

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

Facultad de Ciencias de la Salud

Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica



UPLA

TESIS

- Título** : **EVALUACIÓN DE LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL AGUA DE MANANTIAL PARA CONSUMO HUMANO, VIQUES 2022**
- Para Optar** : **El Título profesional de Químico Farmacéutico**
- Autoras** : **Bachiller Elizabeth Baca Llacua**
Bachiller Roxana Dialina Valdez Acero
- Asesor** : **Dr. Santiago Venancio Navarro Rodríguez**
- Línea de investigación Institucional** : **Salud y Gestión de la Salud**
- Fecha de inicio y término** : **02.02.2022 al 01.02.2023**

Huancayo – Perú 2022 junio

DEDICATORIA

A mi esposo Édison y mis amados hijos, quienes me acompañaron en toda la etapa de mi carrera profesional, siendo los pilares en mi vida e inspiración para poder superarme cada día y poder brindarles un futuro mejor.

A mi madre, por su amor incondicional que me impulsó a seguir superándome y a la memoria de mi padre, que siempre me guiará desde el cielo.

A mi asesor de tesis por su experiencia y profesionalismo demostrado a lo largo de este trabajo.

Elizabeth Baca Llacua

DEDICATORIA

A Dios, por ser mi creador, por darme fortaleza y sabiduría.

A mis Padres, Ludevino Valdez y Verónica Acero, quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación, siendo mi apoyo incondicional en todo momento.

A mis hermanas, porque son la razón de sentirme tan orgullosa de culminar mi meta, gracias a ellas por confiar siempre en mí.

Roxana Valdez Acero

CONSTANCIA

DE SIMILITUD DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN POR EL SOFTWARE DE PREVENCIÓN DE PLAGIO TURNITIN

La Dirección de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ciencias de la Salud, hace constar por la presente, que el Informe Final titulado:

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL AGUA DE MANANTIAL PARA CONSUMO HUMANO, VIQUES 2022

Cuyo autor (es) : **BACA LLACUA ELIZABETH**
VALDEZ ACERO ROXANA DIALINA
Facultad : **CIENCIAS DE LA SALUD**
Escuela Profesional : **FARMACIA Y BIOQUIMICA**
Asesor (a) : **DR. NAVARRO RODRIGUEZ VENANCIO SANTIAGO**

Que fue presentado con fecha: 09/02/2023 y después de realizado el análisis correspondiente en el software de prevención de plagio Turnitin con fecha 21/02/2023; con la siguiente configuración del software de prevención de plagio Turnitin:

- Excluye bibliografía
- Excluye citas
- Excluye cadenas menores a 20 palabras
- Otro criterio (especificar)

Dicho documento presenta un porcentaje de similitud de 25%.

En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentajes establecidos en el Artículo N° 11 del Reglamento de uso de software de prevención de plagio, el cual indica que no se debe superar el 30%. Se declara, que el trabajo de investigación: si contiene un porcentaje aceptable de similitud.

Observaciones: Se analizó con el software una sola vez.

En señal de conformidad y verificación se firma y sella la presente constancia.

Huancayo, 21 de febrero de 2023



UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
Facultad de Ciencias de la Salud

Edith Ancco Gomez
Ph.D. EDITH ANCCO GOMEZ
DIRECTORA DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

CONSTANCIA N° 20 - DUI - FCS - UPLA/2023

c.c.: Archivo
EAG/vjcp

AGRADECIMIENTO

A Dios, por estar en cada paso de nuestras vidas dándonos salud y sabiduría.

A toda nuestra familia, en especial a nuestros padres por ser nuestra fuente de motivación e inspiración, por los valores y principios que nos han inculcado.

A nuestros docentes, que me acompañaron durante este proceso de formación, especialmente al Dr. Venancio Santiago Navarro Rodríguez, por su ayuda, paciencia y dedicación.

A nuestros compañeros, por su apoyo moral que fue bastante significativo en nuestras ganas de salir adelante durante este proceso.

CONTENIDO

	Página
DEDICATORIA	ii -iii
AGRADECIMIENTO	iv
CONTENIDO	v
CONTENIDO DE TABLAS	vi
CONTENIDO DE FIGURAS	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	
1.1 Descripción de la realidad problemática	1
1.2 Delimitación del problema	3
1.3 Formulación del problema	3
1.3.1 Problema general	3
1.3.2 Problemas específicos	3
1.4 Justificación	3
1.4.1 Social	3
1.4.2 Teórica	4
1.4.3 Metodológica	4
1.5 Objetivos	4
1.5.1 Objetivo general	4
1.5.2 Objetivos específicos	4
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	
2.1 Antecedentes de estudio	6
2.1.1 Nacionales	6
2.1.2 Internacionales	8
2.2 Bases teóricas	9
2.3 Marco conceptual	18
CAPÍTULO III: HIPÓTESIS	

3.1	Hipótesis	20
3.2	Variable	20
CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA		
4.1	Método de investigación	21
4.2	Tipo de investigación	21
4.3	Nivel de investigación	22
4.4	Diseño de la investigación	22
4.5	Población y muestra	22
4.6	Técnicas e instrumento de recolección de datos	23
4.7	Técnicas de procesamiento y análisis de datos	25
4.8	Aspectos éticos de la investigación	25
CAPÍTULO V: RESULTADOS		
5.1	Descripción de resultados	27
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS		37
CONCLUSIONES		42
RECOMENDACIONES		43
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		44
ANEXOS		
1.	Matriz de Consistencia	51
2.	Matriz de Operacionalización de la variable	52
3.	Ficha de recolección de datos	53
4.	Solicitud de Facilidades para realizar investigación	54
5.	Certificado de Procesamiento de muestras	56
6.	Data del Procesamiento de datos	57
7.	Declaración de Confidencialidad	59
8.	Compromiso de Autoría	61
9.	Fotografías de la recolección de muestras	63
10.	Fotografías del procesamiento de muestras en el laboratorio	64
11.	Fotografías de los resultados obtenidos	65

CONTENIDO DE TABLAS

		Página
Tabla 1.	Parámetros bacteriológicos de calidad para agua potable	15
Tabla 2.	Parámetros microbiológicos para aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable	15
Tabla 3.	Detalle del cronograma de obtención de las 24 muestras de agua procedentes de 4 manantiales, entre marzo a mayo del 2022	24
Tabla 4.	Calidad microbiológica del agua del manantial Número 1: Chintipuerto, Viques 2022	29
Tabla 5.	Calidad microbiológica del agua del manantial Número 2: Asnupuquio, Viques 2022	31
Tabla 6.	Calidad microbiológica del agua del manantial Número 3: Puchopuerto, Viques 2022	33
Tabla 7.	Calidad microbiológica del agua del manantial Número 4: Pilapuquio, Viques 2022	34

CONTENIDO DE FIGURAS

		Página
Figura 1.	Histograma comparativo de la Calidad microbiológica del agua del manantial Número 1: Chintipuerto, Viques 2022	29
Figura 2.	Histograma comparativo de la Calidad microbiológica del agua del manantial Número 2: Asnupuquio, Viques 2022	31
Figura 3.	Histograma comparativo de la Calidad microbiológica del agua del manantial Número 4: Pilapuquio, Viques 2022	34
Figura 4.	Histograma comparativo de la Calidad microbiológica del agua en cuatro manantiales de Viques, 2022	36

RESUMEN

Esta investigación tuvo como objetivo determinar la Calidad microbiológica del agua de manantial para consumo humano en el distrito de Viques, 2022. El estudio empleó el método científico observacional, fue de tipo básico, prospectivo y transversal; ubicado en el nivel descriptivo y aplicó un diseño no experimental (descriptivo transversal). Se analizaron 24 muestras de agua procedentes de los cuatro manantiales ubicados en el distrito de Viques (Huancayo, Junín), entre marzo a mayo del año 2022, escogidas mediante un muestreo no probabilístico intencional. Mediante la aplicación de la técnica observacional y técnicas microbiológicas se realizó el recuento de indicadores de calidad higiénica (bacterias heterotróficas) e higiénico-sanitaria (*Escherichia coli*, coliformes totales y fecales). Se encontró que los promedios generales de todos los parámetros analizados en el manantial Chintipuquio, Asnopusquio y Pilapusquio superan los límites permisibles, excepto el manantial Puchopusquio, donde no hubo presencia de indicadores de contaminación. Se concluye que el agua de tres manantiales (Chintipuquio, Asnopusquio y Pilapusquio) presenta Calidad microbiológica inaceptable, siendo no apta para consumo humano, debido a que los recuentos de todos los indicadores sobrepasaron los límites máximos permitidos según las normas vigentes.

Palabras clave: Calidad microbiológica, agua, manantial, bacterias heterotróficas, *Escherichia coli*, coliformes, microbios indicadores.

ABSTRACT

This research aimed to determine the microbiological quality of spring water for human consumption in the district of Viques, 2022. The study used the observational scientific method, it was basic, prospective and cross-sectional; located at the descriptive level and applied a non-experimental design (cross-sectional descriptive). Twenty-four water samples from the four springs located in the district of Viques (Huancayo, Junín) were analyzed between March and May of the year 2022, chosen by intentional non-probabilistic sampling. Through the application of the observational technique and microbiological techniques, the hygienic quality indicators (heterotrophic bacteria) and hygienic-sanitary (*Escherichia coli*, total and fecal coliforms) were counted. It was found that the general averages of all the parameters analyzed in the Chintipuquio, Asnopusquio and Pilapusquio springs exceed the permissible limits, except for the Puchopusquio spring, where there was no presence of contamination indicators. It is concluded that the water from three springs (Chintipuquio, Asnopusquio and Pilapusquio) presents unacceptable microbiological quality, being unfit for human consumption, due to the fact that the counts of all the indicators exceeded the maximum limits allowed according to current regulations.

Keywords: Microbiological quality, water, spring, heterotrophic bacteria, *Escherichia coli*, coliforms, indicator microbes.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

El agua es un líquido de importancia vital para todos los seres vivos. en nuestro país se bebe agua para consumo humano procedente de diversas fuentes: de plantas potabilizadoras, embotellada, de puquiales y manantiales; cuya calidad muchas veces no es la adecuada, exponiéndose frecuentemente a contaminación, con la consecuente generación de enfermedades gastrointestinales en los consumidores.¹

El agua de manantial es de tipo subterránea, la cual -debido a las características orográficas del lugar- puede salir hacia la superficie y discurrir a través de llanuras o laderas, facilitada por la presencia de capas impermeables en el suelo. Las aguas procedentes de fuentes naturales no son totalmente puras, pues durante su trayecto adquieren ciertos agentes (físicos, químicos y biológicos) que le pueden otorgar una característica particular de color, olor y sabor. Tradicionalmente se ha sumido que las aguas de manantiales poseen buena calidad en relación a su pureza, dada la condición por la que atraviesan (filtración), razón por la cual no son sometidas a controles que permitan establecer su grado de contaminación, constituyendo de esta manera un riesgo sanitario.^{2,3}

En tal sentido, el control de calidad resulta de gran importancia teniendo en cuenta que este líquido puede actuar como vehículo para la transmisión de diferentes agentes infecciosos patógenos (virus, bacterias, hongos y parásitos), así como agentes físicos o químicos que llegaron como consecuencia de la actividad humana en contacto con las fuentes de agua para consumo humano que son consumidas sin mayor tratamiento de potabilización.^{4,5}

En los distritos de Viques y Huacrapuquio (Huancayo, Junín), el agua para consumo humano proviene de manantial, bajo un sistema simple que funciona por bombeo a partir del agua de ladera reunida en una estructura de piedra y concreto de forma circular, donde se recolecta y almacena el agua, cuya estación se encuentra ubicada en el cauce de la margen derecha del río Mantaro, cuyas instalaciones han sufrido inundaciones y deterioro de su cerco perimétrico.

El sistema de bombeo de Viques no cuenta con macromedidor operativo y la producción mensual se estima sobre el promedio base de horas de funcionamiento del motor (7,5 horas/días) y la producción anual es alrededor de 300 mil m³, o un equivalente de 9,5 L/s.⁶ Aunque indudablemente el aspecto más resaltante es el problema de la contaminación microbiana debido a la cercanía con actividades agrícolas y crianza de animales, lo cual ocasiona presencia de microbios de origen fecal, ya que se han presentado múltiples tipos de enfermedades gastrointestinales, sobre todo en población vulnerable como niños y ancianos.

Así mismo, como se mencionó líneas arriba, la población suele consumir el agua de forma directa, sin someterla a ebullición, debido a la creencia de la pureza natural de este tipo de agua. Por otro lado, la conservación de este líquido elemento no se realiza en condiciones apropiadas, exponiéndola muchas veces al medio ambiente, presencia de animales domésticos o niños que la utilizan con fines lúdicos.

1.2 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

El presente trabajo se realizó en el distrito de Viques (provincia de Huancayo, departamento de Junín), entre los meses de marzo a mayo del año 2022; limitándose únicamente al análisis de la Calidad microbiológica del agua de los puquiales (manantiales), la misma que es utilizada para consumo humano.

1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.3.1 Problema general

¿Cuál será la Calidad microbiológica del agua de manantial para consumo humano en el distrito de Viques, 2022?

1.3.2 Problemas específicos

- ¿Cuál será la calidad microbiológica en seis muestras del agua del manantial Chintipuquio en el distrito de Viques, 2022?
- ¿Cuál será la calidad microbiológica en seis muestras del agua del manantial Puchopuquio en el distrito de Viques, 2022?
- ¿Cuál será la calidad microbiológica en seis muestras del agua del manantial Pilapuquio en el distrito de Viques, 2022?
- ¿Cuál será la calidad microbiológica en seis muestras del agua del manantial Asnopuquio en el distrito de Viques, 2022?

1.4 JUSTIFICACIÓN

1.4.1 Social

El agua de los manantiales de Viques proviene de fuentes que abastecen al distrito y que está siendo utilizada para diversas actividades domésticas. La ejecución de este trabajo de investigación fue de gran importancia, ya que se recopiló la información necesaria sobre los parámetros microbiológicos del agua y se evaluaron las posibles consecuencias tras su consumo.

Así mismo, la población conocerá los resultados de este estudio, los cuales serán de gran utilidad para promover la educación sanitaria en relación al consumo y conservación adecuada del agua, aplicando medidas preventivas que eviten su contaminación.

1.4.2 Teórica

El desarrollo de esta investigación aportó con nuevos conocimientos acerca del problema de la contaminación del agua para consumo humano, proporcionando información sobre la posible presencia y origen de microbios patógenos en las muestras analizadas; lo que conducirá al diseño y aplicación de medidas para el tratamiento y/o descontaminación de las fuentes naturales de agua para consumo humano en el distrito de Viques.

1.4.3 Metodológica

La presente investigación pudo ser ejecutada en base a la utilización de métodos y técnicas microbiológicas estandarizadas, actuales y disponibles que permitieron el aislamiento y cuantificación de microbios indicadores de contaminación del agua, para su posterior comparación con los Estándares Nacionales para Calidad ambiental del agua establecidos en el DS N°004-2017-MINAM.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 Objetivo general

Determinar la Calidad microbiológica del agua de manantial para consumo humano en el distrito de Viques, 2022.

1.5.2 Objetivos específicos

- Evaluar la calidad microbiológica en seis muestras del agua del manantial Chintipuquio en el distrito de Viques, 2022.
- Evaluar la calidad microbiológica en seis muestras del agua del manantial Puchopuquio en el distrito de Viques, 2022.

- Evaluar la calidad microbiológica en seis muestras del agua del manantial Pilapuquio en el distrito de Viques, 2022.
- Evaluar la calidad microbiológica en seis muestras del agua del manantial Asnopusquio en el distrito de Viques, 2022.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DE ESTUDIO

2.1.1 Nacionales

Córdova y Muñoz⁷ evaluaron la calidad fisicoquímica y microbiológica en dos manantiales de Utco (Celendín, Cajamarca), aplicando un diseño analítico, descriptivo y comparativo, se encontró que los manantiales Pauco1 y Pauco2 cumplen los Estándares de Calidad Ambiental, referentes a parámetros como: aluminio, bario, boro, cloruros, manganeso, sulfatos, nitrato, pH, turbidez, pH, conductividad, dureza total y sólidos disueltos totales, con diferencias significativas entre ambos manantiales. Respecto a la calidad microbiológica se encontró coliformes totales, coliformes termotolerantes, *Escherichia coli* y organismos de vida libre determinó que superan los Estándares de Calidad Ambiental, con diferencias significativas entre ambos manantiales. Se concluye que las muestras no son aptas para consumo humano.

Reyes⁸ verificó el cumplimiento de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de calidad del agua de manantial en un asentamiento humano de Amarilis (Huánuco), mediante un estudio descriptivo observacional se encontró que hubo coliformes totales y coliformes termotolerantes por encima de los límites permitidos; mientras que las bacterias heterotróficas y el número de huevos y/o larvas de helmintos por debajo de lo establecido. Se concluye que los parámetros microbiológicos del manantial superan lo establecido en el D.S. 031 – 2010 del Ministerio de Salud, siendo no apta para consumo humano.

Aguilar y Navarro⁹ evaluaron la calidad del agua para consumo humano en Llañucancha (Abancay, Apurímac), a través de un estudio descriptivo, transversal y no experimental; analizando muestras según las normas técnicas vigentes. Se encontró que los parámetros físicos (pH, temperatura, conductividad y alcalinidad) y químicos (dureza total, calcio, magnesio y cloruros) se encuentran dentro de lo permitido; pero los resultados bacteriológicos (coliformes totales y coliformes termotolerantes) en captación, piletas y reservorios exceden sus límites permisibles. Se concluye que el agua no es apta para el consumo humano.

Quispe¹⁰ determinó la calidad bacteriológica y físico-química del agua de seis manantiales de Santa Rosa (Melgar, Puno), mediante un estudio descriptivo y aplicando la técnica del número más probable. Se encontró que los coliformes totales oscilaron entre 43,3 y 330 NMP/100mL y los coliformes fecales entre 3 y 30 NMP/100mL, superando en ambos casos los límites permisibles. Los parámetros físico químicos (temperatura, pH, dureza total, alcalinidad, cloruros, calcio, magnesio, sólidos disueltos totales y turbiedad) se encuentran dentro de los límites permisibles. Se concluye que el agua analizada no es apta para consumo humano.

Ocas¹¹ analizó la calidad del agua de cinco manantiales que abastecen al caserío de Pomabamba (Jesús, Cajamarca), a través de una investigación transversal descriptiva se encontró que el agua es ligeramente ácida (pH promedio de 5,78), el oxígeno disuelto fue 4,17 mg/L, las concentraciones de aluminio, cromo, hierro, sodio, calcio y potasio se encuentran dentro de los parámetros aceptados. La presencia de coliformes fue de 23 NMP/100mL. Se concluye que el agua de los manantiales evaluados es de buena calidad y apta para consumo humano, previo tratamiento no convencional a fin de reducir la concentración de parámetros físicos, químicos y bacteriológicos.

2.1.2 Internacionales

Wong et al.¹² determinaron la calidad del agua de once manantiales del humedal natural “Ciénega de Tamasopo” (San Luis Potosí, México), por medio de una investigación descriptiva; encontrando presencia de coliformes totales en tres manantiales: “Oscuranas 1” (7NMP/100 mL), “El Cuajo” (28 NMP/100 mL) y “Plan de Juanchilote” (21 NMP/100 mL). En todos los manantiales analizados hubo ausencia coliformes fecales. Se concluye que la calidad del agua de los manantiales varía según su localización y actividades antrópicas de las comunidades asociadas, haciendo que ciertos parámetros superen los límites máximos permitidos según la normativa vigente para aguas de consumo humano.

Andueza et al.¹³ analizaron la calidad microbiológica del agua en manantiales mineromedicinales Santagua de Chachimbiro (Imbabura, Ecuador), mediante un estudio descriptivo y transversal, encontrando recuentos promedio de bacterias heterótrofas de $1,02 \times 10^3$ UFC/mL, coliformes totales de $2,42 \times 10$ UFC/mL y *Pseudomonas* spp. de $3,40 \times 10^2$ UFC/mL. No se detectó presencia de *Escherichia coli*. Se concluye que existe una flora microbiana abundante en el agua mineromedicinal, haciendo que su calidad microbiológica sea inadecuada.

Franco y Granja¹⁴ evaluaron la calidad microbiológica del agua envasada para consumo humano en una cooperativa en Guayaquil (Ecuador), a través de un estudio descriptivo se determinó el nivel cumplimiento de los requisitos microbiológicos establecidos en la NORMA INEN 2200: 2017 para aguas embotelladas procedentes de pozos, glaciares y manantiales expandidas informalmente. En un tipo de marca se encontraron recuentos elevados de aerobios totales (3.5×10^2 UFC/mL), que sobrepasan su límite permitido y la segunda muestra presentó un valor considerable de patógenos microbiológicos. Se concluye que existe evidencia de contaminación microbiana y riesgo para la salud del consumidor, debido al elevado nivel de bacterias indicadoras.

Llagua¹⁵ caracterizó los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos del agua de la Laguna de Quilotoa (Ecuador), mediante un estudio descriptivo y exploratorio, encontrando que los parámetros evaluados incumplen con las normas CLSI, OMS y Normativas de Calidad de agua (Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recursos Agua Norma de Calidad de Agua DS N° 031-2010-SA). Hubo presencia de cinco tipos de bacterias: *Escherichia coli*, *Enterobacter cloacae*, *Klebsiella pneumoniae*, *Citrobacter freundii*, *Proteus vulgaris* y *Serratia marcescens*, catalogadas por la OMS como bacterias patógenas.

Piguave et al.¹⁶ realizaron una revisión sistemática sobre la calidad microbiológica del agua subterránea y el riesgo epidemiológico de enfermedad diarreica infantil, en base al análisis de 169 publicaciones. Se encontró que existe relación entre la contaminación microbiana del agua subterránea y la aparición de diarrea infantil. El agua subterránea puede contaminarse debido a fugas de fosas sépticas, métodos inadecuados de manejo de desechos y escorrentías de agua de lluvia, determinando de este modo la prevalencia de diarrea infantil; surgiendo la importancia del monitoreo de la calidad del agua en base a la detección y cuantificación de indicadores, mediante métodos novedosos y rutinarios; así como la necesidad de ejecutar intervenciones orientadas a mejorar el acceso a fuentes de agua limpia e impartir educación sanitaria para prevenir la diarrea infantil.

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 Agua

A. Generalidades

El agua es considerada como un recurso natural muy importante para la supervivencia de los seres vivos, pero a la vez bastante escaso a nivel mundial. En el Perú, gran parte de la población consume agua procedente de diversos tipos de fuentes cuya calidad se desconoce técnicamente, conduciendo a la manifestación de enfermedades gastrointestinales, tanto en niños como en adultos.¹⁷

Así mismo, la importancia de este líquido, desde un punto de vista netamente químico, radica en que la totalidad de procesos bioquímicos ocurren en su presencia, siendo de esta manera indispensable para los organismos vivos, facilitando los fenómenos de dilución, transporte e intercambio de sustancias con el ambiente que los rodea.¹⁸

B. Ciclo hidrológico

El ciclo del agua, representa el movimiento continuo y cíclico del agua por arriba, sobre y dentro de la superficie terrestre. Durante este ciclo el agua cambia su estado entre líquido, vapor y hielo; cuyos procesos pueden suceder en cuestión de segundos o en millones de años. El mar es un iniciador significativo del ciclo, ya que el sol calienta el agua, cuyo vapor debido a las corrientes de aire asciende a la atmósfera, condensándose en forma de nubes, que –al saturarse- precipitan a la tierra en forma líquida (lluvia) o sólida (granizo o nieve) de acuerdo a la temperatura ambiental. La acumulación de agua congelada puede dar origen a los glaciales, con una duración de millones de años.¹⁹

La precipitación más frecuente es la lluvia, que puede hacer circular agua líquida en la superficie terrestre dando lugar a la formación de arroyos, ríos, o su acumulación como lagos, lagunas y estanques. Otra parte del agua puede filtrarse en capas superficiales del suelo, pudiendo ser absorbida por las plantas y posteriormente transpirada hacia la atmósfera por medio de sus hojas (evapotranspiración), mientras que el resto puede discurrir a zonas más profundas, dando lugar a la formación de acuíferos y aguas subterráneas que nuevamente pueden brotar hacia la superficie.²⁰

C. Manantiales^{18,20,21}

El agua de los manantiales surge de zonas montañosas, donde hubo filtración de lluvias con la consecuente formación de los “ojos de agua”, que son aquellos orificios por donde puede emerger hacia la superficie.

Generalmente los manantiales se relacionan con suelos de elevada impermeabilidad, evitando de este modo que siga la infiltración, con lo que se permite su salida hacia la superficie y cuando las corrientes subterráneas se calientan debido al contacto con rocas ígneas, pueden emerger bajo la forma de aguas termales.

El agua que queda almacenada bajo las capas superficiales terrestres puede impregnar y saturar las rocas permeables, ocupando de este modo los poros y las suturas hasta cierto nivel freático; pudiendo tener calidad muy variable, pues se relaciona con el tipo de material con el que tenga contacto. Los manantiales son una fuente de agua importante para la vida humana, especialmente en entornos semiáridos, ya que solucionan problemas de abastecimiento de agua con el fin de satisfacer necesidades de usos domésticos y agrícolas. Según la presencia de agua en los manantiales, éstos se clasifican en:

- **Perennes**

Cuando el flujo de agua del manantial permanece de forma continua a lo largo de todo el año.

- **Estacionales**

Cuando el agua se vuelve escaso o nulo en ciertas temporadas, generalmente en épocas de sequía o falta de lluvias.

D. Contaminación del agua²²⁻²⁴

En general, todas las fuentes de aguas naturales son susceptibles de contaminación debido a la presencia –en mayor o menor grado- de agentes indeseables que dependen en gran parte del contacto que éstas tengan con el entorno que las rodea, como es el caso de terrenos agrícolas, donde el agua superficial puede contaminarse con diversos nutrientes orgánicos, plaguicidas y fertilizantes; así como agentes patógenos tales como virus, bacterias y hongos.

Por otro lado, la actividad humana también es una fuente importante de contaminación de las aguas superficiales o de capas superficiales de la tierra que pueden arrastrar agentes químicos hacia las aguas subterráneas, sobresaliendo la presencia de detergentes, colorantes y conservantes artificiales. Del mismo modo, las actividades ganaderas influyen sobre este fenómeno debido a la presencia de estiércol conteniendo diversos tipos de enterobacterias.

Desde el punto de vista netamente global, se consideran las siguientes fuentes de contaminación:

- **A partir de fuentes naturales**

Considerando los tipos de terreno (ganadero, agrícola, etc.) por los que puede atravesar el agua es posible que lleve consigo diferentes componentes de origen natural (agua, suelo y aire) con lo que haya tenido contacto.

- **Por sustancias orgánicas e inorgánicas**

Los nitratos y fosfatos son sustancias requeridas para el desarrollo de los vegetales, que al ser solubles en agua y en elevada concentración conducen al crecimiento desmedido algas y otros organismos acuáticos, originando su eutrofización. Tras la muerte y degradación microbiana de la flora acuática en ausencia de oxígeno se presenta el olor fétido que hace inutilizable al agua.

- **Por microbios patógenos**

Abarca los diferentes tipos de agentes infecciosos (virus, bacterias, hongos y parásitos) procedentes a partir de materia orgánica en descomposición, aguas residuales o materia fecal del hombre y animales. Estos microbios pueden causar enfermedades gastrointestinales (enterocolitis, salmonelosis, cólera, hepatitis, etc.) que se convierten en un importante problema de Salud pública en países en vías de desarrollo.

Entre las principales consecuencias de la contaminación microbiana se tiene:

- **Enfermedades virales**

Entre las que destaca la hepatitis, que es una enfermedad producida principalmente por el virus de la hepatitis A, caracterizada por la presencia de fiebre, anorexia, malestar general y náuseas, seguida de ictericia; cuya gravedad varía desde síntomas leves que duran de 1 a 2 semanas, hasta casos severos.

- **Enfermedades bacterianas**

Sobresalen aquellas producidas por enterobacterias como *Escherichia coli*, siendo el más común de los agentes (enterocolitis), cuyo proceso es caracterizado por malestar general, dolor abdominal y evacuación diarreica; *Salmonella enteritidis* (salmonelosis), origina cuadros agudos con fiebre, dolor abdominal, náuseas, diarrea y vómitos; *Salmonella typhi* (fiebre tifoidea), causa una enfermedad generalizada, caracterizada por fiebre permanente, anorexia, malestar general, estreñimiento, compromiso de tejidos linfáticos y esplenomegalia. También *Shigella dysenteriae* (disentería), causante de compromiso agudo del intestino, con fiebre, vómitos, diarreas con moco y sangre, cólicos y tenesmo.

- **Enfermedades parasitarias**

Entre las más comunes se encuentra la hidatidosis, debido a la presencia del quiste hidatídico (larva de *Echinococcus granulosus*), cuyos síntomas dependen de su localización y tamaño. Cabe mencionar la disentería amebiana causada por *Entamoeba histolytica*, con cuadros muy similares a la de origen bacteriano; también la giardiasis (*Giardia duodenale*), asociada a diarreas, cólicos abdominales, anemia, fatiga y síndrome de malabsorción intestinal.

2.2.2 Calidad microbiológica del agua

A. Calidad microbiológica²⁵⁻²⁶

Es una medida que permite determinar el grado de excelencia que posee una muestra de agua en relación a la presencia de microbios contaminantes, con la finalidad de establecer un criterio de inocuidad que permita su aceptación. Existen dos tipos de calidad microbiológica:

- **Calidad higiénica (comercial)**

Evalúa las condiciones de aseo o limpieza bajo las cuales se ha conservado el agua, brindando información sobre la presencia de microbios contaminantes ambientales que pueden causar alteración organoléptica.

- **Calidad higiénico-sanitaria (inocuidad)**

Brinda información sobre la posibilidad de un riesgo microbiológico debido a la presencia de microbios causantes de enfermedades (patógenos).

B. Parámetros microbiológicos

Son aquellos aspectos y/o criterios que se tienen en cuenta de forma rigurosa para el monitoreo y evaluación estandarizada de la calidad del agua. En el Perú son de uso obligatorio por las entidades gubernamentales y la sociedad civil, a fin de garantizar la inocuidad del agua para prevenir o atenuar los posibles riesgos sanitarios, protegiendo y promoviendo la calidad de la salud de los consumidores; siendo los más relevantes:

- **Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo humano²⁷**

Establecido por el Ministerio de Salud (MINSA) a través de la Dirección General de Salud Ambiental (DS N°031-2010 SA), cuyos parámetros bacteriológicos se observan en la Tabla 1.

- **Estándares Nacionales para Calidad ambiental del agua²⁸**

Establecido por el Ministerio del Ambiente (MINAM) mediante DS N°004-2017 MINAM, con el objetivo de modificar los Estándares de Calidad del agua (ECA), cuyos parámetros microbiológicos se presentan en la Tabla 2.

Tabla 1. Parámetros bacteriológicos de calidad para agua potable

Ítem	Parámetro	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1	Bacterias heterotróficas	UFC/mL a 35°C	500
2	<i>Escherichia coli</i>	UFC/100mL a 44,5°C	0
3	Coliformes totales	UFC/100mL a 35°C	0
4	Coliformes fecales	UFC/100mL a 44,5°C	0

Fuente: Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano (DS N°031-2010-SA)²⁷

Tabla 2. Parámetros microbiológicos para aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable

Parámetros	Unidad	Tipo de aguas		
		A1 Potabilizadas con desinfección	A2 Potabilizadas con tratamiento convencional	A3 Potabilizadas con tratamiento avanzado
Coliformes totales	NMP/100mL	50	5 000	50 000
Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	20	2 000	20 000
Formas parasitarias	N° organismo/L	0	**	**
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	0	**	**
<i>Vibrio cholerae</i>	Presencia/100mL	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Organismos de vida libre	N° organismo/L	0	<5 x 10 ⁶	<5 x 10 ⁶

** : No presenta valor en ese parámetro para la sub categoría.

Fuente: Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para agua (DS N°004-2017-MINAM)²⁸

C. Indicadores de Calidad microbiológica del agua²⁹⁻³⁰

- **Indicadores de Calidad higiénica**

- **Bacterias heterotróficas**

Constituyen un grupo bastante amplio y variado de bacterias aerobias (viven en presencia de oxígeno) y mesófilas (poseen un rango de temperatura óptima de 20 a 40°C) que pueden desarrollar sobre cualquier sustrato rico en materia orgánica y humedad; razón por la cual se les considera contaminantes ambientales. Aunque no siempre sean causantes de enfermedad, su presencia y concentración guarda relación inversa con la calidad del agua desde el punto de vista higiénico.

- **Organismos de vida libre**

Conformado por un conjunto diverso de microalgas, protozoarios y nematodos, presentes sobre todo en agua almacenada rica en materia orgánica en descomposición, por lo cual también son importantes indicadores del estado higiénico del agua.

- **Indicadores de Calidad higiénico-sanitaria**

- **Coliformes totales**

Son bacilos Gramnegativos de la familia Enterobacteriaceae, presentes fundamentalmente en el intestino del hombre y animales, siendo evacuados con la materia fecal. Abarcan cuatro géneros importantes: *Escherichia*, *Enterobacter*, *Klebsiella* y *Citrobacter* que pueden ser causantes de procesos entéricos mayormente de tipo leve.

- **Coliformes termotolerantes**

Son bacterias coliformes que pertenecen exclusivamente a la especie *Escherichia coli*, presente en las heces del hombre y animales de sangre caliente, así como en aguas residuales. Además de ser importantes indicadores de contaminación fecal, son capaces de originar cuadros de enterocolitis de curso leve a moderado.

➤ ***Vibrio cholerae***

Es un bacilo Gramnegativo presente en el intestino del hombre. Causa la enfermedad conocida como cólera, que es un proceso altamente dañino a nivel de las mucosas, con abundante pérdida de agua (diarrea y vómitos).

➤ **Parásitos**

Grupo conformado mayormente por quistes de protozoarios (*Entamoeba histolytica* y *Giardia duodenalis*), huevos de trematodos (*Fasciola hepática*), cestodos (*Taenia solium* y *Taenia saginata*) y nematodos (*Trichuris trichiura*, uncinarias y *Ascaris lumbricoides*), cuyos estadios son las formas infectantes que tras su ingreso colonizarán el tubo digestivo causando cuadros entéricos de intensidad variable dependiendo de la cantidad de individuos y edad del hospedador.

D. Técnicas para el análisis microbiológico del agua^{31,32}

• **Cultivo y recuento en placa**

Consiste en el empleo de medios de cultivo enriquecidos, selectivos y diferenciales que facilitan el crecimiento *in vitro* de bacterias, para su posterior enumeración a partir de diluciones de la muestra. Resulta muy útil para la cuantificación de bacterias heterotróficas y *Escherichia coli*, cuyos resultados se expresan como unidades formadoras de colonia por mL (UFC/mL).

• **Número más probable (NMP)**

Permite estimar la densidad más probable de coliformes en base a una combinación de resultados positivos y negativos (presencia de gas y/o turbidez) obtenidos en medios de cultivo líquidos (caldos) según cada dilución. Dependiendo de la temperatura de incubación se podrá calcular el número de coliformes totales (35-37°C) o coliformes termotolerantes y *E. coli* (44,5°C). Los resultados se pueden expresar como número más probable por cada 100 mL (NMP/100mL).

- **Recuento directo**

Realizado mediante observación directa con microscopio óptico, mediante el uso de cámaras especiales (Petroff-Hausser o Neubauer), que permiten la cuantificación de quistes o trofozoitos de protozarios, así como la enumeración de huevos de trematodos, cestodos y nematodos. Los resultados se emiten como número de organismos por mililitro (N° organismos/mL).

2.3 MARCO CONCEPTUAL

2.3.1 Agua natural

Recurso acuático que se encuentra en la naturaleza, disponible a partir de diversas fuentes: ríos, lagunas, estanques, etc.²⁰

2.3.2 Agua para consumo humano

Agua considerada de buena calidad, caracterizada por ser limpia e inocua; sin contener agentes químicos o biológicos patógenos o contaminantes por encima de los límites permitidos.¹⁸

2.3.3 Calidad microbiológica

Grado de excelencia que presenta una muestra, fundamentalmente por ausencia de microbios patógenos y contaminantes ambientales, lo cual la convierte en apta para consumo humano.²⁵

2.3.4 Agua natural superficial

Agua que se encuentra disponible en la superficie terrestre, no ha sido infiltrada debido a la impermeabilidad del suelo y forma por lo tanto arroyos, ríos, lagos, lagunas y manantiales. Tiende a contaminarse muy fácilmente.¹⁷

2.3.5 Agua natural subterránea

Agua que, debido a filtraciones, se halla bajo la superficie terrestre; pudiendo emerger de forma natural (manantiales, puquiales) o ser extraída artificialmente mediante pozos y sistemas de bombeo.¹⁷

2.3.6 Contaminación del agua

Presencia deliberada o accidental de elementos extraños o en concentraciones no permitidas, capaces de alterar las características físicas, químicas y biológicas del agua; haciéndola no apta para su utilización.²²

2.3.7 Calidad higiénica

Característica que se relaciona con las condiciones de limpieza, pulcritud o aseo bajo las que se ha conservado o manipulado una muestra. Permite contar con información sobre la contaminación ambiental que puede ser causante de alteraciones organolépticas.²⁶

2.3.8 Calidad higiénico-sanitaria

Condición que permite evaluar la probabilidad de riesgos microbiológicos debido a la presencia de microbios causantes de enfermedades (patógenos) que llegaron debido a malas condiciones higiénicas.²⁶

2.3.9 Microbios indicadores de calidad microbiológica

Especies o grupos de microbios, principalmente bacterias y hongos, utilizados para evaluar las características de calidad de una determinada muestra. Son fáciles de desarrollar y cuantificar *in vitro*; cuya presencia y concentración se relacionan inversamente con la calidad higiénica y sanitaria.²⁹

CAPÍTULO III

HIPÓTESIS

3.1 HIPÓTESIS

No amerita, por ser una investigación de nivel descriptivo.

3.2 VARIABLE

Calidad microbiológica del agua de manantial

3.2.1 Definición conceptual

*“Grado de excelencia que presenta el agua de manantial, caracterizada por la ausencia de microbios patógenos, siendo apta para el consumo humano”.*²⁶

3.2.2 Definición operacional

El análisis del agua buscará evaluar su grado de higiene e inocuidad, en base a dos dimensiones:

- Indicadores de calidad higiénica
 - Bacterias heterotróficas (UFC/mL)
 - Organismos de vida libre (ausencia/presencia)
- Indicadores de calidad higiénico-sanitaria
 - Coliformes totales y fecales (NMP/100mL)
 - *Escherichia coli* (NMP/100mL)
 - *Vibrio cholerae* y parásitos (ausencia/presencia)

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA

4.1 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

La investigación empleó el método observacional, basado en la capacidad para analizar y describir el comportamiento del fenómeno bajo estudio (calidad microbiológica del agua de manantiales), tomando como referencia datos adecuados y fiables correspondientes a los indicadores microbianos, sin ejercer ningún tipo de manipulación de la variable.³³

4.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN

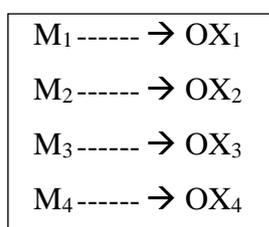
El estudio fue de tipo básico debido a que se acopió información actualizada y fidedigna que enriqueció el conocimiento teórico científico sobre esta materia, lo cual servirá de base para el desarrollo de posteriores estudios; de tipo prospectivo porque la información recogida fue procedente de los análisis microbiológicos realizados a las muestras colectadas con posterioridad a la aprobación del respectivo proyecto; y de carácter longitudinal, pues se trabajó con muestras recogidas y sometidas a análisis más de una vez a lo largo de un periodo de tiempo determinado.³⁴

4.3 NIVEL DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación se ubicó en el nivel descriptivo debido a que estuvo limitada a la determinación de las características de la variable identificada (calidad microbiológica del agua de manantiales), sin manipulación alguna por parte de las investigadoras.³⁵

4.4 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Se aplicó un diseño no experimental, descriptivo-transversal según e siguiente modelo:³⁶



Donde:

$M_1 - M_4$ = Muestras procedentes de los manantiales 1 al 4

$OX_1 - OX_4$ = Observación: Calidad microbiológica del agua de los manantiales 1 al 4

4.5 POBLACIÓN Y MUESTRA

La población estuvo conformada por toda el agua de los manantiales empleada para consumo humano en el distrito de Viques (Huancayo, Junín), entre los meses de marzo a mayo del año 2022. Para la determinación del tamaño de muestra se tuvo en consideración lo señalado en el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los recursos hídricos superficiales,³⁷ el cual recomienda coleccionar dos muestras por mes de estudio; por lo tanto, en esta investigación se trabajó por triplicado, coleccionándose 24 muestras procedentes de los cuatro manantiales (Chintipuquio, Asnupuquio, Puchopuquio y Pilapuquio) que proveen de agua para consumo humano, mediante muestreo no probabilístico intencional.

4.5.1 Criterios de inclusión

Agua proveniente de los cuatro manantiales existentes en el distrito de Viques, que abastecían de agua para consumo humano dentro del periodo de estudio.

4.5.2 Criterios de exclusión

Manantiales ubicados en zonas geográficas fuera del distrito de Viques o fuera del periodo de estudio.

4.6 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

4.6.1 Técnicas

A. Técnica general

Se empleó la técnica observacional, la misma que consistió en coleccionar información sobre la calidad microbiológica del agua de manantiales, en base a los análisis de laboratorio sin intervención por parte de las investigadoras para manipular las características de la variable.

B. Técnicas específicas

Se hizo uso de técnicas microbiológicas para el recuento de microbios indicadores de calidad microbiológica, tales como el cultivo y recuento en placa para la enumeración de bacterias heterotróficas y *E. coli*; la técnica del número más probable para Colimetría total y fecal; y la observación y recuento directo para organismos de vida libre y parásitos.

4.6.2 Instrumento de recolección de datos

La información obtenida tras el análisis de cada muestra fue registrada y organizada en una Ficha de recolección de datos (Anexo 3), la cual no requirió de pruebas de validez o confiabilidad por tratarse de un instrumento de campo para uso interno de las investigadoras.

4.6.3 Procedimientos de la investigación

A. Colección de muestras

Se colectaron 6 muestras de cada manantial, a razón de dos muestras por mes, para lo cual se hizo uso de recipientes estériles, de boca ancha, con capacidad para 50 mL, los mismos que fueron etiquetados consignando datos como número de muestra, nombre/ubicación del manantial, fecha y hora de recolección. Luego de ser colectadas se transportaron inmediatamente al Laboratorio de Control de Calidad de la Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias (Universidad Nacional del Centro del Perú), para los respectivos análisis microbiológicos.

Tabla 3. Detalle del cronograma de obtención de las 24 muestras de agua procedentes de 4 manantiales, entre marzo a mayo del 2022

Mes de muestreo	Manantiales				Total
	Chintipuquio	Asnopusquio	Puchopusquio	Pilapusquio	
Marzo	M1: 7/3/22	M1: 7/3/22	M1: 7/3/22	M1: 7/3/22	8
	M2: 14/3/22	M2: 14/3/22	M2: 14/3/22	M2: 14/3/22	
Abril	M3: 4/4/22	M3: 4/4/22	M3: 4/4/22	M3: 4/4/22	8
	M4: 18/4/22	M4: 18/4/22	M4: 18/4/22	M4: 18/4/22	
Mayo	M5: 2/5/22	M5: 2/5/22	M5: 2/5/22	M5: 2/5/22	8
	M6: 16/5/22	M6: 16/5/22	M6: 16/5/22	M6: 16/5/22	
Total	6	6	6	6	24

B. Análisis microbiológicos

Cada muestra fue sometida a análisis microbiológicos teniendo en cuenta los parámetros establecidos en los Estándares Nacionales para Calidad ambiental del agua,²⁸ tales como:^{31,32,38}

- **Recuento de bacterias heterotróficas, de *E. coli* y *V. cholerae***

Mediante la técnica de siembra por incorporación (placa vertida) en placas petri con agar para recuento en placa (PCA) para bacterias heterotróficas; placas con agar MacConkey para *E. coli* y placas con agar TCBS para *V. cholerae*. La posterior enumeración se realizó utilizando una Cámara contadora de colonias, cuyos resultados fueron expresados como UFC/mL.

- **Colimetría total y fecal**

Haciendo uso de la técnica del Número más probable (NMP), mediante siembras de diluciones decimales seriadas (10^{-1} , 10^{-2} y 10^{-3}) en tubos con Caldo Brila y campana Durham, incubando a 35-37°C (coliformes totales) y 44,5°C (coliformes fecales), cuyos recuentos se expresaron como UFC/100mL.

- **Observación y recuento directo**

Mediante el empleo de cámaras Neubauer y observación en fresco bajo microscopía óptica, para posterior recuento de organismos de vida libre, quistes de protozoarios y huevos de platelmintos y nematodos parásitos; cuyos resultados fueron expresados con ausencia/presencia.

4.7 TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO DE DATOS

Los resultados obtenidos se organizaron y presentados en tablas de doble entrada, siendo procesados mediante estadísticos descriptivos (media aritmética y desviación estándar). Los datos fueron posteriormente comparados con los Estándares Nacionales para Calidad ambiental del agua. Toda la información se almacenó en hojas de cálculo Microsoft Excel 2013.

4.8 ASPECTOS ÉTICOS DE INVESTIGACIÓN

Durante todo el curso de la investigación se tuvo en cuenta rigurosamente lo establecido en los artículos 27° y 28° del Reglamento General de Investigación de la Universidad Peruana Los Andes.³⁹

4.8.1 Art. 27°: Principios que rigen la actividad investigativa

A. Protección al medio ambiente y el respeto de la biodiversidad

Para el recojo, transporte y análisis de las muestras de agua se evitó el empleo de cualquier tipo de agente físico o químico que atente contra la naturaleza y/o biodiversidad, trabajando con total respeto a todos y cada uno de los seres vivos, variedades y diversidad genética de las muestras obtenidas.

B. Responsabilidad

Las tesis garantizan que trabajaron responsablemente en relación a la pertinencia, alcances y posibles repercusiones de la investigación en curso, tanto a nivel individual, colectivo e institucional.

C. Veracidad

Las autoras de este estudio aseguran en todo momento el manejo de la veracidad desde la elaboración del presente Proyecto hasta la presentación y divulgación del Informe final.

4.8.2 Art. 28°: Normas de comportamiento ético de quienes investigan

- A.** Se manifiesta que se ha ejecutado una investigación pertinente, original y acorde a la Línea de investigación institucional, procediendo siempre con absoluto rigor científico y asegurando en todo momento la fiabilidad, validez y credibilidad de los métodos y técnicas empleadas para los análisis microbiológicos.
- B.** Las investigadoras asumen la responsabilidad del presente estudio, estando plenamente conscientes de sus consecuencias, a nivel individual, social y académico.
- C.** Todos los reportes y/o resultados obtenidos son presentados de forma clara, oportuna y completa hacia la comunidad científica y sociedad en general; garantizando un manejo sigiloso de la información encontrada, la cual no será utilizada con fines lucrativos personales, ilícitos o fines diferentes a la investigación.
- D.** Se ha cumplido estrictamente con las normas institucionales, nacionales e internacionales relacionadas con los procesos de investigación, protección de seres vivos y del ambiente; asegurando cabalmente la inexistencia de conflictos de interés por parte de las investigadoras y del asesor.

- E. Para el momento de la respectiva publicación científica se evitará la falsificación, plagio, inclusión de autores ajenos a la investigación o publicaciones repetidas de los mismos resultados; no se aceptaron subvenciones o cualquier tipo de contrato que sea inconsistente con la Visión, Misión y Reglamento de Propiedad Intelectual de la Universidad Peruana Los Andes.

CAPÍTULO V

RESULTADOS

5.1 DESCRIPCIÓN DE RESULTADOS

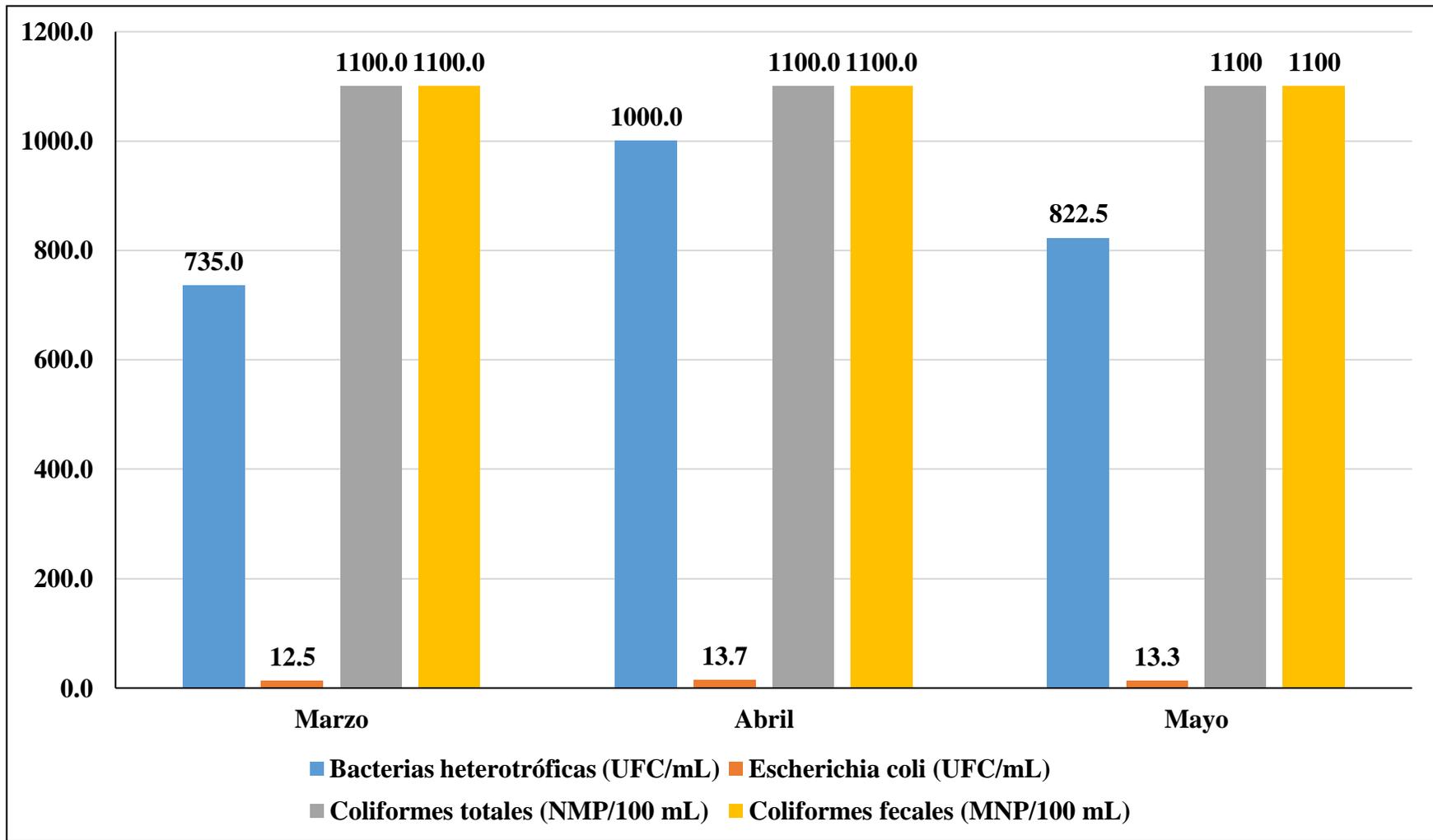
En la Tabla 4 se observan los resultados obtenidos para el manantial Chintipuquio, evidenciándose que los promedios generales de los cinco parámetros analizados superan el límite permisible, haciendo que el criterio sea de calidad microbiológica inaceptable, en las seis semanas de muestreo. Por su parte, la Tabla 5 muestra los datos de Calidad microbiológica para el manantial Asnopusquio cuyos recuentos fueron más elevados que los límites permitidos y también determinaron que ésta sea inaceptable.

A su vez, en la Tabla 6 se evidencia que para el manantial Puchopusquio no hubo presencia de indicadores de contaminación, por lo tanto, el criterio emitido es que la Calidad microbiológica sea aceptable. Finalmente, en la Tabla 7 se muestran los resultados para el manantial Pilapusquio, cuyos recuentos, aunque menores que los dos primeros manantiales, también resultaron por encima de los límites de permisividad según la normativa vigente, en consecuencia, su Calidad microbiológica es inaceptable.

Tabla 4. Calidad microbiológica del agua del manantial Número 1: Chintipuquio, Viques 2022

Parámetros analizados	Mes de muestreo			Desviación estándar	Promedio general	Limite permisible	Criterio
	Marzo	Abril	Mayo				
Bacterias heterotróficas (UFC/mL)	735,0	1000,0	822,5	135,0	852,5	500	Calidad microbiológica inaceptable
<i>Escherichia coli</i> (UFC/mL)	12,5	13,7	13,3	0,6	13,2	0	
Coliformes totales (NMP/100 mL)	1100,0	1100,0	1100,0	0	1100,0	0	
Coliformes fecales (MNP/100 mL)	1100,0	1100,0	1100,0	0	1100,0		
Organismos de vida libre	P	P	P	-	P	A	

Fuente: Ficha de recolección de datos, mayo 2022



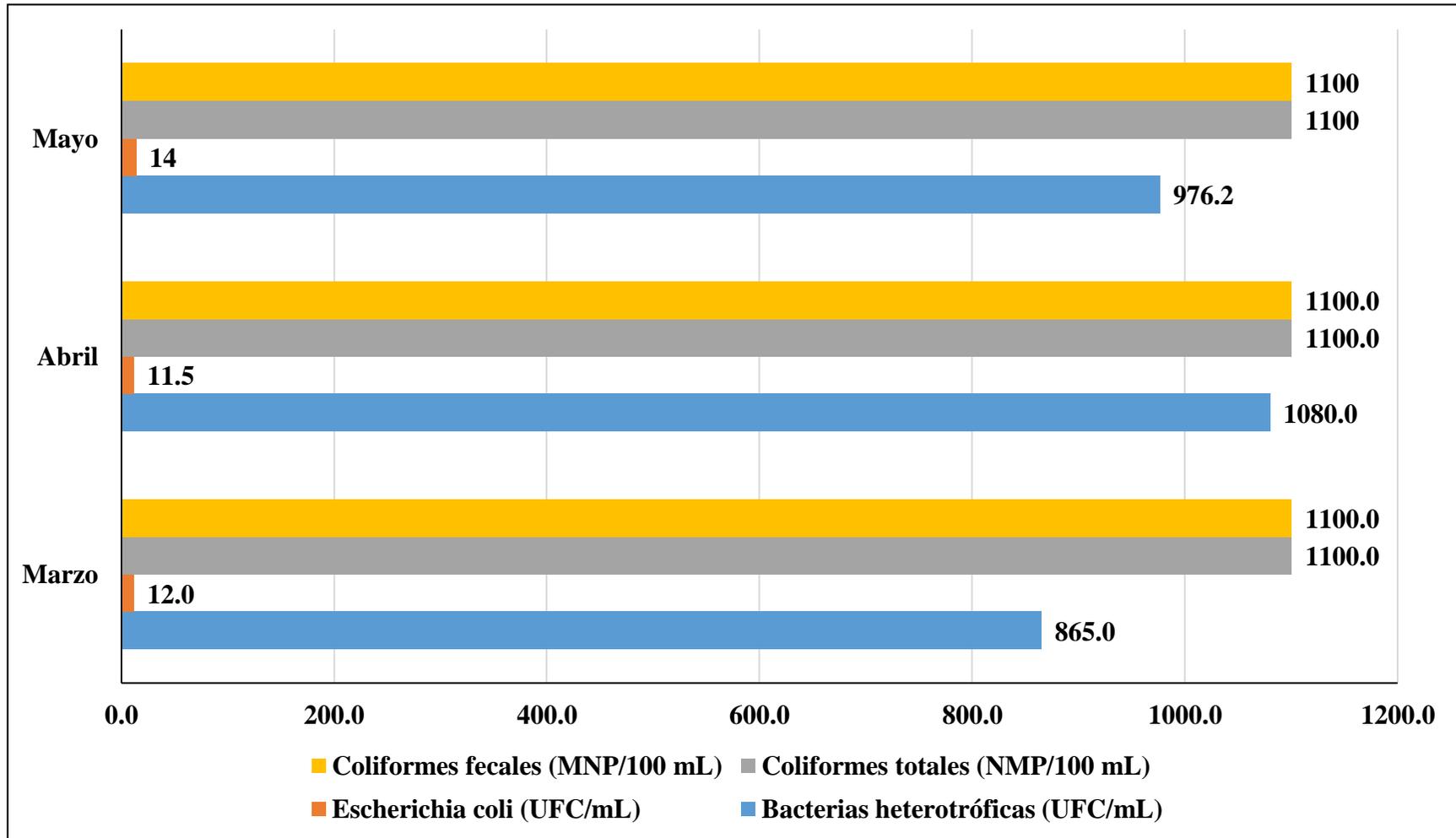
Fuente: Datos de la Tabla 4

Figura 1. Histograma comparativo de la Calidad microbiológica del agua del manantial Número 1: Chintipuerto, Viques 2022

Tabla 5. Calidad microbiológica del agua del manantial Número 2: Asnopusquiu, Viques 2022

Parámetros analizados	Mes de muestreo			Desviación estándar	Promedio general	Limite permisible	Criterio
	Marzo	Abril	Mayo				
Bacterias heterotróficas (UFC/mL)	865,0	1080,0	976,2	107,5	973,7	500	Calidad microbiológica inaceptable
<i>Escherichia coli</i> (UFC/mL)	12,0	11,5	14,0	1,3	12,5	0	
Coliformes totales (NMP/100 mL)	1100,0	1100,0	1100,0	0	1100,0	0	
Coliformes fecales (MNP/100 mL)	1100,0	1100,0	1100,0	0	1100,0	0	
Organismos de vida libre	P	P	P	-	P	A	

Fuente: Ficha de recolección de datos, mayo 2022



Fuente: Datos de la Tabla 5

Figura 2. Histograma comparativo de la Calidad microbiológica del agua del manantial Número 2: Asnopusquío, Viques 2022

Tabla 6. Calidad microbiológica del agua del manantial Número 3: Puchopuquio, Viques 2022

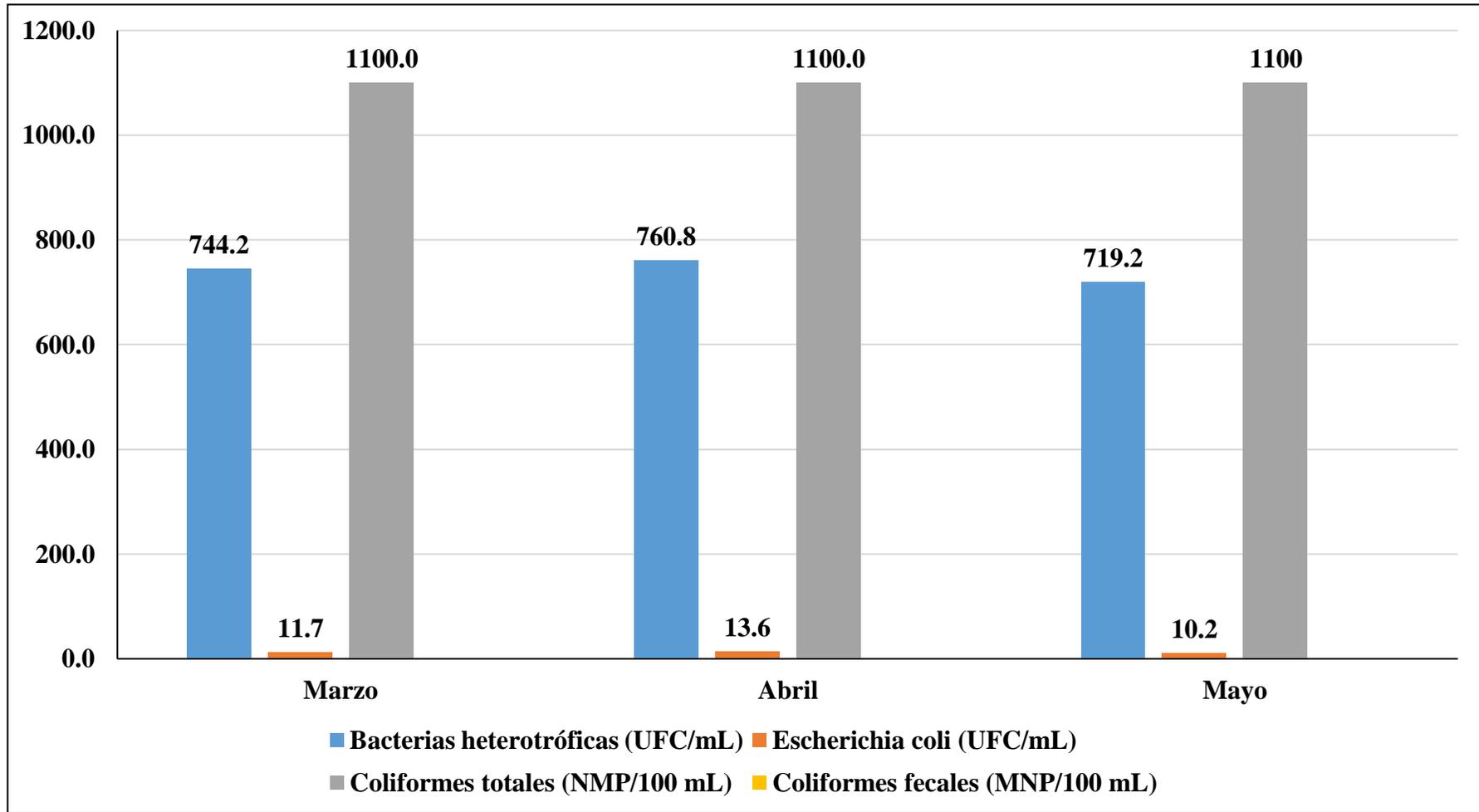
Parámetros analizados	Mes de muestreo			Desviación estándar	Promedio general	Limite permisible	Criterio
	Marzo	Abril	Mayo				
Bacterias heterotróficas (UFC/mL)	0	0	0	-	0	500	Calidad microbiológica inaceptable
<i>Escherichia coli</i> (UFC/mL)	0	0	0	-	0	0	
Coliformes totales (NMP/100 mL)	0	0	0	-	0	0	
Coliformes fecales (MNP/100 mL)	0	0	0	-	0	0	
Organismos de vida libre	A	A	A	-	A	A	

Fuente: Ficha de recolección de datos, mayo 2022

Tabla 7. Calidad microbiológica del agua del manantial Número 4: Pilapuquio, Viques 2022

Parámetros analizados	Mes de muestreo			Desviación estándar	Promedio general	Limite permisible	Criterio
	Marzo	Abril	Mayo				
Bacterias heterotróficas (UFC/mL)	744,2	760,8	719,2	20,9	741,4	500	Calidad microbiológica inaceptable
<i>Escherichia coli</i> (UFC/mL)	11,7	13,6	10,2	1,7	11,8	0	
Coliformes totales (NMP/100 mL)	1100,0	1100,0	1100,0	0	1100,0	0	
Coliformes fecales (MNP/100 mL)	0	0	0	-	0	0	
Organismos de vida libre	A	A	A	-	A	A	

Fuente: Ficha de recolección de datos, mayo 2022



Fuente: Datos de la Tabla 7

Figura 3. Histograma comparativo de la Calidad microbiológica del agua del manantial Número 4: Pilapuquio, Viques 2022

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La evaluación de la Calidad microbiológica del agua para consumo humano es un aspecto fundamental que debe tenerse en cuenta al identificar las fuentes naturales o la necesidad de la potabilización de este valioso elemento esencial para la vida. Se ha determinado que, a nivel mundial, aproximadamente 2000 millones de personas emplean agua procedente de fuentes naturales que se encuentran altamente contaminadas, constituyendo un riesgo debido al potencial de transmitir enfermedades gastrointestinales como cólera, diarrea, disentería, fiebre tifoidea, gastritis, entre otras.⁵

En tal sentido, la Organización mundial de la Salud estima que el problema de la contaminación del agua puede llegar a provocar más de 500 mil defunciones anuales, sólo por enfermedad diarreica al año.⁴⁰ Es por ello que el 6^{to} Objetivo de Desarrollo Sostenible (Agua limpia y Saneamiento), se convierte en una meta de importancia fundamental, que involucra el desarrollo de investigaciones orientadas a la evaluación de las características que presentan las fuentes de abastecimiento de agua para consumo humano.⁴¹

En el distrito de Viques, una parte significativa del agua consumida por los pobladores proviene de fuentes naturales como los cuatro manantiales (Chintipuquio, Puchopuquio, Pilapuquio y Asnopuquio), los cuales –por sus características de localización y actividades humanas realizadas en sus alrededores- se convierten en lugares propensos a ser contaminados, ocasionando que el agua procedente de los puquiales lleve consigo elevadas cargas microbianas, que se relacionan con la aparición de enfermedades entéricas mayormente en la población susceptible, como niños menores y ancianos.

Debe tenerse en cuenta también que las condiciones de almacenamiento y posterior consumo del agua procedente de dichas fuentes, no son las más adecuadas, ya que muchas veces éste líquido elemento se conserva en recipientes sucios y descubiertos, quedando expuesto al contacto con el medio ambiente y las correspondientes partículas de polvo, insectos, microbios, animales domésticos y actividades lúdicas de niños presentes en los domicilios; además de la creencia popular basada en que el agua procedente de puquiales es “totalmente limpia” y por lo tanto su consumo es directo, sin un previo tratamiento de desinfección.

Tomando en consideración los aspectos planteados líneas arriba, esta investigación evaluó muestras del agua procedente de cuatro manantiales, cuyos resultados mostrados en la Tabla 4 señalan que el agua procedente del manantial Chintipuquio, presentó promedios generales para los cinco parámetros analizados que superaron el límite permisible, lo cual determinó que el criterio sea de Calidad microbiológica inaceptable. Así mismo, los datos de la Tabla 5 demuestran que la Calidad microbiológica correspondiente a las muestras colectadas del manantial Asnopusuquio también sea inaceptable, pues todos los parámetros analizados arrojaron recuentos muy por encima de los límites permitidos, siendo la fuente que resultó con el mayor nivel de contaminación.

Por su parte, al observar los resultados de la Tabla 6 se evidencia que en el agua del manantial Puchopusuquio no se encontró presencia de ningún indicador de contaminación, por lo tanto, el criterio para dichas muestras fue que su Calidad microbiológica sea aceptable, siendo la única fuente cuya agua resulta apta para consumo humano; mientras que –como se evidencia en la Tabla 7- el agua procedente del manantial Pilapusuquio, también presentó recuentos, aunque en menor grado que los dos primeros manantiales, que superaban los límites de permisividad establecidos en la normativa vigente y por consiguiente su Calidad microbiológica fue inaceptable.

Estos resultados permiten contar con información sobre dos aspectos fundamentales. Por un lado, ha sido posible determinar que la presencia de indicadores de calidad higiénica (bacterias heterotróficas y organismos de vida libre) e higiénico-sanitaria (*E. coli* y coliformes totales y fecales) en tres de los cuatro manantiales

analizados, lo cual se relaciona directamente con las inadecuadas condiciones en las que éstos se encuentran, pues es llamativa la suciedad, vegetación, restos de basura producto de las actividades humanas (comercio, turismo, recreación, alimentación, etc.) que posibilita la concentración y proliferación microbiana; siendo una clara evidencia del descuido por parte de las autoridades locales y los propios pobladores, quienes sólo se interesan por abastecerse del agua procedente de dichas fuentes, sin adoptar medidas que controlen las condiciones higiénicas en que estos se encuentran.

Por otro lado, estos hallazgos proporcionan datos fidedignos que sustentan el evidente riesgo microbiológico relacionado con el consumo (muchas veces directo) del agua procedente de estos manantiales, lo cual trae consigo la aparición de diversos tipos de enfermedades que, en la gran mayoría de los casos pueden comprometer a varios miembros de una familia, con la consecuente pérdida de productividad, asistencia a centros educativos y baja calidad de vida de los que resultan enfermos.

Los resultados obtenidos en esta investigación son concordantes con lo reportado por Córdova O. y Muñoz M.⁷ quienes al evaluar la calidad microbiológica en dos manantiales (Cajamarca), reportaron presencia de coliformes (totales y termotolerantes), *E. coli* y organismos de vida libre, siendo no aptas para consumo humano. De igual modo, existen similitudes con los hallazgos de Reyes K.⁸ quien analizó la calidad del agua de manantial en un asentamiento humano (Huánuco), demostrando índices de coliformes totales y termotolerantes por encima de los límites permitidos, determinando que tampoco sea apta para consumo humano. Así mismo, destacan las semejanzas con la investigación de Quispe D.,¹⁰ quien determinó la calidad bacteriológica en seis manantiales (Puno), hallando recuentos de coliformes totales y fecales por encima de sus límites permisibles, haciendo que el agua resulte no apta para consumo humano.

En el plano internacional, Wong C. et al.¹² determinaron que la calidad del agua de once manantiales (México), varía según su localización y actividades antrópicas de las comunidades asociadas, haciendo que ciertos parámetros, como colimetría, superen los límites máximos establecidos en su normativa vigente.

Por su parte, Andueza F. et al.¹³ analizaron la calidad microbiológica del agua en manantiales mineromedicinales (Ecuador), hallando bacterias heterótrofas, coliformes totales y *Pseudomonas* spp. concluyendo que su calidad microbiológica sea inadecuada.

Por el contrario, es posible encontrar discrepancias con los reportes de Ocas H.,¹¹ cuyo análisis de la calidad del agua en cinco manantiales (Cajamarca), resultó de buena calidad y apta para consumo humano. De igual manera, existen diferencias con el estudio desarrollado por Llagua T.¹⁵ quien caracterizó los parámetros bacteriológicos del agua en una laguna (Ecuador), encontrando que los parámetros evaluados incumplen con la normativa de Calidad de agua, hallando presencia de cinco tipos de bacterias patógenas.

Aunque las aguas subterráneas poseen Calidad microbiológica mejor y más uniforme que aquellas superficiales, debido a su purificación natural mediante percolado y almacenamiento prolongados, algunas fuentes de agua subterránea pueden verse afectados debido a contaminación con sustancias químicas y disposición de residuos; razón por la que requieren un tratamiento mínimo antes de su utilización.³ La mayoría de espacios porosos de las rocas bajo la capa freática están llenos de agua, pero su porosidad diferente y por tanto sus características permeables también lo son, implicando que el desplazamiento del agua no es igual en todo tipo de rocas. Cuando la roca almacenadora de agua permite que ésta fluya hacia pozos y arroyos recibe el nombre de “acuífero”. Entonces, un acuífero es una unidad geológica saturada que contiene y transmite agua de buena calidad, haciendo que ésta se pueda extraer en aprovechables.⁴²

Al respecto, debe tenerse en cuenta la investigación de Piguave J. et al.,¹⁶ cuya revisión sistemática demostró que existe relación entre la Calidad microbiológica del agua subterránea y la aparición de enfermedad diarreica infantil, debido a la contaminación de fugas de fosas sépticas, métodos inadecuados de manejo de desechos y escorrentías de agua de lluvia, resaltando la importancia del monitoreo permanente de la calidad del agua en base a la detección y cuantificación de indicadores, así como la necesidad de realizar intervenciones orientadas a mejorar la limpieza de las fuentes de agua y la educación sanitaria.

En términos generales, resulta importante destacar los resultados obtenidos en esta investigación, pues han permitido conocer las características microbiológicas del agua procedente de los manantiales que son una fuente de abastecimiento de agua para los pobladores del distrito de Viques, aunque un aspecto limitante del presente estudio ha sido el hecho de no poder analizar el agua al interior de las viviendas, pues muchas veces las condiciones en que se acopia y almacena este recurso hídrico se convierte en un significativo factor de contaminación, asociado con múltiples problemas de tipo gastrointestinal.

Por otro lado, también es necesario desarrollar investigaciones orientadas a determinar el acceso a diversas fuentes de agua limpia, así como los sistemas de saneamiento aplicados; pues con ello se estará generando información que permita la toma de decisiones y aplicación de políticas públicas tendientes a alcanzar el Objetivo de Desarrollo sostenible N°6.

CONCLUSIONES

1. La Calidad microbiológica de 24 muestras procedentes de cuatro manantiales de agua de manantial para consumo humano en el distrito de Viques, entre los meses de marzo a mayo del año 2022 es inaceptable.
2. La Calidad microbiológica del agua del manantial Chintipuquio es inaceptable, pues el promedio de todos los parámetros analizados supera los Estándares Nacionales para Calidad ambiental del agua, siendo por lo tanto no apta para consumo humano.
3. La Calidad microbiológica del agua del manantial Asnopusquio es inaceptable, pues el promedio de todos los parámetros analizados supera los Estándares Nacionales para Calidad ambiental del agua, siendo por lo tanto no apta para consumo humano.
4. La Calidad microbiológica del agua del manantial Puchopusquio es aceptable, pues no hubo presencia de ningún indicador, encontrándose dentro de los Estándares Nacionales para Calidad ambiental del agua, siendo por lo tanto apta para consumo humano.
5. La Calidad microbiológica del agua del manantial Pilapusquio es inaceptable, pues el promedio de todos los parámetros analizados, excepto coliformes fecales y organismos de vida libre supera los Estándares Nacionales para Calidad ambiental del agua, siendo por lo tanto no apta para consumo humano.

RECOMENDACIONES

1. A las autoridades de la Universidad Peruana Los Andes, se recomienda divulgar los resultados de esta investigación mediante boletines dirigidos hacia la comunidad científica y sociedad en general, con especial énfasis en el correcto acopio, almacenamiento y consumo del agua de este tipo de fuentes naturales.
2. Se recomienda a la municipalidad distrital de Viques (provincia de Huancayo) velar por la frecuente limpieza y mantenimiento de los alrededores de los cuatro manantiales que abastecen de agua para consumo humano, a fin de que su calidad microbiológica no se vea afectada por microbios contaminantes procedentes del medio ambiente.
3. Es recomendable que las autoridades sanitarias de nuestra región realicen campañas constantes relacionadas con el cuidado, mantenimiento y limpieza de fuentes naturales de agua, tales como los manantiales, evitando de este modo la proliferación de microbios que afecten su calidad.
4. Se recomienda a estudiantes y futuros investigadores, el desarrollo de estudios de tipo aplicado y longitudinal que permitan evaluar el impacto de procedimientos adecuados de limpieza y desinfección en los alrededores de las fuentes naturales de agua y ver cómo se ve afectada su calidad microbiológica; con un enfoque orientado al logro del Objetivo de Desarrollo Sostenible N°6.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Cutimbo C. Calidad bacteriológica de las aguas subterráneas de consumo humano en centros poblados menores de la Yarada y los Palos del distrito de Tacna [Tesis]. Tacna: Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann; 2012.
2. Rodríguez R, Martínez C, Hernández D, de Lucas J, Acevedo M. Calidad del agua de fuentes de manantial en la zona básica de salud de Sigüenza. [En línea]. Rev. Esp. Salud pública. 2003; 77(3): 423-432 [Citado 18 dic 2021]. Disponible en: <https://scielo.isciii.es/pdf/resp/v77n3/original9.pdf>
3. Tuesca R, Ávila H, Sisa A, Pardo D. Fuentes de abastecimiento de agua para consumo humano. Colombia: Universidad del Norte; 2015.
4. Red Iberoamericana de Potabilización y Depuración del Agua. Agua potable para comunidades rurales, reuso y tratamientos avanzados de aguas residuales domésticas. [En línea]. [Citado 15 dic 2021]. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsair/e/repindex/rep84/vleh/fulltext/acrobat/agua.pdf>
5. Aurazo M. Aspectos biológicos de la calidad del agua. [En línea] [Citado 15 dic 2021]. Disponible en: <http://www.analizcalidad.com/docftp/fi1110aguas>.

6. Sedam Huancayo S.A. Plan Maestro Optimizado Sedam Huancayo S.A. Huancayo; 2008.
7. Córdova O, Muñoz M. Evaluación de la calidad fisicoquímica y microbiológica en los manantiales de Pauco 1 y 2, Celendín 2020 [Tesis]. Cajamarca: Universidad Privada del Norte; 2021. [Citado 15 dic 2021]. Disponible en: <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/27632>
8. Reyes K. Verificación del cumplimiento de los parámetros del reglamento de la calidad del agua para el asentamiento humano vista alegre mediante el análisis fisicoquímico y microbiológico del manantial de Pacán - San Luis - Amarilis - Huánuco, periodo setiembre - noviembre del 2018 [Tesis]. Huánuco: Universidad de Huánuco; 2019. [Citado 15 dic 2021]. Disponible en: <http://repositorio.udh.edu.pe/handle/123456789/1599>
9. Aguilar O, Navarro B. Evaluación de la calidad de agua para consumo humano de la comunidad de Llañucancha del distrito de Abancay, provincia de Abancay 2017 [Tesis]. Abancay: Universidad Tecnológica de los Andes; 2018. [Citado 15 dic 2021]. Disponible en: <https://repositorio.utea.edu.pe/handle/utea/130>
10. Quispe D. Calidad bacteriológica y físico-química del agua de seis manantiales del distrito de Santa Rosa-Melgar [Tesis]. Puno: Universidad Nacional del Altiplano - Puno; 2017. [Citado 15 dic 2021]. Disponible en: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/5562>
11. Ocas H. Calidad del agua de los manantiales que abastecen a la población del caserío de Pomabamba - distrito de Jesús - provincia de Cajamarca. [Tesis]. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca; 2017. [Citado 15 dic 2021]. Disponible en: <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/1731>

12. Wong C, Alonso A, Carranza C. Calidad del agua de los manantiales del humedal natural “Ciénega de Tamasopo” en San Luis Potosí, México. [En línea]. Tecnología y ciencias del agua. 2021; 12(6):1-35. [Citado 18 dic 2021]. DOI: 10.24850/j-tyca-2021-06-01.
13. Andueza F, Ibaza D, Arciniegas S, Parra Y, Escobar S, Ramírez A, Medina G, Araque J. Calidad microbiológica del agua de los manantiales mineromedicinales del balneario “Santagua de Chachimbiro”. Imbabura. Ecuador. [En línea]. Rev. Perspectiva. 2020; 21(1): 59-70. [Citado 15 dic 2021]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/23357>
14. Franco J. Granja J. Evaluación de la calidad microbiológica del agua envasada para consumo humano, de venta informal en la cooperativa Cisne II, 2020 [Tesis]. Guayaquil: Universidad de Guayaquil; 2020. [Citado 15 dic 2021]. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/53627>
15. Llagua T. Caracterización físicoquímica y bacteriológica de aguas de la laguna del Quilotoa de la zona central del Ecuador [Tesis]. Ambato: Universidad Técnica de Ambato; 2020. [Citado 15 dic 2021]. Disponible en: <http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/30943>
16. Piguave J, Castellano M, Macías A, Vite F, Ponce M, Ávila J. Calidad microbiológica del agua subterránea como riesgo epidemiológico en la producción de enfermedad diarreica infantil. [En línea]. Revisión Sistemática. Kasmera. 2019; 47(2):153-173. [Citado 18 dic 2021]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/jatsRepo/3730/373063318012/373063318012.pdf>
17. Ramos R, Sepúlveda R, Villalobos F. El agua en el medio ambiente: Tipos de agua y Análisis. México: Editorial Plaza y Valdés S.A.; 2003.
18. Tuesca R, Ávila H, Sisa A, Pardo D. Fuentes de abastecimiento de agua para consumo humano. Colombia: Universidad del Norte; 2015.

19. Vargas L. Tratamiento de aguas de consumo Humano. 2^{da} ed. Lima: Universidad Nacional del Callao; 2008.
20. Prieto J. El agua, sus formas, efectos abastecimiento, usos, daños, control y conservación. Bogotá: Eco Ediciones; 2004.
21. Silva J, Ochoa S, Cruz G, Nava J, Villalpando F. Manantiales de la cuenca del río duero Michoacán: operación, calidad y cantidad. Michoacán: Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional; 2015.
22. Saravia P. Contaminación del Agua. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, 2007.
23. Valdés V. Microbiología del agua. [En línea]. Panamá: Universidad Tecnológica de Panamá. [Citado 15 dic 2021]. Disponible en: <http://www.slideshare.net/guest6e00ca1/microbiologa-del-agua>.
24. Atlas M, Bartha R. Ecología microbiana y Microbiología ambiental. 4^{ta} ed. España: Editorial Pearson; 2005.
25. Sierra C. Calidad del agua. Evaluación y diagnóstico. Medellín: Universidad de Medellín; 2011.
26. Sánchez H, Vargas M, Méndez J. Calidad bacteriológica del agua para consumo humano en zonas de alta marginación de Chiapas. [En línea]. 2000, 42(5) [Citado 18 dic 2021]. Disponible en: <https://scielosp.org/pdf/spm/v42n5/3990.pdf>
27. DIGESA. Reglamento de la Calidad de agua para consumo humano. [En línea]. Lima: Dirección General de Salud Ambiental del Ministerio de Salud; 2011. [Citado 18 nov 2021]. Disponible en:

http://www.digesa.minsa.gob.pe/publicaciones/descargas/Reglamento_Calidad_Agua.pdf

28. MINAM. Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua. [En línea]. Lima: Ministerio del Ambiente; 2017. [Citado 18 nov 2021]. Disponible en: <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/DS-004-2017-MINAM.pdf>
29. Ríos S, Agudelo R, Gutiérrez L. Patógenos e indicadores microbiológicos de calidad del agua para consumo humano. [En línea]. Rev. Fac. Nac. Salud Pública. 2017, 35(2) [Citado 18 dic 2021]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rfnsp/v35n2/0120-386X-rfnsp-35-02-00236.pdf>
30. Sánchez D. Calidad de agua y su control. [En línea]. 2017, 35(2) [Citado 18 dic 2021]. Disponible en: https://blog.uclm.es/davidsanchezramos/files/2016/05/11_Calidad-agua-y-control_v2015_resumen.pdf
31. McCallion J, Kemmer F, Nalco Chemical Company. Manual del agua, su naturaleza, tratamiento y aplicaciones. México: McGraw Hill-Interamericana de México; 2005.
32. Gil E. Análisis microbiológico y químico de las aguas y técnicas de muestreo. Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo; 2010.
33. Pineda E, Alvarado E, Canales F. Metodología de la investigación. Washington: Organización Panamericana de la Salud – Organización Mundial de la Salud; 1994.
34. Hernández R, Fernández-Collado C, Baptista P. Metodología de la Investigación. [En línea]. 4^{ta} ed. México: Editorial Mc Graw-Hill; 2006. [Citado 18 dic 2021]. Disponible en: <http://biblio3.url.edu.gt/publijrcifuentes/TESIS/2018/05/43/Figueroa-Carlos.pdf>

35. Hernández R. Metodología de la Investigación. Colombia: Editorial Mac. Graw Hill; 1991.
36. Sánchez H, Reyes C. Metodología y Diseños en la Investigación científica. Lima: Editorial Visión Universitaria; 2009.
37. MINAGRI. Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos hídricos superficiales. [En línea]. Lima: Ministerio de Agricultura y Riego – Autoridad Nacional del Agua; 2016. [Citado 18 nov 2021]. Disponible en: <https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/209>
38. APHA-AWWA-WPCF. Métodos Normalizados para el análisis de agua potable y residual. 17^{ma} ed. Madrid: Editorial Díaz de Santos S.A.; 2000.
39. UPLA. Reglamento general de Investigación. Huancayo: Universidad Peruana Los Andes – Vicerrectorado de Investigación; 2019.
40. OMS. Agua para consumo humano [En línea]. Ginebra: Organización Mundial de la Salud; 2022 [Citado 4 jun 2022]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>
41. ONU-CEPAL. La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible Una oportunidad para América Latina y el Caribe. [En línea]. Santiago de Chile: Organización de Naciones Unidas – Comisión Económica para América Latina y El Caribe; 2018 [Citado 4 jun 2022]. Disponible en: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40155/24/S1801141_es.pdf
42. Valdés V. Microbiología del agua. [En línea]. Panamá: Universidad Tecnológica de Panamá. [Citado 4 jun 2022]. Disponible en: <http://www.slideshare.net/guest6e00ca1/microbiologa-del-agua>

ANEXOS

ANEXO 1
MATRIZ DE CONSISTENCIA

TITULO: “EVALUACIÓN DE LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL AGUA DE MANANTIAL PARA CONSUMO HUMANO, VIQUES 2022”

Formulación del problema	Formulación de objetivos	Hipótesis	Variable	Método
<p>Problema general ¿Cuál será la Calidad microbiológica del agua de manantial para consumo humano en el distrito de Viques, 2022?</p> <p>Problemas específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuál será la calidad microbiológica en seis muestras del agua del manantial Chintipuquio en el distrito de Viques, 2022? • ¿Cuál será la calidad microbiológica en seis muestras del agua del manantial Puchopuquio en el distrito de Viques, 2022? • ¿Cuál será la calidad microbiológica en seis muestras del agua del manantial Pilapuquio en el distrito de Viques, 2022? • ¿Cuál será la calidad microbiológica en seis muestras del agua del manantial Asnupuquio en el distrito de Viques, 2022? 	<p>Objetivo general Determinar la Calidad microbiológica del agua de manantial para consumo humano en el distrito de Viques, 2022.</p> <p>Objetivos específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Evaluar la calidad microbiológica en seis muestras del agua del manantial Chintipuquio en el distrito de Viques, 2022. • Evaluar la calidad microbiológica en seis muestras del agua del manantial Puchopuquio en el distrito de Viques, 2022. • Evaluar la calidad microbiológica en seis muestras del agua del manantial Pilapuquio en el distrito de Viques, 2022. • Evaluar la calidad microbiológica en seis muestras del agua del manantial Asnupuquio en el distrito de Viques, 2022. 	<p>No amerita</p>	<p>Calidad microbiológica del agua de manantial</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Método de investigación: Observacional. 2. Tipo de investigación: Básico, prospectivo y transversal. 3. Nivel de investigación: Descriptivo. 4. Diseño de la investigación: No experimental, descriptivo-transversal. 5. Población y muestra: Población conformada por toda el agua de los manantiales empleada para consumo humano en el distrito de Viques (Huancayo, Junín), entre marzo a mayo del 2022. Para determinar el tamaño de muestra se tendrá en consideración lo señalado en el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los recursos hídricos superficiales, el cual recomienda coleccionar dos muestras por mes de estudio; por lo tanto, en esta investigación se coleccionarán 24 muestras procedentes de los cuatro manantiales, mediante muestreo no probabilístico intencional. 6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos <ol style="list-style-type: none"> 6.1 Técnica general: Observacional. 6.2 Técnicas específicas: Técnicas microbiológicas: cultivo y recuento en placa para enumeración de bacterias heterotróficas y <i>E. coli</i>; técnica del número más probable para Colimetría total y fecal; observación y recuento directo para organismos de vida libre y parásitos. 6.3 Instrumento de recolección de datos: Ficha de recolección de datos. 7. Procedimientos de la investigación <ol style="list-style-type: none"> 1.1 Colección de muestras: Se coleccionarán 6 muestras de cada manantial, a razón de dos muestras por mes, que serán transportadas al Laboratorio de Control de Calidad de la Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias (Universidad Nacional del Centro del Perú), para los respectivos análisis microbiológicos. 1.2 Análisis microbiológicos: Teniendo en cuenta los parámetros establecidos en los Estándares Nacionales para Calidad ambiental del agua: <ul style="list-style-type: none"> • Recuento de bacterias heterotróficas • Colimetría total y fecal • Observación y recuento directo 8. Técnicas de procesamiento de datos: Los resultados obtenidos serán organizados y presentados en tablas de doble entrada, siendo procesados mediante estadísticos descriptivos (media aritmética y desviación estándar). Los datos serán posteriormente comparados con los Estándares Nacionales para Calidad ambiental del agua. Toda la información será almacenada en hojas de cálculo Microsoft Excel 2013. 9. Aspectos éticos de investigación: Durante todo el curso de la investigación se tendrán en cuenta rigurosamente lo establecido en los artículos 27° y 28° del Reglamento General de Investigación de la Universidad Peruana Los Andes.

ANEXO 2

OPERACIONALIZACIÓN DE LA VARIABLE

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Criterio de aceptación	Tipo y escala de medición
Calidad microbiológica del agua de manantial	<i>“Grado de excelencia que presenta el agua de manantial, caracterizada por la ausencia de microbios patógenos, siendo apta para el consumo humano”</i>	Análisis microbiológico del análisis del agua buscará evaluar su grado de higiene e inocuidad.	Calidad higiénica	<ul style="list-style-type: none"> • Bacterias heterotróficas • Organismos de vida libre 	<ul style="list-style-type: none"> • 500 UFC/mL • Ausencia 	Categoría nominal
			Calidad higiénico-sanitaria	<ul style="list-style-type: none"> • Coliformes totales • Coliformes fecales • <i>Escherichia coli</i> • <i>Vibrio cholerae</i> • Parásitos 	<ul style="list-style-type: none"> • 50 NMP/100mL • 20 NMP/100mL • Ausencia • Ausencia • Ausencia 	

ANEXO 3
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Número de muestra:		Fecha de recolección:			
Nombre/ubicación del manantial:		Hora de recolección:			
Parámetros analizados	Resultados			Promedio lectura	Límite permisible
	Placa1/tubo1	Placa2/Tubo2	Placa 3 /Tubo 3		
Bacterias heterotróficas					500 UFC/mL
Organismos de vida libre					Ausencia
Coliformes totales					50 NMP/100MI
Coliformes fecales					20 NMP/100MI
<i>Escherichia coli</i>					Ausencia
<i>Vibrio cholerae</i>					
Parásitos					
Observaciones					

Fuente: Elaboración propia, enero 2022.

ANEXO 4

SOLICITUD DE FACILIDADES PARA REALIZAR INVESTIGACIÓN

SOLICITA FACILIDADES
PARA REALIZACIÓN DE
TESIS

SEÑOR ALCALDE DE LA MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE VIQUES

Sr. *Elizabeth Lopez Urcuivaranga*

S.A.

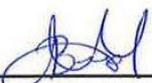
Elizabeth Baca Llacua (DNI 42875662) y Roxana Valdéz Acero (DNI 72890752), Bachilleres en Farmacia y Bioquímica y ex alumnas de esta Facultad, ante Ud., respetuosamente nos presentamos y exponemos:

Que, con la finalidad de obtener el Título profesional de Químico – Farmacéutico hemos optado por la modalidad de ejecución de Tesis, cuyo plan intitulado es: **“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL AGUA DE MANANTIAL PARA CONSUMO HUMANO, VIQUES 2022”**.

Por lo expuesto, Solicitamos a Ud., Señor Alcalde, se sirva disponer lo conveniente a fin de que se nos permita el acceso a los cuatro manantiales que abastecen de agua para consumo humano en el distrito de Viques, a fin de coleccionar muestras del agua entre los meses de febrero a abril del presente año; comprometiéndonos a no interrumpir o afectar el cauce normal del agua.

Es justicia que esperamos alcanzar

Huancayo, 14 de febrero del 2022



Bach. Elizabeth Baca Llacua
(DNI 42875662)



Bach. Roxana Valdéz Acero
(DNI 72890752)



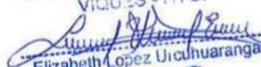
"Año de Fortalecimiento de La Soberanía Nacional"

EL QUE SUSCRIBE ALCALDE DE LA MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE VIQUES, PROVINCIA DE HUANCAYO Y REGIÓN JUNÍN, OTORGA LA PRESENTE:

AUTORIZACION

Conste por el presente documento, se **AUTORIZA** a la Srta. **ROXANA DIALINA VALDEZ ACERO** identificada con DNI N° 72890752 y a la Srta. **ELIZABETH BACA LLACUA** identificada con DNI N° 42875662, para realizar **TOMA DE MUESTRAS** del agua de manantial para desarrollo de tesis "EVALUACIÓN DE LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL AGUA DE MANANTIAL PARA CONSUMO HUMANO, VIQUES 2022", durante los meses de febrero hasta abril.

Viques, 15 de febrero del 2022

MUNICIPALIDAD DISTRITAL
VIQUES - HYO.

Elizabeth Lopez Urcuhuaranga
ALCALDESA (E)

Plaza Principal de Viques

mdviques@gmail.com

RUC N° 20188334840



ANEXO 5

CERTIFICADO DE PROCESAMIENTO DE MUESTRAS



CERTIFICADO DE ANALISIS

El Gerente General del Laboratorio PRECI - LAB. certifica que los exámenes microbiológicos practicados en 16 muestras de agua manantial fueron realizados en las instalaciones del area de microbiologia. cumpliendo los protocolos y normas de procedimientos tecnicos operativos que corresponde en el aislamiento e identificacion de enterobacterias , recuento de colonias en coliformes fecalis y totales e identificación de protozoos presentes en las muestras en estudio.

se deja constancia para los fines convenientes de los investigadores.

El tambo, 14 de Junio del 2022.

*Especialista en laboratorio
clínico Anatomía patológica*

Mr. TM. Efraín Montes Híjar
TECNOLOGO MÉDICO
C.T.M.P 02049 RNE: 0043
ESP. INMUNOLOGÍA

Atención las 24 horas

📍 Psj. Julio Magan N° 230 - El Tambo - Huancayo ☎ 984 365 552 / 990 203 912 / 943103839

ANEXO 6

DATA DEL PROCESAMIENTO DE DATOS

Parámetros analizados	Meses y números de muestreo																	
	Marzo						Abril						Mayo					
	1° muestreo (M1)			2° muestreo (M2)			3° muestreo (M3)			4° muestreo (M4)			5° muestreo (M5)			6° muestreo (M6)		
	Réplicas			Réplicas			Réplicas			Réplicas			Réplicas			Réplicas		
	1°	2°	3°	1°	2°	3°	1°	2°	3°	1°	2°	3°	1°	2°	3°	1°	2°	3°
Bacterias heterotróficas (UFC/mL)	820	715	925	650	750	550	1020	980	1060	980	920	1040	670	795	1035	850	935	650
<i>Escherichia coli</i> (UFC/mL)	10	11	9	12	15	18	18	16	12	12	14	10	8	13	15	14	19	11
Coliformes totales (NMP/100 mL)	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100
Coliformes fecales (MNP/100 mL)	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100
Organismos de vida libre	P	A	P	P	P	A	P	P	P	P	A	P	P	P	A	P	A	P
Bacterias heterotróficas (UFC/mL)	680	720	640	1050	1050	1050	1080	1200	960	1080	1200	960	980	864	796	1068	987	1162
<i>Escherichia coli</i> (UFC/mL)	13	15	11	11	11	11	12	14	10	11	11	11	16	15	14	12	11	16
Coliformes totales (NMP/100 mL)	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100
Coliformes fecales (MNP/100 mL)	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100
Organismos de vida libre	P	A	P	P	P	A	P	A	P	P	P	P	P	P	A	P	A	P
Bacterias heterotróficas (UFC/mL)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Escherichia coli</i> (UFC/mL)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coliformes totales (NMP/100 mL)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coliformes fecales (MNP/100 mL)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Organismos de vida libre	A	A	A	A	P	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Bacterias heterotróficas (UFC/mL)	540	680	712	870	689	974	690	720	660	990	845	589	784	632	842	796	674	587
<i>Escherichia coli</i> (UFC/mL)	11	18	11	10	8	12	13	15	11	14	12	16	8	10	9	14	12	8
Coliformes totales (NMP/100 mL)	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100

Coliformes fecales (MNP/100 mL)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Organismos de vida libre	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A

ANEXO 7

DECLARACIÓN DE CONFIDENCIALIDAD



UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
DIRECCIÓN DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

DECLARACIÓN DE CONFIDENCIALIDAD

Yo, **Elizabeth Baca Llacua**, identificada con **DNI 42875662**, egresada de la Escuela profesional de Farmacia y Bioquímica, vengo implementando el proyecto de investigación titulado **"EVALUACIÓN DE LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL AGUA DE MANANTIAL PARA CONSUMO HUMANO, VIQUES 2022"**, en ese contexto, declaro bajo juramento que los datos que se generen como producto de la investigación, así como la identidad de los participantes serán preservados y serán usados únicamente con fines de investigación, de acuerdo a lo especificado en los Artículos 27° y 28° del Reglamento General de Investigación y en los artículos 4° y 5° del Código de Ética para la investigación Científica de la Universidad Peruana Los Andes, salvo con autorización expresa y documentada de alguno de ellos.

Huancayo, 10 de enero del 2022




Bach. Elizabeth Baca Llacua
DNI 42875662
Responsable de investigación



UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
DIRECCIÓN DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

DECLARACIÓN DE CONFIDENCIALIDAD

Yo, **Roxana Valdez Acero**, identificada con **DNI 72890752**, egresada de la Escuela profesional de Farmacia y Bioquímica, vengo implementando el proyecto de investigación titulado **"EVALUACIÓN DE LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL AGUA DE MANANTIAL PARA CONSUMO HUMANO, VIQUES 2022"**; en ese contexto, declaro bajo juramento que los datos que se generen como producto de la investigación, así como la identidad de los participantes serán preservados y serán usados únicamente con fines de investigación, de acuerdo a lo especificado en los Artículos 27° y 28° del Reglamento General de Investigación y en los artículos 4° y 5° del Código de Ética para la investigación Científica de la Universidad Peruana Los Andes, salvo con autorización expresa y documentada de alguno de ellos.

Huancayo, 10 de enero del 2022



Bach. Roxana Valdez Acero
DNI 72890752
Responsable de Investigación

ANEXO 8
COMPROMISO DE AUTORÍA

COMPROMISO DE AUTORÍA

En la fecha, yo **Elizabeth Baca Llacua**, identificada con **DNI 42875662**, domiciliada en Av. Los Incas 251 – Barrio Mantaro - Huancán; egresada de la Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Peruana Los Andes, me **COMPROMETO** a asumir las consecuencias administrativas y/o penales a que hubiera lugar si en la elaboración de mi investigación titulada **“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL AGUA DE MANANTIAL PARA CONSUMO HUMANO, VIQUES 2022”** se consideren datos falsos, falsificación, plagio, auto plagio, etc. y declaro bajo juramento que este trabajo de investigación es de mi autoría, los datos presentados serán reales y se respetarán las normas internacionales de citas y referencias de las fuentes consultadas.

Huancayo, 10 de enero del 2022



Bach. Elizabeth Baca Llacua
DNI 42875662

COMPROMISO DE AUTORÍA

En la fecha, yo **Roxana Dialina Valdez Acero**, identificada con **DNI 72890752**, domiciliada en Jr. Ayacucho 345 Huancayo; egresada de la Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Peruana Los Andes, me **COMPROMETO** a asumir las consecuencias administrativas y/o penales a que hubiera lugar si en la elaboración de mi investigación titulada **“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL AGUA DE MANANTIAL PARA CONSUMO HUMANO, VIQUES 2022”** se consideren datos falsos, falsificación, plagio, auto plagio, etc. y declaro bajo juramento que este trabajo de investigación es de mi autoría, los datos presentados serán reales y se respetarán las normas internacionales de citas y referencias de las fuentes consultadas.

Huancayo, 10 de enero del 2022



Bach. Roxana Valdez Acero
DNI 72890752

ANEXO 9
FOTOGRAFÍAS DE LA RECOLECCIÓN DE MUESTRAS



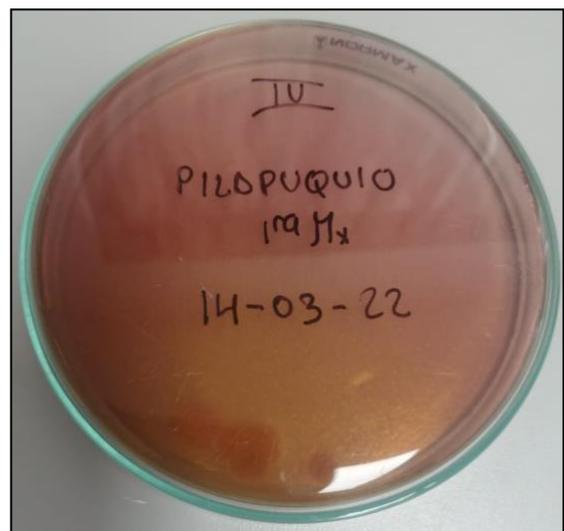
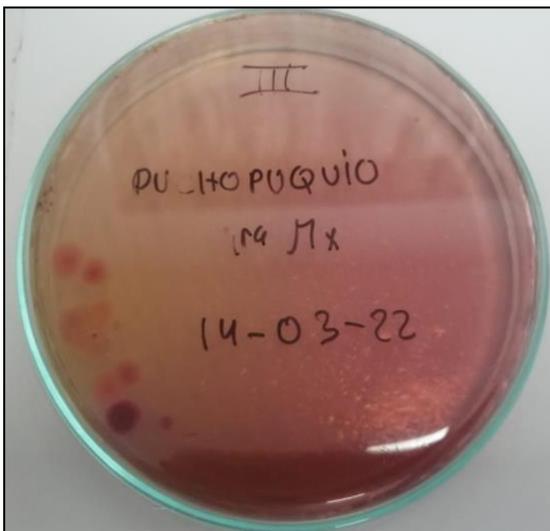
Fuente: Elaboración propia, marzo 2022

ANEXO 10
FOTOGRAFÍAS DEL PROCESAMIENTO DE LAS MUESTRAS EN EL
LABORATORIO



Fuente: Elaboración propia, marzo 2022

ANEXO 11
FOTOGRAFÍAS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS



Fuente: Elaboración propia, marzo 2022