



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución- NoComercial-Compartirigual 2.5 Perú](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/).

Vea una copia de esta licencia en <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN**  
**FACULTAD DE ECOLOGÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**Carga microbiológica del agua subterránea de uso doméstico, en la asociación  
de viviendas Dubái, Morales - San Martín**

**Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental**

**AUTORA:**

**Johanna Sánchez Pajuelo**

**ASESOR:**

**Blgo. M.Sc. Luis Eduardo Rodríguez Pérez**

**Código N° 6052221**

**Moyobamba – Perú**

**2022**

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN

## FACULTAD DE ECOLOGÍA

### ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



**Carga microbiológica del agua subterránea de uso doméstico, en la asociación  
de viviendas Dubái, Morales - San Martín**

**AUTORA:**

**Johanna Sánchez Pajuelo**

**Sustentada y aprobada el día 26 de octubre del 2022, por los siguientes jurados:**

.....  
**Ing. M.Sc. Santiago Alberto Casas Luna**  
**Presidente**

.....  
**Ing. M.Sc. Mirtha Felicita Valverde Vera**  
**Secretario**

.....  
**Blgo. M.Sc. Alfredo Ibán Díaz Visitación**  
**Miembro**

.....  
**Blgo. M.Sc. Luis Eduardo Rodríguez Pérez**  
**Asesor**



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN  
FACULTAD DE ECOLOGIA



Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental

**ACTA DE SUSTENTACIÓN PARA OBTENER EL TÍTULO  
PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL**

Siendo las 3:00 la tarde del día **miércoles 26 de octubre del 2022** en la ciudad de Moyobamba, según la Directiva N° 01-2020-UNSM-T, aprobado con Resolución N° 367-2020-UNSM/CU-R de fecha 29 de mayo del 2020, sobre Sustentación de Tesis de Pregrado según la Modalidad No Presencial (forma virtual) de la Facultad de Ecología, se reunieron virtualmente los miembros de jurado de tesis integrado por:

**Ing. M.Sc. SANTIAGO ALBERTO CASAS LUNA : PRESIDENTE**

**Ing. M.Sc. MIRTHA FELICITA VALVERDE VERA : SECRETARIO**

**Blgo. M.Sc. ALFREDO IBÁN DÍAZ VISITACIÓN: MIEMBRO**

**Blgo. M. Sc. LUIS EDUARDO RODRIGUEZ PEREZ: ASESOR**

Para evaluar la sustentación de la tesis titulada: "**Carga microbiológica del agua subterránea de uso doméstico, en la asociación de viviendas Dubai, Morales- San Martín**"; presentado por la Bachiller en Ingeniería Ambiental **Johanna Sánchez Pajuelo** según Resolución N.º **174 -2021-UNSM/CFT/FE** fecha **28 de junio del 2021**. Los señores miembros del jurado, después de haber escuchado la sustentación virtual, las respuestas a las preguntas formuladas y terminada la réplica; luego de debatir entre sí, reservada y libremente lo declaran: **APROBADO** por **UNANIMIDAD** con el calificativo de: **BUENO** y nota **QUINCE (15)**.

En fe de la cual se firma la presente acta, siendo las 18:55 horas del mismo día, con lo cual se dio por terminado el presente acto de sustentación.

Ing. M.Sc. Santiago Alberto Casas Luna  
Presidente

Ing. M.Sc. Mirtha Felicita Valverde Vera  
Secretario

Blgo. M.Sc. Alfredo Iban Diaz Visitacion  
Miembro

Blgo. M.Sc. Luis Eduardo Rodríguez Pérez  
Asesor

## Declaratoria de autenticidad

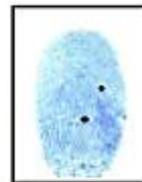
**Johanna Sánchez Pajuelo**, con DNI N° DNI N° 77348213, bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ecología de la Universidad Nacional de San Martín, autora de la tesis titulada: **Carga microbiológica del agua subterránea de uso doméstico, en la asociación de viviendas Dubái, Morales - San Martín.**

Declaro bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de mi autoría.
2. La redacción fue realizada respetando las citas y referencias de las fuentes bibliográficas consultadas.
3. Toda la información que contiene la tesis no ha sido auto plagiada;
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido alterados ni copiados, por tanto, la información de esta investigación debe considerarse como aporte a la realidad investigada.

Por lo antes mencionado, asumo bajo responsabilidad las consecuencias que deriven de mi accionar, sometiéndome a las leyes de nuestro país y normas vigentes de la Universidad Nacional de San Martín

Moyobamba, 26 de octubre del 2022.



  
.....  
**Johanna Sánchez Pajuelo**  
DNI N° 77348213

## **Dedicatoria**

Principalmente a Dios, por haberme dado vida y salud, permitiéndome llegar hasta este momento importante de mi formación como profesional.

A las personas más importantes de mi vida, mis padres, Liliana Pajuelo Cabrera y Ludvin Sánchez Tello, por su apoyo incondicional y ser el pilar que me fortalece y ayuda a seguir adelante, a mi abuelita, tíos, hermanos, que me apoyaron y creyeron en que lo lograría.

## Agradecimientos

A Dios por darme la vida y salud que me permitió llegar a esta etapa tan importante de mi vida. Asimismo, a mis padres, abuelita, tíos y hermanos, por las continuas palabras de aliento.

A mi alma mater, la Universidad Nacional de San Martín, en especial a la facultad de Ecología por los conocimientos brindados en cada una de sus aulas, que fueron en bien de mi formación académica y profesional, que me permitirán desenvolverme en el campo laboral.

De manera especial al Blgo. M.Sc. Luis Eduardo Rodríguez Pérez, por su excelente apoyo como asesor, la confianza en mí y en el proyecto de tesis.

A mis mejores amigas, Cristy y Mayneth, por su valiosa amistad y la motivación que me dieron para seguir adelante.

A una persona especial, por su paciencia, apoyo y cariño en todo momento.

Con mucho amor, gracias a todos por estar conmigo y hacer que este sueño se haga realidad.

## Índice general

Dedicatoria .....	vi
Agradecimientos .....	vii
Índice de general .....	viii
Índice de tablas .....	x
Índice de figuras .....	xi
Resumen .....	xii
Abstrat .....	xiii
 Introducción.....	 1
 CAPITULO I.....	 4
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
1.1. Antecedentes de la investigación.....	4
1.1.1. A nivel internacionales .....	4
1.1.2. A nivel nacional.....	4
1.1.3. A nivel regional y/o local.....	5
1.2. Marco teórico.....	6
1.2.1. El agua.....	6
1.2.2. Generalidades y propiedades del agua.....	6
1.2.3. Usos del agua.....	7
1.2.4. Escasez del agua .....	8
1.2.5. Agua potable.....	8
1.2.6. Calidad del agua .....	9
1.2.7. Factores que inciden en la calidad y cantidad del recurso hídrico .....	10
1.2.8. El agua subterránea .....	12
1.2.9. Carga microbiológica del agua.....	16
1.2.10. Parámetros evaluados para la caracterización de la calidad del agua para consumo humano .....	18
1.2.11. Procedimientos para la toma de muestras de agua para consumo humano.....	19
1.3. Definición de términos básico .....	22
 CAPITULO II.....	 23

MATERIALES Y MÉTODOS .....	23
2.1. Materiales .....	23
2.2. Métodos .....	23
2.2.1. Técnicas de recolección de datos.....	23
2.2.2. Determinar los parámetros microbiológicos presentes en las aguas subterráneas .....	24
2.2.3. Comparar los parámetros microbiológicos con los estándares de calidad ambiental para agua (ECAs) y límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos .....	25
2.2.4. Proponer métodos y/o medidas de desinfección del agua para eliminar la carga microbiológica del agua subterránea extraída.....	26
2.2.5. Técnicas de procesamiento y análisis de datos .....	26
CAPITULO III.....	27
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	27
3.1. Caracterización de la situación del agua poblacional en la asociación de viviendas Dubai, Morales .....	27
3.2. Determinación de parámetros microbiológicos presentes en las aguas subterráneas .....	28
3.3. Comparación de los parámetros microbiológicos con los estándares de calidad ambiental para agua (ECAs) y límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos.....	32
3.4. Propuesta metodológica y/o medidas de desinfección del agua para eliminar la carga microbiológica del agua subterránea extraída .....	41
3.5. Discusión de resultados .....	46
CONCLUSIONES .....	49
RECOMENDACIONES .....	50
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	51
ANEXOS .....	56

## Índice de tablas

Tabla 1. Métodos de ensayo bacteriológico de parámetros analizados .....	24
Tabla 2. Estándares de calidad de agua para la comparación con resultados .....	25
Tabla 3. Límites máximos permisibles de consumo de agua para la comparación con resultados .....	26
Tabla 4. Cumplimiento de resultados de parámetros bacteriológicos con los ECAs para agua.....	37
Tabla 5. Cumplimiento de resultados de parámetros bacteriológicos con los LMPs para consumo humano .....	41

## Índice de figuras

Figura 1. Parámetros bacteriológicos presentes en aguas subterráneas en época de lluvias .....	28
Figura 2. Parámetros bacteriológicos presentes en aguas subterráneas en época de verano .....	29
Figura 3. Comparación del parámetro bacteriológico coliformes totales .....	30
Figura 4. Comparación del parámetro bacteriológico coliformes termotolerantes .....	30
Figura 5. Comparación del parámetro bacteriológico <i>Escherichia coli</i> .....	31
Figura 6. Comparación de parámetros bacteriológicos presentes en aguas subterráneas en ambas épocas.....	32
Figura 7. Comparación de coliformes totales con los ECAs para agua, categoría 1: Subcategoría A1 .....	33
Figura 8. Comparación de coliformes termotolerantes con los ECAs para agua, categoría 1: Subcategoría A1 .....	34
Figura 9. Comparación de <i>Escherichia coli</i> con los ECAs para agua, categoría 1: Subcategoría A1 .....	35
Figura 10. Comparación de coliformes termotolerantes con los ECAs para agua, categoría 1: Subcategoría A2.....	35
Figura 11. Comparación de coliformes termotolerantes con los ECAs para agua, categoría 1: Subcategoría A3.....	25
Figura 12. Comparación de coliformes totales con los LMPs de parámetros microbiológicos para consumo humano.....	38
Figura 13. Comparación de coliformes termotolerantes con los LMPs de parámetros microbiológicos para consumo humano.....	39
Figura 14. Comparación de <i>Escherichia coli</i> con los LMPs de parámetros microbiológicos para consumo humano.....	40

## Resumen

La investigación fue desarrollada en la asociación de viviendas Dubai, específicamente en el pozo de agua subterránea del cual la población de este ámbito de estudio se beneficia, teniendo como objetivo: Determinar la carga microbiológica del agua subterránea para su uso doméstico, en la asociación de vivienda Dubai, Morales-San Martín; para lo cual fue de suma importancia la toma de dos muestras de la calidad microbiológica del agua (diciembre de 2021 y enero de 2022), tomando en consideración el análisis de los parámetros de coliformes totales, termotolerantes y *Escherichia coli*, encontrándose como resultados que en diciembre de 2021 las concentraciones de los parámetros bacteriológicos son 70 000,0 NMP/100 ml, 7 800,0 NMP/100 ml, 4 500,0 NMP/100 ml para coliformes totales, termotolerantes y *Escherichia coli* respectivamente, en tanto en enero de 2022 fue para coliformes totales 1 100,0 NMP/100 ml, para termotolerantes 790,0 NMP/100 ml y para *Escherichia coli* 140,0 NMP/100 ml, todos los cuales se encuentran por encima de los estándares para la subcategoría A1, A2 y A3 de la categoría 1 de los ECAs para agua e igualmente no es aceptable para el consumo humano dado a que no cumple lo establecido en los LMPs de parámetros microbiológicos y parasitológicos, por lo cual resulta ser indispensable y necesario su tratamiento para su posterior consumo, siendo el más conveniente y factible la desinfección con cloro dado a las condiciones del ámbito de estudio.

**Palabras clave:** Carga microbiológica, agua subterránea, límites máximos permisibles.

## Abstract

The research was carried out in the Dubai housing association, specifically in the groundwater well from which the population of this study area benefits, having as objective: To determine the microbiological load of groundwater for domestic use in the Dubai housing association, Morales-San Martín. The collection of two microbiological water quality samples (December 2021 and January 2022) was of utmost importance, taking into consideration the analysis of total coliform, thermotolerant and *Escherichia coli* parameters. The results showed that in December 2021 the concentrations of bacteriological parameters were 70 000.0 NMP/100 ml, 7 800.0 NMP/100 ml, 4 500.0 NMP/100 ml for total coliforms, thermotolerants and *Escherichia coli* respectively, while in January 2022 it was 1 100.0 NMP/100 ml for total coliforms, 790.0 NMP/100 ml for thermotolerants and 140.0 NMP/100 ml for *Escherichia coli*. All values are above the standards for subcategory A1, A2 and A3 of category 1 of the EQSs for water and are not acceptable for human consumption because they do not meet the MPLs for microbiological and parasitological parameters, therefore, its treatment is indispensable and necessary for its subsequent consumption, being the disinfection with chlorine the most convenient and feasible due to the conditions of the study area.

**Keywords:** Microbiological load, groundwater, maximum permissible limits.





## Introducción

El agua es considerada en el planeta tierra como un recurso principal para desarrollar de forma normal la vida, pero debido a diferentes causas de grandes desigualdades al distribuirse, gran cantidad de seres humanos no tienen acceso seguro y suficiente del líquido vital. A menudo, la población de estrato socioeconómico pobre se encuentra en la necesidad de sobrevivir con insuficiente agua potable, en los países desarrollados los casos de enfermedades derivadas del consumo del agua son prácticamente nulas, en cambio en aquellos países con características de vías de desarrollo las enfermedades que derivan del agua representan una de las principales causas de mortalidad. La falta de capacidad para el financiamiento y mantenimiento de las infraestructuras necesarias para brindar agua de calidad a las poblaciones, como la escasez de fuentes y la superpoblación son los problemas principales que se relacionan con el agua (Wrightman, 2008), estimándose que a nivel mundial el 4% de fallecimientos se relacionan con problemas de higiene, desagüe y particularmente el agua (Prüs *et al.*, 2002).

La población habitante en asentamientos humanos no cuenta con las condiciones sanitarias adecuadas y tampoco tienen acceso a agua potable, el mismo que se encuentra determinado en 40,6% para el Perú (Whinchester, 2008), usualmente el agua se suministra en camiones cisterna o por cañerías en estado inadecuado (Domínguez, 2013). Existe una gran cantidad de zonas en el Perú que se suministran de sistemas de abastecimiento donde el agua no se trata de forma adecuada por lo cual la salud poblacional se ve bastante afectado a raíz de contraer enfermedades diarreicas, parasitarias y a la piel, generando la anemia y la desnutrición (Pérez, 2021).

En la asociación de viviendas Dubái, distrito de Morales, la población no cuenta con agua potable de la empresa prestadora de servicio, ya que se encuentran alejados del distrito en mención, si bien es cierto que las horas que acceden a este servicio es muy poca (2 horas al día), motivo que ha generado que los pobladores de dicho lugar se vieran obligados a hacer un pozo subterráneo del cual hoy en día se extrae el agua para abastecerse en su totalidad. En varias oportunidades se han visto obligados a preparar sus alimentos con el agua del pozo, aunque aún no presentan problemas gastrointestinales, por ello resultó necesario 2 analizar la calidad del agua a fin de conocer su carga microbiológica y que los

pobladores tomen en cuenta para los usos correspondientes previniendo complicaciones en la salud.

A raíz de la problemática sustentada, surgió el interés de generar información relevante, la misma que sea de conocimiento para los pobladores de la asociación de vivienda sobre el estado microbiológico del agua; ante ello, la problemática se resumió a través de la siguiente proposición: ¿Cuál es la carga microbiológica del agua subterránea de uso doméstico, en la asociación de viviendas Dubái, Morales-San Martín?; en este contexto se planteó como hipótesis de investigación: La carga microbiológica del agua subterránea es óptima para su uso doméstico, en la asociación de vivienda Dubai, Morales-San Martín, donde la variable de investigación fue: Carga microbiológica del agua subterránea; el objetivo principal fue: Determinar la carga microbiológica del agua subterránea para su uso doméstico, en la asociación de vivienda Dubai, Morales-San Martín; los objetivos específicos fueron 1ro: Determinar los parámetros microbiológicos presentes en las aguas subterráneas, 2do:

Comparar los parámetros microbiológicos con los estándares de calidad ambiental para agua (ECAs) y límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos y, 3ro: Propuesta metodológica y/o medidas de desinfección del agua para eliminar la carga microbiológica del agua subterránea extraída.

La técnica empleada fue la observación directa y la técnica de muestreo puntual para recolectar muestras de agua del pozo de la asociación de viviendas Dubai, para ello se tomó en consideración indicaciones establecidas en el “Protocolo de procedimientos para la toma de muestras, preservación, conservación, transporte, almacenamiento y recepción de aguas para consumo humano”, establecidos en la R. D. N° 160-2015/DIGESA/SA. Asimismo, se empleó el método cuantitativo, debido a que la investigación se basó en un sistema de números y objetividad, valiéndose de la estadística básica para procesar datos y obtener resultados. El instrumento utilizado para recolectar los datos fue la cadena de custodia, donde se registraron datos principales referidos a la toma de muestra.

La ejecución de la presente investigación fue de suma importancia, debido a que nos permitió conocer el estado actual de la carga microbiológica del agua subterránea empleada en los quehaceres domésticos por la población de la asociación de viviendas

Dubai; asimismo, la importancia radica en que los resultados nos permiten hacer de conocimiento a los pobladores y autoridades sobre la calidad de agua, para que en conjunto tomen las medidas correspondientes a fin de mejorar la calidad de la fuente hídrica y al mismo tiempo evitar futuros problemas en la salud de los pobladores, justificando en lo sustentado a la investigación desde el punto de vista social y económico.

Los antecedentes de investigación, bases teóricas y definición de términos referidos al tema abordado se presentan en el capítulo I.

La descripción de materiales y métodos empleados en el cumplimiento de los objetivos trazados se presentan en el capítulo II.

En el capítulo III, se exponen mediante tablas y figuras los resultados del trabajo de investigación los mismos que dan respuesta a los objetivos planteados, presentándose los resultados de los parámetros microbiológicos muestreados y posteriormente analizados por el laboratorio referencial regional de salud pública de San Martín, además se presenta la comparación de los resultados de parámetros microbiológicos con los “estándares de calidad ambiental para agua establecidos en el D.S. N° 004-2017-MINAM”, para la categoría 1: Poblacional y recreacional y para todas las subcategorías A1, A2 y A3, y la comparación con los “límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos y parasitológicos establecidos en el reglamento de la calidad de agua para consumo humano (D.S. N° 0312010-SA)”; además, se presentan los métodos y/o medidas de desinfección del agua para eliminar la carga microbiológica del agua subterránea, presentando también en este capítulo las discusiones, conclusiones y recomendaciones.

# CAPÍTULO I

## REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### **1.1. Antecedentes de la investigación**

#### **1.1.1. A nivel internacional**

Luján et al. (2019), en su investigación “Calidad microbiológica del agua de los pozos de las aldeas de la Reserva Natural de Usos Múltiples Monterrico (RNUMM)” menciona que las acciones productoras desarrolladas en la zona centro-sur de la ciudad de Córdoba producen impactos fuertes en la calidad del agua subterránea. Asimismo, refieren que la calidad de parámetros microbiológicos del recurso hídrico debe ser considerado como parámetros principales que faculten la definición de diversos usos como consumo poblacional de zonas rurales, para la limpieza de las instalaciones de donde se desarrollan procesos de ordeño. Determinaron que, en el 58% de muestras de un total de 62 existió alrededor de un indicador de polución que excedió las concentraciones establecidas para la higiene de las instalaciones de ordeño y lo establecido para consumo humano; por otro lado, determinaron que del total de EG el 12% contaban con recurso hídrico de calidad en estado deficiente para ser consumidos por ganados bovinos. Empleando el análisis bivariado encontraron asociación escasa entre las variables de calidad microbiológica y uso del suelo, ante ello el origen de la polución evidenciada es consecuencia de múltiples factores.

Molina y Jiménez (2017), en su investigación “Análisis de la contaminación por coliformes termotolerantes en el estuario del río Ranchería, La Guajira (Colombia)”, colectaron muestras en 5 zonas distintas, para posteriormente analizar los niveles de CTT a través del método de tubos múltiples (NMP/100 ml), realizando el muestreo cada 15 días entre los meses de septiembre y agosto de 2014 y 2015, respectivamente. Determinaron que no existió diferencias significativas entre los sitios en los niveles de la bacteria analizada, pero si hubo diferencias entre épocas de sequía y lluvias, siendo mayor durante el primer periodo a comparación del segundo mencionado.

#### **1.1.2. A nivel nacional**

Molina (2018), en su estudio “Propuesta de uso del agua subterránea del distrito de UrucaCorire para el consumo humano mediante la identificación de los parámetros físico

químicos y microbiológicos”, determinó que, parámetros fisicoquímicos excedieron los límites establecidos en el DS N° 031-2010-SA “Reglamento de la calidad del agua para consumo humano”, siendo 1043 mg/L el máximo valor obtenido que superó los 1000 mg/L establecido para sólidos totales disueltos, 540,69 mg/L el máximo valor para dureza total que excedió el límite de 500 mg/L; asimismo, el valor de 432,10 mg/L de sulfatos se encontró en lo establecido por la guía de la OMS, pero de acuerdo a lo establecido por el reglamento de consumo humano superó lo establecido de 250 mg/L y el arsénico con concentración de 0,013 mg/L se encontró en el límite establecido de 0,01 mg/L; con respecto a los parámetros con características microbiológicas determinó que los coliformes fecales y totales con valores mayores a 23,00 NMP/100 ml excedieron lo establecido en el reglamento ( $\leq 1,8$  NMP /100 ml).

Soriano (2018), en su estudio titulado “Evaluación de la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua subterránea utilizada para el consumo humano en el centro poblado Pata Pata - 2018”, determinó que, de los 3 puntos de muestreo las muestras de agua resultaron ser no aceptables para el consumo de los pobladores por la existencia en el agua de coliformes termotolerantes y totales en gran cantidad, por lo cual fue recomendable que el agua primeramente debe ser tratada. En referencia a los parámetros fisicoquímicos determinó que la mayor cantidad se encontraron dentro de los límites permitidos a diferencia de los nitritos que sobrepasaron en el mes de abril y los sulfatos y oxígeno disuelto que excedieron en junio, los tres en el punto AS-02; y, por último, el parámetro turbiedad que excedió en la muestra de febrero en el punto de muestreo AS-03.

### **1.1.3. A nivel regional y/o local**

Torres (2014), en su estudio “Determinación del nivel de contaminación biológica por coliformes fecales en acuíferos no confinados (pozos) de uso para consumo humano, ciudad de Moyobamba, 2013”, determinó que, los acuíferos muestreados excedieron los estándares de coliformes totales (1744,8875 NTC/100ml) establecidos para ser consumidos por el ser humano empleando métodos de desinfección (50 NMP/ml); asimismo, determinó que también el parámetro coliformes fecales (46,3125 NTC/100ml) excedió el estándar de 00 NMP/ml establecido para el consumo humano con desinfección, ambos estándares se establecen en el D.S. N° 002-2008-MINAM.

Chong (2010), en su investigación “Evaluación de la calidad del agua subterránea en el centro poblado menor la Libertad, distrito de San Rafael, provincia de Bellavista, región San Martín – Perú”, determinó que, hubo contaminación por coliformes fecales en la red de distribución y agua del pozo; la misma que de forma directa incide en el incremento de casos de enfermedades como gastroenteritis y diarrea, además de otras enfermedades de carácter infeccioso como TCSC, infección de la piel y la desnutrición. Concluyó que, aun teniendo conocimientos sobre el riesgo que ocasiona la calidad de agua, no se contempla y cumple el mejoramiento de la calidad, existiendo falta de control periódico y seguimiento por las autoridades del centro poblado como también por las autoridades del distrito de San Rafael.

## **1.2. Marco teórico**

### **1.2.1. El agua**

El recurso hídrico se constituye como el elemento principal y de mayor importancia para el organismo humano y el mundo en general. Incide de forma notable en el desarrollo de procesos bioquímicos en ambientes naturales, la misma que no solamente atribuye a sus características fisicoquímicas, por ejemplo, molecular bipolar, sino además se atribuye a las propiedades inorgánicas y orgánicas presentes en el agua (Mora, 2016).

El agua es considerada como un solvente universal porque presenta capacidades de dispersión o disolución de mayores cantidades de sustancias con las cuales se mantiene en contacto, sean líquidas, gaseosas o sólidas, y puede generar iones con ellas, complejos de tipo insolubles y solubles, coloidales o también solamente partículas que permanecen dispersas de diversos pesos y tamaños. Con respecto a la salud del ser humano, el agua permite reducir las sustancias que resultan de procesos bioquímicos que suelen desarrollarse en el organismo del ser humano, mediante órganos de tipo excretorios, especialmente el sudor y la orina. No obstante, a través de la misma propiedad, un conjunto de tóxicos que pueden ser transportados al organismo lo que podría alterar a diferentes órganos de forma irreversible o reversible (Mora, 2016).

### **1.2.2. Generalidades y propiedades del agua**

El recurso hídrico forma parte de la naturaleza como un componente principal y ha permanecido en el planeta desde alrededor de mayor a 3 000 millones de años; asimismo,

el recurso hídrico cubre una proporción superficial de tres cuartas partes de la tierra. Naturalmente está compuesto por 3 átomos, 1 de oxígeno y 2 de hidrógeno que al unirse generan una molécula de agua.

De acuerdo a la manera en que las moléculas se encuentran unidas se determina la forma o estado en el que se encuentra el agua; en forma líquido, en océanos, ríos, lluvias, etc.; de tipo gas en las nubes, o de tipo sólidos como nieves o en témpanos. Se considera al agua como un recurso líquido con características de incoloro, casi insípido e inodoro, resulta esencial para el desarrollo de la vida vegetal y animal, y como solvente es el más empleado. En nuestro planeta, una gran parte del agua de aproximadamente 98% es agua salada presente en océanos y mares, así también, del agua dulce que existe, el 69% es agua atrapada en nieves y glaciares, el 30% por aguas de tipo subterráneas y porción no mayor al 0,7% forma parte de lagos y ríos. Su punto óptimo de ebullición es de 100 °C equivalente a 212 °F y su punto de congelamiento es de 0 °C que equivale a 32 °F, siendo su gravedad específica de 1000. No obstante, debido a que el oxígeno e hidrógeno cuentan con 3 isotopos cada uno, es conocido que el recurso hídrico se encuentra en estados naturales ambientales o normales, en líquido, gaseoso o sólido, y que los niveles de temperatura que permiten transformar de un estado a otro se toman como puntos fijos o estables (Cardona, 2011).

### **1.2.3. Usos del agua**

El uso del recurso hídrico puede clasificarse en:

#### **a. Uso doméstico o humano**

El uso humano, aproximadamente alcanza el 10% de agua para el desarrollo de diferentes actividades cotidianas y también para los animales y vegetales. Cuyos usos son: lavar automóviles, descargar al inodoro, lavar las plantas y ropas, regar las plantas, limpiar la casa, preparar los alimentos, lavar la cabeza, cepillar los dientes, para bañarse, para beber, entre otros (Cava y Ramos, 2016).

#### **b. Uso público**

De acuerdo a Cava y Ramos (2016), “es el agua que se consume en lugares públicos, bebedores, oasis, para mantener en los sistemas contra incendios de cualquier entidad pública, fuentes e higiene para toda una población” (p. 9).

### **c. Uso agrícola**

Se considera a la agricultura como el principal sector con mayor consumo de agua, cuya representación mundial es de aproximadamente 69% del total de la extracción. Al regar los cultivos se consume una gran cantidad de agua extraída (usualmente la mitad y hasta más), que resulta de procesos de transpiración de cultivos, evaporación e inclusión a tejidos de las especies vegetales. En tanto, la otra mitad se recarga al recurso hídrico subterráneo, también puede fluir de forma superficial o bien puede perderse por evaporación no productiva (FAO, 2012).

#### **1.2.4. Escasez de agua**

Reynolds (2002), refiere que el recurso hídrico permanece en condiciones de peligro, donde los más estratégicos e importantes se encuentran sometidos a un elevado grado de vulneración, debido al desconocimiento poblacional referido a la obligación de proteger el agua, por falta de conciencia, negligencia y por la carencia de técnicos, profesionales y autoridades, quienes son los responsables de utilizarlos y al mismo tiempo cuidarlos.

Alrededor de la tercera parte poblacional de nuestro planeta reside en países donde existe el problema de escasez del agua en niveles moderados o altos. Al menos 80 países equivalente al 40% de la población del mundo a mediados de los noventa sufrían una escasez grave de agua, calculando que en un tiempo menor de 25 años alrededor de las dos terceras partes de los seres humanos vivirán en países con problema de escasez de agua. Para el año 2020, se prevé que aprovechar el agua se incrementará en 40%, y que para la producción alimentaria se incrementará en un 17% adicional, con el objetivo de cubrir con las necesidades del ser humano en pleno desarrollo (CEPAL, 2002).

#### **1.2.5. Agua potable**

Para que el agua se considere como potable, debe de encontrarse libre de sustancias venenosas o tóxicas y de organismos patógenos que tienen la capacidad de generar efectos negativos en el bienestar y la salud del hombre; además, el agua potable debe ser óptimo desde la perspectiva estética, en otras palabras, debe encontrarse libre de olores, colores y turbidez perceptibles, como también no debe presentar inadecuadas temperaturas y sabores desagradables (Guevara, 1996).

### 1.2.6. Calidad del agua

La calidad hídrica se define de acuerdo a una serie de características microbiológicas o fisicoquímicas variables del agua, como también de acuerdo a niveles de rechazo o aceptación. La calidad físico-química del recurso hídrico es posible demostrarlo a través de la determinación de específicas sustancias químicas capaces de alterar el estado de salud humana (OMS, 2006).

El estado microbiológico del agua se fundamenta en determinar los microorganismos capaces de alterar de forma directa al ser humano, o bien que, debido a su presencia sean señales de una posible existencia de otros tipos de microorganismos, como ocurre con la *Salmonella*, *Escherichia coli* y coliformes fecales. El agua óptima para consumo es aquella que cumple con todos los estándares establecidos de una serie de parámetros, esta agua puede ser empleado para la higiene personal, ingesta, lavado de utensilios, preparación de alimentos, además de otras necesidades del hogar (OPS, 2003).

Diferentes actividades antrópicas son capaces de degradar al agua, alterando su cantidad y calidad. Entre las consecuencias con impacto mayor a la calidad del agua de las cuencas hidrográficas, se encuentra la concentración e incremento poblacional, mal uso de las tierras, presión en el inadecuado empleo, actividades productoras inadecuadas, la contaminación de las aguas de ríos mediante aguas servidas sin previo tratamiento, debido a la inexistencia de adecuados sistemas de saneamiento, particularmente en áreas rurales. De la misma forma, la contaminación por descarga de excretas del ser humano es considerado como un riesgo para la salud poblacional (OMS, 2006).

Según la OPS (2003), es sumamente importante para el bienestar y salud poblacional, que las sociedades se abastezcan con sistemas convenientes y seguros, cuyo objetivo es cubrir los menesteres de consumo humano e higiene personal, ante ello, debe someterse a adecuadas normas de calidad, cantidad, confiabilidad y disponibilidad del abastecimiento. Debido a que el agua se considera como un recurso primordial para la comunidad de organismos vivos, este debe presentar elevados niveles de potabilización que se pueden resumir en:

- Características biológicas: inexistencia de organismos de tipo patógenos con elevados niveles de temperatura y oxígeno sin exceder la temperatura ambiental en 5 °C, el pH no mayor de ocho ni menor de seis.

- Condiciones químicas: que permita una buena disolución del jabón sin generar grumos.
- Condiciones físicas: que sea insípida, inodora, transparente y clara.

### **1.2.7. Factores que inciden en la calidad y cantidad del recurso hídrico**

#### **▪ Usos de tierra y su nivel de relación con la calidad del recurso hídrico**

Las variaciones de usos de tierra en la calidad del agua fueron comprobadas de forma amplia. Este problema produce la alteración del régimen del agua, variaciones dramáticas en la cantidad y calidad del agua, principalmente de agua potabilizada. Las inadecuadas y malas prácticas de manejo que se desarrollan en el uso de tierras influyen muy fuertemente en la calidad y cantidad de recurso hídrico (CEPAL, 2002).

Alrededor del 80% de la alteración de la calidad de los recursos hídricos se debe a los sedimentos suspendidos, que mayormente son generados mediante erosiones de los suelos debido a la existencia de actividades ganaderas y agrícolas, deforestación y presencia de urbanizaciones, que usualmente son las actividades que generan impactos mayores en la calidad de las aguas. El uso de tierra genera alteraciones en procesos de sedimentación e hidrológicos, y se encuentra relacionado a la carga y erosión de sedimentos, recarga de agua subterránea, inundaciones y escorrentía. Entre los factores que están ligados íntimamente en la capacidad de retención e infiltración de humedad se encuentra la dimensión del grano del suelo, su contenido de materia orgánica y su ordenamiento, ante ello, el tipo de suelo que predominan en las cuencas como en el uso, inciden notablemente en la distribución y magnitud de los escurrimientos. El uso de tierra genera impactos que pueden ser agrupados en base a 2 rangos: alteraciones en valores de no uso y uso, este último puede ser consuntivo como, el uso doméstico y el riego o no consuntivo como es el caso del transporte. Las zonas ribereñas y las masas de agua también pueden contener valores de uso que son no significativos, como almacén de la biodiversidad. La inseguridad que existe en la relación entre las variables de actividad de uso de tierras en zonas altas de cuencas y los impactos producidos en las personas localizadas en zonas bajas de las cuencas, genera al mismo tiempo una inseguridad en la economía (FAO, 2012).

#### **▪ El sector agrícola y su relación con la calidad del recurso hídrico**

A nivel mundial y principalmente en zonas rurales la agricultura es una de las actividades que más se practican. El impacto que genera en la calidad de las aguas es muy importante.

En el mundo, alrededor del 70% de las aguas son empleadas por la agricultura, el mismo que se convierte en el principal causante de la degradación hídrica, por efectos de la escorrentía química y la erosión (FAO, 2012).

De acuerdo a Ongley (1997), en el mundo se considera al sector agrícola como el máximo usuario de agua dulce, además del principal factor de alteración del recurso hídrico subterráneo y superficial, por la escorrentía y erosión con sustancias o productos que provienen de agroquímicos. En América Latina también se considera a la agricultura como un factor importante de alteración de las aguas dulces. Entre las fuentes de mayor relevancia se encuentran los pesticidas, fertilizantes y la inexistencia de un manejo adecuado de residuos sólidos. Asimismo, la agricultura no solo es considerada como el máximo consumidor de agua, sino que también por las ineficiencias existentes en la distribución y en la aplicación de efluentes que vuelven a las fuentes subterráneas o superficiales, debido a que tienen gran cantidad de productos agroquímicos, nutrientes y sales que forman parte de la alteración de los recursos hídricos (FAO, 2012).

En los países tropicales las actividades deforestación y expansión agrícola son las causas principales de la alteración de recursos hídricos. Ha sido demostrado en los países del trópico que los plaguicidas relacionados con los sedimentos son fuentes muy comunes. Actualmente, los organismos que se dedican a estimar la calidad de las aguas desarrollan monitoreos más diversos, donde se incluye a la biota, los sedimentos y el agua, con el objetivo de estimar con una precisión mayor los plaguicidas presentes en el ámbito acuático (IICA, 1997).

Por su parte, en los países pertenecientes a Latinoamérica, la contaminación que se deriva de las fuentes no puntuales se considera entre los problemas más importantes, como por ejemplo la agricultura, debido al empleo de insecticidas, plaguicidas y fertilizantes, cuyos residuos se arrastran por acción de la lluvia hacia las fuentes hídricas (FAO, 2012).

De igual forma, al emplear en la agricultura al estiércol de los ganados como un abono, porciones significativas de amonio pueden ser transportadas a las fuentes de aguas desde los campos agrícolas mediante las escorrentías (Chambers et al., 2002).

#### ▪ **Actividades humanas**

El empleo inadecuado de la tierra que el hombre realizó, desapareciendo la masa boscosa, ha sido una de las principales causas relacionadas al caudal de las fuentes de agua. En otras

palabras, se ve reflejado en la calidad del agua y la más rápida de esta. Las fuentes hídricas reciben el agua mediante dos fenómenos: la primera se da cuando las aguas de lluvias discurren a través de los suelos y subsuelos, que al ponerse en contacto con esta arrastran los subproductos generados por actividades antrópicas que alteran su calidad natural, y aquellas aguas que una vez empleadas y transformadas en su calidad fisicoquímica, se reintegran a los cuerpos hídricos naturales. El último receptor de las aguas que discurren dentro de una cuenca tiene como destino último a los océanos. La alteración de la calidad ocasionada por la polución incide en el empleo de estas aguas en las zonas bajas, amenazando la salud del ser humano y el adecuado funcionamiento de los ecosistemas acuáticos, induciendo de esta forma la disponibilidad efectiva y aumenta la competencia por la calidad del agua (GWP, 2009).

#### **1.2.8. El agua subterránea**

Es el agua que existe debajo de la superficie de la tierra y que puede ser recolectada a través de perforaciones, galerías de drenaje o túneles o la que fluye de forma natural hacia la zona superficial mediante manantiales o por filtraciones hacia los cursos fluviales. Particularmente, se conoce como el agua situada por debajo del nivel freático y que se encuentra saturando completamente las fisuras y poros de las tierras. El agua fluye con dirección a la superficie de manera natural mediante manantiales, cauces fluviales, áreas de rezume o bien de forma directa hacia el mar. También puede dirigirse de forma artificial hacia galerías, pozos u otros tipos de captación. Merced a la recarga, es removida de forma constante por efectos de la naturaleza, cuya recarga principalmente procede de la precipitación, aunque también puede generarse por escorrentía terrestre y cursos hídricos superficiales (particularmente en zonas con clima árido), de próximos acuíferos o bien de retorno de algunos usos (suelen destacar aquellos retornos de regadíos) (Mora, 2016).

De forma muy lenta el agua subterránea es desplazada por los acuíferos. Su velocidad media podría cambiar solo entre pocos decímetros, hasta algunos centenares de metros durante un año; solo para rocas muy fracturadas y acuíferos kársticos, puede haber conductos preferentes, donde el agua tiene la capacidad de circular a velocidades idénticas a la de las corrientes superficiales. Es así que, una gota que caiga sobre una divisoria hidrográfica ubicada a los 200 km de la costa que se incorpora en la corriente de un río, tardaría pocos días para llegar al mar; no obstante, si la misma gota se desplaza por el subsuelo, tardaría entre siglos y miles de años para llegar a los océanos (Mora, 2016).

### **a. Calidad de aguas subterráneas**

El agua subterránea aproximadamente comprende el 95% de recursos útiles del agua dulce. Como agua de bebida es la más adecuada debido a que por general, cuenta con una distribución amplia, es barata, segura y normalmente necesita un poco tratamiento (Llamas, 2001).

En términos generales las aguas subterráneas suelen tener una calidad bacteriológica muy superior a las aguas superficiales, una composición química mucho más estable y una estabilidad estacional de temperatura. Se protegen mejor ante las fuentes de contaminación que las aguas de tipo superficial, por la eficaz barrera constituida por la capa de suelo que recubre la parte superior del estrato rocoso impermeable que circunda el acuífero. No obstante; esta protección no hay cuando el ser humano de forma directa inyecta los diferentes contaminantes al subsuelo, es más, al incorporarse el agente al caudal subterráneo es muy costoso y difícil saber su evolución y movimiento, tal y como retenerlo para evitar que sea conducido a los pozos de agua u otros lugares de explotación (OMS, 2006).

Los elementos extraños son introducidos por el ser humano en los mantos acuíferos debajo de la tierra mediante gran cantidad de actividades. En lo que se refiere a la actividad agrícola, la producción de excrementos de ganado cuando éste se encuentra en régimen de estabulación y el almacenamiento de los pesticidas y fertilizantes en lugares donde pueden disolverse por el agua pluvial, entre otras actividades, pueden generar serios problemas de contaminación (Henry y Heinke, 1999).

Los residuos líquidos y la materia orgánica sólida resultante del establecimiento de grandes concentraciones ganaderas y/o de aves de corral, son una fuente importante de nitrógeno y fósforo, lo que puede contaminar tanto las aguas superficiales como las subterráneas (FAO, 2012).

En el ámbito doméstico, los sistemas individuales de eliminación de desechos, ya sea pozos negros o fosas sépticas, pueden ser causas potenciales de contaminación. Asimismo, cuando existen depósitos de residuos sólidos en alguna zona, el agua de lluvia puede lixiviar ciertos componentes y después infiltrarse con ellos en solución hacia el manto acuífero (Henry y Heinke, 1999).

Según Valiente y González (2002), cuando el agua subterránea se contamina no tiene la capacidad de depuración por sí sola ya que los flujos del agua no son turbulentos y son lentos, y los contaminantes no son dispersados y diluidos de una manera adecuada. Además, la descomposición natural en los acuíferos es mínima ya que contienen poblaciones muy pequeñas de bacterias aeróbicas y anaeróbicas. Por otra parte, las temperaturas de estas aguas, más bajas que en la superficie, hacen que las reacciones de descomposición sean más lentas.

### **b. Contaminación de aguas subterráneas**

Los acuíferos son contaminados desde la zona superficial. El agua que es infiltrada lixivia todos los contaminantes que existen en los suelos transportándolos hacia la capa subterránea de agua. Esta contaminación puede ser difusa o localizada. La contaminación dispersa o difusa se genera por el inadecuado empleo de productos agrícolas como productos fitosanitarios (insecticidas, pesticidas, plaguicidas, etc.), fertilizantes químicos (fosfatos, nitratos, etc.), purines y otros tipos de abonos orgánicos. En el caso de la contaminación localizada principalmente se genera mediante el lavado de las fuentes de contaminación que son mal impermeabilizadas, tales como: sales empleadas para deshielar las carreteras, materiales generados en actividades mineras, depósito de hidrocarburos del subsuelo, fosas sépticas, vertederos de residuos industriales o urbanos. La totalidad de compuestos no absorbidos por vegetales u otros seres o bien quede absorbido/fijado mediante las partículas sólidas de la tierra pasan después a ser parte del agua subterránea. La menor o mayor probabilidad de que los agentes contaminantes lleguen a incorporarse en el ciclo hídrico, dependerá de la capacidad de solubilidad y de las propiedades fisicoquímicas de los suelos, como es la temperatura del agua, el pH, el intercambio iónico, etc. El subsuelo cuenta con cierta característica depuradora de recurso hídrico de forma microbiológica (aireación) y química (reducción, oxidación, hidrólisis) del agua tanto microbiológica (en la zona de aireación) pero solamente cuando el agua fluye lentamente. Ante ello, en base a la permeabilidad del acuífero (mayor en los acuíferos de tipo cársticos) los agentes contaminantes serán dispersados más o menos o en cierta medida podrán ser erradicados. En algunas ocasiones los agentes de contaminación son transformados en otros compuestos de mayor toxicidad (Cava y Ramos, 2016).

De acuerdo a López et al., (2009) la polución de las fuentes hídricas subterráneas puede considerarse las siguientes: contaminación difusa y puntual, pero la que nos interesa es la contaminación puntual:

## ▪ **Contaminación puntual**

La polución de tipo puntual puede generarse por:

### **1. Actividades ganaderas**

Es un tipo de contaminación con similares matices a generada por las actividades de tipo domésticas, pero más intensa o concentrada, particularmente en las granjas de producción intensivas. Las dimensiones y la cantidad de centros ganaderos se han incrementado durante las últimas décadas de una manera considerable. Como residuos generados por los animales se tienen a los cloruros, bacterias, fosfatos, compuestos nitrogenados y metales pesados en algunos casos.

### **2. Actividades domésticas**

Es un tipo de contaminación mineral, biológica y orgánica, generada mediante vertimiento inadecuado de aguas de letrinas, fugas del sistema de alcantarillado, pozos negros, fosas sépticas, entre otras actividades más. Asimismo, se incluye aquella contaminación que se deriva del uso de productos domésticos, como agentes blanqueadores y detergentes en versiones diferentes.

### **3. Residuos sólidos**

La acción humana genera residuos sólidos de diferente naturaleza, que son los lixiviados que tienen la capacidad de infiltrarse y alterar la calidad de los acuíferos. Los residuos sólidos pueden ser clasificados en tres grupos grandes: a) residuos urbanos (comerciales o domésticos) que deben verse con precauciones ya que pueden ser contaminantes potenciales; b) residuos sólidos inertes, aquellos tipos como la tierra, que no tienen peligrosidad alta; y c) residuos de tipo industriales, con un alto potencial contaminante, particularmente si tienen ciertos líquidos, sustancias solubles y cenizas tóxicas impregnadas.

### **4. Actividades industriales**

El sector industrial genera una gran variedad de productos inorgánicos y orgánicos que, cuando son vertidos de forma incontrolada o no regulada, pueden considerarse como importantes contaminantes de las aguas subterráneas.

La fuente de los contaminantes se da por el almacenamiento inadecuado, traslado de materia prima o accidentes en las carreteras (combustibles y carburantes líquidos que se

derivan del petróleo); en estaciones de combustibles y polígonos industriales; en la minimización de residuos en fosas sépticas, cuevas, zanjas o cauces construidas de forma deficiente; y los vertimientos incontrolados en los pozos, particularmente por industrias de la parte agroalimentaria.

### **1.2.9. Carga microbiológica del agua**

El más grande riesgo microbiano del agua es aquel que se relaciona con el consumo de agua contaminada con excrementos de animales o humanos, aunque también puede haber otras fuentes de exposición de carácter significativo. La carga microbiológica para la salud pública está en función a la gravedad de la enfermedad o conjunto de enfermedades que se relacionan con los agentes patógenos, asimismo, depende de la infectividad y de la población que está expuesta (Londoño, 2014).

#### **▪ Indicadores de carga microbiológica del agua**

De acuerdo a la imposibilidad de aislar cada agente patógeno presente en el agua, se optó por el empleo de indicadores de contaminación, que se conceptualizan como un conjunto de microorganismos de tipo no patógenos, aunque asociados de forma frecuente con los mismos. Entre los indicadores más empleados se encuentran las heterótrofas, las esporas anaeróbicas sulfito-reductores, los estreptococos fecales, *Escherichia coli*, coliformes fecales y totales. Como principales características del grupo de bacterias coliformes (familia *Enterobacteriaceae*) puede mencionarse que son bacilos gram negativos, no forman esporas, con capsulados o no capsulados, inmóviles o móviles a través de flagelos peritricos, anaerobios facultativos. Se puede decir que son bacilos gram negativos, anaerobios facultativos, móviles por medio de flagelos peritricos o inmóviles, capsulados o no capsulados y no forman esporas. Para su crecimiento es necesario entre 18 a 24 horas de incubación en diferentes medios no selectivos y selectivos. En base a la fermentación de la glucosa generan ácido, donde puede o no existir productividad de gas. Asimismo, cambian en nitritos a los nitratos. Este conjunto de bacterias se representa por los géneros *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Citrobacter* y *Escherichia*. Su existencia necesariamente no indica que existe contaminación fecal, debido a que pueden existir en las heces como también en el ambiente (OMS 2006).

- **Bacterias coliformes totales**

Tipo de bacterias que pertenecen al conjunto de las bacterias coliformes totales (a excepción de *E. coli*) se encuentran en aguas naturales y también en aguas residuales. Algunas de las bacterias son excretadas en heces de animales y seres humanos, aunque muchos de los coliformes heterótrofos y tienen la capacidad de multiplicarse en medios acuáticos y en suelos. Así también, las bacterias coliformes totales pueden sobrevivir y proliferarse en sistemas distributivos de agua, particularmente en la presencia de biopelículas (OMS, 2006).

- **Bacterias coliformes termotolerantes o fecales**

En la mayor cantidad de circunstancias, los coliformes termotolerantes predominantemente son compuestos de *E. coli*; ante ello, este conjunto de bacterias es considerada como un indicador aceptable de contaminación fecal, aunque menos fiable que *Escherichia coli*. Este microorganismo es elegido para desarrollar los programas de muestreo de verificación, donde también se incluye a la vigilancia de la calidad de agua consumible. La existencia de *E. coli* es indicador de polución fecal reciente, ante ello, posterior a ser detectado se debe considerar la toma de medidas adicionales, como el desarrollo de monitoreos adicionales y también la investigación de algunas posibles fuentes de contaminación, como un inadecuado tratamiento o alteración de la integridad del sistema distributivo (OMS, 2006).

- ***Escherichia coli***

Es un bacilo de tipo gran negativo, anaeróbico facultativo perteneciente a la familia Enterobacteriaceae, de la tribu Escherichia (Farmer, 1998). Es una bacteria que pocas horas después de nacer coloniza el intestino del hombre y es considerado un microorganismo de flora normal, aunque existen cepas que pueden considerarse patógenas y puede generar daños produciendo diversos cuadros clínicos, por ejemplo, la diarrea (Rodríguez, 2002).

- **Bacterias heterótrofas**

Las bacterias de tipo heterotróficas (heterótrofas) son definidas como las bacterias que como fuente de energía emplean compuestos del carbono orgánico y para su crecimiento el carbono, a diferencia de las bacterias de tipo autotróficas que como fuente de energía

emplean compuestos inorgánicos y como fuente de carbono el CO<sub>2</sub>. El concepto de bacteria heterótrofa es extenso, donde incluye a bacterias saprofitas como también a bacterias patógenas. A partir de esto, las bacterias que causan y no las enfermedades son las bacterias heterótrofas (Reasoner, 1998).

### **1.2.10. Parámetros evaluados para la caracterización de la calidad del agua para consumo humano**

#### **a. Aspectos generales**

El agua a investigar o analizar debe ser clasificada, de ser necesario es sometido a un tratamiento especial el cual debe aplicarse antes de su distribución. Este tratamiento puede ser empleado para estimar de acuerdo a los resultados de las pruebas bacteriológicas y fisicoquímicas si resulta apta o no para ser consumida por el ser humano. Los estudios sanitarios usualmente dan a conocer el agua se genera en condiciones óptimas estipuladas o cambian, de acuerdo al lugar donde esté instalado el sistema dosificador, entre los cuales se tiene a: inspección del mecanismo que permite distribuir el líquido a la población consumidora, inspección de las fuentes sin tratamiento y las condiciones que inciden en la calidad, inspección de operaciones de plantas dosificadoras, purificadoras y la construcción de pozos. La potabilización del agua solamente puede estimarse mediante pruebas bacteriológicas, químicas y físicas (OMS, 2006).

La terminología calidad de agua se vincula con las propiedades biológicas, químicas y físicas, a través de las cuales es posible determinar si la calidad del agua es o no óptima para ser usada o consumida por el ser humano, por más bajo que sea el grado de turbiedad o claridad, de suavidad y dureza, ningún tipo de agua alterada por materias fecales o por aguas residuales deberá ser considerada como de calidad buena. El agua sin sustancias químicas y microorganismos patógenos perjudiciales para el bienestar y la salud del hombre se conoce como agua potable y el agua contaminada como es el caso de las aguas industriales, aguas residuales, aguas negras se les conoce aguas no potables o contaminadas. El agua corrosiva y caliente será de poca utilidad para ser empleada en la condensación del vapor; en cambio, el agua turbia resulta inaceptable para fabricar papel y el agua dura excesivamente no puede ser empleada en el lavado de materiales industriales (IICA, 1997).

### **b. Análisis bacteriológicos Análisis bacteriológico**

Las aguas deben estar libres de gérmenes patógenos que son de origen entérico y parasitario intestinal, los mismos que tienen la capacidad de transportar las enfermedades. Las enfermedades de tipo infecciosas que son generadas por protozoarios, virus y bacterias representan un riesgo para el estado común de salud y difundida que el agua de beber lleva consigo. El agua con tratamiento o sin tratamiento que tiende a circular mediante un sistema de distribución no debe tener algún microorganismo característico de origen fecal.

### **Exámenes microbiológicos**

Se debe tratar previamente al agua que circula mediante un sistema para evitar la presencia de microorganismos de origen fecal. El principal objetivo al examinar el agua es determinar si la muestra tiene organismos patógenos, existiendo además algunas razones por la que son detectados. Existe una mayor probabilidad que los gérmenes patógenos arriben al agua de forma esporádica, pudiendo no sobrevivir en esta a lo largo de mucho tiempo; es por ello que pueden no ser encontrados en la muestra de agua que fue enviada al laboratorio, si son en cantidad pequeña por lo cual resulta fácil que escapen a las metodologías de investigación. Los microorganismos principales que indican la contaminación fecal del agua son: las bacterias termorresistentes, *Escherichia Coli*, además de otras bacterias de tipo coliformes, las esporas de *clostridia* y los estreptococos fecales. La existencia de la bacteria *Escherichia Coli* debe ser considerada como un indicador seguro de polución fecal y, por ende, resulta ser peligrosa, siendo necesario la exigencia en la aplicación de medidas urgentes (DIGESA, 2011).

### **1.2.11. Procedimientos para la toma de muestras de agua para consumo humano**

La R.D. N° 160-2015/DIGESA/SA que hace referencia al “Protocolo de procedimientos para la toma de muestras, preservación, conservación, transporte, almacenamiento y recepción de aguas para consumo humano” establece los procedimientos para la medición o toma de muestra de agua para consumo humano.

#### **a. Ubicación de puntos de muestreo**

**En la captación:** el punto de medición debe ser localizado de manera obligatoria en el punto de captación de la fuente que abastece el agua, si el sistema tiene dos o más fuentes abastecedoras, el muestreo debe realizarse por cada captación o en el buzón de reunión, bien sea la fuente subterránea o superficial.

**A la salida de la infraestructura (s) de almacenamiento (reservorio(s)):** el punto de muestreo debe ser localizado en el grifo de salida del/los reservorio(s), de no haber válvula o grifo que permita desarrollar tal labor, el punto debe ser ubicado en un grifo de la vivienda más cercana al/los reservorio(s) de donde se logra abastecer a la red de distribución de agua.

#### **a. Toma de muestras**

##### **Consideraciones generales:**

- La toma de muestra debe ser desarrollada por personal autorizado para esta labor, con el objetivo de asegurar la representatividad de las muestras de agua que se brinda a los consumidores y tomando en cuenta que durante el muestreo y el transporte no modifiquen la composición.
- Se debe identificar el punto de muestreo determinando la ubicación mediante el sistema de posicionamiento satelital (GPS), debiéndose registrar la coordenada en UTM.
- Se debe considerar aproximadamente 2,5 cm de espacio del envase (espacio de cabeza) a fin de permitir la expansión, adición de preservantes y la posterior homogenización de muestras.

Por otro lado, se debe tomar en cuenta en la captación lo siguiente:

- En manantiales, se debe remover malezas, desechos y/o residuos ubicados en los alrededores de la tapa de cámara húmeda.
- En aguas superficiales, se debe remover malezas, desechos y/o residuos de todo tipo en la canastilla, malla o rejilla.

En grifos o caños, se debe tomar en cuenta en la captación lo siguiente:

- Se selecciona un grifo conectado de forma directa con una cañería de distribución, en otras palabras, que el ramal del grifo no se conecte con ablandadores, filtros, tanques domiciliarios u otros artefactos iguales.
- Remover dispositivos ajenos al grifo, por ejemplo, pedazos de manguera y otros objetos.
- Se debe verificar que no existan fugas en el caño mediante sellos o empaquetaduras, de haber, estas deben ser reparadas o bien se debe seleccionar otro punto de muestreo. - Se debe desinfectar interna y externamente el grifo antes de tomar la muestra, empleando algodón o alcohol al 70% o bien hipoclorito de sodio (100 mg NaOCI/L).

- Se debe abrir la llave y dejar que el agua fluya alrededor de 2 o 3 minutos previo a la toma de muestra, debido a que este procedimiento limpia la salud y la descarga del agua que permaneció almacenado en la tubería.
- En grifos mezcladores, se deben retirar todo tipo de accesorios, el agua caliente deberá dejarse correr durante dos minutos, luego el agua fría durante tres minutos y se procede a tomar la muestra de la forma ya mencionada.

Asimismo, en pozos o reservorios de almacenamiento (en el caso de no haber acceso, purga, caño o grifo), se debe tomar en cuenta lo siguiente:

- Se debe asegurar un cordón de nylon de muestreo a través de un sujetador ubicado al extremo del cable.
- De ser necesario se debe añadir otro pedazo de soguilla o cordel al cable, a fin de alcanzar el nivel de agua que se desea.
- Al realizar la mencionada operación, se debe tener mucho cuidado para no perder el frasco de muestreo.
- Para colocar el frasco en el reservorio o pozo, se debe tener cuidado de no rozarlo en las paredes de la estructura.
- Se debe permitir que el frasco de muestreo sea sumergido alrededor de 30 cm.
- Con cuidado, se debe proceder a retirar el frasco de muestreo desde el pozo.

### **Consideraciones para tomar muestras microbiológicas**

Asimismo, la R.D. N° 160-2015/DIGESA/SA establece algunas consideraciones para la toma de muestras microbiológicas, como son: - Emplear guantes cuando se desarrolla el muestreo.

- Desamarrar el cordón que ajusta a la cubierta de papel y sacar la cubierta para proceder a tomar la muestra.
- Se debe evitar en lo posible tocar la cara interna del tapón o el interior del frasco, el cual debe ser sujetado con la mano mientras se desarrolla el muestreo, evitando colocarlo en algún material que lo contamine.
- Mientras se mantiene la tapa con la mano, el frasco se debe poner de forma inmediata debajo del chorro de agua y debe ser llenado dejando un espacio de aire pequeño, a fin de facilitar la agitación en la etapa de análisis.

- Si el agua se encuentra clorada, se debe añadir 0,1 ml de tiosulfato de sodio al 3% por cada 120 ml con el objetivo de bloquear la acción del cloro.
- Se debe colocar la tapa en el frasco o enroscar la tapa fijando la cubierta protectora con papel Kraft en su respectivo lugar a través del cordón.

### **1.3. Definición de términos básicos**

#### **Agua subterránea**

Tipo de agua ubicada por debajo de la capa superficial de la tierra ocupando el lugar o espacio que existe entre las superficies rocosas o entre partículas del suelo (ANA,2019).

#### **Bacteria**

Microorganismo procarionte y unicelular, lo que da a conocer que no cuenta con núcleo (DIGESA, 2011).

#### **Carga microbiológica**

Tipo y número de microorganismos que tienen la capacidad de contaminar a los objetos (OPS, 2003).

#### **Contaminación ambiental**

Bujan, (1997) & Van de Moortele, (1997) refieren que la contaminación es la impregnación del suelo, agua y aire con productos y/o sustancias que alteran el adecuado funcionamiento de los ecosistemas, la calidad de vida y la salud humana (Quiroz, 2006).

#### **Coliformes**

Se conoce al conjunto de especies bacterianas que presentan algunas propiedades bioquímicas en común y de relevante importancia como índices de contaminación de alimentos y del agua (DIGESA, 2011).

#### ***Escherichia coli***

Es el nombre que se le da a un tipo de bacteria que permanece en el intestino (DIGESA, 2011).

## **CAPÍTULO II**

### **MATERIAL Y MÉTODOS**

#### **2.1. Material**

- Equipos : GPS Garmin etrex 10, motor de bomba de agua, calculadora científica, computadora portátil, cámara fotográfica.
- Medios de transporte : Vehículos para transporte terrestre (Moto lineal, motochar).
- Indumentaria de protección : Camisa manga larga, mascarillas, guantes, pantalón largo, zapatos de seguridad, capas impermeables.
- Materiales para recolección de muestras : Frascos, recipiente, manguera, cooler, tuberías pvc.
- Formatos : Formato de cadena de custodia, mapa de ubicación del punto del pozo de agua.
- Otros materiales : Papel bond, libreta de campo, USB, material de escritorio (plumones, lapiceros, etc.).

#### **2.2. Métodos**

##### **2.2.1. Técnicas de recolección de datos**

Se utilizó la técnica de muestreo puntual, para la toma de muestra de parámetros microbiológicos en el pozo de la asociación de viviendas Dubai, teniendo en cuenta además que el agua es succionado con un motor desde el pozo, mediante tuberías de pvc, para luego conectarse a una manguera, siendo este el medio utilizado para la toma de la muestra, al mismo tiempo se tuvo en cuenta las consideraciones del “Protocolo de procedimientos para la toma de muestras, preservación, conservación, transporte, almacenamiento y recepción de aguas para consumo humano”, establecidos en la R.D. N° 160-2015/DIGESA/SA, tomando en cuenta lo siguiente:

- Se removió cualquier dispositivo ajeno al medio utilizado que fue la manguera.

- Se verificó la no existencia de fugas a lo largo de la manguera o empaquetaduras.
- Se abrió la llave y se permitió que el agua fluya por la manguera durante dos o tres minutos, antes de la toma de muestra, procedimiento que permitió la limpieza de la salida y descarga del agua que ha estado almacenada en la tubería y manguera.
- Una vez recolectada la muestra se procedió a llevarlo al laboratorio referencial regional de salud pública de San Martín, para su respectivo análisis.

En total se tomaron dos muestras de agua del pozo de la asociación de viviendas Dubai. La primera muestra se realizó el 05/12/2021 y la segunda muestra fue tomada el día 09/01/2022; en tanto, el ensayo o análisis realizado por el laboratorio fue el 06/12/2021 para la primera muestra y el día 11/01/2022 para la segunda muestra.

### **2.2.2. Determinar los parámetros microbiológicos presentes en las aguas subterráneas**

En el pozo de agua de la asociación de viviendas Dubai, se determinaron parámetros microbiológicos principalmente porque estos son determinantes para caracterizar el agua de consumo humano y por ser fácil detección en análisis de laboratorio y menos costosos.

Posterior al muestreo en campo y al ser analizado por el laboratorio, fue posible determinar los parámetros microbiológicos presentes en las aguas subterráneas, cuyo método de análisis llevado a cabo por el laboratorio es descrito a continuación:

**Tabla 1**

*Métodos de ensayo bacteriológico de parámetros analizados*

<b>Parámetro</b>	<b>Método de ensayo</b>
Coliformes totales 35 °C (NMP/100 ml)	APHA. 9221 B, 23rd Edition 2017.
Coliformes termotolerantes 44.5 °C (NMP/100 ml)	APHA. 9221 E1, 23rd Edition 2017.
<i>Escherichia coli</i> 44.5 °C (NMP/100 ml)	APHA. 9221 F1, 23rd Edition 2017.

Fuente: Laboratorio referencial regional de salud pública de San Martín. Informe de ensayo N° 283-UMAAC/2021 y N° 009-UMAA-P/2022.

Luego de la obtención de los resultados desde el laboratorio, estos fueron procesados y analizados, haciendo uso del paquete estadístico Excel, para posteriormente presentar los resultados en tablas y figuras, tal y como se muestran en el presente informe.

### 2.2.3. Comparar los parámetros microbiológicos con los estándares de calidad ambiental para agua (ECAs) y límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos

Para dar cumplimiento a este segundo objetivo, los resultados obtenidos por parte del laboratorio fueron comparados con los estándares de calidad ambiental (D.S. N° 004-2017MINAM) para la categoría 1: Poblacional y recreacional y para todas las subcategorías A1, A2 y A3, además de ello se comparó con los límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos y parasitológicos establecidos en el reglamento de la calidad de agua para consumo humano (D.S. N° 031-2010-SA).

**Tabla 2**

*Estándares de calidad de agua para la comparación con resultados*

Parámetros	Unidad de medida	Categoría 1: Poblacional y recreacional		
		Subcategoría A1: Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Subcategoría A2: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Subcategoría A3: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
Coliformes totales 35 °C	NMP/100 ml	50	**	**
Coliformes termotolerantes 44,5 °C	NMP/100 ml	20	2 000	20 000
<i>Escherichia coli</i> 44,5 °C	NMP/100 ml	0	**	**

\*\* No aplica

Fuente: Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias.

**Tabla 3**

*Límites máximos permisibles de consumo de agua para la comparación con resultados*

Parámetros	Undiad de medida	LMPs de parámetros bacteriológicos y parasitológicos para consumo humano
Coliformes totales 35 °C	UFC/100 ml	0 (*)
Coliformes termotolerantes 44,5 °C	UFC/100 ml	0 (*)
<i>Escherichia coli</i> 44,5 °C	UFC/100 ml	0 (*)

UFC = Unidad formadora de colonias

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

Fuente: Decreto Supremo N° 031-2010-SA. Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano.

#### **2.2.4. Proponer métodos y/o medidas de desinfección del agua para eliminar la carga microbiológica del agua subterránea extraída**

Para el desarrollo de este objetivo se tuvo en consideración los resultados de los dos primeros objetivos desarrollados en la investigación, teniendo conocimiento de la carga microbiológica del agua subterránea, todo lo cual hizo posible proponer métodos y/o medidas de desinfección del agua para lograr en lo posible eliminar la carga microbiológica determinada.

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

Para el procesamiento y análisis de los datos se usó la estadística básica, lo que permitió determinar sumas y promedios de los resultados de análisis de laboratorio y para realizar la comparación con los LMPs y ECAs; asimismo, para facilitar la interpretación de los resultados se elaboraron figuras y tablas. Para procesar y analizar los datos se empleó como instrumento el paquete estadístico Excel.

## **CAPÍTULO III**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **3.1. Caracterización de la situación del agua poblacional en la asociación de viviendas Dubai, Morales**

##### **3.1.1. Viviendas y población en la asociación de viviendas Dubai**

A través de un diagnóstico en el área de estudio se identificó un total de 17 viviendas, de los cuales solo 8 consumen el agua del pozo en estudio, la población que consume el agua está representado por una cantidad de 29 personas, existiendo un total de 59 pobladores en las 17 viviendas que forman parte de la asociación de viviendas Dubai.

##### **3.1.2. Agua y saneamiento**

La asociación de viviendas Dubai no cuenta con los servicios básicos de agua potable y saneamiento; por lo tanto, no existen redes de distribución de agua potable.

De las 17 viviendas que se encuentran en la asociación, 8 consumen agua del pozo estudiado y las 9 viviendas restantes recurren a otras viviendas cercanas que cuentan con agua potable.

##### **3.1.3. Componentes del pozo de agua**

El pozo de agua de la asociación de viviendas Dubai se encuentra ubicado en las coordenadas UTM WGS 84 345421,97 este y 9283683,14 norte, a una altitud de 275 m.s.n.m., en el distrito de Morales, provincia y departamento de San Martín.

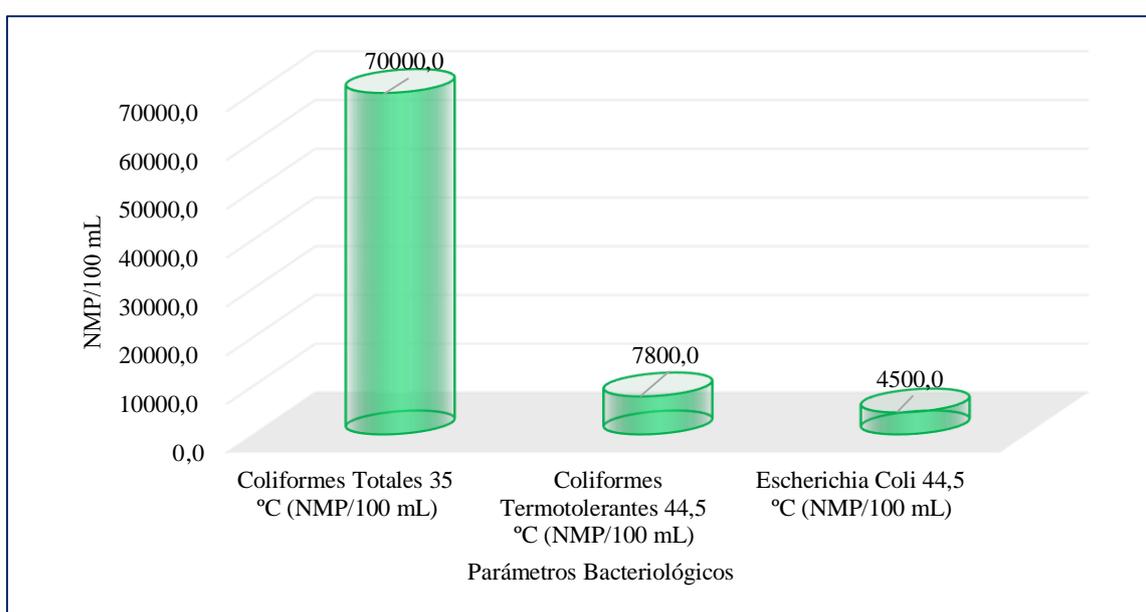
El pozo de agua cuenta con una profundidad aproximada de 8 m y dentro de sus componentes se encuentran: Motor de bomba de agua, tuberías de pvc, tanque de agua y manguera.

Desde la profundidad del pozo, el agua se succiona con el motor de bomba a través de tuberías de pvc que dirigen el agua hacia el tanque de almacenamiento, desde el cual se conecta una manguera que permite el llenado de los recipientes de las personas que día a día consumen el recurso hídrico.

### 3.2. Determinación de parámetros microbiológicos presentes en las aguas subterráneas

Se realizó el muestreo y posterior análisis de parámetros microbiológicos del agua subterránea en la asociación de vivienda Dubai durante dos etapas, la primera en diciembre de 2021 y la segunda en enero de 2022, encontrándose los resultados que se muestran a continuación:

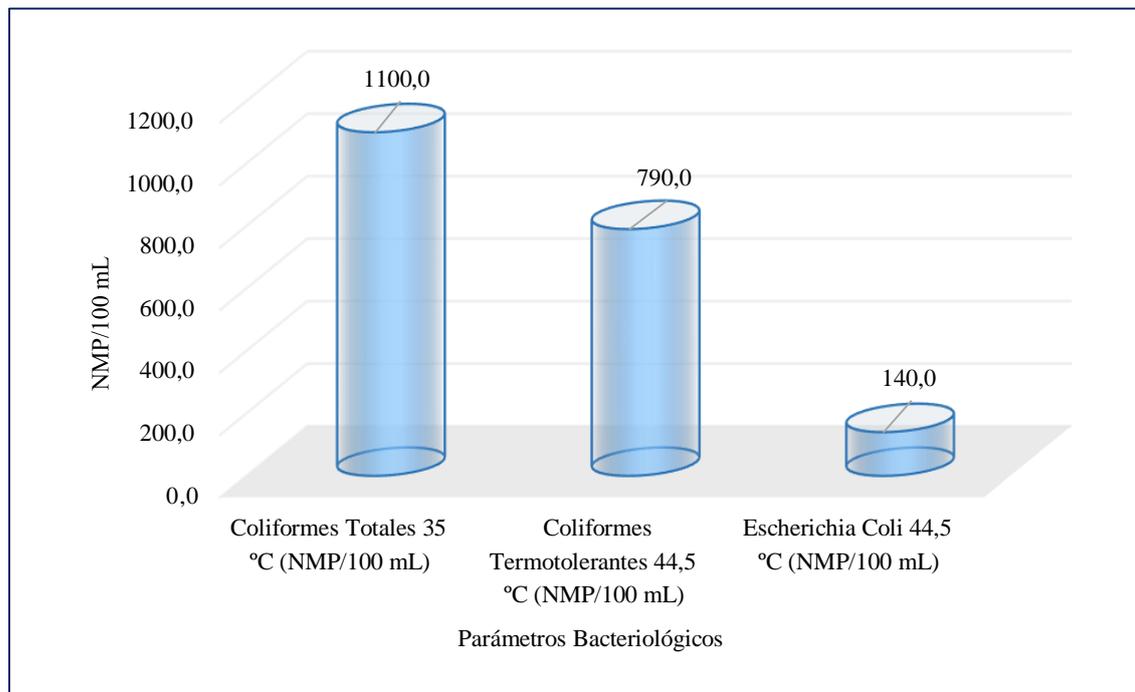
#### 3.2.1. Resultados de parámetros microbiológicos presentes en las aguas subterráneas en diciembre de 2021



**Figura 1.** Parámetros bacteriológicos presentes en aguas subterráneas en diciembre de 2021.

De acuerdo al muestreo realizado y análisis de laboratorio, se obtuvieron los resultados de parámetros bacteriológicos presentes en las aguas subterráneas en diciembre de 2021 (Figura 1), siendo posible apreciar una mayor cantidad de coliformes totales a diferencia de coliformes termotolerantes y *Escherichia coli*, encontrándose este último en menor cantidad con respecto a los otros dos parámetros; por otro lado, se determinó que existe una gran diferencia de 62 200,0 NMP/100 ml entre coliformes totales y termotolerantes, y 65 500,00 NMP/100 ml entre coliformes totales y *E. coli*; asimismo, se encontró una diferencia de 3 300 NMP/100 ml entre las concentraciones de coliformes termotolerantes y *E. coli*. A nivel general, es posible afirmar mediante el primer muestreo la presencia de parámetros bacteriológicos en las aguas subterráneas del pozo de la asociación de vivienda Dubai en diciembre de 2021 correspondiente a época de lluvias.

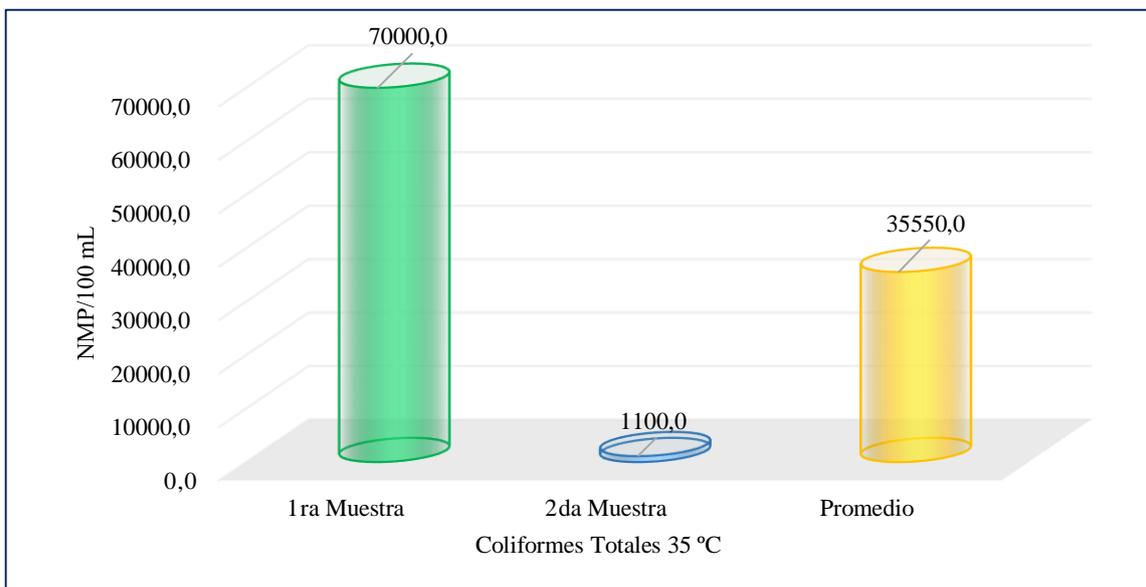
### 3.2.2. Resultados de parámetros microbiológicos presentes en las aguas subterráneas en enero de 2022



**Figura 2.** Parámetros bacteriológicos presentes en aguas subterráneas en enero de 2022.

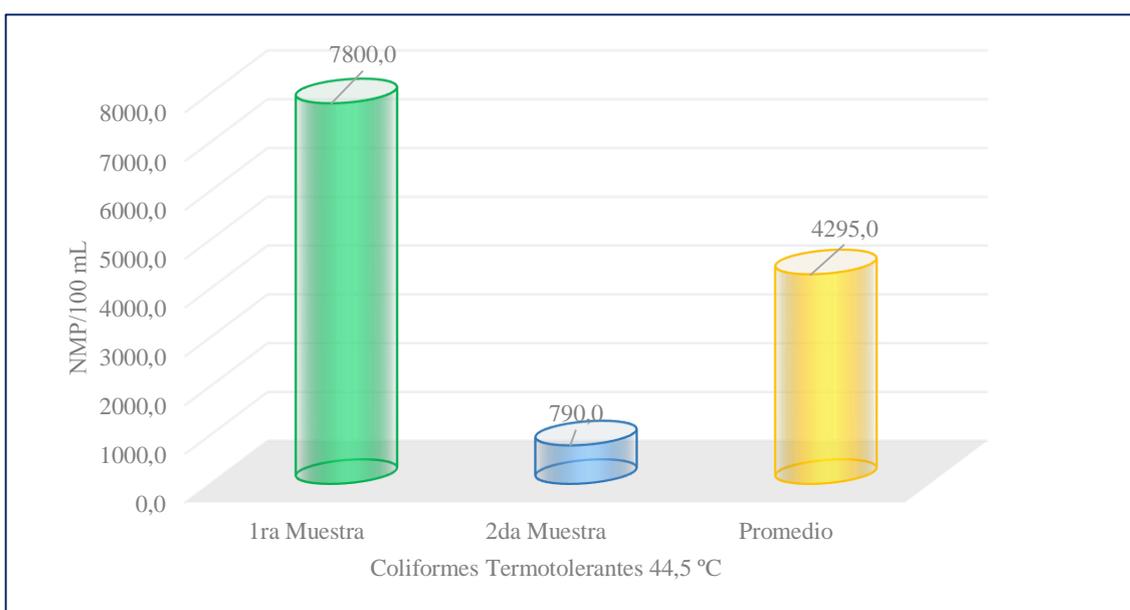
De acuerdo al muestreo realizado y análisis de laboratorio, se obtuvieron los resultados de parámetros bacteriológicos presentes en las aguas subterráneas en enero de 2022 (Figura 2), siendo posible apreciar también una mayor cantidad de coliformes totales a diferencia de coliformes termotolerantes y *Escherichia coli*, encontrándose este último en menor cantidad con respecto a los otros dos parámetros; por otro lado, se determinó que existe una diferencia de 310,0 NMP/100 ml entre las concentraciones coliformes totales y termotolerantes, y 960,00 NMP/100 ml entre coliformes totales y *E. coli*; asimismo, se encontró una diferencia de 650 NMP/100 ml entre las concentraciones de coliformes termotolerantes y *E. coli*. A nivel general, es posible afirmar mediante el segundo muestreo la presencia de parámetros bacteriológicos en las aguas subterráneas del pozo de la asociación de vivienda Dubai enero de 2022 correspondiente a época de verano.

### 3.2.3. Comparación de parámetros microbiológicos presentes en las aguas subterráneas en diciembre de 2021 y enero de 2022



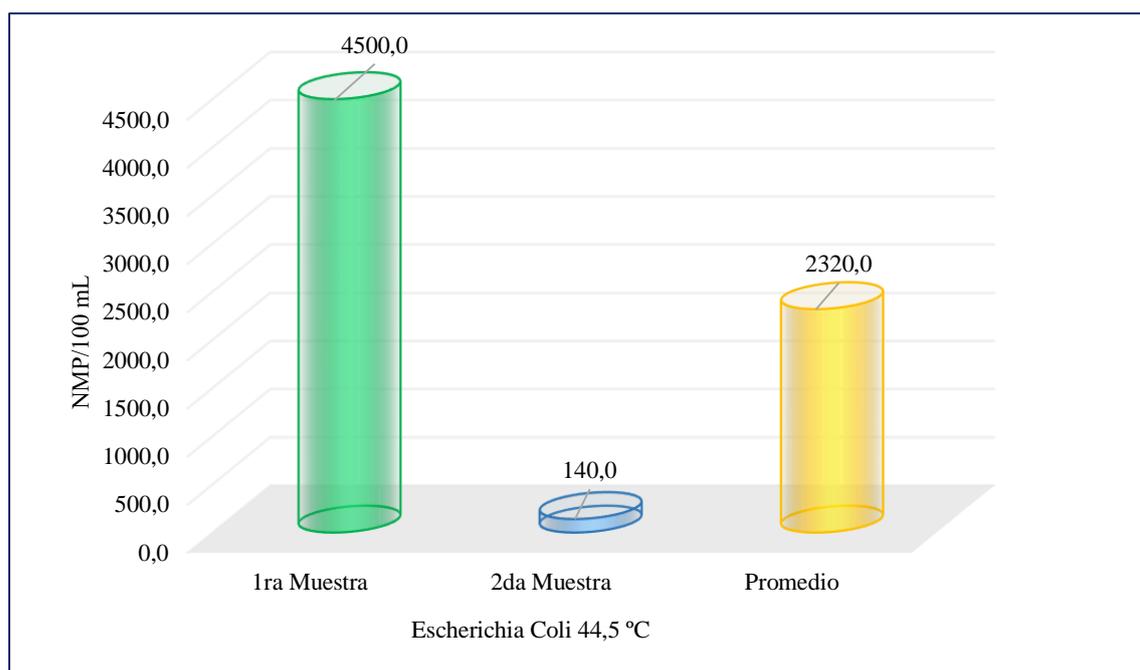
**Figura 3.** Comparación del parámetro bacteriológico coliformes totales.

De la figura presentada, es posible evidenciar una mayor cantidad de bacterias coliformes totales en la primera muestra tomada (diciembre de 2021) que representa a la época de lluvias a comparación de la segunda toma de muestra (enero de 2022) que representa a la época de verano o sequía, habiendo una diferencia entre ambas concentraciones de 68 900,0 NMP/100 ml, determinando también que el promedio de la cantidad de estas bacterias en base a las dos muestras tomadas es de 35 550,0 NMP/100 ml.



**Figura 4.** Comparación del parámetro bacteriológico coliformes termotolerantes.

En la figura 4, es posible evidenciar de igual manera una mayor cantidad de bacterias coliformes termotolerantes en la primera muestra tomada (diciembre de 2021) que representa a la época de lluvias a comparación de la segunda toma de muestra (enero de 2022) que representa a la época de verano o sequía donde la cantidad de coliformes termotolerantes fue menor, entre ambas concentraciones existe una diferencia de 7 010,0 NMP/100 ml, determinando también que el promedio de la cantidad de estas bacterias en base a las dos muestras tomadas es de 4 295,0 NMP/100 ml.

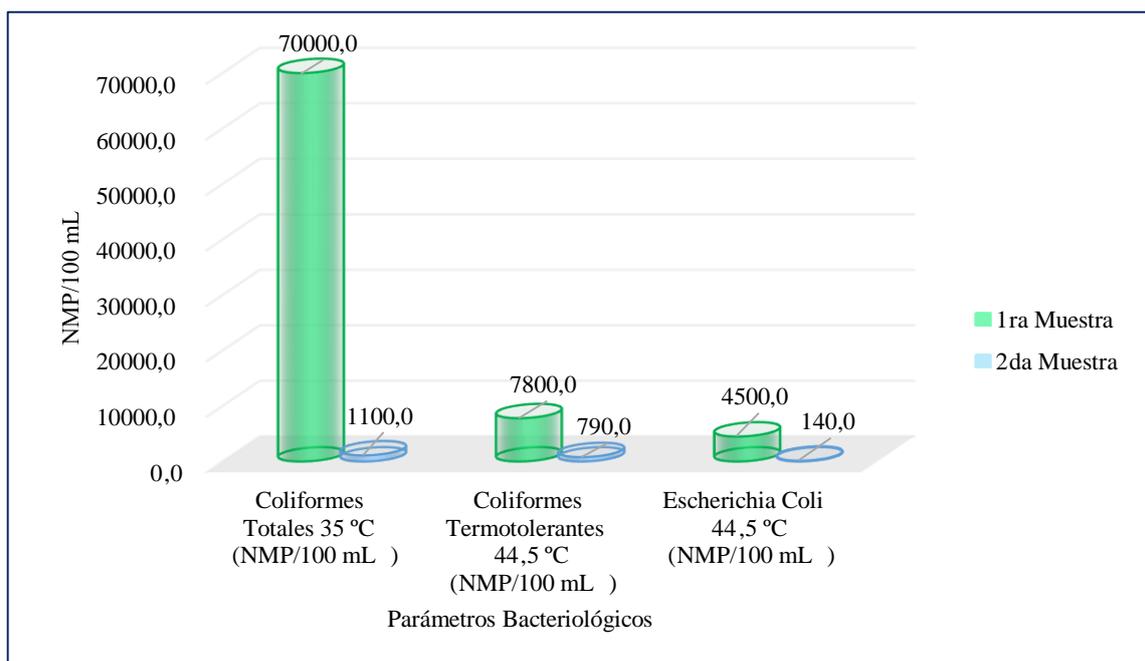


**Figura 5.** Comparación del parámetro bacteriológico *Escherichia coli*.

En la figura 5, es posible evidenciar de igual manera una mayor cantidad de bacterias *Escherichia coli* en la primera muestra tomada (diciembre de 2021) que representa a la época de lluvias a comparación de la segunda toma de muestra (enero de 2022) que representa a la época de verano o sequía donde la cantidad de *Escherichia coli* fue menor, entre ambas concentraciones existe una diferencia de 4 360,0 NMP/100 ml, determinando también que el promedio de la cantidad de estas bacterias en base a las dos muestras tomadas es de 2 320,0 NMP/100 ml.

En la figura 6, es posible evidenciar la comparación de los parámetros bacteriológicos tomando en referencia a las tomas de muestras realizadas, observando que para todas las bacterias las cantidades en la primera toma de muestra (diciembre de 2021) o época de

lluvias es mucho mayor a comparación de la segunda toma de muestra (enero de 2022) o época de estiaje, atribuyendo ello principalmente a factores externos como actividades antropogénicas y las condiciones de saneamiento en la asociación de viviendas, donde es posible evidenciar el uso de pozos sépticos, que, por acción de las lluvias por lixiviación, las bacterias pueden filtrar a través del suelo de la zona que presenta las condiciones para el desarrollo de este suceso y contaminar el agua subterránea durante la época de lluvias.

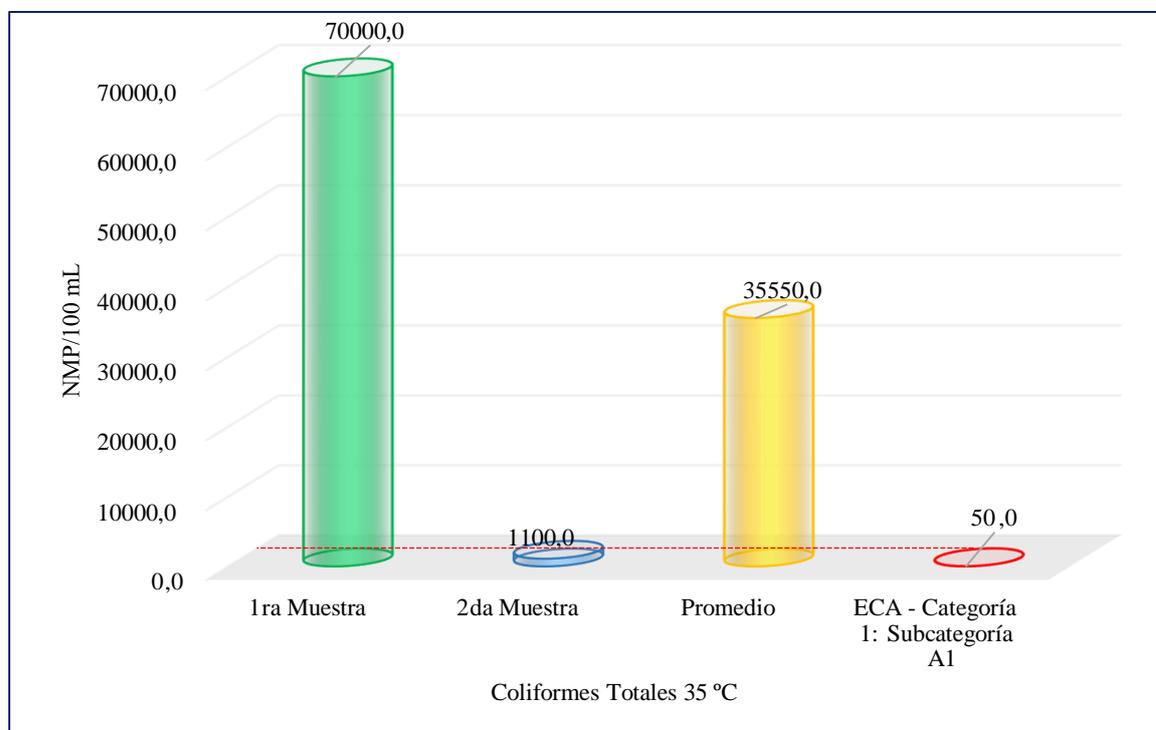


**Figura 6.** Comparación de parámetros bacteriológicos presentes en aguas subterráneas en diciembre de 2021 y enero de 2022.

### 3.3. Comparación de los parámetros microbiológicos con los estándares de calidad ambiental para agua (ECAs) y límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos

Con los resultados de parámetros microbiológicos obtenidos se procedió a compararlos con los estándares de calidad ambiental (D.S. N° 004-2017-MINAM) para la categoría 1: Poblacional y recreacional y para todas las subcategorías dentro de esta categoría, además de ello se comparó con los límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos y parasitológicos establecidos en el reglamento de la calidad de agua para consumo humano (D.S. N° 031-2010-SA), cuyos resultados obtenidos se presentan a continuación:

### 3.3.1. Comparación de los parámetros microbiológicos con los estándares de calidad ambiental para agua (D.S. N° 004-2017-MINAM), categoría 1: Poblacional y recreacional

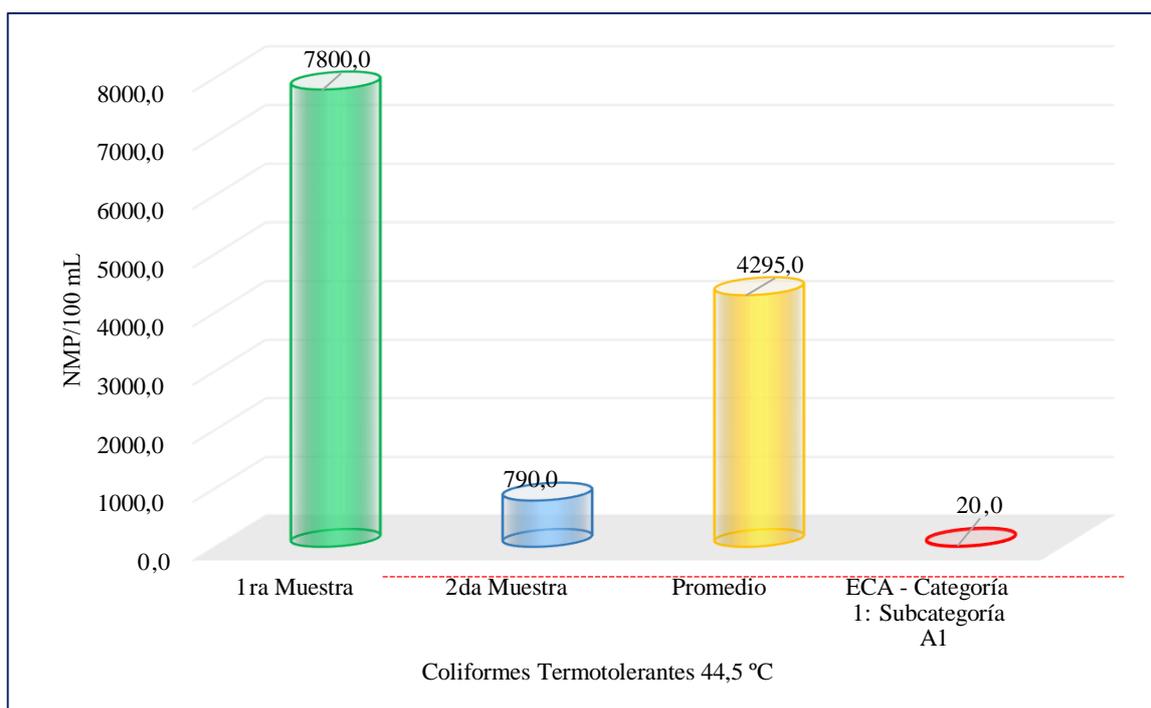


**Figura 7.** Comparación de coliformes totales con los ECAs para agua, categoría 1: Subcategoría A1.

En la figura 7, obtenido los resultados de coliformes totales se comparan con los estándares de calidad ambiental para agua, pertenecientes a la categoría 1: poblacional y recreacional y para este caso, aquellas aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección de la subcategoría A1, cuyo valor estándar es de 50 NMP/100 ml, el cual se evidencia que es demasiado inferior al resultado obtenido de la muestra y análisis realizado, existiendo un exceso de 6 9950,0 NMP/100 ml con respecto a la primera muestra y 1 050,0 NMP/100 ml con respecto a la segunda muestra, además de 35 500,0 NMP/100 ml con el promedio de ambas muestras, motivo por el cual es posible afirmar que el agua del pozo de la asociación de viviendas Dubai presenta elevado contenido de coliformes totales para su potabilización con desinfección.

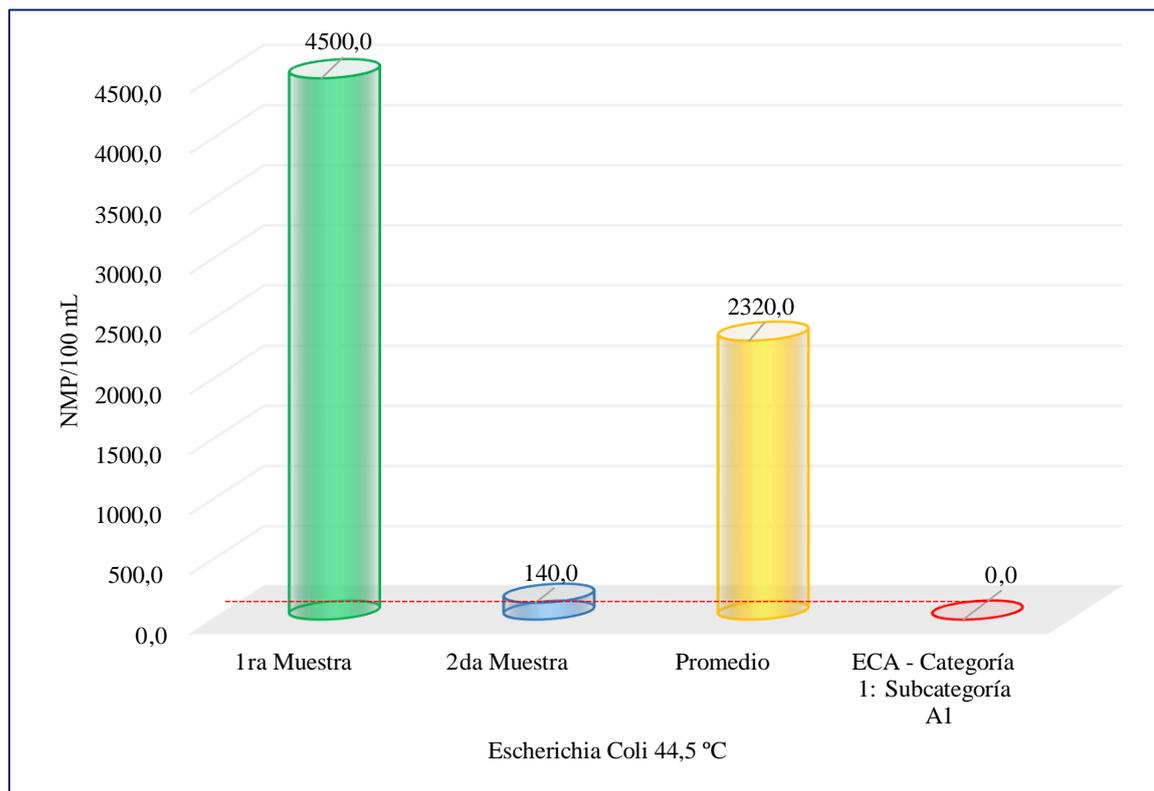
En la figura 8, obtenido los resultados de coliformes termotolerantes se comparan con los estándares de calidad ambiental para agua, pertenecientes a la categoría 1: poblacional y recreacional y para este caso, aquellas aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección

de la subcategoría A1, cuyo valor estándar es de 20 NMP/100 ml, el cual se evidencia que es demasiado inferior al resultado obtenido de la muestra y análisis realizado, existiendo un exceso de 7 780,0 NMP/100 ml con respecto a la primera muestra y 770,0 NMP/100 ml con respecto a la segunda, además de 4 275,0 NMP/100 ml con el promedio de ambas muestras, motivo por el cual es posible afirmar que el agua del pozo de la asociación de viviendas Dubai presenta elevado contenido de coliformes termotolerantes para su potabilización con desinfección.

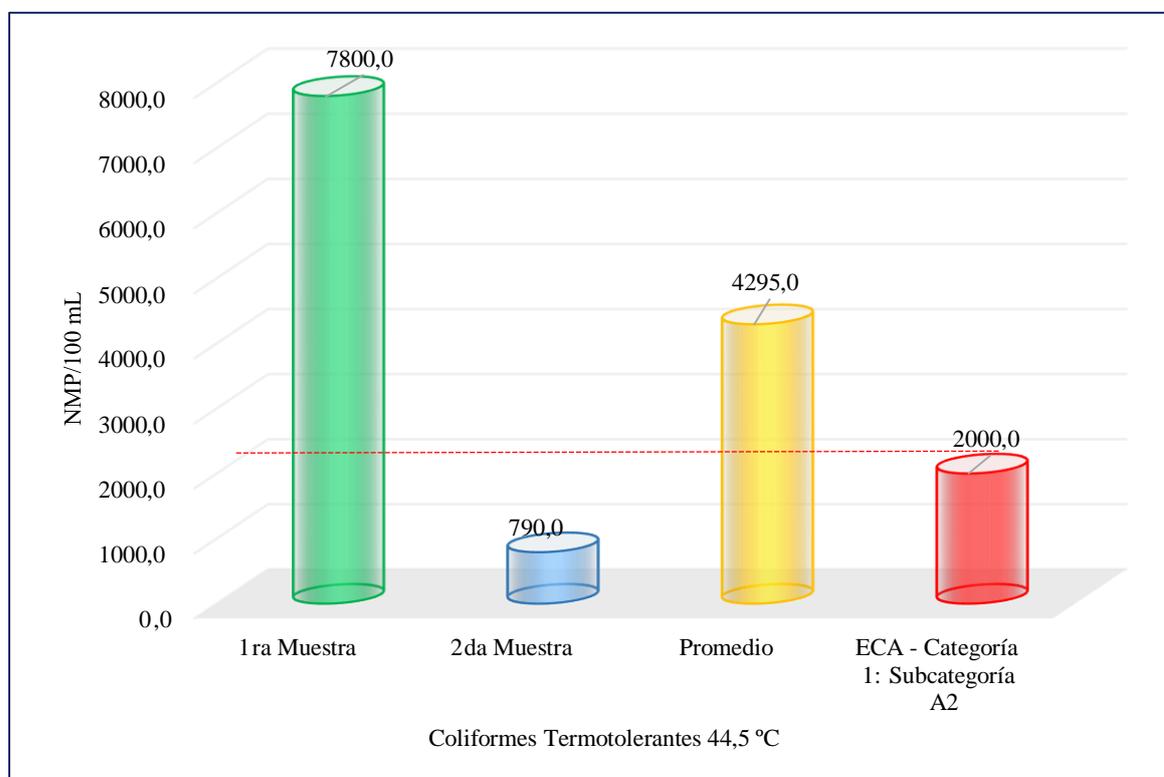


**Figura 8.** Comparación de coliformes termotolerantes con los ECAs para agua, categoría 1: Subcategoría A1.

En la figura 9, obtenido los resultados de *Escherichia coli* se comparan con los estándares de calidad ambiental para agua, pertenecientes a la categoría 1: poblacional y recreacional y para este caso, aquellas aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección de la subcategoría A1, cuyo valor estándar es de 0 NMP/100 ml, el cual se evidencia que es demasiado inferior al resultado obtenido de la muestra y análisis realizado, existiendo un exceso de 4 500,0 NMP/100 ml con respecto a la primera muestra y 140,0 NMP/100 ml con respecto a la segunda, además de 2 320,0 NMP/100 ml con el promedio de ambas muestras, motivo por el cual es posible afirmar que el agua del pozo de la asociación de viviendas Dubai presenta elevado contenido de *Escherichia coli* para su potabilización con desinfección.

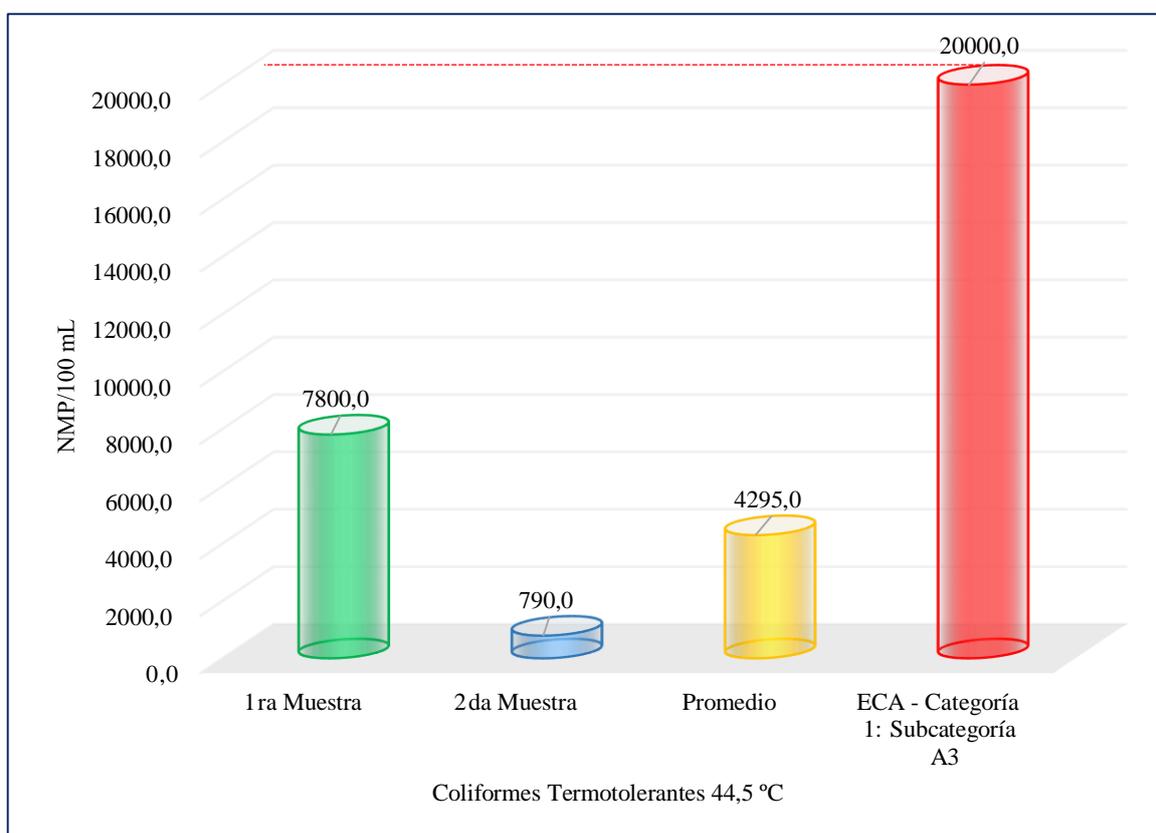


**Figura 9.** Comparación de *Escherichia coli* con los ECAs para agua, categoría 1: Subcategoría A1.



**Figura 10.** Comparación de coliformes termotolerantes con los ECAs para agua, categoría 1: Subcategoría A2.

En la figura 10, obtenido los resultados de coliformes termotolerantes se comparan con los estándares de calidad ambiental para agua, pertenecientes a la categoría 1: poblacional y recreacional y para este caso, aquellas aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional de la subcategoría A2, cuyo valor estándar es de 2 000,0 NMP/100 ml, el cual se evidencia que es demasiado inferior al resultado obtenido de la muestra y análisis realizado, existiendo un exceso de 5 800,0 NMP/100 ml con respecto a la primera muestra, en tanto para la segunda muestra el valor obtenido es inferior al estándar en 1 210,0 NMP/100 ml además con respecto al promedio de ambas muestras existe un exceso de 2 295,0 NMP/100 ml, motivo por el cual es posible afirmar que el agua del pozo de la asociación de viviendas Dubai presenta elevado contenido de coliformes termotolerantes para su potabilización con tratamiento convencional.



**Figura 11.** Comparación de coliformes termotolerantes con los ECAs para agua, categoría 1: Subcategoría A3.

En la figura 11, obtenido los resultados de coliformes termotolerantes se comparan con los estándares de calidad ambiental para agua, pertenecientes a la categoría 1: poblacional y recreacional y para este caso, aquellas aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado de la subcategoría A3, cuyo valor estándar es de 20 000,0 NMP/100 ml, el cual

se evidencia que es superior al resultado obtenido de la muestra y análisis realizado, que fue para la primera muestra 7 800,0 NMP/100 ml, 790,0 NMP/100 ml para la segunda y para el promedio de ambas muestras de 4 295,0 NMP/100 ml, motivo por el cual es posible afirmar que las bacterias coliformes termotolerantes del agua del pozo de la asociación de viviendas Dubai pueden ser potabilizados con tratamiento avanzado.

**Tabla 4**

*Cumplimiento de resultados de parámetros bacteriológicos con los ECAs para agua*

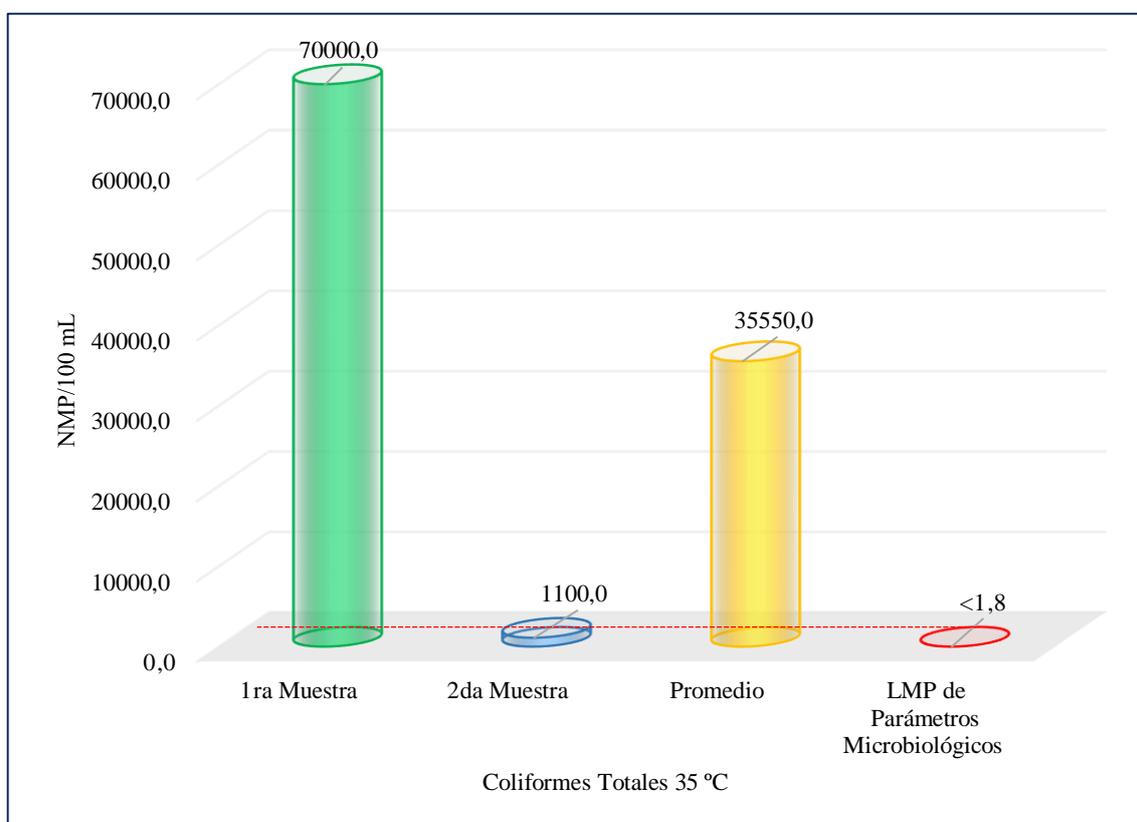
Parámetros	Muestra	Valor (NMP/100 ml)	Categoría 1: Poblacional y recreacional		
			Subcategoría A1: Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Subcategoría A2: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Subcategoría A3: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
Coliformes totales 35 °C	1	70 000,0	No cumple	**	**
	2	1 100,0	No cumple	**	**
	Promedio	35 550,0	No cumple	**	**
Coliformes termotolerantes 44,5 °C	1	7 800,0	No cumple	No cumple	Cumple
	2	790,0	No cumple	Cumple	Cumple
	Promedio	4 295,0	No cumple	No cumple	Cumple
<i>Escherichia coli</i> 44,5 °C	1	4 500,0	No cumple	**	**
	2	140,0	No cumple	**	**
	Promedio	2 320,0	No cumple	**	**

\*\* No aplica

En la tabla 4, de acuerdo a los estándares de calidad ambiental para agua, pertenecientes a la categoría 1: Poblacional y recreacional, no aplica para la subcategoría A2 y A3 los parámetros de coliformes totales y *Escherichia coli*, si aplicando el parámetro coliformes termotolerantes, el mismo que solo para la segunda muestra tomada cumple en la subcategoría A2 y para las muestra 1, 2 y promedio de ambas muestras cumple en la subcategoría A3; por otro lado, ningún valor obtenido de los tres parámetros analizados cumple lo establecido por los estándares para la subcategoría A1 para la categoría estudiada.

### 3.3.2. Comparación de los parámetros microbiológicos con los límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos (D.S. N° 031-2010-SA)

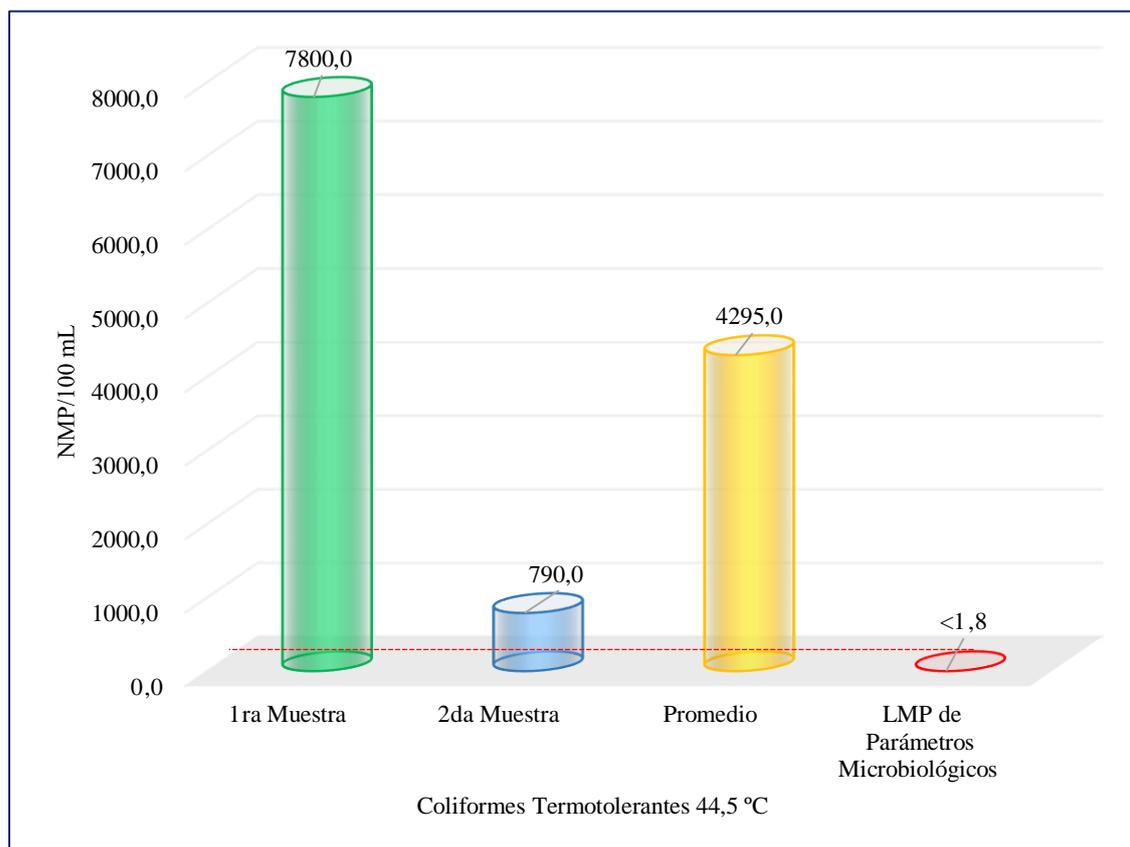
Los resultados obtenidos del muestreo y análisis microbiológico del agua subterránea del pozo de la asociación de viviendas Dubai, fue comparado con los límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos y parasitológicos, establecidos en el Reglamento de la calidad del agua para consumo humano (D.S. N° 031-2010-SA), encontrándose los siguientes resultados:



**Figura 12.** Comparación de coliformes totales con los LMPs de parámetros microbiológicos para consumo humano.

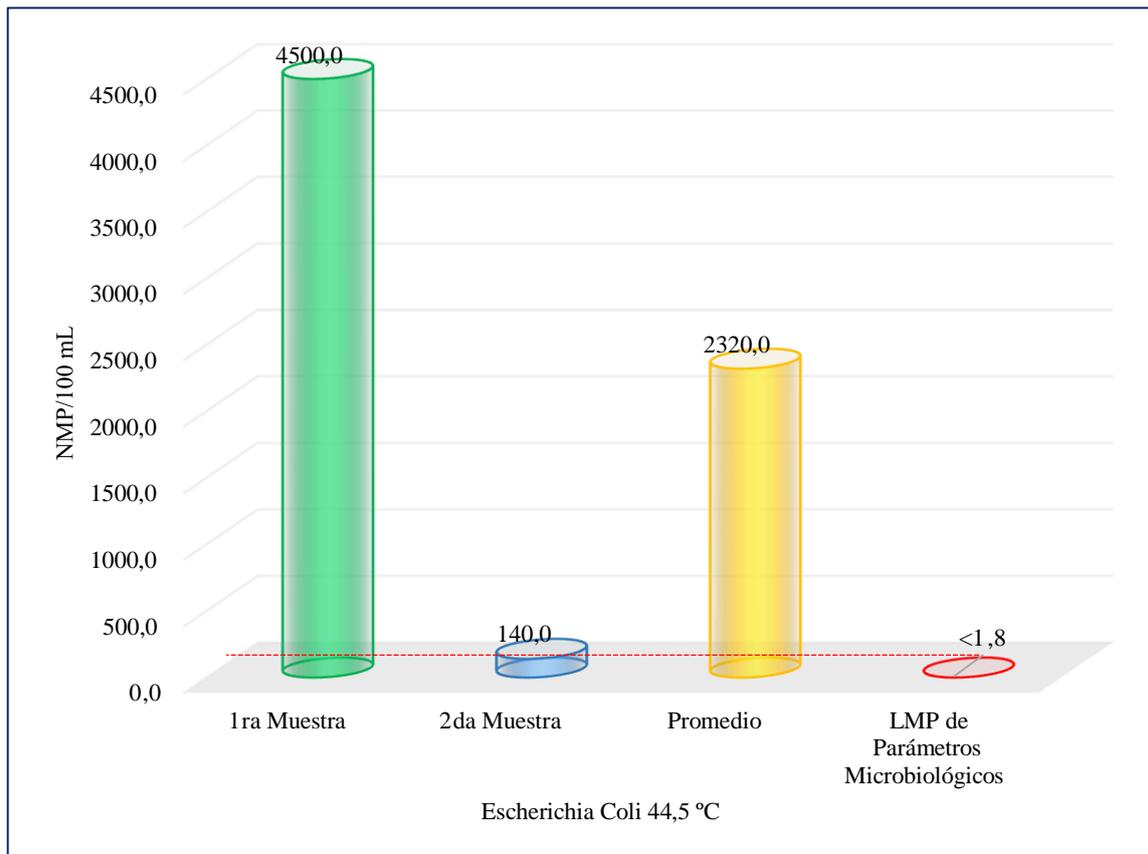
En la figura 12, obtenido los resultados de coliformes totales se comparan con los límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos y parasitológicos para consumo humano, cuyo valor establecido es de < 1,8 NMP/100 ml a 35 °C, el cual se evidencia que es demasiado inferior al resultado obtenido de la muestra y análisis realizado, existiendo un exceso de 70 000,0 NMP/100 ml con respecto a la primera muestra y de 1 100,0 NMP/100 ml con respecto a la segunda, además de 35 550,0 NMP/100 ml con el promedio

de ambas muestras, motivo por el cual es posible afirmar que el agua del pozo de la asociación de viviendas Dubai presenta elevado contenido de coliformes totales para el consumo humano, no siendo óptimo el consumo de esta agua por parte de los habitantes de la asociación.



**Figura 13.** Comparación de coliformes termotolerantes con los LMPs de parámetros microbiológicos para consumo humano.

En la figura 13, obtenido los resultados de coliformes termotolerantes se comparan con los límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos y parasitológicos para consumo humano, cuyo valor establecido es de < 1,8 NMP/100 ml a 44,5 °C, el cual se evidencia que es demasiado inferior al resultado obtenido de la muestra y análisis realizado, existiendo un exceso de 78 00,0 NMP/100 ml con respecto a la primera muestra y de 790,0 NMP/100 ml con respecto a la segunda, además de 4 295,0 NMP/100 ml con el promedio de ambas muestras, motivo por el cual es posible afirmar que el agua del pozo de la asociación de viviendas Dubai presenta elevado contenido de coliformes termotolerantes para el consumo humano, no siendo óptimo el consumo de esta agua por parte de los habitantes de la asociación.



**Figura 14.** Comparación de *Escherichia coli* con los LMPs de parámetros microbiológicos para consumo humano.

En la figura 14, obtenido los resultados de *Escherichia coli* se comparan con los límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos y parasitológicos para consumo humano, cuyo valor establecido es de < 1,8 NMP/100 ml a 44,5 °C, el cual se evidencia que es demasiado inferior al resultado obtenido de la muestra y análisis realizado, existiendo un exceso de 4 500,0 NMP/100 ml con respecto a la primera muestra y de 140,0 NMP/100 ml con respecto a la segunda, además de 2 320,0 NMP/100 ml con el promedio de ambas muestras, motivo por el cual es posible afirmar que el agua del pozo de la asociación de viviendas Dubai presenta elevado contenido de *Escherichia coli* para el consumo humano, no siendo óptimo el consumo de esta agua por parte de los habitantes de la asociación.

**Tabla 5**

*Cumplimiento de resultados de parámetros bacteriológicos con los LMPs para consumo humano*

Parámetros	Muestra	Valor (NMP/100 ml)	LMPs de parámetros bacteriológicos y parasitológicos para consumo humano
Coliformes totales 35 °C	1	70 000,0	No cumple
	2	1 100,0	No cumple
	Promedio	35 550,0	No cumple
Coliformes termotolerantes 44,5 °C	1	7 800,0	No cumple
	2	790,0	No cumple
	Promedio	4 295,0	No cumple
<i>Escherichia coli</i> 44,5 °C	1	4 500,0	No cumple
	2	140,0	No cumple
	Promedio	2 320,0	No cumple

En la tabla 5, de acuerdo a la evaluación desarrollada en base a los tres parámetros bacteriológicos, cantidad de muestreos y en fundamento del reglamento de la calidad del agua para consumo humano “D.S. N° 031-2010-SA”, se determinó que el agua del pozo de la asociación de viviendas Dubai, no cumple para ninguna de las muestras tomadas y promedios determinados los LMPs de parámetros bacteriológicos establecidos en la normativa mencionada, a raíz del cual es posible afirmar que el agua consumida, presenta elevadas concentraciones de coliformes totales, temotolerantes y *Escherichia coli*, por lo cual no es aceptable para el consumo humano resultando necesario el tratamiento pertinente del agua del pozo.

### **3.4. Propuesta metodológica y/o medidas de desinfección del agua para eliminar la carga microbiológica del agua subterránea extraída**

#### **3.4.1. Introducción**

El agua resulta ser un elemento vital y esencial para la vida, motivo por el cual todas las personas deben ser suministrados satisfactoriamente (accesible, suficiente e inocuo). El agua de calidad o potable es aquella que puede ser ingerida, logrando abastecer y satisfacer a los seres humanos sus necesidades, debido a que en su composición química no se

encuentran contaminantes, tales como, microorganismos, agentes infecciosos, sustancias químicas, entre otros más.

Consumir agua contaminada con carga microbiológica en la preparación de alimentos u otras actividades que cubran nuestras necesidades, representa una fuente causante de la producción de casos de infección o enfermedades en el ser humano, estableciendo de esa manera que el agua resulta ser apto bacteriológicamente para su consumo si este se encuentra libre de microorganismos patógenos de origen entérico y parasitario intestinal.

Es así que, cuando se habla de agua potable o de calidad, se hace referencia a que el agua ha sido previamente tratada, lo que hace que se encuentre en condiciones óptimas para su consumo humano, no representando un riesgo significativo para la salud cuando se llega a consumirlo.

En la asociación de viviendas Dubai, fue posible determinar que el agua subterránea utilizada para el desarrollo de las actividades cotidianas de la población no se encuentra apta o no es aceptable, debido a los altos contenidos de carga microbiológica que esta presenta, motivo por el cual resulta ser indispensable que se debe realizarse el máximo esfuerzo para lograr que la inocuidad del agua de consumo sea la mayor posible.

### **3.4.2. Objetivos**

#### **Objetivo general**

Proponer métodos y/o medidas de desinfección del agua para eliminar la carga microbiológica del agua subterránea extraída del pozo en la asociación de viviendas Dubai.

#### **Objetivos específicos**

Proteger la salud de la población de la asociación de viviendas Dubai.

Garantizar de medidas y/o alternativas para la mejora de la inocuidad del agua subterránea del pozo de la asociación de viviendas Dubai.

### **3.4.3. Finalidad**

La finalidad principal de la presente propuesta es el de proteger la salud de la población y garantizar medidas para la inocuidad del agua subterránea del pozo.

#### **3.4.4. Alcance**

El alcance de la propuesta es aplicable para la eliminación de la carga microbiológica del agua subterránea de la asociación de viviendas Dubai y para aquellos interesados que requieran tomar en consideración con el objetivo de mejorar la inocuidad del agua de consumo humano.

#### **3.4.5. Métodos y/o alternativas de desinfección**

##### **▪ Desinfección con cloro ( $\text{Cl}_2$ )**

Tipo de método químico que tiene la capacidad de matar organismos patógenos, existen dos tipos diferentes para la desinfección con cloro que son, la primaria con el cual es posible matar a los organismos y la secundaria a través un desinfectante residual con el objetivo de prevenir el crecimiento de más microorganismos en la distribución del agua. A lo largo de los años el cloro ha tenido diversas combinaciones y/o presentaciones tales como, gas ( $\text{Cl}_2$ ), líquido ( $\text{NaClO}$ ) y sólido ( $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ ); en diferentes países ha venido empleándose como desinfectante, debido a la virtud en su bajo costo y elevada, además de la forma en que se obtiene en forma de desinfectante residual empleado en sistemas de distribución (Arellano, 2002).

Normalmente, los sistemas que son menores emplean hipoclorito de sodio o de calcio, teniendo en cuenta de que son de uso más sencillo y además que no representan riesgos como es el caso del gas cloro, siendo el hipoclorito de sodio que brinda de 5% a 15% de cloro disponible y en el manejo es muy sencillo, debe tomarse en cuenta además que es de tipo corrosivo debiendo ser almacenado lejos de materiales y equipos susceptibles a la corrosión. Por otro lado, el hipoclorito cálcico cuenta con cloro disponible en 65%, siendo muy estable al estar empacado; no obstante, puede reaccionar con la humedad ambiental si no se le cuida suficientemente, lo que hace que se libere cloro gaseoso, teniendo en cuenta que es higroscópico (Arellano, 2002).

##### **Desventajas del método**

Algo que se debe tomar en cuenta es que, bajo diversas circunstancias, debido a la cloración pueden llegar a generarse diferentes subproductos peligrosos como, por ejemplo: triclorometano (Arellano, 2002).

- **Desinfección con ozono (O<sub>3</sub>)**

Es empleado en diversos países del mundo y a diferencia del cloro necesita de un más corto periodo de contacto para eliminar a los agentes patógenos. Es un tipo de gas tóxico que puede ser obtenido pasando el oxígeno presente en el aire mediante 2 electrodos. Asimismo, se caracteriza por ser un compuesto inestable que puede generarse en el lugar mismo donde está presente y además en el agua presenta solubilidad baja, por lo cual debe obtenerse una eficiencia máxima al encontrarse en contacto con el líquido (Arellano, 2002).

#### **Desventajas del método**

Es necesario que se emplee un desinfectante secundario, debido a que este en el agua no puede mantener residuos, también su costo es bastante alto (Arellano, 2002).

- **Radiación ultravioleta (UV)**

Es un sistema de alta efectividad otro sistema utilizado y muy efectivo para erradicar virus y bacterias, aunque es necesario un desinfectante secundario en el proceso, debido a las mismas razones por lo cual es necesario emplearlo con el ozono. La radiación ultravioleta resulta ser útil para sistemas de tratamiento debido a que presenta una inmediata disponibilidad; asimismo, no genera residuos con toxicidad, tiene un tiempo corto de contacto y su equipo es sumamente sencillo para la operación y el mantenimiento (Arellano, 2002).

#### **Desventajas del método**

Este método tiene una importante desventaja debido a que no puede ser empleado para aguas con elevados contenidos de materia orgánica, color, turbiedad y sólidos suspendidos, debido a que las sustancias generadas pueden absorber o reaccionar la radiación ultravioleta minimizando la eficiencia del proceso de desinfección (Arellano, 2002).

- **Desinfección con yodo (I<sub>2</sub>)**

El yodo se caracteriza por ser un desinfectante eficiente contra bacterias, quistes, virus, además de otros microorganismos que producen enfermedades hidro transmisibles. Post aplicación de yodo, se debe mezclar el agua y entre 15 a 20 minutos se debe dejar reposar, siendo además recomendable dejar una carga residual entre 0,5 a 0,8 mg/litro (Comisión Nacional del Agua, SF).

### **Desventajas del método**

La disponibilidad y empleo del yodo se han limitado; asimismo, su precio es entre 6 a 10 veces mucho mayor que la del cloro, siendo además la turbiedad el parámetro que puede causar interferencia en el proceso de desinfección, debido a que, si en el agua existen partículas, éstas tienen la capacidad de proteger a los microorganismos.

### **3.4.6. Evaluación de los métodos y/o alternativas de desinfección**

Se presentan cuatro métodos y/o alternativas de desinfección del agua para eliminar la carga microbiológica del agua subterránea extraída en la asociación de viviendas Dubai, de los cuales de acuerdo a las características del ámbito de estudio se presenta el siguiente análisis:

#### **▪ Desinfección con cloro ( $\text{Cl}_2$ )**

De acuerdo a lo fundamentado, es el método más adecuado o el más pertinente para ser ejecutado en el pozo de la asociación de viviendas Dubai, fundamentando también de que es uno de los más efectivos y practicados por diferentes entidades para eliminar la carga microbiológica, además del bajo costo que representa su implementación y de las facilidades que presenta para su manejo.

#### **▪ Desinfección con ozono ( $\text{O}_3$ )**

Aunque requiere de un periodo más corto de contacto que el cloro para la eliminación de los patógenos, este método resulta ser muy costoso para su implementación en la asociación de viviendas Dubai, por parte de las dirigencias de la población y autoridades, muy aparte que el lugar no presenta las condiciones pertinentes, motivos por los cuales quedaría totalmente descartada su implementación en el ámbito de estudio.

#### **▪ Radiación ultravioleta (UV)**

Al igual que la desinfección con ozono, el tiempo de contacto es corto a diferencia del cloro, pero que también resulta ser un método de elevado costo para ser ejecutado por la población o autoridades, muy aparte de que teniendo en cuenta que en periodos de lluvia parámetros como sólidos suspendidos y turbiedad aumentan su concentración en el agua, sería una desventaja ante la aplicación de este método y se requerirían de otras alternativas para mejorar la calidad del agua.

- **Desinfección con yodo ( $I_2$ )**

Al igual que los otros métodos, este resulta ser también eficaz pareciéndose mucho a la desinfección con cloro, a diferencia que su costo es entre 6 a 10 veces más, muy aparte de que su disponibilidad y uso han sido limitados, lo cual representaría un problema para su aplicabilidad en la zona de estudio.

### **3.4.7. Medidas de respuesta para la desinfección del agua**

- **Hervido del agua**

Hervir el agua es una medida de respuesta muy eficaz para la desinfección del agua que presenta alta carga microbiológica.

Durante 10 minutos se debe dejar el agua en el fuego, hasta llegar al punto de ebullición y mantenerla allí durante 1 minuto a nivel del mar y a 3 minutos a gran altura. En el desarrollo del proceso se debe evitar que personas susceptibles como menores de edad estén cerca de la olla donde hierve el agua a fin de evitar quemaduras. Después de haber terminado el proceso, el agua debe ser protegida en recipientes limpios y seguros donde no se contamine.

#### **Desventajas de la medida**

Requiere de consumos energéticos hacer el hervir el agua, como, por ejemplo, uso de gas o leña, siendo además otro inconveniente el cambio de sabor del agua, sobre todo cuando este es hervido con leña.

### **3.4.8. Conclusiones**

Después de haber presentado las alternativas y/o métodos de desinfección del agua subterránea del pozo de la asociación de viviendas Dubai, es posible mencionar que la alternativa más fiable y pertinente para eliminar la carga microbiológica es la desinfección con cloro, la misma que sumado a la medida de respuesta de hervir el agua en las viviendas, disminuirían considerablemente la carga microbiológica haciendo apto o aceptable el agua para el consumo humano.

## **3.5. Discusión de resultados**

En esta investigación se determinó que, la presencia bacteriológica de acuerdo a los tres parámetros analizados es mayor en diciembre de 2021 (época de lluvias) a comparación

de enero de 2022 (época de sequías), atribuyendo ello a factores externos como condiciones de saneamiento con la que cuenta la zona de estudio que por procesos de lixiviación por aguas de escorrentía, las bacterias pueden contaminar las aguas subterráneas, información que es corroborada con la de Pacheco et al., (2008), quien menciona que la calidad microbiológica de aguas subterráneas se debe a la disposición inadecuada de desechos domésticos y a las inadecuadas prácticas de saneamiento.

Molina y Jiménez (2017), mencionan que existe una relación entre el aumento de los microorganismos y las precipitaciones, información que es afirmada con los resultados encontrados dado a que se determinó que en épocas de lluvia o precipitaciones (diciembre de 2021) la presencia de bacterias es mayor a la época de estiaje (enero de 2022).

Luján et al. (2019), del total de muestras que analizó logró detectar en el 58% la presencia de al menos un indicador bacteriológico de contaminación que supera los parámetros para consumo humano, al respecto, en la presente investigación se determinó el 100% de muestras tomadas que indican la presencia de al menos un parámetro bacteriológico, lo cual puede deberse principalmente a factores externos que permiten el incremento microbiológico en el agua del pozo, tal y como también menciona el autor que la contaminación microbiológica responde a múltiples factores.

Se logró determinar que el agua del pozo de la asociación de viviendas Dubai, no es aceptable para el consumo humano, sobre todo debido a la excesiva presencia de coliformes totales y termotolerantes, información que se corrobora con la encontrada por Soriano (2018), quien determinó de la evaluación de la calidad microbiológica del agua subterránea la presencia de coliformes totales y termotolerantes lo que lo hace no apta para el consumo humano.

Torres (2014), en su investigación determinó que los acuíferos analizados sobrepasan los estándares de calidad ambiental en coliformes totales y termotolerantes para su potabilización con desinfección, información que se corrobora con lo encontrado, dado a que se determinó que todos los parámetros microbiológicos analizados, exceden los estándares de la subcategoría A1 de la categoría 1: poblacional y recreacional.

De acuerdo a la evaluación de los métodos y/o alternativas de desinfección, se determinó que el más óptimo para eliminar la carga microbiológica del agua del pozo en la asociación de vivienda es la desinfección con cloro, el mismo que es una alternativa de bajo costo y de implementación simple, a diferencia de desinfección con ozono, yodo y radiación ultravioleta que son de mayor costo (Arellano, 2002).

Torres (2014), Chong (2010), Molina (2018), determinaron que los parámetros microbiológicos analizados excedieron lo establecido en el reglamento de la calidad del agua de consumo humano, información que se afirma con lo encontrado en la presente investigación, resultando necesario el tratamiento del agua antes de su distribución, tal y como lo afirma Soriano (2018).

Los valores guía que se establecieron para verificar la calidad microbiológica de las aguas para consumo refieren que, en toda muestra de agua destinada para beber directamente, tanto *E. coli* y coliformes termotolerantes no debe ser detectable para ninguna muestra con cantidad de 100 ml; al respecto, en la presente investigación se determinó 4500,0 y 140,0 NMP/100 ml de *E. coli* y 7800,0 y 790,0 NMP/100 ml de coliformes termotolerantes, por lo cual tanto en estiaje como lluvias, las condiciones del agua del pozo no cumplen los valores guía, corroborando una vez más que la calidad microbiológica del agua del pozo no es apta para el consumo.

Molina (2018), determinó que los coliformes fecales y totales con valores mayores a 23,00 NMP/100 ml excedieron lo establecido en el reglamento en el DS N° 031-2010-SA; al respecto, en el pozo de agua de la asociación de vivienda Dubai, se determinó valores mayores a 1000,0 NMP/100 ml de coliformes totales y 790,0 NMP/100 ml de coliformes termotolerantes, lo que demuestra que en la fuente subterránea en estudio las concentraciones de bacterias microbiológicas fueron mayores a lo determinado por el mencionado autor.

## CONCLUSIONES

La carga microbiológica en diciembre de 2021 (época de lluvias) y enero de 2022 (época de verano), fue mayor en la primera muestra en comparación a la segunda muestra tomada, donde los resultados presentan menor presencia de bacterias en el agua subterránea.

Los parámetros microbiológicos presentes en el agua subterránea de la asociación vivienda Dubai son coliformes totales 35 °C 70 000,0 NMP/100 ml y 1 100,0 NMP/100 ml en la primera y segunda muestra respectivamente, siendo para coliformes termotolerantes 44,5 °C 7 800,0 NMP/100 ml en diciembre de 2021 y 790,0 NMP/100 ml en enero de 2022, además la bacteria *Escherichia coli* registró valores en la primera y segunda toma de muestra de 4 500,0 NMP/100 ml y 140,0 NMP/100 ml respectivamente.

Al comparar los resultados con los estándares de calidad ambiental para agua y con límites máximos permisibles para parámetros microbiológicos y parasitológicos se concluye que el agua del pozo de la asociación de viviendas Dubai no es aceptable para su consumo humano, dado que no cumple con los valores establecidos de parámetros microbiológicos por las elevadas concentraciones de coliformes totales, termotolerantes y *Escherichia coli* determinados.

El método de desinfección apropiado del agua subterránea extraída es la cloración, siendo muy favorable dado a su alta efectividad, el bajo costo que representa su implementación y la facilidad que esta presenta para su manejo que, sumado a la medida de hervido del agua, representaría una alternativa muy eficiente para la eliminación de la carga microbiológica del agua, siendo el más factible y pertinente para su aplicación en la asociación de viviendas Dubai.

## RECOMENDACIONES

A los pobladores de la asociación de viviendas Dubai, se recomienda tomar las precauciones correspondientes ante el consumo del agua del pozo, dado a que los resultados obtenidos no muestran calidad aceptable para su consumo.

A los pobladores de la asociación de viviendas Dubai y autoridades del distrito de Morales, se recomienda tomar en consideración los métodos y/o medidas de desinfección presentado a fin de mejorar la calidad del agua del pozo de la asociación de viviendas Dubai, con el objetivo de brindar a sus pobladores agua de calidad y libre de bacterias.

A las autoridades del distrito de Morales, gestionar la formulación de proyectos de saneamiento que permitan acceder al servicio de agua potable de calidad a la población de la asociación de viviendas Dubai.

Al estado, recomendar la alternancia y promoción de técnicas de desinfección del agua para consumo humano, a fin de salvaguardar la salud de los pobladores.

A investigadores desarrollar trabajos de investigación tomando en cuenta otros microorganismos patógenos para el ser humano, por ejemplo, huevos y larvas de helmintos, virus, quistes, organismos de vida libre, entre otros.

A los estudiantes de las diferentes universidades y en particular a los de la Universidad Nacional de San Martín, desarrollar investigaciones referidos al tema tratado, con el objetivo de brindar información científica relevante, para la toma de decisiones pertinentes, evitando en lo posible el perjuicio de las poblaciones.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Autoridad Nacional del Agua (ANA). (2016). Protocolo Nacional para el monitoreo de la calidad de los Recursos Hídricos superficiales, N°010-2016-ANA, 1ra. Edición, Lima, Grafica Industrial Alarcón S.R.L.
- Arellano, J. (2002). Introducción a la ingeniería ambiental. Primera edición. ISBN: 970-187961-9.
- Bastidas, L. M. (2009). Evaluación de la calidad bacteriológica del agua de pozo destinada a consumo humano en comunidades rurales dispersas del valle de Mariquina, provincia de Valdivia”. Memoria de Título inédita, Universidad Austral de Chile.
- Cardona, D. C. (2011). Caracterización del agua cruda del Río la Vieja como fuente superficial para el proceso de potabilización de EMCARTAGO S.A. E.S.P.” Informe científico inédito, Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia.
- Cava, T., y Ramos, F. (2016). Caracterización físico – química y microbiológica de agua para consumo humano de la localidad Las Juntas del distrito Pacora – Lambayeque, y propuesta de tratamiento. Tesis de Ingeniería inédito, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Perú.
- CEPAL. (2002). Gestión del agua a nivel de cuencas: teoría y práctica. ISBN: 9213220707, Editorial CEPAL, El Colegio de México. México.
- Chambers *et al.* (2002). Pérdidas de nutrientes de la agricultura: efectos en las aguas superficiales y subterráneas canadienses. Investigación al margen de la ciencia y la sociedad. Asociación Internacional de Ciencias Hidrológicas (IAHS), Oxford, 2002.
- Chong, A. (2010). Evaluación de la calidad del agua subterránea en el centro poblado menor La Libertad, distrito de San Rafael, provincia de Bellavista, región San Martín – Perú”. Tesis maestría inédita, Universidad Nacional de San Martín.
- Comisión Nacional del Agua. S.f. Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento: Desinfección para sistemas de agua potable y saneamiento. ISBN: 978-607-626-023-4.
- Dirección General de Salud Ambiental e Inocuidad Alimentaria (DIGESA). (2011). Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano. N° 031-2010SA, 1ra.edición, Lima, J.B. GRAFIC E.I.R.L.

- Domínguez, N., Jonis, M., Carrasco, S., Rivera, L., Menacho, A., y otros. (2013). Perfil microbiológico del agua destinada a consumo humano de un asentamiento humano en Lima-Perú. *Revista de la Facultad de Medicina Humana de la Universidad Ricardo Palma*.
- Farmer JJ III. (1998). Enterobacteriaceae: Introduction and identification. En: *Manual of clinical microbiology*. 6ª ed. Washington, D.C. ASM Press 1995: 440. 4. Nataro JP, Kaper JB. Diarrheagenic *Escherichia coli*. *Clin Microbiol Rev*; 11:142-201.
- Glynn, H., y Heinke, G. (1999). *Ingeniería Ambiental*. ISBN 0-13-120650-8, Segunda edición, Ed. Prentice Hall. México.
- Guevara, A. (1996). *Análisis de las Normas de Control de la Calidad de las Aguas*. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente - División de Salud y Ambiente- Organización Panamericana de la Salud – Oficina Regional de la Organización Mundial de la Salud. Lima-Perú.
- GWP. (2009). *Aguas subterráneas - Acuíferos*. ISBN: 978-9972-602-78-8, 1era edición, Biblioteca Nacional del Perú N° 2012-13240, Lima.
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). (1997). *Análisis del desarrollo sostenible en Centroamérica. Indicadores para la agricultura y los recursos naturales*. ISBN IICA: 92-9039-334-3, Tercera edición, San José, Costa Rica.
- Llamas, M. (2001). *La contaminación de las aguas subterráneas. Aguas subterráneas, retos y oportunidades*. *Revista de investigación, Fundación Marcelino Botín*. Ed MundiPrensa. Madrid, España.
- López, J. A., Fornés, J. M., Ramos, G., y Villarroya, F. (2009). *Las aguas subterráneas. Un recurso natural del subsuelo*. Instituto Geológico y Minero de España. 4ª Edición. España.
- Londoño, O. (2014). *Caracterización de parámetros microbiológicos y fisicoquímicos del sistema para producir agua desionizada tipo II, en una industria cosmética*. Universidad Militar Nueva Granada, Est Esp. Planeación ambiental y Manejo de los recursos Naturales.
- Luján, N., Bachetti, R. A., Damilano, G., Morgante, V., Ingaramo, R. N., Saino, V., y Morgante, C. A. (2019). *Calidad microbiológica y usos del agua subterránea en establecimientos agropecuarios del centro-sur de Córdoba, Argentina*. *Revista*

*Internacional de Contaminación Ambiental*, 35(4); 839-848.

<https://doi.org/10.20937/RICA.2019.35.04.06>

Méndez, R. I., Pacheco, J. G., Castillo, E. R., Cabrera, A., Vázquez, E., Cabañas, D. D. (2014). Calidad microbiológica de pozos de abastecimiento de agua potable en Yucatán, México. *Ingeniería*, 19(1), 51-61. ISSN: 1665-529X.

Mora, D. (2016). Estudio exploratorio-ecológico sobre las concentraciones de sales de calcio en el agua para consumo humano y la litiasis renal en Costa Rica. *Revista de salud*. ISSN 1409-1429, Costa Rica.

Molina, L. Y. (2018). Propuesta de uso del agua subterránea del distrito de Uracacore para el consumo humano mediante la identificación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. Tesis título inédita, Universidad Nacional de San Agustín.

Molina, G., y Jiménez, I. (2017). Análisis de la contaminación por coliformes termotolerantes en el estuario del río Ranchería, La Guajira (Colombia). *Boletín Científico*. Centro de Museos. Museo de Historia Natural.

Navarro, J. (2014). Evaluación de la calidad bacteriológica en aguas de pozo en la comunidad de Manacamiri de la región Loreto. Tesis título inédita, Universidad Nacional de la Amazonia Peruana.

Oblitas, L et al. Agua para el siglo XXI para América del Sur. Informe inédito, CEPAL, 2004.

Organización Mundial de la Salud (OMS). (2006). *Guías para la calidad del agua potable*”.

ISBN 92 4 154696 4, 3ra.edición, Ginebra, Ediciones de la OMS.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2012). *El estado de los recursos de tierras y aguas del mundo para la alimentación y la agricultura. La gestión de los sistemas en situación de riesgo*. ISBN FAO: 978-92-5306614-8, Segunda edición, Madrid, España. Ediciones Mundi-Prensa. 2012.

Ongley, E. (1997). *Lucha Contra la Contaminación Agrícola de los Recursos Hídricos*. ISBN 92-5-303875-6, 1era edición, Roma, Italia.

Organización Panamericana de la Salud (OPS). (2003). *Hoja informativa para la calidad del agua potable y saneamiento*. México, Ediciones de la OMS.

- Pacheco, J., Cabrera, A., y Pérez, R. (2004). Diagnóstico de la calidad del agua subterránea en los sistemas municipales de abastecimiento en el Estado de Yucatán. *Ingeniería*, 8(2), 165 – 179. México.
- Perú, Ley de los Recursos Hídricos, 27 de marzo de ANA, Institución Oficial del Estado, 27 de marzo del 2019, N°29338, p. 40.
- Perú, Ley General del Ambiente, 13 octubre de El Peruano, Diario Oficial del Estado, 15 de octubre del 2005, N° 28611, p. 45.
- Pérez, M. (2021). Determinación de la calidad de agua para consumo humano en el valle de Vitor, Arequipa durante los meses de agosto-octubre del 2019. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.
- Prüs, A., Kay, D., Fewtrell, L., & Bartram, J. (2002). Estimating the burden of disease from water, sanitation, and hygiene at a global level. *Environ Health Perspect.*
- Quiroz, J. (2006). Evaluación de la contaminación en el suelo y agua del sector La Muyuna causada por los residuos sólidos producidos por la ciudad de Tingo María y el centro poblado de Castillo Grande, Leoncio prado Huánuco. Tesis (Ingeniero en Recursos Naturales Renovables Mención Conservación de Suelos y Agua) Tingo María: Universidad Nacional Agraria, Facultad de Recursos Naturales Renovables.
- Reasoner, D. (1998). Recuento Heterotrófica en Placas. Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos. EEUU.
- Reynolds, K. (2002). Calidad de agua a lo largo de la frontera. Informe inédito, EMCSP, México.
- Rodríguez, G. (2002). Principales características y diagnóstico de los grupos patógenos de *Escherichia coli*. *Salud Publica Mex*; 44:464-475.
- Soriano, 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 (Ingeniera Ambiental). Cajamarca: Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería.
- Torres, W. (2013). Determinación del nivel de contaminación biológica por coliformes fecales en acuíferos no confinados (pozos) de uso para consumo humano, ciudad de Moyobamba-2013. Tesis título inédita, Universidad Nacional de San Martín, 2013.

- Valiente, C., y Gonzales, J. P. (2002). Calidad microbiológica del agua subterránea en el valle central de Costa Rica. Editorial EUNED. San José, Costa Rica, 2002.
- Whinchester, I. (2006). El desarrollo sostenible de los asentamientos humanos en Latinoamérica y El Caribe. Naciones Unidas CEPAL. SERIE Medio ambiente y Desarrollo N°99.
- Wrightman, S. (2008). Calidad química y microbiológica del agua y acceso al recurso agua en la comunidad de Solong, territorio Naso-Teribe, Bocas del Toro.

**ANEXOS**

## Anexo 1. Cadenas de custodia

	FORMATO	FOR-LRRSP -004
	SOLICITUD DE ENSAYO - AGUAS	Edición 01

<b>DATOS DEL SOLICITANTE</b>	Solicitante: <u>Johanna Sánchez Pajuelo</u>	<b>ANEXOS</b>	Oficio N°
	Dirección: <u>Jr. Varacachillo N° 341 - Moyobamba</u>		Hoja de campo (si) <input checked="" type="checkbox"/> (no)
	Tel: <u>986 54 5632</u>		Acta de inspección (si) <input checked="" type="checkbox"/> (no)
<b>DATOS DEL MUESTREO</b>	Motivo: <u>Investigación de Tesis</u>		
	Responsable (s): <u>Johanna Sánchez Pajuelo</u>		

CODIGO CAMPO (1)	COD. LAB (2)	FECHA MUESTREO	HORA MUESTREO	MATRIZ (3)	PUNTO DE MUESTREO (4)	LOCALIDAD URB/AAHH	DISTRITO	PROVINCIA	UTM (coordenadas)		ANÁLISIS SOLICITADO			N° FCOS x Pto Muestreo	Volumen (mL)
									ESTE	NORTE	BAC	FQ	PAR		
M-01	433	05/12/21	16:00	A.N	ago de agua / Asociación de vivienda Dubai	Morales	Morales	San Martín			<input checked="" type="checkbox"/>			01ml	300ml
											<input checked="" type="checkbox"/>			11	11
											<input checked="" type="checkbox"/>			11	11
TOTAL															

Matriz: AP(agua potable, consumo) / AN(agua superficial, subterránea) / AL(agua pluvial) / EF(efluente) / VE(vertimientos residual) / SE(sedimento) / PI(Piscina) / BV(blanco viajero), BC(blanco de campo) / BE(blanco de equipo) / BF(blanco de frasco)..

## CUSTODIA / RECEPCIÓN EN LAB. REREFENCIAL REGIONAL

<b>(5) Entrega de las muestras en el Laboratorio Referencial:</b> Medio de entrega: <u>Personal</u> (Terrestre, Aéreo, personal, especificar) Nombre: <u>Johanna Sánchez Pajuelo</u> Firma:	<b>(6) VERIFICACIÓN DE LA MUESTRA (personal del lab. Analítico)</b> Cadena de frío <input checked="" type="checkbox"/> (no) Muestras recibidas intactas <input checked="" type="checkbox"/> (no) Recipiente adecuado <input checked="" type="checkbox"/> (no) Dentro del período de análisis <input checked="" type="checkbox"/> (no) Responsable: <u>MNS</u> F. Ingreso: <u>06-12-21</u> / hora: <u>8:40 am</u> F. Proceso: <u>06-12-21</u> / hora: <u>12-12-21</u> F. Entrega Informe Ensayo: <u>12-12-21</u> Hora: <u>10:00 am</u>	<b>7) ÁREA DE ECONOMÍA: consignar número de boleta o Factura y monto cancelado. SELLO</b>	<b>(8) ÁREA DE RECEPCIÓN : Codificación de muestra</b>
---	--	---	--

Nota: No modificar total ni parcialmente el presente formato

	FORMATO	FOR-LRRSP -004
	SOLICITUD DE ENSAYO - AGUAS	Edición 01

GRUPO Llenar en laborat.	COD CAMPO (1)	COD LAB (2)	PARAMETROS MICROBIOLÓGICOS (9)				PARAMETROS FÍSIC. QUÍMICOS (10)				PARAMETROS PARASITOLÓG. (11)	
			1B Bacteria heterótrofa 2B Coliformes totales 3B Coliformes fecales u termot. 4B. <i>Escherichia coli</i>	1C Coliformes totales / vertimientos 2C Coliformes fecales u Termotolerantes/ vertimientos	MEDIDOS EN CAMPO  9 B Cloro residual mg/L	MEDIDOS EN LABORATORIO 5B Alcalinidad total      7B pH - potenciómetro 6B Dureza total            8B Turbidez 3C pH Cinta indicadora			1D Helmintos y protozoos  2 D Organismos de vida libre			
XVIII.2	M-01	433	2B	3B	4B							

Es responsabilidad del solicitante la información que consigne en el presente formulario, solo dicha información será considerada en el Informe de Ensayo  
El laboratorio no se responsabiliza de muestras sin etiqueta de información, así mismo debe estar autorizado mediante oficio por el establecimiento o Red de salud correspondiente.

Revisión de la solicitud en Lab. Analítico	Causas de no aceptación de la muestra. (12)
(no llenar)	Responsable: _____ Fecha: _____ Firma: _____

Nota:

En solicitante, consignar Puesto de salud, Centro de salud, Hospital, Red de salud, nombre y teléfono del responsable de la toma de muestra.

(1) Cód. de campo Es el código correlativo que usa el muestreador en campo

Medición de Cloro residual (agua de consumo humano y piscinas) es parámetro obligatorio de medición en campo

(9, 10, 11) Marcar con el código respectivo el ensayo que solicita según la naturaleza de la muestra

(12) No llenar

Nota: No modificar total ni parcialmente el presente formato



EP 318	LAB REF 140942200018	LAB REF 140942200018	FORMATO	FOR-LRRSP -004
SOLICITUD DE ENSAYO - AGUAS				Edición 01

DATOS DEL SOLICITANTE	Solicitante: <u>Johanna Sánchez Pajuelo</u>	ANEXOS	Oficio N°
	Dirección: <u>Jr. Varcandillo N°341 - Moyobamba</u>		Hoja de campo (si) <input type="checkbox"/> (no) <input checked="" type="checkbox"/>
	Tel: <u>986545632</u>	RUC	Acta de inspección (si) <input type="checkbox"/> (no) <input checked="" type="checkbox"/>
DATOS DEL MUESTREO	Motivo: <u>Investigación de Tesis.</u>		
	Responsable (s): <u>Johanna Sánchez Pajuelo.</u>		

CODIGO CAMPO (1)	COD LAB (2)	FECHA MUESTREO	HORA MUESTREO	MATRIZ (3)	PUNTO DE MUESTREO (4)	LOCALIDAD URBANA/H	DISTRITO	PROVINCIA	UTM (coordenadas)		ANÁLISIS SOLICITADO			N° FCS + Pz Muestras	Volumen (ML)	
									ESTE	NORTE	BAC	FG	PAR			
M-01	13	09/01/22	13:00pm	AN	Pto de Agua / Asociación de Vivienda Dubai	Horales	Horales	San Martín				<input checked="" type="checkbox"/>			01	300ml
TOTAL																

Matriz: AP (agua potable, consumo) / AN (agua superficial, subterránea) / AL (agua pluvial / EF (efluente) / VE (vertimientos residual) / SE (sedimento) / PI (Piscina)  
 BV (blanco viajero) / BC (blanco de tiempo) / BE (blanco de equipo) / BF (blanco de frasco).

## CUSTODIA / RECEPCIÓN EN LAB. REREFENCIAL REGIONAL

(5) Entrega de las muestras en el Laboratorio Referencial Modo de entrega: <u>Personal.</u> (Terrestre, Aéreo, personal, específico) Nombre: <u>Johanna Sánchez Pajuelo</u> Firma: _____	(6) VERIFICACIÓN DE LA MUESTRA (personal del lab. Analítico)	7) ÁREA DE ECONOMÍA: consignar número de boleta o Factura y monto cancelado. SELLO	(8) ÁREA DE RECEPCIÓN: Codificación de muestra
	Cadena de frío <input checked="" type="checkbox"/> (no) <input type="checkbox"/> Muestras recibidas intactas <input checked="" type="checkbox"/> (no) <input type="checkbox"/> Recipiente adecuado <input checked="" type="checkbox"/> (no) <input type="checkbox"/> Dentro del período de análisis <input checked="" type="checkbox"/> (no) <input type="checkbox"/> Responsable: <u>NPC</u> F. ingreso: <u>11-01-22</u> hora: <u>09:11am.</u> F. Proceso: <u>11-01-22</u> F. Entrega Informe Ensayo: <u>18-01-22</u> Hora: <u>10:00 am.</u>		

Nota: No modificar total ni porcentajes, al presente formato



## FORMATO

## SOLICITUD DE ENSAYO - AGUAS

FORM-UNESP-004

Edici3n 01

GRUPO Llenar en laborat.	COD CAMPO (1)	COD LAB (2)	PARAMETROS MICROBIOL6GICOS (3)				PARAMETROS FISICO QUIMICOS (10)				PARAMETROS PARASITOL6GICOS (11)		
			1B Suctora total 2B Coliformes totales 3B Coliformes fecales y termot. 4B E. Coli 1C Coliformes totales / vertientes 2C Coliformes fecales y Termotolerantes/ vertientes	MEDICIONES EN CAMPO 1.2 Cloro residual mg/l	MEDICIONES LABORATORIO 5B Alcalinidad total 6B Dureza total 7C pH Carta indicadores		1R pH - potenciom6trico 8B Turbidid.	10 Helicobacter y paratuberc. 2 D Organismo de vida libre					
ANEXO 2	M-01	13	2B	3B	4B	-	-	-	-	-	-	-	-

La responsabilidad del contenido de la informaci3n que aparece en el presente formulario, es de exclusiva responsabilidad del solicitante. El laboratorio no es responsable de muestras sin etiqueta de informaci3n, asimismo debe estar autorizado mediante oficio por el establecimiento o Red de salud correspondiente.

Revis3n de la solicitud en Lab. Anal6tico	Ubicaci3n de la muestra (12)	Fecha	Firma

## Nota:

En solicitante, consignar Puesto de salud, Centro de salud, Hospital, Red de salud, nombre y tel6fono del responsable de la toma de muestra.

(1) Cdo. de campo. Es el c3digo correlativo que usa el muestreador en campo.

Medici3n de Cloro residual (agude consumo humano y piscinas) es par3metro obligatorio de medici3n en campo.

(5, 10, 11) Marcar con el c3digo respectivo el ensayo que solicita, segun la naturaleza de la muestra.

(12) No llenar.

Nota: no modificar total ni parcialmente el presente formato



## Anexo 2. Informes de ensayo de laboratorio



DIRECCION REGIONAL DE SALUD SAN MARTIN  
LABORATORIO REFERENCIAL REGIONAL DE SALUD PÚBLICA SAN  
MARTIN



"Año del bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

### INFORME DE ENSAYO N° 283 – UMAA – C/2021

**SOLICITANTE** : JOHANNA SÁNCHEZ PAJUELO  
**DIRECCIÓN** : Jr. Varacadillo N° 341 – Moyobamba  
Procedencia de la muestra : Morales – San Martín  
Fecha y hora inicio de muestreo : 05.12.2021 / 16:00 pm  
Muestreador : Interesado

#### CONTROL LABORATORIO ANALITICO

Fecha recepción : 06.12.21 / 8:40 am  
Fecha inicio Ensayo : 06.12.21

### RESULTADOS

#### 1. BACTERIOLÓGICO

COD. LAB.	MUESTRA		ENSAYO BACTERIOLÓGICO		
	MATRÍZ	PUNTO MUESTREO	Coliformes Totales 35°C (NMP/100 mL)	Coliformes Termotolerantes*44.5 C (NMP/100 mL)	<i>E. coli</i> 44.5°C (NMP/100 mL)
433	Agua subterránea	Ojo de agua – Asociación de vivienda Dubai	7.0 x 10 <sup>4</sup>	7.8 x 10 <sup>3</sup>	4.5 x 10 <sup>3</sup>
		<b>METODO</b>	APHA. 9221 B, 23rd Edition 2017	APHA. 9221 E1, 23rd Edition 2017	APHA. 9221 F1, 23rd Edition 2017

**OBSERVACIÓN:** Al análisis bacteriológico la muestra presenta bacterias del grupo Coliforme. Se recomienda el tratamiento respectivo para alcanzar los requisitos que establece el "Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano" D.S N° 031-2010-SA

**Emisión de resultados:** 11 de diciembre de 2021

GOBIERNO REGIONAL DE SAN MARTIN  
U.F. HOSPITAL II-2 TAPAROTO  
LABORATORIO REFERENCIAL REGIONAL  
.....  
Bilga. Msc. Delia E. Portella Mulgarejo  
RESP. UNIDAD MICROB. ALIMENTOS Y AGUAS  
RNBE N° 0258

San Martín  
DIRECCIÓN REGIONAL DE SALUD  
.....  
Mbigio, MSc. Hariberto Arévalo Ramírez  
DIRECTOR DEL LABORATORIO REFERENCIAL REGIONAL S.R.P.M.

*"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"*
**INFORME DE ENSAYO N° 009 – UMAA – P/2022**

**SOLICITANTE** : JOHANNA SÁNCHEZ PAJUELO  
**DIRECCIÓN** : Jr. Varcadillo N° 341 – Moyobamba

Procedencia de la muestra : Morales – San Martín  
 Fecha y hora inicio de muestreo : 09.01.2022 / 13:00 Horas  
 Muestreador : Interesado

**CONTROL LABORATORIO ANALITICO**

Fecha de recepción : 11.01.2022  
 Fecha de ensayo analítico : 12.01.2022

**RESULTADOS**
**1. BACTERIOLÓGICO**

COD. LAB.	MUESTRA		ENSAYO BACTERIOLOGICO		
	MATRÍZ	PUNTO MUESTREO	Coliformos Totales 35°C (NMP/100 ml.)	Coliformos Termotolerantes*44.5 C (NMP/100 ml.)	E. coli 44.5°C (NMP/100 ml.)
013	Agua subterránea	Ojo de Agua – Asociación de Vivienda Dubai	1.1 x 10 <sup>3</sup>	7.9 x 10 <sup>2</sup>	1.4 x 10 <sup>2</sup>
METODO			APHA. 9221 B, 23rd Edition 2017	APHA. 9221 E1, 23rd Edition 2017	APHA. 9221 F1, 23rd Edition 2017

**OBSERVACIÓN:** Al análisis bacteriológico, la muestra presenta bacterias del grupo coliformes. Se recomienda el tratamiento respectivo para alcanzar los requisitos que establece el "Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano" D S N° 031-2010-SA

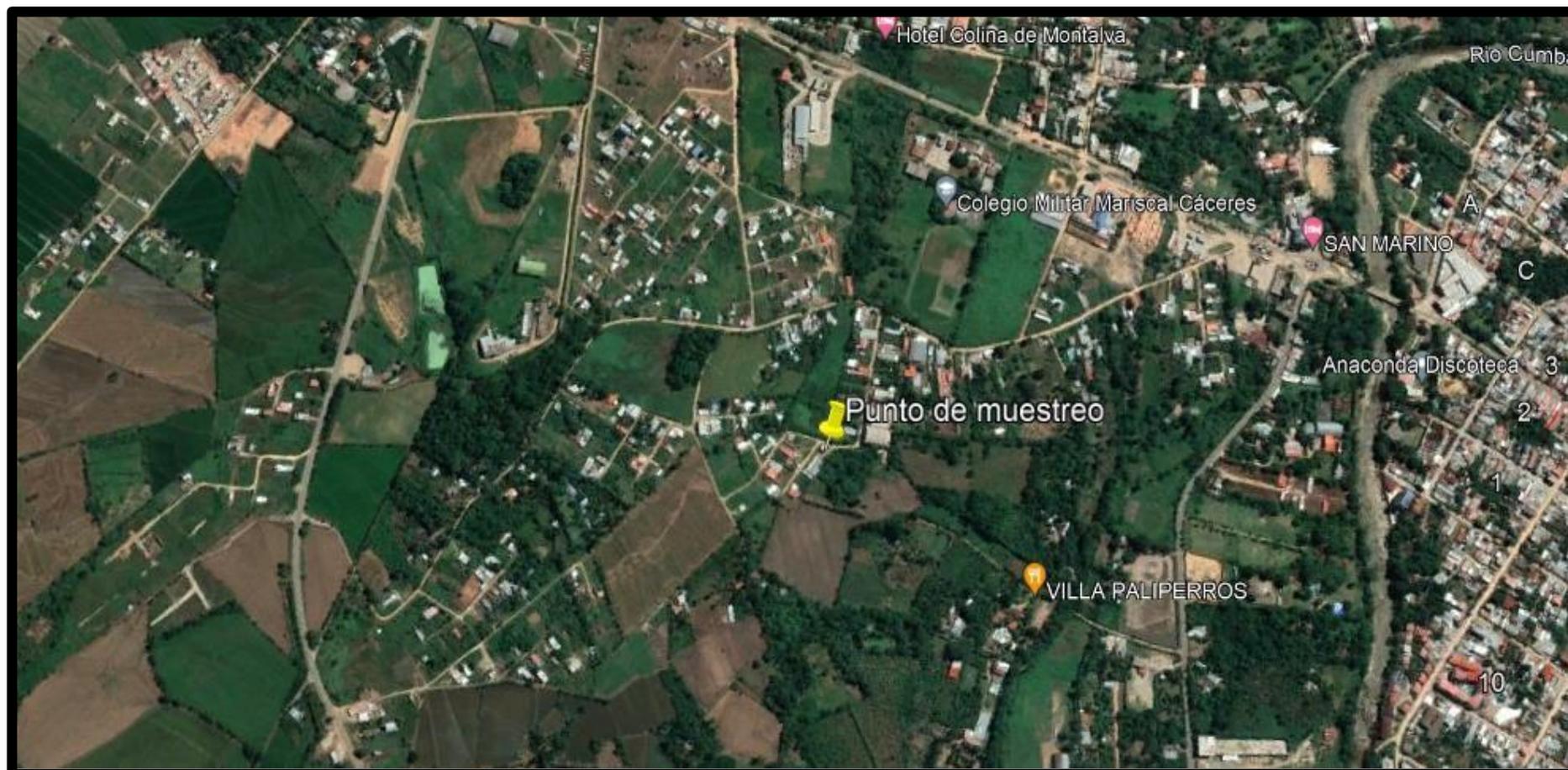
**Emisión de resultados:** 17 de enero de 2022

GOBIERNO REGIONAL DE SAN MARTÍN  
 U.E. HOSPITAL 1º-2º TAPAJOTO  
 LABORATORIO REFERENCIAL REGIONAL

Hija. Msc. Delia E. Portella Melgarejo  
 RESP. UNIDAD MICROB. ALIMENTOS Y AGUAS  
 RNBE - N° 0258

**San Martín**  
 DIRECCION REGIONAL DE SALUD  
 Mbgio. MSc. Humberto Aróvalo Ramírez  
 DIRECTOR DEL LABORATORIO REFERENCIAL  
 REGIONAL S.P.S.M.

### Anexo 3. Ubicación de punto de muestreo



Fuente: Google Earth, 2021.

Ubicación, X: 345421,97; Y: 9283683,14.

### Anexo 4. Registro fotográfico



*Fotografía 1.* Toma de primera muestra



*Fotografía 2.* Toma primera muestra



*Fotografía 3.* Toma de segunda muestra



*Fotografía 4.* Toma de segunda muestra



*Fotografía 5.* Frascos de muestra para laboratorio.

# Carga microbiológica del agua subterránea de uso doméstico, en la asociación vivienda Dubái, Morales - San Martín

*por* Johanna Sánchez - Pajuelo

---

**Fecha de entrega:** 25-Jul-2023 08:01a.m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 2136601942

**Nombre del archivo:** ING.\_AMBIENTAL\_-\_Johanna\_S\_nchez\_Pajuelo.docx (8.48M)

**Total de palabras:** 17254

**Total de caracteres:** 93636

# Carga microbiológica del agua subterránea de uso doméstico, en la asociación vivienda Dubái, Morales - San Martín

## INFORME DE ORIGINALIDAD

24%

INDICE DE SIMILITUD

23%

FUENTES DE INTERNET

9%

PUBLICACIONES

9%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1

[hdl.handle.net](https://hdl.handle.net)

Fuente de Internet

3%

2

[repositorio.unsm.edu.pe](https://repositorio.unsm.edu.pe)

Fuente de Internet

3%

3

[cybertesis.uach.cl](https://cybertesis.uach.cl)

Fuente de Internet

2%

4

[repositorio.unh.edu.pe](https://repositorio.unh.edu.pe)

Fuente de Internet

2%

5

Submitted to Universidad Nacional de San Martín

Trabajo del estudiante

1%

6

[repositorio.unasam.edu.pe](https://repositorio.unasam.edu.pe)

Fuente de Internet

1%

7

[repositorio.upsc.edu.pe](https://repositorio.upsc.edu.pe)

Fuente de Internet

1%

8

Submitted to Universidad Alas Peruanas

Trabajo del estudiante

1%