4.1 <i>Bacterias</i>	34
2.4.2 <i>Protozoarios</i>	35
2.4.3 <i>Rotíferos, Copépodos y otros Crustáceos</i>	35
2.5 HIPÓTESIS	35
2.5.1 <i>Operacionalización de variables</i>	36
CAPÍTULO III: MÉTODO DE INVESTIGACIÓN.....	37
3. ESTRATEGIAS METODOLÓGICAS	37
3.1 UNIDAD DE ANÁLISIS, UNIVERSO Y MUESTRA	37
3.1.1 <i>Unidad de Análisis</i>	37
3.1.2 <i>Universo</i>	37

3.1.3 Muestra.....	37
3.2 MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN	37
3.3 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	38
3.4 INSTRUMENTOS	39
3.5 TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE DATOS	39
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	40
4. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	40
PROCESO DE PRUEBA DE HIPÓTESIS	45
INTERPRETACIÓN:	51
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	56
REFERENCIAS.....	58

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1. Planteamiento del Problema

1.1 Descripción de la realidad problemática

La vida en nuestro planeta se sustenta en los recursos hídricos, así como también el desarrollo de las sociedades durante la historia antigua, moderna y contemporánea; en ese sentido el acceso del agua potable para es fundamental para garantizar la salud pública, la misma que se reconoce como parte de los derechos fundamentales de las personas, además es considerado como factor elemental de las políticas orientadas a la protección de la salud pública.

La calidad del agua de acuerdo a nuestro ordenamiento jurídico nacional tiene como base el uso del agua, en esa línea de disposiciones legales la calidad del agua para consumo humano está asociada al cumplimiento de una serie de parámetros, los cuales son los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, los mismos que favorecen la prevención de una serie de enfermedades de carácter infecto contagiosas.

La importancia del agua, el saneamiento y la higiene para la salud y el desarrollo han quedado reflejados en los documentos finales de diversos foros internacionales sobre políticas, entre los que cabe mencionar conferencias relativas a la salud, como la Conferencia Internacional sobre Atención Primaria de Salud que tuvo lugar en Alma Ata, Kazajstán (ex Unión Soviética) en 1978, conferencias sobre el agua, como la Conferencia Mundial sobre el Agua de Mar del Plata (Argentina) de 1977, que dio inicio al Decenio Internacional del Agua Potable y del Saneamiento Ambiental, así como los Objetivos de Desarrollo del

Milenio aprobados por la Asamblea General de las Naciones Unidas (ONU) en 2000 y el documento final de la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible de Johannesburgo de 2002. Más recientemente, la Asamblea General de las Naciones Unidas declaró el periodo de 2005 a 2015 como Decenio Internacional para la Acción “El agua, fuente de vida”.

En el Perú aún existen comunidades que no cuentan con el acceso al agua potable y saneamiento básico, afectando así su calidad de vida, enfrentándolos a sufrir una alta tasa de enfermedades infectocontagiosas, condición que reduce su calidad de vida de los pobladores.

En la región de Cajamarca existen centros poblados en todas sus provincias que siguen enfrentando el problema de la falta de acceso al agua potable, pues estos pobladores satisfacen sus necesidades a partir de agua provenientes de manantiales, ríos y/o posos, los mismo que son transportados por acequias o por tuberías; condición que expone al riesgo constante de desatar pandemias por la carga microbiológica que contiene el agua que consumen.

1.2 Formulación del Problema

¿Cuál es la eficiencia del sistema de desinfección del agua para consumo humano del centro poblado Manzanilla, sector La Pila – San Marcos – Cajamarca, 2022?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Determinar la eficiencia del sistema de desinfección del agua para consumo humano del centro poblado Manzanilla, sector La Pila – San Marcos – Cajamarca, 2022.

1.3.2 Objetivos específicos

- Detectar la calidad microbiológica (coliformes totales y termotolerantes) del agua para consumo humano, antes del ingreso al sistema de desinfección del centro poblado Manzanilla, sector La Pila – San Marcos – Cajamarca, 2022.
- Detectar la calidad microbiológica (coliformes totales y termotolerantes) del agua para consumo humano, después del sistema de desinfección del centro poblado Manzanilla, sector La Pila – San Marcos – Cajamarca, 2022.
- Comparar y analizar los resultados obtenidos después del sistema de desinfección con los límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos y parasitológicos establecidos en el D.S. N° 031-2010-SA.

1.4 Justificación

La presente investigación se justifica por el riesgo alto y constante en que se encuentran las personas de centros poblados, caseríos y generalmente de la zona rural al no tener acceso a servicios de saneamiento básico y agua potable, lo que se considera foco infeccioso y no garantizando la seguridad de la salud pública.

Es evidente que las aguas superficiales están expuestas a una amplia gama de factores que pueden alterar su calidad biológica y ocasionar cambios simples o complejos y con diferentes niveles de intensidad. Esta alteración se puede originar en eventos naturales o en actividades antropogénicas, como el uso doméstico del agua y la consiguiente producción de aguas residuales, de la industria, minería y agricultura, entre otras.

La contaminación fecal de las fuentes de aguas superficiales para abastecimiento de consumo humano es uno de los problemas más preocupantes en los países en vías de desarrollo. En las grandes ciudades esta contaminación se debe principalmente al vertimiento de los desagües sin ningún tratamiento. También se ha observado que la contaminación fecal es intensa en las zonas de arrastre provenientes de los corrales de engorde de bovinos y de las avícolas.

Además del vertimiento o infiltración de aguas residuales sin tratar, también aportan contaminantes los lixiviados de rellenos sanitarios, los efluentes de aguas residuales con tratamiento deficiente, las infiltraciones de tanques sépticos, etcétera. Asimismo, la escorrentía pluvial y las inundaciones ocasionan el deterioro de la calidad del agua de los recursos hídricos. En las zonas rurales la contaminación fecal se origina por la defecación a campo abierto y por la presencia de animales domésticos y silvestres que actúan como reservorios de agentes patógenos.

El uso de aguas superficiales como fuentes de agua de bebida implica un riesgo de transmisión de enfermedades hídricas. Los agentes patógenos involucrados con la

transmisión por esta vía son las bacterias, virus y protozoos, helmintos y cyanobacterias, que pueden causar enfermedades con diferentes niveles de gravedad, desde una gastroenteritis simple hasta serios y a veces fatales cuadros de diarrea, disentería, hepatitis o fiebre tifoidea. La transmisión hídrica es solo una de las vías, pues estos agentes patógenos también pueden transmitirse a través de alimentos, de persona a persona debido a malos hábitos higiénicos y de los animales al hombre, entre otras vías.

Con base a esta situación la presente investigación se propone evaluar la eficiencia del sistema de desinfección del agua para consumo humano del centro poblado Manzanilla, sector La Pila – San Marcos – Cajamarca, 2022

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2. Fundamentos Teóricos de la Investigación

2.1 Antecedentes teóricos

Antecedentes internacionales

Luján, et al., (2019) en su investigación sobre la calidad microbiológica y usos del agua subterránea en establecimientos agropecuarios del Centro-Sur de Córdoba, Argentina, menciona que la calidad microbiológica del agua debe considerarse como un parámetro elemental para definir su aptitud para diferentes usos: consumo de la población rural, consumo del ganado bovino o limpieza de instalaciones de ordeño. Los objetivos de este estudio fueron: (1) conocer la calidad microbiológica del agua subterránea en establecimientos agropecuarios para definir aptitudes de uso y (2) evaluar la relación entre el uso del suelo y la calidad del agua subterránea de la región. Se realizaron análisis microbiológicos utilizando como indicadores: *i)* recuento de bacterias aerobias mesófilas, *ii)* detección de coliformes totales y fecales, y *iii)* presencia de *Escherichia coli* y *Pseudomonas aeruginosa* en muestras de agua obtenidas de perforaciones de establecimientos agrícolas (EA; n = 28) o ganaderos/lecheros (EG; n = 34) ubicados en la región centro-sur de la provincia de Córdoba, Argentina. En el 58 % de las muestras analizadas (n = 62) se detectó la presencia de al menos un indicador de contaminación que supera los parámetros para consumo humano o higiene de instalaciones de ordeño. El 12 % de los EG poseen agua de calidad deficiente para el consumo del ganado bovino. Mediante análisis bivariados se encontró una escasa asociación entre el uso del suelo y la calidad microbiológica del agua, por lo que el origen de la contaminación observada responde a múltiples factores que inciden en la región.

Brousett-Minaya, et. al (2018), cuyo objeto de estudio fue verificar la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua para consumo humano, proveniente de la población Chullunquiani, Juliaca-Puno, utilizando los métodos normalizados para análisis de aguas APHA, AWWA, cuyos resultados mostraron que los parámetros fisicoquímicos se encuentran dentro del rango aceptable, a excepción del Aluminio que sobrepasa en 0,065 mg/L, Boro con 0,025 mg/L, así mismo, se evidencio valores elevados de coliformes totales en épocas de lluvia. Concluyendo que el agua que abastece al poblado no cumple con las normativas microbiológicas, recomendando implementar un programa de monitoreo.

Tibanquiza (2018), evaluó la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua potable de la Junta Administradora San José de Puñachizag, Cantón Quero, Provincia de Tungurahua, lo que permitió determinar si el agua es apta para el consumo humano, para lo cual se analizaron 78 muestras, obteniendo así como resultado que: los parámetros químicos cumplen con los requisitos a excepción del flúor, los parámetros físicos como pH, turbiedad y color no cumplen con lo pedido por la normativa y los parámetros microbiológicos incumplen lo establecido para coliformes fecales y totales. Concluyendo que el agua no es apta para consumo humano, por lo que se recomienda verificar el tratamiento de desinfección.

Lima Marroquín (2021), basa su estudio en la evaluación diagnóstica de la calidad del agua de los pozos mecánicos ubicados en el campus, con el fin de determinar si el agua

de estos es apta para el consumo humano, para determinar las características fisicoquímicas y bacteriológicas se recolectaron y evaluaron seis muestras por cada pozo. Los resultados demostraron que el agua de estos puntos es apta para el consumo humano sin requerir un tratamiento previo.

Antecedentes nacionales

Gonzales (2018), la investigación tuvo como objetivo la evaluación de la calidad de agua para consumo humano en el asentamiento Señor de los Milagros, distrito de Yarinacocha, se determinó la calidad de agua a través del análisis de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos tomados de 2 puntos de monitoreo de fuentes subterráneas. Los resultados mostraron que: el agua no es apta para el consumo humano ya que, los parámetros fisicoquímicos no cuentan con el porcentaje adecuado de cloro residual libre, y los análisis microbiológicos confirmaron presencia de coliformes totales y termotolerantes.

Contreras (2021) en su investigación determinó la calidad del agua para consumo humano en los manantiales para así mejorar las condiciones de salubridad en los pobladores de la parcialidad de Jiscullaya del distrito de Ilave. Los resultados muestran que los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos se encuentran dentro de los límites máximos permisibles para el consumo humano a excepción los coliformes totales.

Esquivel & Murga (2019) en este estudio se da a conocer el grado de contaminación de Las aguas superficiales que abastecen el consumo de los pobladores del distrito de Santiago de Chuco proviene de las siguientes fuentes: Huayatan, Laguna negra, Cortaderas

y peñones y Canal Vicente Jiménez. Convergen a una planta de tratamiento ubicada en el Barrio San Cristóbal de la ciudad, para luego ser distribuida a los 4 barrios que conforman el distrito de Santiago de Chuco. De los análisis fisicoquímicos y microbiológicos se puede concluir que existen contaminación en la parte microbiológica: coliformes totales 240, 540, 920 NMP/100mL. Coliformes termotolerantes. 38, 63, 120, 46, 12 NMP/100mL. Así mismo demuestra que es una agua blanda con una dureza de 72, 51, 82, 45 y pH de promedio 5.62, valores que no son compatibles con las especificaciones de los estándares de calidad ambiental (ECA).

Aguilar (2019) en su investigación diseñaron y construyeron una microplanta para el abastecimiento de 600 L/día de agua cruda. El sistema se operó durante 4 meses; realizando cinco muestreos tanto de agua entrante (agua cruda) y agua saliente (agua tratada) en forma periódica. Los resultados obtenidos de indicadores fisicoquímico y bacteriológico fueron evaluados y comparados con los valores exigidos en el ECA según los establecido en el D.S. 002-2015.MINAM. y D.S. N° 031-2010-SA del Ministerio de Salud. Evaluar la eficiencia de una microplanta potabilizadora de agua en la que utiliza un filtro lento de arena como medio de desinfección en comunidad nativa de Chunchiwi Lamas – Región San Martín; bajo condiciones controladas y en términos de comparación de pH, turbiedad, Coliformes totales, Coliformes termotolerantes y *Escheria Coli*. Con respecto al agua tratada, la turbiedad tuvo un valor promedio de 3.04; el pH un valor promedio de 7.40, los Coliformes totales de 494.02; los Coliformes termotolerantes fue de 6.14 y para *Escherichia coli*, el valor promedio fue de 3.42. Comparando con los valores exigidos por ECA se obtuvo una

eficiencia de 83.53% para Coliformes totales; 99.70% para Coliformes termotolerantes y 31.6% para *E. Coli*.

Espinoza (2019), la investigación buscó determinar el índice de calidad ambiental de las aguas destinadas para el consumo humano obtenida del pozo IRHS, para lo cual se comparó los análisis fisicoquímicos y microbiológicos con los ECA y los LMP, demostrando que el nitrito, sulfato, bacterias coliformes totales y termotolerantes no cumplieron con las normas, por lo que se concluyó que el agua de dicho pozo sea calificada como mala, y no la hace apta para el consumo humano.

Chambilla (2020), en la investigación se planteó analizar los parámetros físico-químicos y bacteriológicos del agua para consumo humano de la comunidad de Chinchera, Distrito de Chucuito-2018, se recolectaron 15 muestras donde el análisis de los resultados concluyó que la calidad físico-química y bacteriológica del agua de la comunidad cumple con los requisitos técnicos, con excepción en lo referente a coliformes totales que dio 210 coliformes excediendo así los LMP, siendo peligroso para el consumo humano.

Sempértegui (2021) en su investigación evaluó la calidad microbiológica del agua para el consumo humano en la comunidad de Colpa Tuapampa, Chota. Determinó que las aguas del área de estudio presentaron valores altos de coliformes totales, coliformes termotolerantes y *Escherichia coli*: 200 UFC/100ml; 220 UFC/ 100 mL y 188 UFC 100 mL. Superan los valores del DS N° 031-2010-SA Reglamento de la calidad del agua para consumo humano para aguas de categoría I. En conclusión, el agua de para consumo humana

de la comunidad no es apta para el consumo humano debido a la alta concentración de bacterias que atentan contra la salud de las personas.

Huamuro (2019), determinó la influencia de la calidad microbiológica del agua de consumo humano en la entero parasitosis de los pobladores del sector Linderos Bajo – Jaén, Provincia de Jaén, Cajamarca, Perú. Para ello se realizaron análisis copro parasitológicos, uno por individuo de 76 familias seleccionadas, como también se analizaron muestras de agua de las redes de distribución de las viviendas para el análisis microbiológico, utilizando el método del número más probable. En el laboratorio, cada muestra de heces fue procesada por la técnica directa (solución salina fisiológica y lugol). La frecuencia de parasitados fue de 77.6 % y se hallaron 4 especies de enteroparásitos; *Giardia lamblia* con 37.29% y *Blastocystis hominis* con 35.59%. Así mismo, del total de muestras de agua analizadas microbiológicamente (recuento de mesófilos, coliformes totales, fecales y parasitológicos), el 61.5 % corresponden a muestras microbiológicamente aptas para consumo humano y 38.46 % corresponde a muestras no aptas para el consumo humano; no se encontraron parásitos en las muestras de agua analizadas. Se concluye que no existió influencia de la calidad microbiológica del agua de consumo humano en la enteroparásitosis de los pobladores del sector Linderos Bajo – Jaén, por no haberse evidenciado parásitos en las muestras de agua.

Antecedentes locales

Soriano (2018), el proyecto tuvo como objetivo evaluar la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua del centro poblado de Pata Pata-Paríamarca con el fin de determinar si es admisible para el consumo humano, se comparó los resultados obtenidos con los límites máximos permisibles y con los estándares de calidad ambiental categoría A1, concluyendo que el agua de los puntos de muestreo no son aceptables para el consumo humano ya que se encontró presencia excesiva de coliformes totales y termotolerantes, por lo que se recomienda un proceso de tratamiento.

Cordova & Muñoz (2021), cuyo objetivo de investigación fue evaluar la calidad fisicoquímica y microbiológica en los manantiales Pauco 1 y 2, del distrito el Utco, provincia de Celendín, los resultados de los análisis demuestran que se cumple con lo estipulado en los ECAS para los parámetros fisicoquímicos, pero por otro lado la evaluación de la calidad microbiológica demostró que los valores de coliformes totales, termotolerantes, *Escherichia coli* y organismos de vida libre, superan los establecidos en los ECA. Por lo que se concluyó que las aguas de estos manantiales no son aptas para el consumo humano.

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 Agua

El agua es compuesto incoloro, inodoro e insípido, importante para sostenimiento de la vida en el planeta; sin embargo, el 97 % del agua es salada y principalmente se encuentra en los océanos y mares, solo el 3 % es agua dulce (1 % en estado líquido y 2 % en estado sólido). El territorio peruano cuenta con diversos recursos hídricos repartidos en 106 cuencas hidrográficas. (MINAM, 2013). Es

importante reconocer la presencia global del agua en nuestro planeta por ejemplo en los glaciares, desiertos, lagos, pantanos, ríos, praderas y selvas; así como también en los niveles más altos de la atmosfera y las profundidades de los volcanes. En todo proceso biológico y geológico el agua participa de manera directa e indirecta (Díaz, Esteller, & López, 2005)

El agua es esencial para la vida y todas las personas deben disponer de un suministro satisfactorio (suficiente, inocuo y accesible). La mejora del acceso al agua potable puede proporcionar beneficios tangibles para la salud. Debe realizarse el máximo esfuerzo para lograr que la inocuidad del agua de consumo sea la mayor posible (OMS, 2006)

El agua es un líquido constituido por dos sustancias gaseosas: oxígeno e hidrógeno, un volumen de oxígeno por dos de hidrógeno (H₂O), y es el más importante de los compuestos y uno de los principales constituyentes del mundo en que vivimos y de la materia viva. (Fuquene, 2013)

2.2.2 Tipos de agua

Agua cruda: es aquella que se encuentra en la naturaleza y no ha sido sometida a ningún tratamiento para modificar sus propiedades físicas, químicas ni microbiológicas. (Carpio, et. al, 2014)

Agua potable: se define como aquella agua cuyas características han sido tratadas con el fin de garantizar su disponibilidad para el consumo humano (Carpio, et. al, 2014)

2.2.3 Calidad de agua

Las enfermedades relacionadas con la contaminación del agua de consumo tienen una gran repercusión en la salud de las personas. Las medidas destinadas a mejorar la calidad del agua de consumo proporcionan beneficios significativos para la salud (OMS, 2006).

La OMS (2006) resalta e indica lo siguiente:

El agua de consumo inocua (agua potable), según se define en las Guías, no ocasiona ningún riesgo significativo para la salud cuando se consume durante toda una vida, teniendo en cuenta las diferentes vulnerabilidades que pueden presentar las personas en las distintas etapas de su vida. Las personas que presentan mayor riesgo de contraer enfermedades transmitidas por el agua son los lactantes y los niños de corta edad, las personas debilitadas o que viven en condiciones antihigiénicas y los ancianos. El agua potable es adecuada para todos los usos domésticos habituales, incluida la higiene personal.

Para todo ser vivo del planeta es esencia y muy importante el agua. Los factores que determinan su calidad son los parámetros físicos, químicos y biológicos

del agua, ya que estos ayudaran a determinar si dicha agua es o no apta para el consumo humano, por ello es preciso establecer tratamientos y límites para los distintos usos del agua. (Picazo, 2016)

2.2.4 Parámetros microbiológicos

La OMS (2006) indica que la garantía de la inocuidad microbiana del abastecimiento de agua de consumo se basa en la aplicación, desde la cuenca de captación al consumidor, de barreras múltiples para evitar la contaminación del agua de consumo o para reducirla a niveles que no sean perjudiciales para la salud.

La estrategia preferida es un sistema de gestión que hace hincapié en la prevención o reducción de la entrada de patógenos a los recursos hídricos y que reduce la dependencia en las operaciones de tratamiento para la eliminación de patógenos (OMS, 2006).

En términos generales, los mayores riesgos microbianos son los derivados del consumo de agua contaminada con excrementos humanos o animales (incluidos los de las aves). Los excrementos pueden ser fuente de patógenos, como bacterias, virus, protozoos y helmintos (OMS, 2006).

La OMS (2006) indica que los patógenos fecales son los que más preocupan a la hora de fijar metas de protección de la salud relativas a la inocuidad microbiana. Se producen con frecuencia variaciones acusadas y bruscas de la calidad

microbiológica del agua. Pueden producirse aumentos repentinos de la concentración de patógenos que pueden aumentar considerablemente el riesgo de enfermedades y pueden desencadenar brotes de enfermedades transmitidas por el agua. Además, pueden exponerse a la enfermedad numerosas personas antes de que se detecte la contaminación microbiana. Por estos motivos, para garantizar la inocuidad microbiana del agua de consumo no puede confiarse únicamente en la realización de análisis del producto final, incluso si se realizan con frecuencia.

Para gestionar la inocuidad microbiana del agua de consumo es preciso:

- Evaluar el conjunto del sistema, para determinar los posibles peligros a los que puede estar expuesto (OMS, 2006).
- Determinar las medidas de control necesarias para reducir o eliminar los peligros y realizar un monitoreo operativo para garantizar la eficacia de las barreras del sistema (OMS, 2006).
- Elaborar planes de gestión que describan las medidas que deben adoptarse en circunstancias normales y si se producen incidentes (OMS, 2006).

Para el propósito de la presente investigación se realizará el análisis de los parámetros microbiológicos, para evaluar la eficiencia del sistema de desinfección.

- **Coliformes totales:** son bacterias que poseen propiedades aeróbicas y anaeróbicas gran negativas no esporuladas de manera alargada que se desarrollan

en colonias, son indicadores de la calidad de agua para consumo humano. (Flores, 2016)

- **Coliformes termotolerantes:** son un grupo de microorganismos bastante reducidos indicadores además de la calidad debido que estas bacterias son de origen fecal. La frecuencia alta de los resultados en los estudios bacteriológicos nos sugiere que existe una contaminación fecal en el agua, por lo cual constantemente es preferible hacer el monitoreo para los estudios bacteriológicos de los sistemas de abasto de agua potable. (Hernández, 2008)

2.2.5 Decreto supremo 031-2010-SA

Establece los límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos y parasitológicos del agua para consumo humano. (Sistema Nacional de Información Ambiental, 2017)

2.2.6 Estándares de calidad ambiental (ECA)

Los ECAS son el nivel de concentración de elementos o sustancias físicas, químicas y biológicas, presentes en el aire, agua o suelo, los cuales no representan riesgo significativo para la salud de las personas ni para el ambiente. (Ministerio del Ambiente, 2017).

Para fines de la presente investigación se utilizará los límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos y parasitológicos establecidos en el D.S. N° 031-2010-SA.

2.2.7 Aspectos biológicos del agua

En las aguas superficiales se encuentra una amplia gama de organismos no perceptibles a simple vista. En condiciones normales, estos organismos permiten el desarrollo de los ciclos biológicos y químicos en el cuerpo de agua y no son necesariamente nocivos para la salud o para el tratamiento del agua.

Los organismos propios de las aguas superficiales están en permanente actividad y ninguno vive aislado. Su existencia depende del medio que los rodea. Se entiende por medio tanto el ambiente físico como los organismos con los cuales se convive. Todos forman parte de un ecosistema.

Un ecosistema es una unidad ecológica cuyos componentes básicos, fisicoquímicos y biológicos, operan juntos para producir una estabilidad funcional.

La supervivencia de los microorganismos propios de las aguas superficiales está ligada a la presencia de ciertos factores tales como temperatura, horas luz e intensidad luz, gas carbónico, nutrientes, minerales, entre otros, y precisamente la contaminación del agua altera dichos factores debido a la introducción de sustancias extrañas al ecosistema.

En un ecosistema acuático, la luz solar regula la fotosíntesis y los organismos que tienen clorofila, como las algas, acumulan energía que utilizan para su sostenimiento, crecimiento y reproducción. Este grupo de organismos son los productores primarios, su energía es transmitida a los animales herbívoros, como los Cladóceros, los Copépodos y los Rotíferos, que se alimentan de las algas y por ello se les conoce como consumidores de primer orden. Estos, a su vez, sirven de alimento para los consumidores de los órdenes sucesivos. De este modo, se forma una red alimenticia cuya diversidad aumenta con la organización y complejidad del ecosistema.

En las aguas superficiales existe un grupo de organismos que actúan en los procesos de biodegradación. Este grupo está conformado principalmente por bacterias y hongos. Estos organismos transforman la materia orgánica muerta en compuestos inorgánicos simples. La biodegradación de la materia orgánica favorece la autodepuración de las aguas, que se produce cuando la materia está constituida por sustancias que pueden ser biodegradadas por los microorganismos responsables de esta actividad biológica.

2.3 Discusión teórica

El desinterés casi generalizado de las autoridades y gestores del agua ha propiciado una situación crítica sobre saneamiento en muchas comunidades rurales, por lo que, a través de la presente investigación se buscó determinar la eficiencia del sistema de desinfección del

agua para consumo humano del centro poblado Manzanilla, sector La Pila – San Marcos – Cajamarca, 2022.

La presencia de los organismos de vida libre en condiciones normales es beneficiosa para las aguas superficiales. Se convierte en un problema cuando su concentración y composición alteran la calidad del agua y se presentan dificultades para el uso y tratamiento del recurso hídrico.

Las bacterias patógenas de transmisión hídrica provienen de seres humanos y de animales de sangre caliente (animales domésticos, ganado y animales silvestres). Estos agentes microbianos llegan a los cursos de agua a través de las descargas de aguas residuales sin tratar o con tratamiento deficiente, drenaje de lluvias, descargas de plantas de procesamiento de carne de ganado y de aves, escorrentías que pasan por los corrales de ganado. En las zonas rurales la práctica de la defecación a campo abierto también constituye una fuente de contaminación de las aguas superficiales. En cambio, las aguas de origen subterráneo tienen una baja incidencia de contaminación bacteriana.

Los coliformes termotolerantes y los coliformes totales y, como organismo indicador de mayor precisión para detectar la contaminación fecal, la *Escherichia coli*.

Las guías establecen que el agua de bebida no debe contener agentes patógenos que puedan ser transmitidos a los seres humanos mediante la ingestión del agua y propone que los coliformes termotolerantes o *E. coli* no deben estar presentes en 100 mililitros de muestra

en el agua tratada, tanto la entubada como la transportada en camiones cisterna o almacenada en reservorios de agua potable. En el caso de sistemas de suministro en los cuales se cuenta con un programa de vigilancia que considera un número de muestras y una frecuencia adecuada, se acepta la presencia de coliformes totales en el sistema de distribución en un máximo de 5% de las muestras tomadas en un periodo de 12 meses.

La vigilancia de la calidad del agua efectuada a través de la medición de los parámetros antes mencionados garantiza, con las limitaciones y el grado de incertidumbre que conlleva la aplicación de cualquier sistema de vigilancia, que el agua está libre de microorganismos infecciosos.

Las bacterias patógenas que tienen un alto significado para la salud son el *Vibrio cholerae*, la *Escherichia coli enteropatogénica*, la *Salmonella typhi*, la *Shigella*, el *Campylobacter jejune* y la *Yersinia enterocolitica*, entre otras. Estas bacterias se transmiten por vía oral. La mayoría tiene un tiempo de persistencia en el agua que va de corto a moderado, baja resistencia al cloro y una dosis infectiva alta. Se ha demostrado que, en algunas bacterias como la *Salmonella*, el reservorio animal cumple un papel importante. También se sabe que la mayoría de bacterias patógenas no se multiplican en el ambiente, pero algunas, como el *Vibrio cholerae*, pueden multiplicarse en aguas naturales.

La evaluación de la calidad microbiológica del agua de abastecimiento humano se efectúa mediante la determinación de indicadores. Los que comúnmente se utilizan son los coliformes totales, los coliformes termotolerantes (fecales), la *Escherichia coli* y las

bacterias heterotróficas mesófilas aerobias viables. Se han efectuado interesantes estudios con el objeto de conocer la relación que existe entre la presencia de determinados indicadores de contaminación en el agua de bebida y la prevalencia de enfermedades diarreicas.

Durante un año se realizó el control de la calidad del agua con cuatro indicadores bacterianos (coliformes termotolerantes, *Escherichia coli*, enterococos y estreptococos fecales) y se efectuó un seguimiento epidemiológico de los cuadros de diarrea en niños menores de 2 años. Se observó una tasa altamente significativa de enfermedades diarreicas solamente en los niños que bebían agua con *Escherichia coli* en concentraciones mayores a 100/100 mL.

Esto sugiere que en los países en vías de desarrollo en los cuales la calidad del agua es de buena a regular —es decir, agua con ausencia o escaso número de *Escherichia coli*— y donde se presenta una alta tasa de enfermedades diarreicas producidas por microorganismos hidrottransmisibles, hay otros mecanismos que cumplen un rol importante en la transmisión de dichas enfermedades. Entre estos mecanismos están las condiciones de almacenamiento del agua y la forma de preparar y almacenar los alimentos que han estado en contacto con el agua contaminada. Estos factores favorecen la multiplicación de algunas bacterias patógenas procedentes del agua contaminada y la producción de toxinas, lo cual incrementa la tasa de enfermedades diarreicas.

Los coliformes son bacterias que habitan en el intestino de los mamíferos y también se presentan como saprofitos en el ambiente, excepto la *Escherichia*, que tiene origen

intestinal. Los coliformes tienen todas las características requeridas para ser un buen indicador de contaminación. Este grupo de microorganismos pertenece a la familia de las enterobacteriáceas. Se caracterizan por su capacidad de fermentar la lactosa a 35-37 °C en un lapso de 24-48 horas y producir ácido y gas.

Los siguientes géneros conforman el grupo coliforme: *Klebsiella*, *Escherichia*, *Enterobacter*, *Citrobacter* y *Serratia*.

De este grupo, la *Escherichia* y ocasionalmente la *Klebsiella* tienen la capacidad de fermentar la lactosa no solo a las temperaturas indicadas, sino también a 44,5 °C. A los miembros de este grupo se les denomina *coliformes termotolerantes* (fecales).

Coliformes totales. Los coliformes totales se caracterizan por su capacidad de fermentar la lactosa entre 35 - 37 °C en 24 - 48 horas y producir ácido y gas. Tienen la enzima cromogénica B galactosidasa, que actúa sobre el nutriente indicador ONPG. Este nutriente sirve como fuente de carbono y su efecto consiste en un cambio de color en el medio de cultivo. La reacción se detecta por medio de la técnica de sustrato definido. Las técnicas de análisis más conocidas son la prueba de tubos múltiples y la de filtración con membrana.

Los coliformes totales se reproducen en el ambiente, proporcionan información sobre el proceso de tratamiento y acerca de la calidad sanitaria del agua que ingresa al sistema y

de la que circula en el sistema de distribución. No constituyen un indicador de contaminación fecal.

Coliformes termotolerantes (fecales). Se sabe que la contaminación fecal del agua está relacionada con la transmisión de agentes patógenos por el agua. Por este motivo, se requieren métodos sensibles que permitan medir el grado de contaminación fecal.

Se denomina *coliformes termotolerantes* a ciertos miembros del grupo de bacterias coliformes totales que están estrechamente relacionados con la contaminación fecal. Por este motivo, antes recibían la denominación de *coliformes fecales*; estos coliformes generalmente no se multiplican en los ambientes acuáticos.

Los coliformes termotolerantes crecen a una temperatura de incubación de 44,5 °C. Esta temperatura inhibe el crecimiento de los coliformes no tolerantes. Se miden por pruebas sencillas, de bajo costo y ampliamente usadas en los programas de vigilancia de la calidad del agua.

2.4 Definición de términos básicos

2.4.1 Bacterias

Son seres de organización simple, unicelulares. Se distribuyen en una amplia variedad de sustratos orgánicos (suelo, agua, polvo atmosférico). La mayor parte de bacterias son beneficiosas para el ecosistema acuático. De ellas depende la mayor parte de las transformaciones orgánicas. Favorecen la autodepuración de los cuerpos

de agua. Existe otro grupo de bacterias que son patógenas y que pueden causar enfermedades graves en el hombre y en los animales.

2.4.2 Protozoarios.

Son organismos unicelulares, con una amplia distribución en los cuerpos acuáticos. La mayor parte de los protozoarios son beneficiosos, pues contribuyen a preservar el equilibrio de los ecosistemas acuáticos. Su incremento anormal puede ocasionar alteraciones en el ecosistema acuático; otro grupo de protozoarios son parásitos y pueden causar enfermedades en el hombre y en los animales.

2.4.3 Rotíferos, Copépodos y otros Crustáceos.

Conforman los grupos predominantes del zooplancton de aguas superficiales y, al igual que los protozoarios, participan en la cadena alimenticia de los ecosistemas acuáticos. El incremento anormal del zooplancton causa un desequilibrio en el sistema y trae consecuencias negativas como la disminución del oxígeno disuelto, alteraciones en el pH, en el olor y el color del agua, entre otras.

2.5 Hipótesis

H₁: Los valores de los parámetros microbiológicos al compararlos con los límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos y parasitológicos establecidos en el D.S. N° 031-2010-SA, determinan que el sistema de desinfección del agua para consumo humano del centro poblado Manzanilla, sector La Pila – San Marcos – Cajamarca, 2022 es eficiente.

H₀: Los valores de los parámetros microbiológicos al compararlos con los límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos y parasitológicos establecidos en el D.S. N° 031-2010-SA determinan que el sistema de desinfección del agua para consumo humano del centro poblado Manzanilla, sector La Pila – San Marcos – Cajamarca, 2022 NO es eficiente.

2.5.1 Operacionalización de variables

Tabla 1:

Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN	INDICADORES	INSTRUMENTOS
Independiente			
Sistema de desinfección	Procesos fisicoquímicos destinados a eliminar gérmenes.	Ausencia de coliformes termotolerantes y coliformes totales	Guía de ensayo de laboratorio
Dependiente			
Parámetros microbiológicos	Condiciones biológicas en que se encuentra el agua, en su estado natural o después de ser alteradas por el accionar humano	Coliformes termotolerantes, E. Coli y Coliformes totales (MNP/100mL)	D.S 031-2010 SA

Fuente: elaboración propia

CAPÍTULO III: MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

3. Estrategias Metodológicas

3.1 Unidad de análisis, universo y muestra

3.1.1 Unidad de Análisis

Calidad microbiológica del agua para consumo humano del centro poblado Manzanilla, sector La Pila – San Marcos – Cajamarca.

3.1.2 Universo

Calidad del agua en función a sus parámetros microbiológicos del agua para consumo humano.

3.1.3 Muestra

Volumen de agua para la caracterización de parámetros microbiológicos del agua para consumo humano del centro poblado Manzanilla, sector La Pila – San Marcos – Cajamarca.

3.2 Métodos de investigación

El proceso de investigación es del tipo descriptivo, comparativo y con un diseño longitudinal, pues no se tendrá el control premeditado de ninguna de las variables y en su lugar se buscará determinar la calidad del agua para consumo humano del centro poblado Manzanilla, sector La Pila – San Marcos – Cajamarca, mediante los parámetros microbiológicos, en tiempos alternados (Hernández et al. 2014).

El esquema propuesto es el siguiente:

M - O1 - X - O2

Donde:

M = Representaría el objeto de estudio, es decir el agua para consumo humano del centro poblado Manzanilla, sector La Pila – San Marcos – Cajamarca.

O1 = Se refiere a la medición de los parámetros microbiológicos, antes del proceso de desinfección.

X = Tratamiento (desinfección).

O2 = Se refiere a la medición de los parámetros microbiológicos, antes del proceso de desinfección.

3.3 Técnicas de recolección de datos

- Reconocimiento del lugar de muestreo.
- Medición de parámetros de campo.
- Toma de muestras y rotulado.
- Almacenamiento, conservación y transporte de muestras.
- Comparación entre los resultados de cada ensayo, con los límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos y parasitológicos establecidos en el D.S. N° 031-2010-SA.

3.4 Instrumentos

- Frascos de muestreo.
- Libreta.
- Etiquetas para la identificación de frascos.
- Plumón indeleble.
- GPS.
- Equipos multiparámetro.
- Cadena de custodia.
- Cooler.
- Cámara fotográfica.
- Guantes.
- D.S. N° 031-2010-SA.

3.5 Técnicas de análisis de datos

En el estudio de datos se utilizará un enfoque cuantitativo para poder realizar el análisis de datos, y a su vez se usarán los datos brindados por los límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos y parasitológicos establecidos en el D.S. N° 031-2010-SA, para poder realizar una comparación de resultados.

Por otro lado, para el análisis estadístico de la investigación se realizó mediante el Test U de Mann - Whitney para muestras independientes (no pareadas).

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4. Presentación de Resultados

Para el desarrollo de la investigación se realizó mediciones de Coliformes termotolerantes, *Escherichia coli* y coliformes termotolerantes en el agua para consumo humano del centro poblado Manzanilla, sector La Pila – San Marcos – Cajamarca, 2022. La cual fue tratada con hipoclorito de calcio (2.86 L de solución al 3.5% / 1000L de agua) para evaluar su eficiencia sobre la carga microbiológica, comparando los resultados con los límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos y parasitológicos establecidos en el D.S. N° 031-2010-SA donde se establece la calidad del agua para consumo humano.

La contrastación de hipótesis se realizó mediante el Test U de Mann - Whitney para muestras independientes (no pareadas), porque no cumplen el supuesto de distribución normal (normalidad); como se evidencia en este caso no es posible utilizar la prueba T Student para muestras independientes.

Tabla 2*Resultados de la concentración microbiológica MSP - 001*

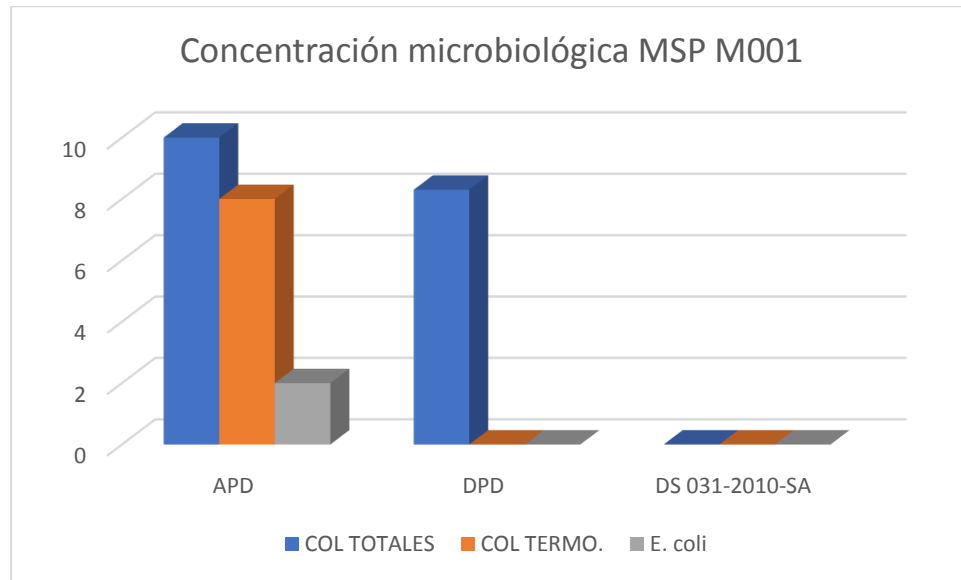
MUESTRA	MSP-001			
FECHA DE MUESTREO	21-06-22	RESULTADO		LMP D.S N° 031-2010-SA.
HORA DE MUESTREO	15:17-15:30			
PARÁMETRO	UNIDAD	APD	DPD	(UFC/100mL)
Coliformes totales	UFC/100mL a 35°C	10	8.3	0
Coliformes termotolerantes	UFC/100mL a 44.5°C	8	0	0
<i>Escherichia coli</i>	UFC/100mL a 44.5°C	2	0	0

Elaboración propia

En la tabla 2 se muestra los resultados de la concentración microbiológica del agua el día 21 de junio del 2022, de La Manzanilla Sector la Pila Provincia de San Marcos – Cajamarca 2022, y la comparación con los límites máximos permisibles del agua para consumo humano, establecidos en el D.S N° 031-2010-SA; donde se puede evidenciar que la concentración de coliformes totales se reducen de 10 a 8.5 UFC /10mL a 35° C de antes y después del proceso de desinfección respectivamente, sin embargo, los coliformes termotolerantes y la E. coli se reducen a 0 UFC/100mL a 44.5°C después del proceso de desinfección, lo que indica que el proceso de desinfección cumple con lo establecido en el DS 031-2010-SA.

Figura 1:

Resultados de la concentración microbiológica MSP - 001



En la presente figura 1 se muestran los valores de la tabla N° 2 con el fin de mejorar su visualización e interpretación, evidenciándose que el proceso de desinfección solamente cumple con lo establecido en el DS 031-2010-SA, solamente para coliformes termotolerantes y E. coli, más no para coliformes totales, y esto es porque en las concentraciones de coliformes totales se consideran otros géneros de microorganismos.

Tabla 3

Resultados de la concentración microbiológica MSP - 002

MUESTRA	MSP-002	RESULTADO		LMP D.S N° 031-2010-SA. (UFC/100mL)
FECHA DE MUESTREO	04-07-22	APD	DPD	
HORA DE MUESTREO	13:15-13:30			
PARÁMETRO	UNIDAD			
Coliformes totales	UFC/100mL a 35°C	34	0	0

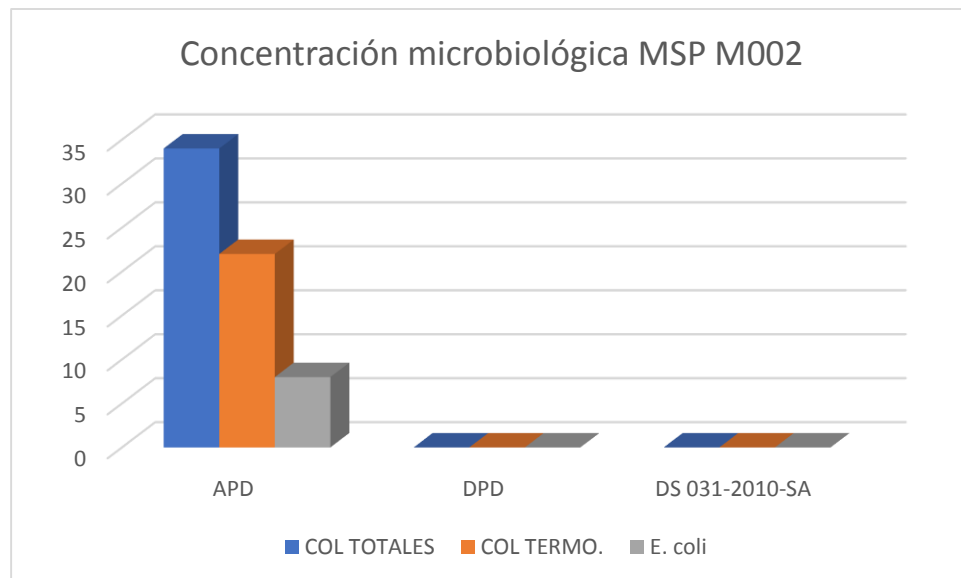
Coliformes termotolerantes	UFC/100mL a 44.5°C	22	0	0
<i>Escherichia coli</i>	UFC/100mL a 44.5°C	12	0	0

Elaboración propia.

En la tabla 3 se muestra los resultados de la concentración microbiológica del agua el día 04 de julio del 2022, de La Manzanilla Sector la Pila Provincia de San Marcos – Cajamarca 2022, y la comparación con los límites máximos permisibles del agua para consumo humano, establecidos en el D.S N° 031-2010-SA; donde se puede evidenciar que la concentración de coliformes totales se reducen de 35 a 0 UFC /10mL a 35° C de antes a después del proceso de desinfección respectivamente, de igual manera, los coliformes termotolerantes y la *E. coli* se reducen de 22 y 12 a 0 UFC/100mL a 44.5°C después del proceso de desinfección respectivamente, lo que indica que el proceso de desinfección cumple con lo establecido en el DS 031-2010-SA tanto para coliformes totales, coliformes termotolerantes y *E. coli*.

Figura 2:

Resultados de la concentración microbiológica MSP - 002



En la presente figura 2 se muestran los valores de la tabla N° 3 con el fin de mejorar su visualización e interpretación, evidenciándose que el proceso de desinfección cumple con lo establecido en el DS 031-2010-SA, tanto para coliformes totales, coliformes termotolerantes y *E. coli*.

Tabla 4:

Resultados de la concentración microbiológica MSP - 002

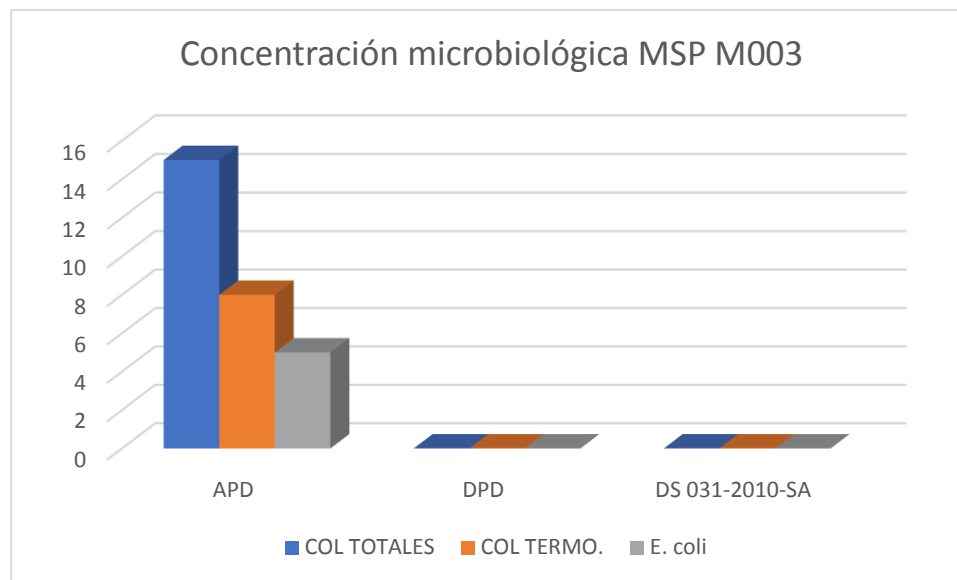
MUESTRA	MSP-002	RESULTADO			LMP D.S N° 031-2010-SA. (UFC/100mL)
FECHA DE MUESTREO	19-07-22				
HORA DE MUESTREO	14:50-16:10				
PARÁMETRO	UNIDAD	APD	DPD		
Coliformes totales	UFC/100mL a 35°C	15	0		0
Coliformes termotolerantes	UFC/100mL a 44.5°C	8	0		0
<i>Escherichia coli</i>	UFC/100mL a 44.5°C	5	0		0

Elaboración propia

En la tabla 4 se muestra los resultados de la concentración microbiológica del agua el día 19 de julio del 2022, de La Manzanilla Sector la Pila Provincia de San Marcos – Cajamarca 2022, y la comparación con los límites máximos permisibles del agua para consumo humano, establecidos en el D.S N° 031-2010-SA; donde se puede evidenciar que la concentración de coliformes totales se reducen de 15 a 0 UFC /10mL a 35° C de antes a después del proceso de desinfección respectivamente, de igual manera, los coliformes termotolerantes y la *E. coli* se reducen de 8 y 5 a 0 UFC/100mL a 44.5°C después del proceso de desinfección respectivamente, lo que indica que el proceso de desinfección cumple con lo establecido en el DS 031-2010-SA tanto para coliformes totales, coliformes termotolerantes y *E. coli*.

Figura 3:

Resultados de la concentración microbiológica MSP - 003



En la presente figura 3 se muestran los valores presentados en la tabla N° 4 con el fin de mejorar su visualización e interpretación, evidenciándose que el proceso de desinfección cumple con lo establecido en el DS 031-2010-SA, tanto para coliformes totales, coliformes termotolerantes y E. coli.

Proceso de prueba de hipótesis

Una vez recogido los datos útiles para la investigación, éstos fueron almacenados en las hojas de cálculo en la plataforma del software estadístico SPSS. El estudio estadístico ha consistido en la prueba de normalidad, el cálculo de media, mediana, desviación estándar, rangos y grado de significancia, la contrastación de hipótesis se realizó mediante el Test U de Mann - Whitney para muestras independientes (no pareadas).

Tabla 5*Resumen de procesamiento de casos de las muestras M1 y M2*

Resumen de procesamiento de casos						
	Válido		Casos Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
APD	9	100,0%	0	0,0%	9	100,0%
DPD	9	100,0%	0	0,0%	9	100,0%

La tabla 5 nos indica que los casos válidos son el 100% tanto para las muestras antes del proceso de desinfección (APD), así como las muestras después del proceso de desinfección (DPD), cuyos datos muestran la concentración microbiológica del agua de La Manzanilla Sector la Pila Provincia de San Marcos – Cajamarca 2022, destinada al consumo humano.

Tabla 6*Resumen de descriptivos de las muestras APD y DPD*

Descriptivos			Estadístico	Error típ.
	Media		,9222	,92222
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	-1,2044	
		Límite superior	3,0489	
	Media recortada al 5%		,5636	
	Mediana		,0000	
	Varianza		7,654	
APD	Desv. típ.		2,76667	
	Mínimo		,00	
	Máximo		8,30	
	Rango		8,30	
	Amplitud intercuartil		,00	
	Asimetría		3,000	,717
	Curtosis		9,000	1,400

	Media		12,8889	3,27212
	Intervalo de confianza para	Límite inferior	5,3434	
	la media al 95%	Límite superior	20,4344	
	Media recortada al 5%		12,3210	
	Mediana		10,0000	
	Varianza		96,361	
DPD	Desv. típ.		9,81637	
	Mínimo		2,00	
	Máximo		34,00	
	Rango		32,00	
	Amplitud intercuartil		12,00	
	Asimetría		1,382	,717
	Curtosis		1,910	1,400

La tabla 6 nos indica que la mediana de los datos obtenidos antes del proceso de desinfección (APD = 0.00) es diferente que la mediana de los datos obtenidas después del proceso de desinfección (DPD = 10.00) del agua para consumo humano de La Manzanilla Sector la Pila Provincia de San Marcos – Cajamarca 2022, esto significa que el proceso de desinfección si es eficiente.

Tabla 7

Prueba de normalidad de las muestras APD y DPD

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
DPD	,519	9	,000	,390	9	,000
APD	,203	9	,200	,882	9	,177

a. Corrección de significación de Lilliefors

La tabla 7 muestra el grado de significancia (Sig.), es decir, el p valor tanto para APD y DPD, donde el grado de significancia para DPD = 0.00 y para APD = 0.177, en estos casos donde uno de los grados de significancia indica cumplir con una distribución normal y el otro no, se considera que los dos grados de significancia no cumplen con la distribución normal, es decir que son menores que 0.05 ($p < 0.05$), lo que indica que los datos no siguen una distribución normal, por lo tanto se tiene que aplicar pruebas no paramétricas, y por el número de muestras (< de 50) se considera la prueba de Shapiro - Wilk.

Contrastación de hipótesis:

De acuerdo al propósito de la presente investigación y de acuerdo a los resultados de la prueba de normalidad, la contrastación de hipótesis se realizó mediante el Test U de Mann - Whitney para muestras independientes (no pareadas) y que no cumplen el supuesto de distribución normal (normalidad); como se evidencia en este caso no es posible utilizar la prueba T Student para muestras independientes.

$$H_0: Me_1 = Me_2$$

$$H_1: Me_1 \neq Me_2$$

Estadístico de prueba:

$$U_1 = n_1 n_2 + \frac{n_1(n_1 + 1)}{2} - R_1$$

$$U_2 = n_1 n_2 + \frac{n_2(n_2 + 1)}{2} - R_2$$

Donde:

$n_1 =$ tamaño de la muestra del grupo 1

$n_2 =$ tamaño de la muestra del grupo 2

$R_1 =$ sumatoria de los rangos del grupo 1

$R_2 =$ sumatoria de los rangos del grupo 2

PM_{1y2} = datos de ensayo

DS 031-2010-SA

Desarrollo:

PM _{1y2}	$n_1 = 9$	$R_1 = 45$	$U_1 = 81$
-------------------	-----------	------------	------------

DS 031-2010-SA	$n_2 = 9$	$R_2 = 126$	$U_2 = 0,0$
----------------	-----------	-------------	-------------

U = min(U_1, U_2)

U = 0

Cuando las muestras son mayores a 10 podemos aproximar a una distribución normal estándar, con media = 0 y varianza = 1; mediante la siguiente fórmula:

Z estandarizado:

$$Z = \frac{U - \frac{n_1 n_2}{2}}{\sqrt{\frac{n_1 n_2 (n_1 + n_2 + 1)}{12}}} \sim N(0,1)$$

$$Z_{cal} = -3,576$$

probabilidad $\alpha = 0,05$

Valor crítico: $Z_{1-\frac{\alpha}{2}} = 1,96$

Por teoría debemos rechazar la H_0 si: $|Z_{cal}| > Z_{1-\frac{\alpha}{2}}$

$$\text{Entonces: } 3,576 > 1,96$$

Por lo tanto, se rechaza la H_0

Y para confirmar el rechazo de la H_0 se realiza el cálculo del p-valor (significancia bilateral).

Que por teoría se recomienda rechazar la H_0 , siempre que el valor de la *Sig. bilateral* $< \alpha$

$$\text{Sig. bilateral} = 0,000$$

$$\alpha = 0,05$$

$$\text{Entonces: } 0,000 < 0,05$$

Por lo tanto, se rechaza la H_0

Interpretación:

Se puede notar que el valor absoluto del Z calculado ($|Z_{cal}|$), es mayor que el valor crítico $Z_{1-\frac{\alpha}{2}}$; es decir que: $|Z_{cal}| > Z_{1-\frac{\alpha}{2}}$ lo que por teoría nos permite rechazar la hipótesis nula, y confirmando esta premisa se evidencia que la significancia bilateral (sig. bil) o p-valor es menor que α es decir que *Sig. bilateral* $< \alpha$.

Esto significa que para los propósitos de la presente investigación se rechaza la H_0 : “Los valores de los parámetros microbiológicos al compararlos con los límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos y parasitológicos establecidos en el D.S. N° 031-2010-SA determinan que el sistema de desinfección del agua para consumo humano del centro poblado Manzanilla, sector La Pila – San Marcos – Cajamarca, 2022 NO es eficiente”; condición que nos permite considerar la H_1 : “*Los valores de los parámetros microbiológicos al compararlos con los límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos y parasitológicos establecidos en el D.S. N° 031-2010-SA determinan que el sistema de desinfección del agua para consumo humano del centro poblado Manzanilla, sector La Pila – San Marcos – Cajamarca, 2022 es eficiente*”.

Discusión

El propósito de la presente investigación se condice con lo planteado por Luján, et al., (2019) en su investigación sobre la calidad microbiológica y usos del agua subterránea en establecimientos agropecuarios del Centro-Sur de Córdoba, Argentina, menciona que la calidad microbiológica del agua debe considerarse como un parámetro elemental para definir su aptitud para diferentes usos: consumo de la población rural; pues nuestra investigación está referida a la evaluación microbiológica del agua para consumo humano. También con Brousett-Minaya, et. al (2018), cuyo objeto de estudio fue verificar la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua para consumo humano, proveniente de la población Chullunquiani, Juliaca-Puno, quienes concluyen que el agua que abastece al poblado no cumple con las normativas microbiológicas, recomendando implementar un programa de monitoreo. Es pertinente mencionar que Tibanquiza (2018), evaluó la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua potable de la Junta Administradora San José de Puñachizag, Cantón Quero, Provincia de Tungurahua, lo que permitió determinar si el agua es apta para el consumo humano, Concluyendo que el agua no es apta para consumo humano, por lo que se recomienda verificar el tratamiento de desinfección.

Gonzales (2018), la investigación tuvo como objetivo la evaluación de la calidad de agua para consumo humano en el asentamiento Señor de los Milagros, distrito de Yarinacocha, se determinó la calidad de agua a través del análisis de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos tomados de 2 puntos de monitoreo de fuentes subterráneas. Los resultados mostraron que: el agua no es apta para el consumo humano ya que, los parámetros fisicoquímicos no cuentan con el porcentaje adecuado de cloro residual libre, y

los análisis microbiológicos confirmaron presencia de coliformes totales y termotolerantes. Lo que indica que es necesario implementar un sistema de tratamiento consistente en un proceso de desinfección.

El proceso de desinfección es fundamental para garantizar un proceso de salubridad, lo que es respaldado por Contreras (2021) en su investigación determinó la calidad del agua para consumo humano en los manantiales para así mejorar las condiciones de salubridad en los pobladores de la parcialidad de Jiscullaya del distrito de Ilave. Los resultados muestran que los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos se encuentran dentro de los límites máximos permisibles para el consumo humano a excepción los coliformes totales.

Los resultados de la presente investigación indican que el tratamiento no es eficiente para los coliformes totales, la misma que se condice con lo planteado por Esquivel & Murga (2019) en este estudio se da a conocer el grado de contaminación de Las aguas superficiales que abastecen el consumo de los pobladores del distrito de Santiago de Chuco proviene de las siguientes fuentes: Huayatan, Laguna negra, Cortaderas y peñones y Canal Vicente Jiménez. Convergen a una planta de tratamiento ubicada en el Barrio San Cristóbal de la ciudad, para luego ser distribuida a los 4 barrios que conforman el distrito de Santiago de Chuco. De los análisis fisicoquímicos y microbiológicos se puede concluir que existen contaminación en la parte microbiológica: coliformes totales 240, 540, 920 NMP/100mL. Sin embargo, se contradice en relación a la concentración de Coliformes termotolerantes. 38, 63, 120, 46, 12 NMP/100mL.

Aguilar (2019) en su investigación diseñó y construyó una microplanta para el abastecimiento de 600 L/día de agua cruda. El sistema se operó durante 4 meses; realizando cinco muestreos tanto de agua entrante (agua cruda) y agua saliente (agua tratada) en forma periódica. Los resultados obtenidos de indicadores fisicoquímico y bacteriológico fueron evaluados y comparados con los valores exigidos en el ECA según los establecido en el D.S. 002-2015.MINAM. y D.S. N° 031-2010-SA del Ministerio de Salud. Evaluar la eficiencia de una microplanta potabilizadora de agua en la que utiliza un filtro lento de arena como medio de desinfección en comunidad nativa de Chunchiwi Lamas – Región San Martín; bajo condiciones controladas y en términos de comparación de pH, turbiedad, Coliformes totales, Coliformes termotolerantes y *Escheria Coli*. Con respecto al agua tratada, la turbiedad tuvo un valor promedio de 3.04; el pH un valor promedio de 7.40, los Coliformes totales de 494.02; los Coliformes termotolerantes fue de 6.14 y para *Escherichia coli*, el valor promedio fue de 3.42. que se contradice con nuestros hallazgos en la presente investigación, pues nuestro proceso de desinfección fue eficiente para coliformes termotolerantes y *E. coli*. Sin embargo, coincide con lo planteado por Chambilla (2020), en la investigación se planteó analizar los parámetros físico-químicos y bacteriológicos del agua para consumo humano de la comunidad de Chinchera, Distrito de Chucuito-2018, se recolectaron 15 muestras donde el análisis de los resultados concluyó que la calidad físico-química y bacteriológica del agua de la comunidad cumple con los requisitos técnicos, con excepción en lo referente a coliformes totales que dio 210 coliformes excediendo así los LMP, siendo peligroso para el consumo humano.

Soriano (2018), el proyecto tuvo como objetivo evaluar la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua del centro poblado de Pata Pata-Paríamarca con el fin de determinar si es admisible para el consumo humano, se comparó los resultados obtenidos con los límites máximos permisibles y con los estándares de calidad ambiental categoría A1, concluyendo que el agua de los puntos de muestreo no son aceptables para el consumo humano ya que se encontró presencia excesiva de coliformes totales y termotolerantes, por lo que se recomienda un proceso de tratamiento, que coincide con nuestra investigación pues el tratamiento se mostró deficiente para coliformes totales, pues la normativa vigente recomienda una valoración de 0 UFC / 100mL.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones:

- Se realizó caracterización microbiológica del agua para consumo humano del centro poblado Manzanilla, sector la Pila – San Marcos para determinar la eficiencia del proceso de desinfección.
- Se detectó que los valores de las concentraciones microbiológicas antes del proceso de desinfección en la fecha 21/06/22 Coliformes totales 10 UFC/100mL a 35°C, coliformes termotolerantes 8 UFC/100mL a 45°C y *Escherichia coli* 2 UFC/100mL a 45°C. En la fecha 04/07/22 Coliformes totales 34 UFC/100mL a 35°C, coliformes termotolerantes 22 UFC/100mL a 45°C y *Escherichia coli* 12 UFC/100mL a 45°C y en la fecha 19/07/22 Coliformes totales 15 UFC/100mL a 35°C, coliformes termotolerantes 8 UFC/100mL a 45°C y *Escherichia coli* 5 UFC/100mL a 45°C.
- Se detectó que los valores de las concentraciones microbiológicas después del proceso de desinfección en las fechas antes mencionadas fueron Coliformes totales 0 UFC/100mL a 35°C, coliformes termotolerantes 0 UFC/100mL a 45°C y *Escherichia coli* 0 UFC/100mL a 45°C, excepto el 21/06/22 Coliformes totales 8.3 UFC/100mL a 35°C
- Al realizar la comparación de los valores obtenidos de los parámetros fisicoquímicos con los valores establecidos en los LMP D.S 031-2010-SA, los resultados del análisis estadístico muestran que $|Z_{cal}| > Z_{1-\frac{\alpha}{2}}$ ($3.576 > 1.96$) y *Sig. bilateral* $< \alpha$ ($0,000 < 0,05$); lo que permite rechazar la H_0 es decir, y aceptar la H_1 , lo que significa que el proceso de desinfección es eficiente.

Recomendación:

- Se recomienda a las autoridades ampliar el estudio a todas las comunidades o centros poblados que cuentan con un proceso de desinfección del agua para consumo humano.

REFERENCIAS

Aguilar, W. (2019). *Evaluación de la calidad de agua para consumo humano obtenida en una microplanta utilizando filtro lento de arena en la comunidad nativa de Chunchiwi - Lamas - Región San Martín*. Tingo María - Perú: Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Brousett-Minaya, M., Chambi Rodríguez, A., Mollocondo Turpo, M., Aguilar Atamari, L., & Lujano Laura, E. (2018). Evaluación físico-química y microbiológica de agua para consumo humano Puno-Perú. *Fides et Radio-Revista de Difusión Cultural y Científica de la Universidad La Salle en Bolivia*, 15(15). Obtenido de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2071-081X2018000100005&script=sci_arttext

Calla Cacho, K., & Castrejón Chávez, M. (2020). *Calidad fisicoquímica y microbiológica de dos manatales de consumo humano en el centro poblado Chin Chin Tres Cruces, Cajamarca-2019*. Tesis, Universidad Privada del Norte, Cajamarca-Perú. Obtenido de <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/23837/Calla%20Cacho%20Keilly%20Clarisa%20-%20Castrej%c3%b3n%20Ch%c3%a1vez%20Mar%c3%ada%20Catalina.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Carpio, M., & al., e. (2014). *Norma Técnica Ecuatoriana. NTE INEN 1108:2014 Agua Potable*. Quito-Ecuador.

Chambilla Sayritupa, K. (2020). *Evaluación de la calidad físico-química y bacteriológica del agua para consumo humano en la comunidad de Chinchera, Distrito de Chucuito-2018*. Tesis, Universidad Privada San Carlos, Puno-Perú.

- Contreras, H. (2021). *Calidad del agua para consumo humano en los manantiales en la parcialidad de Jiscullaya - El Collao . Puno*. Puno - Perú: Universidad Nacional del Altiplano - Puno.
- Cordova Rumay, O. M., & Muñoz Terrones, M. d. (2021). *Evaluación de la calidad fisicoquímica y microbiológica en los manantiales de Pauco 1 y 2, Celendín 2020*. Tesis, Universidad Privado del Norte, Cajamarca-Perú. Obtenido de <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/27632/Cordova%20Rumay%2c%20Olga%20Marleny-Mu%20c%20b%20oz%20Terrones%2c%20Maria%20de%20los%20Santos.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Custodio, E., & Lamas, M. (2001). *Hidrología Subterránea*.
- Díaz, C., Esteller, M., & López, F. (2005). *Recursos Hídricos - Conceptos básicos y estudios de caso en Iberoamérica*. México: Piriguazú Ediciones - Centro Panamericano de Recursos del Agua - UAEM.
- Espinoza Hernandez, P. (2019). *Determinación del Índice de Calidad Ambiental de las aguas destinadas a consumo humano en el sector de Chanchajalla, Distrito la Tinguíña, Ica-2019*. Tesis, Universidad Privada del Norte, Cajamarca-Perú. Obtenido de <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/22316/Espinoza%20Hernandez%20Paola%20del%20Rosario.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Esquivel Zavala, W., & Murga Velásquez, C. (2019). *Calidad del agua potable y de las aguas superficiales que abastecen la planta de tratamiento de agua para el consumo humano del distrito de Santiago de Chuco - La Libertad 2018 - 2019*. La Libertad - Perú: Universidad Nacional de Trujillo.

- Fuquene, Y. (2013). *Sistemas de Abastecimiento de Agua*. Módulo didáctico, Universidad Nacional Abierta y a Distancia-UNAD., Bogotá.
- Gonzales Tavera, R. (2018). *Evaluación de la calidad del agua para consumo humano en el asentamiento humano Señor de los Milagros, Distrito de Yarinacocha-Región Ucayali-2018*. Tesis, Universidad Nacional de Ucayali, Pucallpa-Perú. Obtenido de <http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/3845/000003406T.pdf?sequence=1>
- Guamán Anilema, D. (2018). *Evaluación físico-química y microbiológica del agua de la junta administradora de agua potable de la comunidad Zazapud Hospital, Parroquia Columbe, Cantón Colta, Provincia de Chimborazo*. Tesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba-Ecuador. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/8895/1/56T00785.pdf>
- Lima Marroquín, O. (2021). *Diagnóstico de la calidad del agua para consumo humano de los pozos ubicados dentro del campus central de la Universidad de San Carlos de Guatemala conforme a la norma Coguanor 29001 y propuesta de acondicionamiento*. Tesis, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Obtenido de <http://www.repositorio.usac.edu.gt/15793/1/Orbin%20Ariel%20Lima%20Marroqu%C3%ADn.pdf>
- Luján, N. (s.f.).
- Luján, N., Bachetti, R., Damilano, G., Morgante, C., Morgante, V., Ingaramo, R., & Saino, V. (2019). CALIDAD MICROBIOLÓGICA Y USOS DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN ESTABLECIMIENTOS AGROPECUARIOS DEL CENTRO-SUR DE CÓRDOBA, ARGENTINA. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*.

- MINAM. (2013). Ciudadanía ambiental guía educación en ecoeficiencia. *Revista MINAM 02*, 66. Obtenido de https://issuu.com/ecolegios/docs/ciudadania_ambiental_-_gu__a_educac
- OMS. (2006). *Guías para la calidad del agua potable*. Organización Mundial de la Salud.
- Picazo, M. (2016). La importancia de la calidad del agua. *Ecoavant*, 1-2.
- Pinedo Pérez, R. (2019). *Participación comunitaria para mejorar la calidad del agua para consumo humano en asentamiento humano San Genaro, distrito de Chorrillos-Lima, 2019*. Tesis, Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto, Moyobamba, San Martín-Tarapoto. Obtenido de <https://tesis.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/3789/ING.%20SANITARIA%20-%20Ray%20Freddy%20Pinedo%20P%3%a9rez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sempértegui, R. (2021). *Calidad microbiológica del agua para consumo humano en la comunidad de Colpa Tuampa - Chota*. Chota - Perú: Universidad Nacional Autónoma de Chota.
- Soriano Dilas, M. (2018). *Evaluación de la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua subterránea utilizada para el consumo humano en el centro poblado Pata Pata-2018*. Tesis, Universidad Privada del Norte, C.P Pata Pata, distrito de Paríamarca, Cajamarca-Perú. Obtenido de <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/14210/Soriano%20Dilas%20Marcela.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Tibanquiza Nuñez, S. (2018). *Evaluación de la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua de consumo humano de la junta administradora de agua potable San Jose de Puñachizag, Cantón Quero, Provincia Tungurahua*. Tesis, Escuela Superior Politécnica

de Chimborazo, Riobamba-Ecuador. Obtenido de

<http://dspace.esoch.edu.ec/bitstream/123456789/8812/1/56T00755.pdf>