

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD**

**ESCUELA PROFESIONAL DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA**



**TESIS**

**EVALUACIÓN MICROBIOLÓGICA, FISICOQUÍMICA E  
IDENTIFICACIÓN DE PROBABLES PROPIEDADES  
MEDICINALES DE LAS AGUAS TERMALES DE CHAQUELLA-  
ESPINAR Y CHIMUR-PAUCARTAMBO 2024**

**PRESENTADO POR:**

Br. IVAN ISMAEL SUTTA CCORIHUAMAN

Br. LIZBETH LUZ ALVARADO CCAHUANA

**PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL  
DE QUÍMICO FARMACÉUTICO**

**ASESOR:**

Dr. MARIO JESÚS URRUNAGA ORMACHEA

**CUSCO-PERÚ**

**2025**



# Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

## INFORME DE SIMILITUD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-321-2025-UNSAAC)

El que suscribe, el Asesor DR. MARIO JESÚS URRUNAGA ORMACHEA .....  
..... quien aplica el software de detección de similitud al  
trabajo de investigación/tesis titulada: EVALUACIÓN MICROBIOLÓGICA, FISIOLÓGICA E  
IDENTIFICACIÓN DE PROBABLES PROPIEDADES MEDICINALES DE LAS  
AGUAS TERMALES DE CHAQUELLA- ESPINAR Y CHIMUR PAUCARTAMBO 2024.

Presentado por: LIZBETH LUZ ALVARADO CRANUANA ..... DNI N° 75820315 .....  
presentado por: IVAN ISMAEL SUTTA COBOSUAMAN ..... DNI N°: 71927610

Para optar el título Profesional/Grado Académico de .....  
QUÍMICO FARMACÉUTICO

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 03 veces, mediante el  
Software de Similitud, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso del Sistema Detección de**  
**Similitud en la UNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 9 %.

### Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No sobrepasa el porcentaje aceptado de similitud.	<input checked="" type="checkbox"/>
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las subsanaciones.	<input type="checkbox"/>
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, conforme al reglamento, quien a su vez eleva el informe al Vicerrectorado de Investigación para que tome las acciones correspondientes; Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	<input type="checkbox"/>

Por tanto, en mi condición de Asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto las primeras páginas del reporte del Sistema de Detección de Similitud.

Cusco, 11 de Febrero ..... de 2026.....

Firma

Post firma Mario Jesús Urrunaga Ormachea

Nro. de DNI 23975210

ORCID del Asesor 0000-0002-3451-8890

### Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema de Detección de Similitud: **oid:** 27259:553086968

# TESIS FINAL TURNITIN REPOSITORIO.pdf

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

## Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::27259:553086968

Fecha de entrega

4 feb 2026, 8:06 p.m. GMT-5

Fecha de descarga

4 feb 2026, 8:31 p.m. GMT-5

Nombre del archivo

TESIS FINAL TURNITIN REPOSITORIO.pdf

Tamaño del archivo

7.0 MB

190 páginas

45.248 palabras

264.955 caracteres

# 9% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...




## Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 12 palabras)
- Base de datos de Crossref

## Exclusiones

- N.º de fuentes excluidas
- N.º de coincidencia excluida

## Fuentes principales

- 7%  Fuentes de Internet
- 0%  Publicaciones
- 5%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

## Marcas de integridad

### N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

## DEDICATORIA

A la memoria de mi abuela:

Sra. Juliana Condori Sonco

Siempre fue una fuente inagotable de amor, apoyo y sabiduría. Su ejemplo de fortaleza, generosidad y fe en mí. Su recuerdo vive en cada logro que he alcanzado y esta meta es, sin duda, también suya.

A mi abuela:

Sra. Serafina Huampa de Alvarado quien con su amor, sabiduría y ejemplo me motivó siempre a cumplir mis sueños y a ser una mejor persona en la vida.

A mi padre:

Sr. Hernán Alvarado Huampa

Por el apoyo, paciencia y porque siempre estuvo presente en cada etapa de mi vida, apoyándome con su amor y ejemplo. Por Gracias por motivarme constantemente a ser una mejor persona, por enseñarme el valor del esfuerzo y la honestidad. Su fortaleza y confianza en mí han sido una guía fundamental en este camino.

A mi madre:

Sra. Rosa Ccahuana Condori por enseñarme a ser fuerte incluso en los momentos más difíciles, y por estar a mi lado apoyándome en cada paso que daba. Gracias por tu paciencia infinita, por creer en mí sin condiciones y por esperar que cumpliera mis objetivos. Este logro también es tuyo.

A mis hermanas:

Mariluz, Yasmína y Shiomara por su apoyo, por seguir a mi lado en este largo camino, sus palabras sinceras y su compañía constante fueron una fuente de motivación invaluable.

A toda mi familia y amigos:

Gracias por su amor, compañía y apoyo incondicional en cada etapa de este camino. Su presencia fue clave para no rendirme y seguir adelante. Este logro también les pertenece.

**Br. Lizbeth Luz Alvarado Ccahuana**

## DEDICATORIA

A la memoria de mi abuelo:

Sr. Justino Ccajahuilca

Por ser mi fortaleza e inspiración para seguir adelante.

A mi padre:

Sr. Evaristo Sutta Ccajahuilca

Por el apoyo, esfuerzo y sacrificio para darme todo lo necesario, por todo el amor brindado en este largo camino.

A mi madre:

Sra. Carmen Ccorihuaman Mayhua

Por ser mi inspiración, mi fortaleza, por todo tu amor incondicional que tuvo la fuerza para poder educarme.

A mis hijos:

A mis hijos: Emmanuel y Sebastián, mis dos motivos para nunca rendirme y ser un ejemplo, son lo mejor y lo más valioso que Dios me ha dado.

**Br. Ivan Ismael Sutta Ccorihuaman**

## **AGRADECIMIENTOS**

- A ti Dios Mío: Por habernos permitido la vida, salud y conocimiento.  
“Por darnos la fuerza diaria, la necesitamos para hacer las cosas con su aliento y bendición”.
- A nuestro Asesor: Dr. Mario Jesús Urrunaga Ormachea, por su paciencia, sabiduría, amistad y el tiempo dedicado para poder realizar la presente investigación.
- A las Instituciones: Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC), alma mater, formadora y guía de nuestro desarrollo profesional, particularmente a la Facultad de Ciencias de la Salud y a la Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica, especialmente a los docentes que la conforman, que fueron nuestros guías y orientadores para realizar esta investigación.  
Municipalidad de Pallpata  
Comunidad de Chimur
- A los docentes: Mgt. Zany Frisancho Triveño  
Mgt. Jessica Torres  
Mgt. Aldo Ocampo Huaycho  
Por su colaboración y apoyo incondicional para culminar con éxito el presente trabajo.

**Los autores**



## RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo principal evaluar las características microbiológicas y fisicoquímicas, así como identificar las probables propiedades medicinales, de las aguas termales de Chaquella (Espinar) y Chimur (Paucartambo).

Se realizó un estudio cuantitativo no experimental de tipo descriptivo prospectivo de corte transversal. Se analizaron muestras de agua para determinar sus características microbiológicas (Coliformes totales, Coliformes fecales, *E. coli*, *S. aureus*, *P. aeruginosa*, *Salmonella* spp, Shiguella, hongos y levaduras), composición fisicoquímica (incluyendo color, olor, turbidez, nitratos, sulfatos, cloruros, carbonatos, fosfatos, sodio, potasio, hierro, plomo, cadmio y mercurio). Los métodos de análisis microbiológico y fisicoquímico se hicieron de acuerdo a la normativa vigente (Decreto Supremo MINAN N°004-2017-SA). La información de las probables propiedades medicinales fue sistematizada en base a los antecedentes y la normativa vigente. Asimismo, se realizó una encuesta a los usuarios sobre el uso de los balnearios (1).

La fuente termal de Chimur, se clasifica como agua hipertermal y bicarbonatada. Podría favorecer la circulación sanguínea. La fuente termal de Chaquella, se clasifica como agua termomineral bicarbonatada, clorurada y sulfatada. Estas características le confieren probables propiedades antiinflamatorias y dermatológicas. Respecto a los usuarios estos manifestaron que utilizaron los balnearios principalmente para problemas reumáticos.

En conclusión, las aguas termales de Chimur y Chaquella cumplieron con los estándares de calidad microbiológica, ambas fuentes se consideran aptas para el uso recreativo y gracias a su composición fisicoquímica, poseen probables propiedades medicinales que respaldan su uso terapéutico tradicional.

**Palabras-clave:** Aguas termales, Fisicoquímico, Termomineral, Balneario.

## SUMMARY

The main objective of the research was to evaluate the microbiological and physicochemical characteristics, as well as to identify the probable medicinal properties, of the thermal waters of Chaquella (Espinar) and Chimur (Paucartambo).

A quantitative, non-experimental, descriptive, prospective, cross-sectional study was conducted. Water samples were analyzed to determine their microbiological characteristics (total coliforms, fecal coliforms, *E. coli*, *S. aureus*, *P. aeruginosa*, *Salmonella* spp., *Shigella*, fungi, and yeasts), and physicochemical composition (including color, odor, turbidity, nitrates, sulfates, chlorides, carbonates, phosphates, sodium, potassium, iron, lead, cadmium, and mercury). Microbiological and physicochemical analyses were carried out in accordance with current regulations (Supreme Decree MINAN No. 004-2017-SA). Information regarding probable medicinal properties was systematized based on previous studies and current regulations. Additionally, a survey was conducted among users regarding the use of the thermal baths (1).

The Chimur thermal spring is classified as hyperthermal and bicarbonate water. It may promote blood circulation. The Chaquella thermal spring is classified as thermomineral bicarbonate, chloride, and sulfate water. These characteristics confer probable anti-inflammatory and dermatological properties. Regarding users, they reported using the thermal baths mainly for rheumatic problems.

In conclusion, the thermal waters of Chimur and Chaquella met microbiological quality standards. Both springs are considered suitable for recreational use and, due to their physicochemical composition, possess probable medicinal properties that support their traditional therapeutic use.

**Keywords:** Thermal waters, Physical chemistry Thermomineral, Spa.

## ÍNDICE

RESUMEN .....	4
INTRODUCCIÓN .....	15
CAPÍTULO I .....	17
GENERALIDADES .....	17
1.1 Planteamiento del problema .....	17
1.1.1 Formulación del problema .....	18
1.2 Objetivos del estudio.....	18
1.1.2 Objetivo general .....	18
1.2.2 Objetivos específicos .....	19
1.3 Justificación de la investigación .....	19
1.3.1 Justificación teórica.....	19
1.3.2 Justificación práctica.....	20
1.3.3 Justificación social .....	20
1.4 Hipótesis .....	21
CAPÍTULO II .....	22
MARCO TEÓRICO – MARCO CONCEPTUAL.....	22
2.1 Antecedentes del estudio.....	22
2.1.1 Antecedentes internacionales.....	22
2.1.2 Antecedentes nacionales.....	25
2.1.3 Antecedentes locales.....	28
2.2 Estado de arte.....	33
2.3 Visión histórica.....	34
2.4 Bases teóricas científicas .....	35
2.4.1 Agua.....	35
2.4.2 Las aguas minerales.....	35
2.4.3 Aguas termales .....	36
2.4.4 Temperatura .....	39
2.4.5 Las aguas mineromedicinales .....	40
2.4.6 Clasificación de aguas termales según su temperatura y composición química....	42
2.4.7 Técnicas de aplicación de aguas termales .....	44
2.4.8 Acciones derivadas de la temperatura.....	45
2.4.9 Acciones terapéuticas de las aguas mineromedicinales y sus derivados, conforme al profesor Roques.....	46
2.4.10 Toxicidad de las aguas termales .....	47
2.5 Hidrología médica .....	48
2.6 Crisis termal .....	49
2.6.1 Propiedades medicinales de las aguas mineromedicinales .....	50

2.6.2	Aguas termales en el Perú.....	58
2.6.3	Aguas termales en la región Cusco.....	60
2.7	Provincia de Espinar.....	60
2.7.1	Ubicación geográfica de la provincia de Espinar.....	61
2.8	Provincia de Pallpata.....	62
2.9	Aguas termales de Chaquella.....	64
2.10	Aguas termales de Chimur.....	65
2.11	Marco normativo.....	67
2.11.1	Marco Normativo Internacional.....	67
2.11.2	Marco Normativo Nacional.....	68
2.11.3	Contaminación de aguas termales.....	70
2.11.4	Métodos estándares.....	72
2.12	Definición de términos básicos.....	75
CAPÍTULO III.....		78
MATERIALES Y METODOLOGÍA.....		78
3.1	Materiales.....	78
3.1.1	Materiales para el análisis fisicoquímico.....	78
3.1.2	Materiales para el análisis microbiológico.....	79
3.2	Metodología de la investigación.....	79
3.2.1	Enfoque de la investigación.....	79
3.2.2	Diseño de investigación.....	79
3.2.3	Tipo de investigación.....	80
3.3	Ubicación, tiempo y espacio.....	80
3.3.1	Ubicación de las fuentes termal.....	80
3.3.2	Tiempo de estudio.....	81
3.3.3	Lugar de análisis.....	81
3.4	Población y muestra.....	81
3.4.1	Delimitación de la investigación.....	81
3.4.2	Muestra.....	81
3.4.3	Criterios de inclusión y exclusión de la muestra.....	84
3.5	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	84
3.6	Técnicas de procesamiento de datos y análisis estadístico.....	87
3.7	Identificación y Operacionalización de variables.....	88
3.7.1	Definición de las variables implicadas.....	88
3.7.2	Propiedades medicinales.....	89
3.7.3	Descripción de las prácticas de los usuarios (variable no implicada en la investigación).....	89
3.7.4	Identificación de variables:.....	90

3.7.5	Variable no implicada en la investigación .....	99
3.8	Métodos para la determinación para el análisis fisicoquímico .....	101
3.8.1	Para el análisis de cationes .....	101
3.8.2	Para el análisis de aniones .....	101
3.9	Métodos para la determinación para el análisis microbiológico .....	103
3.10	Procedimiento para el análisis fisicoquímicos y microbiológico : .....	103
3.10.1	Análisis fisicoquímico de las aguas termales .....	103
3.10.2	Análisis microbiológico de las aguas termales .....	113
CAPÍTULO IV .....		119
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....		119
4.1	Análisis de los parámetros fisicoquímicos. ....	119
4.1.1	Color: .....	119
4.1.2	Olor: .....	120
4.1.3	Sabor: .....	120
4.1.4	Temperatura: .....	120
4.1.5	pH: .....	121
4.1.6	Turbidez: .....	122
4.1.7	Conductividad: .....	123
4.2	Análisis de aniones de las aguas termales de estudio .....	124
4.2.1	Dureza total: .....	124
4.2.2	Bicarbonatos y carbonatos: .....	124
4.2.3	Cloruros: .....	125
4.2.4	Nitratos: .....	126
4.2.5	Fosfatos: .....	127
4.3	Cationes de Agua termal de Chimur y Chaquilla .....	129
4.3.1	Sodio: .....	129
4.3.2	Potasio: .....	129
4.3.3	Hierro: .....	130
4.3.4	Cadmio, plomo, cromo y mercurio: .....	130
4.4	Resumen de los resultados estadísticos del análisis fisicoquímico de las aguas termales .....	132
4.5	Clasificación según análisis físicoquímico de las aguas termales. ....	132
4.6	Propiedades medicinales de las aguas termales en estudio .....	135
4.7	Análisis microbiológico de las aguas termales en estudio .....	136
4.7.1	<i>Coliformes totales</i> .....	136
4.7.2	<i>Coliformes fecales</i> .....	137
4.7.3	<i>Staphylococcus aureus</i> .....	138
4.7.4	<i>Escherichia coli</i> .....	138

4.7.5	<i>Pseudomona aeruginosa</i> .....	139
4.7.6	<i>Salmonella spp</i> y <i>Shiguella</i> .....	140
4.7.7	Hongos y levaduras .....	141
4.8	Análisis de la descripción de prácticas de los usuarios de las aguas termales en estudio.....	142
CONCLUSIONES.....		149
RECOMENDACIONES .....		150
BIBLIOGRAFÍA .....		152
ANEXOS .....		159

### ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1:	La temperatura en relación con la acción terapéutica.....	40
Tabla N° 2:	Clasificación de aguas termales.....	42
Tabla N° 3:	Clasificación de las propiedades terapéuticas de aguas mineromedicinales según los tipos de aguas mineromedicinales.....	50
Tabla N° 4:	Parámetros fisicoquímicos para aguas destinadas a la recreación según la autoridad nacional del agua. ....	69
Tabla N° 5:	Parámetro microbiológico para aguas destinadas a la recreación según la autoridad Nacional de agua. ....	70
Tabla N° 6:	Características demográficas de las aguas termales de Chaquella. ....	80
Tabla N° 7:	Características demográficas de las aguas termales de Chimur. ....	80
Tabla N° 8:	Muestreo para el análisis fisicoquímico y microbiológico.....	82
Tabla N° 9:	Población de las aguas termales de Chaquella y Chimur.....	84
Tabla N° 10:	Instrumentos de recolección de datos para los análisis fisicoquímicos y microbiológico. ....	85
Tabla N° 11:	Operacionalización de la variable I Características microbiológicas, fisicoquímicas y composición química. ....	90
Tabla N° 12:	Operacionalización de la variable II-Propiedades medicinales según a su composición química.....	96
Tabla N° 13:	Variable no implicada en la investigación (Prácticas utilizadas por los usuarios de las aguas termales).....	99
Tabla N° 14:	Métodos para análisis de cationes.....	101
Tabla N° 15:	Métodos para análisis de aniones.....	101
Tabla N° 16:	Métodos y análisis que se utilizan para la identificación de las propiedades fisicoquímicas.....	102
Tabla N° 17:	Métodos de determinación de análisis microbiológico.....	103

Tabla N° 18:Resultados de análisis fisicoquímico(organolépticos) realizadas in situ en las fuentes termales de estudio. ....	119
Tabla N° 19:Resultados de análisis fisicoquímico realizadas en el laboratorio QUIMICA LAB de las fuentes termales en estudio.....	124
Tabla N° 20:Resultados de análisis fisicoquímico de los cationes de las fuentes termales en estudio.....	129
Tabla N° 21:Resumen de los resultados hallados en el laboratorio de QUIMICA LAB. ....	132
Tabla N° 22:Resultados de la clasificación de agua termal de Chimur.....	133
Tabla N° 23:Resultados de la clasificación de agua termal de Chaquella. ....	134
Tabla N° 24:Resultados de las propiedades medicinales de las aguas termales de Chimur y Chaquella .....	135
Tabla N° 25: <i>Coliformes totales</i> de las aguas termales de Chaquella y Chimur.....	136
Tabla N° 26: <i>Coliformes fecales</i> de las aguas termales de Chaquella y Chimur .....	137
Tabla N° 27: <i>Staphylococcus aureus</i> de las aguas termales de Chaquella y Chimur. ....	138
Tabla N° 28: <i>Escherichia coli</i> de las aguas termales de Chaquella y Chimur.....	139
Tabla N° 29: <i>Pseudomona aeruginosa</i> de las aguas termales de Chaquella y Chimur.....	140
Tabla N° 30: <i>Salmonella spp</i> y <i>Shiguelia</i> de las aguas termales de Chaquella y Chimur. ..	141
Tabla N° 31:Detección de hongos y levaduras de las aguas termales de Chaquella y Chimur. ....	142
Tabla N° 32:Edad de los usuarios de las aguas termales.....	143
Tabla N° 33:Resultados de la encuesta de sexo de los usuarios de las aguas termales ...	143
Tabla N° 34:Resultado de la ocupación de la encuesta de los usuarios de las aguas termales.....	144
Tabla N° 35:Resultados de la encuesta N°1, de los usuarios de las aguas termales en estudio. ....	145
Tabla N° 36:Resultados de la pregunta N°2, de los usuarios de las aguas termales en estudio. ....	145
Tabla N° 37:Resultado de la pregunta N°3 de los usuarios de las aguas termales de Chaquella y Chimur. ....	146
Tabla N° 38:Resultados de la pregunta N° 4, de los usuarios de las aguas termales en estudio. ....	146
Tabla N° 39:Resultados de la pregunta N°5, de las aguas termales en estudio.....	147
Tabla N° 40:Resultados de la pregunta N°6 de las aguas termales en estudio.....	147

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Origen meteórico de las aguas termales. ....	37
Figura N° 2 :Origen juvenil de las aguas termales. ....	38
Figura N° 3:Origen mixto Víctor Vargas Rodríguez. Instituto geológico minero y metalúrgico. .....	38
Figura N° 4: Mapa de las aguas termales y minerales en el oriente central del Perú.....	58
Figura N° 5: Fuentes termales en Perú 2012.....	59
Figura N° 6: Mapa de las Provincias de Espinar.....	62
Figura N° 7: Mapa distrital de Pallpata y sus comunidades. ....	63
Figura N° 8: Fotografía de la fuente termal de Chaquella de Ccoñec.....	64
Figura N° 10: Fotografía de aguas termales de Chaquella. ....	65
Figura N° 11: Manantial de Agua de los baños termales de Chimur que se encuentra en la montaña adyacente a estos baños termales.....	66
Figura N° 12: Baños termales de Chimur.....	66
Figura N° 13: Determinación de <i>coliformes</i> por el método más probable.....	114
Figura N° 14:Determinación de <i>pseudomona aeruginosa</i> .....	115
Figura N° 15:Determinación de <i>Staphylococcus aureus</i> .....	116
Figura N° 16:Determinación de <i>Salmonella</i> y <i>Shigella</i> .....	117
Figura N° 17:Determinación de mohos y levaduras.....	118

## ÍNDICE DE FLUJOGRAMAS

Flujograma N° : 1 Determinación de color .....	104
Flujograma N° : 2 Determinación de los depósitos .....	105
Flujograma N° : 3 Determinación de la alcalinidad .....	106
Flujograma N° : 4 Determinación de la dureza total y dureza cálcica .....	107
Flujograma N° : 5 Determinación de los metales litio, sodio y potasio.....	108
Flujograma N° : 6 Determinación de los metales cadmio, plomo y mercurio. ....	109
Flujograma N° : 7 Determinación de metal zinc .....	110
Flujograma N° : 8 Determinación de fluoruros , nitratos y fosfatos .....	111
Flujograma N° : 9 Determinación de Cloruros y bromuros .....	112
Flujograma N° : 10 Determinación de sulfatos.....	112
Flujograma N° : 11 Determinación de dióxido de carbono libre .....	113



## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 1 :Resultado de la medición de temperatura de las fuentes termales estudiadas. ....	121
Gráfico N° 2: Resultados de parámetro de pH de las aguas termales en estudio. ....	122
Gráfico N° 3: Resultados del ion cloruro de aguas termales en estudio ....	126
Gráfico N° 4 :Resultados de nitratos de las aguas termales en estudio. ....	127
Gráfico N° 5: Resultados de los fosfatos de las aguas termales en estudio. ....	128
Gráfico N° 6: Resultados de cationes de las aguas termales de Chaquella. ....	130
Gráfico N° 7 :Resultados de los cationes del agua termal de Chimur. ....	131

## ANEXOS

Anexo N°: 1 Formato para la determinación de datos para el análisis fisicoquímico.....	159
Anexo N°: 2 Formato para la relación de datos obtenidos de los análisis microbiológicos de las fuentes termales. ....	161
Anexo N°: 3 Fotografías de la determinación de los análisis microbiológicos de las aguas termales de Chaquella y Chimur. ....	164
Anexo N°:4 Fotografías del procedimiento de la determinación de los análisis microbiológicos de las aguas termales de Chaquella y Chimur.....	167
Anexo N°: 5 Fotografías de las aguas termales de Chaquella-Chimur. ....	170
Anexo N°: 6 Fotografías de las aguas termales de Chimur-Paucartambo.....	173
Anexo N°: 7 Decreto Supremo MINAN N°004-2017. ....	175
Anexo N°: 8 Decreto supremo MINAN N° 015-2015.....	176
Anexo N°: 9 Matriz de Consistencia de la investigación. ....	177
Anexo N°: 10 Formato de encuesta para a calificación de uso de aguas mineromedicinales de Chaquella y Chimur.....	179
Anexo N°: 11 Consentimiento informado para el cuestionario de la investigación. ....	180
Anexo N°: 12 Ficha de calificación para la validación del instrumento de investigación por juicio de expertos.....	182
Anexo N°: 13 Informe de los resultados de análisis fisicoquímicos de las aguas termales de Chaquella y Chimur.....	185
Anexo N°: 14 Solicitud para el ingreso de las aguas termales de Chimur-Paucartambo. ...	187
Anexo N°: 15 Solicitud para el ingreso de las aguas termales de Chaquella-Espinar. ....	188

## ABREVIATURAS

ANOVA	: Análisis de varianza.ANA : Autoridad Nacional del Agua.
AETS	: Agencia De Evaluación De Tecnologías Sanitarias.
AOAC	: Asociación de Químicos Analíticos Oficiales.
AWWA	: Asociación Americana de Obras Hidráulica.
APHA	: Asociación Americana de Salud Pública.
BHI medio	: Caldo cerebro- corazón.
°C	: Grados centígrados.
DIGESA	: Dirección General de Salud.
DBO	: Demanda bioquímica de oxígeno.
D.S	: Decreto Supremo.
EC caldo	: Caldo <i>Escherichia coli</i> .
EPA	: Agencia de Protección Ambiental.
EM1	: Estación de muestreo de buzón 1(Piscinas termales).
EM2	: Estación de muestreo del buzón 2(Pozos antiguos).
EMB agar	: Agar con Eosina y Azul de metileno.
gr/L	: Gramos por Litro.
HCl	: Ácido Clorhídrico.
ICA	: Índice de calidad del agua.
ICSPS	: Índice de calificación sanitaria de las piscinas.
INGEMMET	: Instituto Geológico Minero Metalúrgico.
Kg	: Kilogramo.
LIA	: Lisina Hierro Agar.
MINSA	: Ministerio de Salud.
MINAN	: Ministerio de Ambiente.
MINCETUR	: Ministerio de comercio Exterior y Turismo.
mg/L	: Miligramos por litro.
mm	: Milímetros.
mV	: Metros por segundo.
mL	: Mililitros.
NSF	: Fundación Nacional de Sanidad.
NMP	: Número más Probable.
NCA	: Norma de calidad Ambiental.
MIO caldo	: Movilidad Indol Ornitina.

OGY agar	: Base de Agar Glucosa Oxitetraciclina.
OD	: Oxígeno disuelto.
OMS	: Organización Mundial de Salud.
Ppm	: Partes por Millón.
pH	: Potencial de Hidrogeniones.
QUIMICALAB	: Laboratorio de ciencias naturales de Aguas Suelos Minerales y medio Ambiente.
SIM agar	: Agar Sulfuro Indol Motilidad.
S-S agar	: Agar Salmonella- Shiguella.
SMEWW	: Métodos Estándar para el Examen de Aguas y Aguas Residuales.
SPPS	: Producto de Estadística y Solución de Servicio.
UFC	: Unidades Formadoras de Colonia.
UC	: Unidad de Color.
UE	: Unión Europea.
UNT	: Unidad Nefelométrica de Turbidez.
WPCF	: Federación para el Control de la Contaminación del Agua.
WEF	: Federación del Medio Ambiente del Agua.

## INTRODUCCIÓN

A través de la historia, las aguas mineromedicinales han fascinado y obtenido reconocimiento por sus potenciales propiedades medicinales y terapéuticas.

La primera mención en español acerca de las aguas mineromedicinales data de 1697 y proviene del catedrático de la Universidad de Alcalá de Henares, Limón Montero. En su obra, introduce la definición de "agua mineromedicinal" (2). Por otro lado, en España, según el Dr. Manuel Armijo, profesor de la Universidad Complutense de Madrid, las aguas mineromedicinales se refieren a aquellas que provienen de una fuente y pueden ser utilizadas sin necesidad de someterlas a tratamientos adicionales para su uso terapéutico, reconocidas por las autoridades de salud nacionales como auténticos medicamentos. En Europa, varios países han desarrollado una próspera industria de la salud que aprovecha las propiedades terapéuticas de sus aguas minerales. Países como Alemania, España, Francia y Portugal utilizan estas aguas ricas en minerales para abordar una variedad de problemas de salud, desde la artritis reumatoide hasta trastornos de la piel, la circulación y el aparato digestivo, entre otros. Este enfoque se basa en la composición química única de estas aguas, lo que ha atraído a miles de personas anualmente en busca de alivio y bienestar(3).

En el departamento de Cusco las aguas termales de Chaquella y Chimur están situadas en las provincias de Espinar y Paucartambo, respectivamente, han sido elegidas zonas de estudio debido a su notable ubicación geotérmica. Esto sugiere que sus aguas probablemente posean características únicas. Sin embargo, aún se tiene que investigar la confirmación científica de tales propiedades. La elevada concentración de minerales y oligoelementos en estas aguas termales podría influir de manera favorable en la salud humana. A pesar de ello, es necesario seguir investigando para determinar plenamente sus posibles beneficios(4).

Este estudio se fundamentó en una revisión completa de la información existente sobre las aguas termales en cuestión. Consideró investigaciones que analicen la composición química de aguas termales similares, así como estudios médicos que respalden o cuestionen las afirmaciones acerca de las propiedades curativas de estas aguas. La evaluación de las características fisicoquímicas de las aguas termales, como el pH, la temperatura, la concentración de minerales y el contenido en metales son esenciales para determinar su calidad y su probable potencial terapéutico.

conocer las propiedades terapéuticas de las aguas termales es fundamental para fomentar el desarrollo de terapias complementarias en el tratamiento de enfermedades y

mejorar de la calidad de vida, por tanto este estudio tiene como objetivo proporcionar información respaldada por la literatura científica, a fin de comprender en profundidad las características fisicoquímicas y las probables propiedades medicinales de las aguas termales de Chaquella y Chimur lo cual será una contribución valiosa al ámbito científico.

# CAPÍTULO I

## GENERALIDADES

### 1.1 Planteamiento del problema

Las aguas termales emergen del subsuelo terrestre, siendo consideradas como tales cuando su temperatura supera los 20 °C o es 5 o 6 °C superior a la temperatura ambiente de la zona donde se encuentran. En el contexto mundial, en los años recientes, el uso de las propiedades de las aguas mineromedicinales se remonta a la época romana, cuando se utilizaban los baños termales para curar diversas enfermedades. Hoy en día, la terapia termal se ha convertido en una práctica común en muchos países europeos. Aunque existen numerosas pruebas anecdóticas que apoyan su eficacia, aún persiste una importante escasez de pruebas científicas sólidas. En Europa Central y oriental, existe un gran interés por la balneoterapia(5). Este método terapéutico se practica desde el siglo XVIII, y se desarrolló aún más durante el siglo XIX y principios del XX. Europa tiene muchas fuentes de agua mineral y termal, lo que hizo de la hidroterapia un método terapéutico muy popular generara mucha literatura científica, incluidos estudios clínicos y análisis químicos del agua para identificar los elementos responsables de los efectos terapéuticos. En Galicia, la hidrología fue el campo médico que produjo más publicaciones en el siglo XIX, la mayoría de los libros de texto médicos incluían secciones detalladas sobre el tratamiento con aguas minerales(6).

El uso del agua mineromedicinal es conocido como hidroterapia que se ha expandido de forma destacada a nivel internacional en los últimos años, especialmente en China y Japón. Europa, por su parte, abarca aproximadamente un tercio de la industria, donde España se ubica alrededor de la décima posición. Desde mediados del siglo XX, la gran parte de los países europeos, a excepción de España, Irlanda, Reino Unido, han incorporado la balneoterapia integrando estos establecimientos termales en sus respectivos programas nacionales de atención médica (6).

A nivel nacional el Ministerio de Comercio Exterior y Turismo ha informado que el país cuenta con más de 500 fuentes termales, de las cuales 242 tienen potencial para ser desarrollados y utilizados con fines turísticos. Cajamarca encabeza la lista con 30 fuentes termales, seguido de Cusco con 26 fuentes termales y Ancash y Lima con 25 cada una. Arequipa tiene 20 fuentes termales, mientras que Huancavelica y Junín tienen 14 cada una. Puno y Moquegua tienen 13 cada una, seguidas de Pasco con 12 y Tarma con 11. San Martín, La Libertad y Amazonas tienen 7 cada una. Huánuco y Apurímac tienen 6 cada uno, mientras que Tumbes tiene 5 y Ayacucho sólo una fuente termal(7).

Sin embargo, a pesar de la gran variedad de fuentes termales que se encuentran en la ciudad de Cusco, no todas han sido analizadas a fondo, lo que puede suponer riesgos para

los usuarios recreativos. Las propiedades terapéuticas del agua pueden ayudar a sanar diversas dolencias, mientras que sumergirse en piscinas facilita la relajación y el bienestar general (7).

Las aguas termales de Chaquella y Chimur no cuentan con información actualizada sobre sus posibles propiedades medicinales, ni sobre sus características fisicoquímicas y microbiológicas(8). Investigar estas dos fuentes termales es fundamental, ya que podría contribuir a fomentar el turismo y facilitar la promoción de los baños termales entre los visitantes (9).

El control microbiológico y fisicoquímico en aguas termales es crucial, dado que estas pueden contener microorganismos patógenos. De igual forma las características fisicoquímicas como las altas temperaturas de estas aguas, representan un riesgo para la salud de los visitantes. Aunque las aguas termales se perciben como limpias y naturales, pueden tener exposición a estos agentes infecciosos y posteriormente desencadenar diversos problemas de salud, como infecciones gastrointestinales, cutáneas o respiratorias (10).

Dado el potencial turístico de las zonas, es esencial contar con información actualizada para impulsar el desarrollo económico y sanitario. Sin embargo, las municipalidades de Espinar y Paucartambo carecen de datos sobre las propiedades medicinales. Por lo tanto, se desconoce si el agua que se usa con fines recreativos contiene toxinas, productos químicos y/o bacterias que podrían comprometer la salud de las personas(4). La descripción de las posibles propiedades medicinales será evaluada con nuestros antecedentes y según el DS N°004-2017 MINAN. En base a todo lo expuesto esta investigación nos permitirá mantener información actualizada y veraz sobre sus probables propiedades, características fisicoquímicas y microbiológicas (11).

### **1.1.1 Formulación del problema**

¿Los controles microbiológico y fisicoquímico cumplirán con lo establecido en el DS N°004-2017 MINAN y cuáles serán las probables propiedades medicinales de las aguas termales de Chaquella -Espinar y Chimur -Paucartambo 2024?

## **1.2 Objetivos del estudio**

### **1.1.2 Objetivo general**

Evaluar las características microbiológicas, fisicoquímicas, e identificar las probables propiedades medicinales de las aguas termales de Chaquella-Espinar y Chimur-Paucartambo 2024.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

1. Determinar las características fisicoquímicas de las aguas termales de Chaquella-Espinar y Chimur-Paucartambo 2024 según el DS N°004-2017 MINAN.
2. Determinar las características microbiológicas de las aguas termales de Chaquella-Espinar y Chimur-Paucartambo 2024 DS N°004-2017 MINAN.
3. Determinar las probables propiedades medicinales a partir de la composición química de las aguas termales de Chaquella-Espinar y Chimur-Paucartambo 2024.
4. Conocer las prácticas utilizadas por los usuarios de las aguas termales de Chaquella-Espinar y Chimur-Paucartambo 2024.

## **1.3 Justificación de la investigación**

### **1.3.1 Justificación teórica**

Este trabajo de investigación proporcionará una nueva fuente de información que enriquecerá el conocimiento científico sobre las probables propiedades terapéuticas de las aguas termales y brindará una perspectiva específica sobre las aguas termales en estudio. Las aguas termales poseen diversas composiciones y características físicas, cada una con sus propias cualidades y beneficios terapéuticos(12).

Las aguas termales, gracias a su riqueza en minerales y alta temperatura, ofrecen diversos beneficios terapéuticos. Las aguas cloruradas mejoran la piel, la circulación y los sistemas respiratorio y ginecológico. Las aguas sulfatadas descongestionan y estimulan la digestión. Las aguas bicarbonatadas favorecen el sistema digestivo y hepático. Las aguas carbogaseosas ayudan en la digestión y en problemas circulatorios. Las sulfuradas son antiinflamatorias y antialérgicas, útiles para afecciones cutáneas y respiratorias. Las aguas con oligominerales tienen efectos diuréticos y purgantes, siendo útiles para trastornos urinarios y excretores. En conjunto, estas aguas contribuyen significativamente a la mejora de la salud (14-17).

El uso de aguas termales tiene gran importancia turística, económica, cultural, social y sanitaria. Por ello, es esencial evaluar su calidad microbiológica y fisicoquímica desde una perspectiva ambiental y sanitaria. La afluencia constante de personas modifica sus propiedades naturales, lo que puede generar contaminación y afectar la calidad del recurso a largo plazo (13) (14).

Actualmente en otros países como España y Europa, el uso de aguas termales se usa como terapia complementaria tradicional para tratar enfermedades crónicas, patologías musculoesqueléticas y enfermedades respiratorias, también se utilizan para prevenir diversas enfermedades comunes y para la recuperación tras procesos agudos y de rehabilitación (6). Actualmente la balneoterapia sigue siendo un tratamiento médico prescrito y supervisado por



profesionales de la Salud, con respaldo de sociedades científicas especializados en hidrología médica, así como también centros e institutos universitarios dedicados a la investigación. Estas entidades han brindado un contexto educativo y científico a la balneoterapia, definiendo los mecanismos de acción y las indicaciones terapéuticas (6).

El uso terapéutico de las aguas mineromedicinales ha ganado relevancia en la terapia farmacológica por su eficacia y la baja incidencia de efectos secundarios (12).

### ***1.3.2 Justificación práctica***

La finalidad principal de este estudio es beneficiar a todas aquellas personas que utilizan las aguas termales, ya que la información obtenida será de gran importancia para diversas entidades y futuros investigadores en el campo del termalismo y la salud. El Perú es un país abundante en manantiales termales que podrían utilizarse como remedio complementario para diversas enfermedades debido a los minerales presentes en las aguas termales. En el futuro, el uso de las aguas termales se podría integrar como una terapia complementaria, bajo la supervisión de médicos. Contribuirá con investigaciones científicas de hidrología médica, junto a los centros e institutos universitarios de investigación, que proporcionado un marco para la educación y la comprensión científica de las propiedades medicinales de estas aguas termales en estudio (7).

De esta manera no solo se promoverá el interés y avance de la investigación en esta área, sino que también permitirá valorar y promocionar adecuadamente estos recursos naturales de forma responsable y sostenible, beneficiando a las generaciones actuales como a las futuras.

### ***1.3.3 Justificación social***

Esta investigación se centra en la importancia de identificar y comprender las probables propiedades medicinales de las aguas termales según su composición fisicoquímica, y así aprovechar sus beneficios terapéuticos para contribuir en el tratamiento de diversas enfermedades. Esto puede mejorar la salud tanto de las personas locales como de visitantes de otras regiones que acudan a estos baños. Al utilizar sus propiedades terapéuticas, estas aguas tienen el potencial de elevar la calidad de vida y ofrecer una opción de tratamiento efectiva. Promover su uso puede generar significativos beneficios, por lo que puede ser una herramienta terapéutica para mejorar la salud de la población (14).

Asimismo, se considera relevante profundizar en este estudio para preservar y promover el uso sostenible de recursos naturales como las aguas termales en el Perú con potencial terapéutico y de esta manera fomentar el turismo saludable.

#### **1.4 Hipótesis**

Las aguas termales de Chaquella y Chimur presentan probables propiedades medicinales según su composición fisicoquímica y cumplen con los estándares microbiológicos y fisicoquímicos para aguas superficiales destinadas para recreación de decreto supremo N°004-2017 MINAN.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO – MARCO CONCEPTUAL

#### 2.1 Antecedentes del estudio

##### 2.1.1 Antecedentes internacionales

**Astudillo Tapia P. Calidad fisicoquímica y microbiológica del agua termal del balneario La Merced Pichincha. Trabajo de titulación, Ecuador, 2022.**

El estudio del agua termal del balneario la Merced, ubicado en Quito, provincia de Pichincha, ha permitido determinar las características fisicoquímicas y microbiológicas del agua termal, lo cual es muy importante para poder asegurar la calidad sanitaria de estas aguas, ya que en este balneario acuden muchas personas de forma recreativa y con diferentes tipos de patologías buscando un alivio o cura para las mismas. Para lo cual se recolectaron un total de 6 muestras, 3 procedentes del pozo donde se toma el agua para la piscina termal, y 3 muestras de la piscina termal. Los parámetros fisicoquímicos se analizaron “in situ” a través de un medidor multiparámetro portátil y los análisis microbiológicos se realizaron por el método de siembra por filtración de membrana, utilizando diferentes tipos de medios de cultivos para identificar los grupos bacterianos heterótrofos, *Pseudomonas* y coliformes totales y fecales. Los resultados obtenidos de los análisis fisicoquímicos indican una temperatura promedio de 35,3 °C caracterizándose como una fuente termal, conductividad eléctrica promedio de 1079 uS/cm y salinidad promedio de 0,5 ppm por lo que indica una mineralización excesiva, el oxígeno disuelto promedio de 4,6 mg/l, pH promedio de 7 y sólidos totales promedio de 716 mg/l. En base a los análisis microbiológicos se detectaron bacterias heterótrofas promedio de 292 UFC/mL, *Pseudomonas* promedio de  $8,6 \times 10^3$  UFC/mL y coliformes totales y fecales promedio de  $7,91 \times 10^2$  UFC/mL. Al existir una gran cantidad de contaminación microbiológica y diversa, provocará que a futuro las personas que usan este balneario tengan problemas a la salud y no llegue a ser efectivo su manera de uso terapéutico (15).

**Eduardo Villades J. Aguas mineromedicinales en la Rioja: composición propiedades e historia de su uso en balnearios. Tesis doctoral, España ,2021.**

El objetivo principal de esta tesis ha sido el estudio de las aguas mineromedicinales de La Rioja, desde el punto de vista hidrogeológico e hidro químico. Completa este estudio el análisis de la evolución histórica de los manantiales y balnearios riojanos, partiendo de la historiografía antecedente sobre esta materia, y del uso de sus aguas y tratamientos empleados, valorándose la evolución médica contrastada de las enfermedades y dolencias con el paso

del tiempo. Asimismo, se analiza el origen y avances de los equipos médicos a cargo de los balnearios, según la tradición y las normativas oficiales. Finalmente, en la tesis se revisa tanto la conveniencia como las contraindicaciones de los tratamientos hidro medicinales (16).

**Dudik N, Erceg y, Sáez G, Soria E, Herman C, Núñez M. Evaluación del agua mineromedicinal de Presidencia Roque Sáenz Peña, provincia del Chaco, Argentina, Artículo, 2021.**

Introducción: el agua mineromedicinal estudiada procede del Complejo Termal de Presidencia Roque Sáenz Peña, provincia del Chaco, ubicado en el nordeste de Argentina. Las aguas de los acuíferos terciarios del norte argentino presentan un marcado gradiente de salinidad desde el sector oeste (subgrupo Jujuy) hasta el sector este (formación Chaco). Los acuíferos son procesos dinámicos y, en consecuencia, la composición del agua subterránea natural debe contemplarse con la perspectiva de su posible variación espaciotemporal. Objetivos: analizar y comparar la composición química y la calidad microbiológica del agua de las termas de la ciudad de Sáenz Peña en el período 2016-2018 y evaluar sus principales características fisicoquímicas que definen sus potenciales aplicaciones terapéuticas. Resultados: el agua termal por su temperatura se clasifica como agua hipo termal, con pH cercano a la neutralidad, conductividad elevada mostrando su relación directa con la alta salinidad. Por su porcentual equivalente se define como agua clorurada, con alto contenido del anión sulfato y los cationes sodio, potasio, calcio y magnesio. De acuerdo con la composición mayoritaria de cloruros, el uso terapéutico vía tópica sería recomendado para afecciones óseas y musculares, así como problemas dermatológicos y circulatorios (17).

**Hernández A. y colaboradores en su artículo de investigación titulado “Pelo terapia capilar. Técnicas médico-hidrológicas coadyuvantes con aguas mineromedicinales sulfuradas en microcirugía capilar y alopecia”. España, 2017**

En un grupo de 15 pacientes fueron tratados con Aguas Mineromedicinales Sulfuradas (AMmS) y peloides macerados en ellas antes y después de someterse a una microcirugía capilar. Siguió los protocolos y realizaron un seguimiento diario de los resultados. Concluyendo que el peloide y las AMmS tienen un efecto antioxidante al transferir un protón ( $H^+$ ) del sulfuro de hidrógeno a la molécula del radical hidroxilo ( $OH^\cdot$ ), lo que da como resultado una molécula estable ( $H_2O$ ). Esto reduce las molestias provocadas por la acción oxidante del estrés oxidativo y mejora considerablemente la cicatrización y la vascularización del cuero cabelludo.<sup>43 29</sup> Forestier R, et al. (2017)<sup>44</sup>, en su artículo de investigación “Current role for spa therapy in rheumatology. Joint Bone Spine”, realizaron una revisión sistemática bibliográfica de ensayos controlados aleatorizados y proponiendo que la balneoterapia merece ser incorporada al panorama terapéutico de la reumatología. Aunque persiste la

incertidumbre sobre si estos métodos son beneficiosos, las combinaciones de intervenciones realizadas en los spas europeos parecen capaces de mejorar una variedad de enfermedades reumáticas. Buenos ejemplos son el dolor lumbar crónico, la osteoartritis de las extremidades inferiores y la fibromialgia. Sin embargo, las enfermedades inflamatorias crónicas de las articulaciones deben distinguirse, en particular dada la depresión inmunitaria causada por las terapias biológicas recientemente introducidas. Estos productos biológicos han mejorado considerablemente el control de la enfermedad y, por lo tanto, la terapia de spa está indicada solo en pacientes altamente seleccionados que tienen secuelas pero que no tienen actividad actual de la enfermedad o que no son candidatos para ninguna de las nuevas clases de medicamentos (18).

**Cruz González A. Composición química de las aguas termales en el estado de México: Implicaciones para sus usos. Tesis de licenciatura, Mexico,2017.**

El objetivo principal de esta tesis fue clasificar las aguas termales presentes en diversas localidades del Estado de México, a partir de sus características fisicoquímicas, para poder identificar sus propiedades medicinales, con la finalidad de contribuir al desarrollo del turismo de salud termal y como una forma de medicina alternativa en la entidad mexicana.

El primer proceso metodológico consistió en ubicar los manantiales termales más representativos a estudiar, considerando los de mayor importancia económica y cultural, con base en lo cual se definió realizar esta actividad en los municipios de Ixtapan de la Sal, Tonatico, Ixtapan de Oro, Sultepec, Tejupilco, Apaxco y Temascalcingo.

Se programó un itinerario de muestreo, realizado por una brigada de estudiantes y profesores, durante el cual se tomaron muestras de agua en cada manantial para su análisis químico en laboratorio y medición In Situ de los parámetros fisicoquímicos con un equipo multiparamétrico Thermo Orion Star A329.

Seguido de esta actividad, se evaluaron los resultados analíticos emitidos por el Laboratorio de Calidad de Agua del CIRA, UAEM, y dL Laboratorio de Geoquímica del Centro de Geociencias de la UNAM, con los cuales se generó una base de datos en donde se presentaron de manera ordenada los resultados de las mediciones in situ y de las concentraciones de los aniones, cationes y elementos minoritarios, así como traza para cada manantial termal. Una vez elaborada la base de datos, se llevó a cabo la clasificación hidroquímica mediante los softwares DIAGRAMMES y AquaChem.

Los resultados permitieron definir tres grupos generales de agua; Clorurada Sódica, Sulfatada Cálcica y Bicarbonatada Sódica. Con base en esta clasificación y considerando los elementos químicos de interés terapéutico, finalmente, se definieron los usos terapéuticos para las aguas

en estudio, así como las indicaciones, efectos secundarios y las contradicciones de su uso con base en la literatura referente a los usos y propiedades medicinales de las aguas termales (19).

### **2.1.2 Antecedentes nacionales**

**Mestanza Vera, Ronald Cesar Junior. Contaminación fisicoquímica y bacteriológica de las aguas termales de Churin, Picoy y Collpa, Lima Perú. Tesis de pregrado, 2024.**

El uso de las aguas termales para uso recreativo, en su mayoría, son aguas subterráneas que brotan de un manantial, cuyos componentes minerales y temperaturas superiores a la media ambiental se dice que tienen propiedades terapéuticas como baños, inhalaciones, irrigaciones y calefacción; sin embargo, el uso inadecuado y excesivo de este tipo de aguas, pueden causar cambios fisicoquímicos y bacteriológicos de las misma, contaminándolo ambiental y sanitariamente a lo largo del tiempo. El objetivo principal de esta investigación fue evaluar la Contaminación Fisicoquímica y Bacteriológica de las aguas termales Churin, Picoy y Collpa, en los distritos de Pachangara (Prov. De Oyon), Santa Leonor (Prov. De Huaura) y Santa Cruz de Andamarca (Prov. De Huaral), respectivamente, departamento de Lima. La hipótesis principal fue que las aguas termales no cumplen con los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos de Calidad del Agua. Este estudio es de enfoque cuantitativo (deductivo) y de nivel descriptivo, no experimental (observacional), longitudinal y prospectivo (20).

**Cusi Calderón M, Arizapana Castillón, Determinación fisicoquímica y potenciales propiedades medicinales del agua termal de Yauli, Junín. Tesis de pregrado, 2023.**

Determina las características fisicoquímicas y las potenciales propiedades medicinales del agua de la fuente “El Trébol” de los “Baños termales de Yauli”. El análisis fisicoquímico se realizó mediante las técnicas recomendadas por la EPA y SMEWW. Se obtuvo como resultado que el agua en estudio presenta una temperatura de 37.2 °C, pH de 6.5, conductividad 5540  $\mu\text{S/cm}$ , turbidez 15 UNT, Alcalinidad 727 mg  $\text{CaCO}_3/\text{L}$ , Residuo seco a 110 °C igual a 3759.9 mg/L, Residuo seco a 180 °C igual a 3177.9mg/L, Dureza 1080 mg  $\text{CaCO}_3/\text{L}$ , una composición química predominante de sulfato(1112.27 mg/L), cloruro (798.58 mg/L), bicarbonato (887.3 mg/L), sodio (810.27mg/L), calcio (362.29 mg/L) y con presencia de gases como el dióxido de carbono(460 mg/L). De los resultados se deduce que pueden ser clasificadas en base a su temperatura, mineralización y dureza como hipertermal (37.2 °C), de Mineralización fuerte (3759.9 mg/L) y Extremadamente dura (1080 mg  $\text{CaCO}_3/\text{L}$ ), respectivamente. También, por su composición química como Carbogaseosa sulfatada-clorurada-bicarbonatada-sódico-cálcica. Se concluyó que las aguas de la fuente “El Trébol” de los “Baños termales de Yauli”, según sus características fisicoquímicas y revisión bibliográfica, podría ofrecer potenciales

propiedades medicinales en afecciones del aparato locomotor, reumatológicas, dermatológicas, arteriales periféricas, de hipertensión arterial y en salud mental (21).

**García Villanueva, M, Huamán Chávez, L. Evaluación de la calidad bacteriológica y fisicoquímica de las aguas termales del balneario Pampalca, distrito de San Pedro de Coris. Tesis de pregrado, Huancavelica, 2023.**

En San Pedro de Coris, Huancavelica, se ubican las aguas termales del balneario de Pampalca para uso recreativo, en su mayoría, son aguas subterráneas que brotan de un manantial, cuyos componentes minerales y temperaturas superiores a la media ambiental se dice que tienen propiedades terapéuticas como baños, inhalaciones, irrigaciones y calefacción; sin embargo el uso inadecuado y excesivo de este tipo de aguas, pueden causar cambios fisicoquímicos y microbiológicos de las mismas, contaminándolo ambiental y sanitariamente a lo largo del tiempo. El objetivo principal de esta investigación fue evaluar la calidad bacteriológica y fisicoquímica de las aguas termales del balneario Pampalca, distrito de San Pedro de Coris, Huancavelica. La hipótesis principal fue que estas aguas no cumplen con los parámetros de calidad bacteriológica y fisicoquímica respectiva. Este estudio es de enfoque cuantitativo (deductivo) y de nivel descriptivo, no experimental (observacional), longitudinal y prospectivo. La metodología consistió en el muestreo y análisis de las aguas termales, tomando cuatro (04) puntos de monitoreo en las pozas o piscinas del balneario en dos periodos distintos. Los resultados indicaron que estas aguas termales del “balneario Pampalca” están clasificadas como aguas Hipotermiales con una media de 32.6 °C; asimismo se clasificó como aguas cloruradas y/o sulfatadas sódicas, según el Diagrama de Hill-Piper. Se determinó que el Índice de Calidad del Agua (ICA) tuvo un valor de 54.18 clasificándolo como calidad de agua buena y aceptable. Estas aguas estuvieron dentro de los Estándares de Calidad Ambiental para agua (ECA agua) de contacto primario, a excepción del oxígeno disuelto y níquel con valores medios de 2.92 y 0.039 mg/L, respectivamente. Según el Índice de Calificación Sanitaria de las Piscinas (ICSPS) lo clasificó como aguas regularmente saludables con un valor de 0.50. Por último, se categorizó como aguas sin contaminación, según la valoración del grado de contaminación microbiológica con un valor medio menor a 1.8 NMP/100mL para *coliformes fecales* y *coliformes totales*. Se concluyó que las aguas termales del “Balneario Pampalca”, distrito de San Pedro de Coris, Huancavelica cumplen con los parámetros de Calidad Bacteriológica y Fisicoquímica respectiva descartando la hipótesis nula y aceptando la hipótesis alternativa; es decir, estas aguas son aptas para el uso recreativo y terapéutico, sin embargo es importante que cumplan con el Plan de Calidad Ambiental y Sanitaria recomendado en esta investigación, el cual indica realizar monitoreos trimestrales de agua, adquirir los contenedores de residuos sólidos y capacitar al personal administrativo del Balneario (22).

**Galindo Mucha, Yumira Teodora, Riveros Belito, Mishel Smith. Análisis del nivel de contaminación por indicadores bacteriológicos en las aguas termales de la piscina Huapa en el distrito de Lircay, Huancavelica, Tesis de pregrado, 2022.**

La investigación se realizó en el distrito de Lircay, Huancavelica, con el objetivo de analizar la calidad de agua por indicadores bacteriológicos en las aguas termales de la piscina Huapa, se determinaron los niveles de contaminación de *coliformes totales*, *coliformes fecales* y *Escherichia coli*, la investigación fue descriptiva, se utilizó el método inductivo, microbiológico, no experimental de corte transversal, a través del monitoreo de las aguas termales en dos piscinas: de niños y adultos, en dos momentos (antes y después de uso) y dos muestreos en diferentes fechas analizando los parámetros microbiológicos respectivos, con base en los lineamientos de la guía técnica "Procedimiento de toma de muestra del agua de mar en playas de baño y recreación" R.M N° 553-2010/MINSA. El resultado del primer muestreo tanto para piscinas de niños y adultos los valores promedios fueron  $>1.1 \times 10^5$  (110000) NMP/100mL en coliformes totales y fecales, y *Escherichia coli* tuvo un valor de 0 UFC/mL. dichos valores fueron los mismos para el segundo muestreo, estos valores indican que en las piscinas de aguas termales de Huapa, los *coliformes totales* y *fecales* sobrepasan lo establecido por el Estándar de Calidad de agua (ECA), mientras tanto los valores de presencia de *Escherichia coli* está dentro de los parámetros establecidos (23).

**Llahuilla Quea J. Estudio del comportamiento químico del agua termal de San Antonio de Putina-Puno-Perú, durante las cuatro estaciones del año. Artículo ,2019.**

Las aguas termo minerales son usadas tradicionalmente por la población peruana para diversas enfermedades. Objetivo: Determinar y comparar los componentes químicos del agua termal de San Antonio de Putina-Puno durante las cuatro estaciones del año 2017. Materiales y métodos: diseño no experimental, realizado siguiendo las recomendaciones incluidas en el apartado 1060B de Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater en su 21 edición, Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists (AOAC) y Norma US (EPA). Se determinaron concentraciones de los metales por Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-MS) y los no metales por cromatografía iónica (EPA 300.1993 rev.2.1) se aplicó el ANOVA considerando el  $p < 0.05$  para la significancia. Resultados: Se analizaron 52 componentes químicos en cada estación del año, poseen un promedio de sodio 1604 mg/L, cloruro 1,829.83 mg/L sulfato 763.97 mg/L y potasio 74.92 mg/L: la concentración media en verano (85.23 mg/L), otoño (83.7 mg/dL), invierno (84.12mg/dL) y primavera (82.67 mg/L), no se encontraron diferencias significativas entre los valores de cada estación Conclusiones: los componentes químicos del agua termal de San Antonio de Putina-Puno tienen un promedio de las concentraciones más elevadas, sodio 1604



mg/L, cloruro 1,829.83 mg/L sulfato 763.97 mg/L y potasio 74.92 mg/L. y presentan la mayor concentración media en verano (85.23 mg/L) y la menor concentración media (82.67 mg/L) en primavera con tendencia de disminución durante las cuatro estaciones del año (24).

### **2.1.3 Antecedentes locales**

**Gutiérrez Supa, F. Estudio hidrogeológico de los baños termales de La Raya, distrito de Marangani, provincia de Canchis, Cusco, Tesis de pregrado, 2023.**

El presente trabajo de investigación del Estudio Hidrogeológico de los Baños termales, morfoestructuralmente se encuentra en el altiplano oriental limitado por el sistema de fallas Urcos, Sicuani, Ayaviri. Dentro del área de estudio se encuentran las unidades litoestratigráficas como: la Formación Ananea constituida principalmente por pizarras, la Formación Copacabana constituida por calizas, la Formación Pachatusan perteneciente al grupo Mitú, la formación Huancané, la Formación Vilquechico, la Formación chilca y la Formación Kayra; estas unidades litológicas tienen estructuras secundarias con dirección andina. El objetivo principal de esta tesis es identificar su origen, establecer sus características hidro geoquímicas, la clasificación fisicoquímica y el tipo de flujo de las aguas termales de la Raya, considerando que estas aguas son utilizadas como baños termales por los visitantes. El análisis de precipitación de las estaciones meteorológicas de Sicuani, Santa Rosa, La Raya y Pomacanchi próximas al área de estudio, ha permitido establecer una precipitación anual 1061.1 mm, una ETR 422.12 mm/año, una escorrentía de 498.64 mm/año y una infiltración de 140.24 mm/año. La evaluación de tomografías eléctricas y geología estructural evidencian la presencia de dos fallas de rumbo y son responsables de la surgencia de aguas termales, y clasificadas como cloruradas sódicas, aguas muy duras y acidas a partir de los análisis hidro geoquímicos. La presente tesis permitió determinar como un tipo de aguas termales de flujo regional, teniendo como origen la precipitación pluvial infiltrándose por medio de las fracturas y recargando los acuíferos y elevando la temperatura en profundidad y retornado al lugar donde estas afloran (25).

**Chacon Ormachea, Maria E. Caracterización geoenergética de las aguas termales de Ocobamba-Marangani-Canchis-Cusco, Maestría 2018.**

La presente investigación tuvo como propósito la caracterización geoenergética de las aguas termales de Ocobamba-Marangani-Canchis-Cusco (Zona 19L, 276529,00 Este, 8401372,00 Norte, 4060 msnm), km 1 147,3 de la carretera Sicuani-Puno, margen izquierda del río Vilcanota. Surge por un manantial principal y varios manantiales secundarios en un área aproximada de 600 m<sup>2</sup> en el Grupo Mitu. Se observan presencia de óxidos de hierro y en sus alrededores domos de paleosínter. Se han analizado las muestras de las aguas termales siguiendo los protocolos de las normas nacionales e internacionales: de la American Public

Health Association (APHA), OMS. Las aguas muestran presencia del catión Calcio  $\text{Ca}^{+2}$  entre 425 mg/L y 422,5 mg/L, Cloruros entre 1902 mg/L y 1725 mg/L Sulfatos 401 mg/L y 372,5 mg/L,  $\text{CaCO}_3$  entre 1230 mg/L y 1205 mg/L, sodio entre 1014,5 mg/L y 1017,5 mg/L que caracterizan estas aguas como Cloruradas-Sódicas-Cálcicas-Sulfatadas -Magnésicas, la misma que puede invertirse después de un largo periodo de permanencia. La conductividad del agua varía entre 0,7075S/m y 0,7232 S/m lo que determina una alta mineralización. De acuerdo con los elementos traza, muestran alto contenido de cloruros. En este contexto estas aguas se caracterizan como termo minerales. El gradiente geotérmico calculado, en primera aproximación, varía entre 0,064°C/m y 0,054°C/m. Según el geotermómetro de  $\text{SiO}_2$  podría interpretarse como aguas calientes profundas por acción del intrusivo que aflora en sus alrededores. Presenta pH neutro, las aguas en estudio se caracterizan como termales de baja entalpia y su uso podría ser destinado a usos directos del calor (calefacción, procesos industriales y usos en balneoterapia). La normativa vigente, D.S. N° 05-94-ITINCE, obliga a la actualización de las características de las aguas termales cada tres años (26).

**Tapia Peralta H. “Flujo de turistas nacionales y calidad de servicios en los baños termales de Chimor, Paucartambo - Cusco”. Tesis, 2017.**

La presente Tesis universitaria se ha desarrollado en el ámbito de los Baños Termales de Chimor del distrito de Challabamba la provincia de Paucartambo de la Región Cusco, cuyo objetivo general fue determinar el origen del flujo de turistas nacionales y la calidad de servicios en los baños termales de Chimor, Paucartambo – Cusco.

El tipo de investigación fue cuantitativo y de nivel descriptivo - analítico, la técnica de investigación fue la encuesta y el instrumento usado fue el cuestionario aplicado a la muestra que se determinó en un número de 140 turistas nacionales con un margen de confianza del 95.5% y un margen de error del 5%.

Se determinó que el 54% de turistas nacionales visitantes a los Baños Termales de Chimor, Paucartambo – Cusco provienen de la región Cusco, y el 46% proviene de regiones del sur del país como Puno, Apurímac y Arequipa entre otros.

Así mismo se obtuvo que la percepción de los turistas nacionales sobre la calidad de servicios en los Baños termales de Chimor, Paucartambo – Cusco es de 64% insatisfactorio.

Los motivos por los cuales los turistas nacionales visitan los Baños termales de Chimor, Paucartambo – Cusco son: por motivos de relax representado por el 46%, por motivos de vacaciones con un 43% y por motivos de salud con un 11% del total de turistas nacionales encuestados (27).

**Cuchuyrumi Porroa B, Charalla Cutipa, V. Características fisicoquímicas y bacteriológicas de aguas termales Ccaylla, Marcani, Uyurmiri y descripción de las prácticas de los usuarios de la provincia de Canchis del departamento de Cusco. Tesis de pregrado, 2016.**

El objetivo del presente trabajo de investigación fue analizar las características fisicoquímicas y bacteriológicas de las aguas termales de Ccaylla, Marcani y Uyurmiri de la provincia de Canchis del departamento de Cusco y describir las prácticas de los usuarios en el año 2015. El tipo de estudio de esta investigación es descriptivo, para lo cual se realizaron análisis fisicoquímicos, en un total de 39 determinaciones como son propiedades físicas y de agregación, metales, constituyentes inorgánicos no metálicos y gases libres. En el análisis bacteriológico, se realizaron 9 determinaciones como son recuento de mesófilos y esporas de *Clostridium*, número más probable de *coliformes* y *Enterococcus*, *detección de E. coli*, *S. aureus*, *P. aeruginosa* y *Salmonella – Shigella*. Para las determinaciones fisicoquímicas y bacteriológicas se usaron métodos estandarizados, entre ellos los de la APHA, AWWA, WPCF e ICMSF. Con los resultados de las características fisicoquímicas de las fuentes estudiadas, se clasificaron siendo, las aguas termales de Ccaylla: meso termal (21.6 °C), hipotónica (112.59 mmol Na<sup>+</sup> y Cl<sup>-</sup>), neutra (6.84 pH), mineralizada (4.5 g/L), componentes mayoritarios en el orden de: cloruro (2138 mg Cl<sup>-</sup>/L), bicarbonato (1703.2 mg HCO<sup>3-</sup>/L) y sodio (1202.0 mg Na<sup>+</sup>/L) y minoritarios: calcio (601.28 mg Ca<sup>2+</sup>/L), magnesio (158.59 mg Mg<sup>2+</sup>/L), litio (26.8 mg Li<sup>+</sup>/L) y fluoruro (3.4 mg F<sup>-</sup>/L); Marcani: Mesotermas (21.6 °C), hipotónica (138.3 mmol Na<sup>+</sup> y Cl<sup>-</sup>), neutra (6.92 pH), mineralizada (6.1 g/L), componentes mayoritarios: cloruro (2629.8 mg Cl<sup>-</sup>/L), sodio (1474.0 mg Na<sup>+</sup>/L), bicarbonato (1365.2 mg HCO<sup>3-</sup>/L) y minoritarios: calcio (560.16 mg Ca<sup>2+</sup>/L), magnesio (189.68 mg Mg<sup>2+</sup>/L), litio (24.6 mg Li<sup>+</sup>/L) y fluoruro (2.6 mg F<sup>-</sup>/L) y Uyurmiri: termal (37.4 °C), hipotónica (9.78 mmol Na<sup>+</sup> y Cl<sup>-</sup>), ligeramente ácida (6.76 pH), mineralizada (2.8 g/L), componentes mayoritarios: bicarbonato (1412.6 mg HCO<sup>3-</sup>/L), sulfato (629.4 mg SO<sup>4 2-</sup>/L), calcio (504.08 mg Ca<sup>2+</sup>/L) y minoritarios: litio (16.8 mg Li<sup>+</sup>/L), hierro (4.8 mg Fe<sup>2+</sup>/L) y fluoruro (2.4 mg F<sup>-</sup>/L). Los resultados del análisis bacteriológico, determinaron que ningún punto de origen donde emerge el agua, presentan bacterias que indiquen contaminación; lo contrario de los balnearios, donde se detectaron microorganismos como agentes de contaminación, se tuvieron recuentos por encima de los parámetros internacionales de la Norma Cubana y Decreto de España para aguas termominerales, los balnearios de Ccaylla con presencia de mesófilos, coliformes totales, coliformes VI fecales y *S. aureus*; los balnearios de Marcani con mesófilos, *Enterococcus*, *coliformes totales*, *coliformes fecales*, *E. coli* y en los balnearios de Uyurmiri *con mesófilos*, *coliformes totales*, *coliformes fecales*, *Enterococcus*, *E. coli*, *S. aureus* y *P. aeruginosa*. También se realizó un examen de hongos del tipo mohos y levaduras, donde los tres

balnearios, superaron los parámetros de las normas internacionales. Asimismo, se aplicaron encuestas a una población para Ccaylla (250 personas), Marcani (2103 personas) y Uyurmiri (318 personas) con el fin de identificar las prácticas que realizan. Resultando ser frecuentemente más utilizada, las aguas termales de Uyurmiri (60.1%: visita más de cuatro veces), terapéuticamente la más conocida fue Marcani (89.9%: digestiva-purgante), además que más del 90% no se asean antes de ingresar a los balnearios, igualmente para las aguas bebibles de Marcani más del 80% contaminan la fuente principal. En conclusión, de acuerdo con el perfil fisicoquímico ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{Li}^+$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{F}^-$ ) que se obtuvo, las tres fuentes de aguas termales cumplen con posibles propiedades terapéuticas tomando en cuenta la clasificación de la Norma Cubana y los criterios terapéuticos de España, Rusia y Bulgaria. En cuanto al análisis bacteriológico los tres balnearios termales se encuentran contaminados con bacterias patógenas, identificadas por la forma de utilización por parte de los usuarios (28).

**Centeno Terán R “Evaluación de la calidad de las aguas termales del balneario de Cocalmayo, distrito de Santa Teresa, la convención - Cusco”, Tesis de pregrado ,2016.**

El presente trabajo fue realizado en el balneario de aguas termales, “Cocalmayo”, ubicado en el distrito de Santa Teresa, provincia de La Convención, departamento de Cusco, durante el mes de mayo del año 2015, periodo que sirvió para evaluar diversos aspectos sobre la situación actual en que se encuentra el balneario que acoge bañistas locales, turistas nacionales y extranjeros, utilizando para ello métodos normados que permitieron evaluar la calidad sanitaria, tomando en cuenta la aplicación del Índice de Calificación Sanitaria de Piscinas (ICSPS) aprobado mediante directiva sanitaria N° 033 – MINSA/DIGESA – V 01. En lo referente a la calidad de aguas termales del complejo balneológico de Cocalmayo, se realizó el análisis bacteriológico en la fuente de origen así como en las piscinas de uso público en el mes de mayo del año 2015, dicho análisis fue realizado en el laboratorio de aguas y alimentos de la Escuela Profesional de Biología de la UNSAAC, sumándose a ello el análisis físico-químico así como el análisis de metales pesados (Hg, Cd, Mn) realizado en el laboratorio particular “QUIMICA LAB” de la ciudad del Cusco. Del mismo modo, se evaluó el Índice de Calidad de agua (ICA) de la fuente de abastecimiento termal, evaluando un número de 09 parámetros: Nitratos, fosfatos, turbidez, sólidos totales, temperatura, pH, Oxígeno Disuelto (OD), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y coliformes termotolerantes, utilizando para ello el método gráfico propuesto por la Fundación Nacional de Sanidad de los EE. UU (NSF) y el método mediante software Ictest V 1.0. Así se obtuvo un resultado de regularmente saludable con un valor de 0.66 puntos según la evaluación cualitativa al balneario mediante el ICSPS. En lo referente al Índice de Calidad de Agua (ICA), se obtuvo un resultado de calidad de agua “buena - excelente” para uso recreativo con un valor promedio de 77.16 y 72.73

puntos según el método gráfico y el método mediante software Ictest V 1.0 respectivamente. En conclusión, el balneario de Cocalmayo, se considera apto para uso recreativo de contacto primario y secundario según los parámetros indicados en los Estándares de Calidad Ambiental nacional para agua (ECA), así como también se evidencia la ausencia de metales pesados entre estos el mercurio, cadmio y plomo en la fuente termal de abastecimiento (29).

**Chalco Quispe N, Villacorta Romero L. El costo de explotación de las aguas mineromedicinales de Marcani – Ccaylla y la recaudación de ingreso en la municipalidad distrital de San Pedro periodo 2016”, Tesis de pregrado, Cusco, 2016.**

El presente trabajo de investigación desarrollado, con el objetivo de elaborar la estructura de costos de explotación de las aguas minero medicinal de Marcani Ccaylla y determinar el comportamiento en la recaudación de ingresos en la Municipalidad Distrital de San Pedro periodo 2016, ubicado en la provincia de Canchis. Son aguas incoloras, inodoras y de sabor metálico agradable, su temperatura es de 20 °C, entre otros componentes posee: sulfato, calcio, magnesio, sodio, potasio, hierro, flúor y sólidos disueltos, estas aguas mineromedicinales son muy concurridas por los pobladores de la región Cusco. La Municipalidad Distrital de San Pedro tiene ubicada dentro de su jurisdicción las Aguas Minero Medicinales de Marcani – Ccaylla, donde la explotación de estas aguas en la actualidad son muy importantes ya que genera un ingreso significativo dentro de dicha Municipalidad, el cual es administrado por el área de Rentas donde se observa la ausencia de una información exacta, oportuna y real de los costos incurridos en la explotación de estas aguas tales como en el mantenimiento de los baños no cumpliendo los niveles de eficiencia, comodidad que solicitan los usuarios que lleva a la conclusión de establecer una adecuada estructura de costo de explotación, la cual ayude a la toma de decisiones eficaz, eficiente y económicamente dentro del área de Rentas. En el marco teórico se citó los siguientes conceptos: Costo de Explotación, Estructura de Costos, Recurso Natural, los Gobiernos Locales, Aguas mineromedicinales. La metodología empleada tiene un enfoque Cuantitativo, diseño no experimental, es considerada descriptiva por que busca precisar las características importantes de una estructura de costos de explotación para que ayude a determinar el precio del servicio y la toma de decisiones en el área de rentas de la Municipalidad Distrital de San Pedro. Para el desarrollo de la investigación se utilizó la técnica recolección de datos mediante el instrumento de la encuesta que sirvió como fuente de información para cumplir los objetivos planteados. El presente trabajo de Investigación nos ha permitido determinar que uno de los X elementos que limitan para establecer una adecuada estructura de costos de explotación viene a ser la falta de conocimiento previsional que posee los trabajadores, funcionarios de la Municipalidad Distrital de San Pedro. Con esto se llega a la conclusión que en la Municipalidad Distrital de San Pedro no cuenta con una estructura de Costos de Explotación (30).

## 2.2 Estado de arte

El estudio de las propiedades de las aguas mineromedicinales es un campo de investigación extenso, en la actualidad en Perú existen varias fuentes termales sin estudios ni información actualizada y se emplean para propósitos recreativos terapéuticos y medicinales. Sus beneficios que se deben a la composición mineral única de estas aguas, que se distingue por la presencia de diversos componentes químicos, físicos. A lo largo de la historia, se descubrieron gradualmente los beneficios del agua, incluyendo sus propiedades curativas y su capacidad para prevenir enfermedades (8)(31). Aunque los griegos fueron los pioneros del termalismo, fue durante la época romana cuando este alcanzó su apogeo. Los baños termales se integraron como parte esencial de las prácticas de salud(32).

De las investigaciones obtenidas a partir de Armijo, Alfaro, Castany las propiedades de las aguas mineromedicinales se debe al grado de mineralización y se clasifican en aguas cloruradas que ofrecen múltiples beneficios para la salud, contribuyen a la cicatrización y reparación de la piel, mejoran las funciones celulares y metabólicas, y son efectivas en tratar afecciones respiratorias, ginecológicas, neuralgias, y problemas postquirúrgicos o traumáticos. Además, favorecen la circulación sanguínea y linfática. Las aguas sulfatadas tienen propiedades descongestivas, laxantes y estimulantes del peristaltismo intestinal, las aguas bicarbonatadas tienen principales indicaciones en enfermedades del aparato digestivo, las aguas carbogaseosa se utilizan para afecciones circulatorias como la hipertensión y enfermedades vasculares, las aguas sulfuradas se utilizan principalmente en enfermedades de la piel y afecciones respiratorias para tratar problemas de úlceras, eczemas, psoriasis y favorece el proceso de cicatrización (13) (14) (17) (32) (33).

De la información obtenida a partir de los textos consultados, las propiedades de aguas mineromedicinales son analizadas a partir de la mineralización, siguiendo métodos normalizados de análisis. Como las indicaciones del apartado Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA), Water Environment Federation (WEF) y Environmental Protection Agency (EPA) (34).

En la base de la literatura encontrada y revisada a nivel mundial, la balneoterapia o hidroterapia ocupa un lugar destacado en el contexto médico, social, cultural y económico de Europa, atrayendo a unos 40 millones de usuarios cada año, de los cuales 5 millones acuden por prescripción médica. Esta práctica no solo juega un papel crucial en el sector salud, sino que también impulsa el crecimiento económico, creando más de un millón de empleos en la Unión Europea. Las aguas termales tienen un alcance global, utilizadas en unos 130 países por aproximadamente 100 millones de personas anualmente, y conforman una industria que genera cerca de 50.000 millones de euros a nivel mundial. Este ámbito ha visto un aumento

considerable, especialmente en China y Japón, juntos dominan más de la mitad del mercado termal global. Europa contribuye con más de un tercio a este sector, y España se encuentra aproximadamente en la décima posición en el ranking. No obstante, a diferencia de otros países europeos, la medicina termal en España aún no ha recibido el reconocimiento oficial dentro del sistema de salud, y la formación especializada para médicos en este campo enfrenta importantes obstáculos (6).

Es relevante señalar que, en diversos países, el tratamiento con agua se combina actualmente con una mezcla de terapias físicas, educación sobre salud, actividad física, alimentación y aspectos medioambientales, todos ellos aspectos que se fusionan durante la estadía en un centro termal (6).

A partir de la revisión y análisis exhaustivo de la literatura actual no revela información sobre las probables propiedades medicinales de las aguas termales de Chaquella y Chimur, por lo tanto, es crucial enfatizar que esta investigación aportará datos actualizados respecto al análisis fisicoquímico y las propiedades medicinales, todo ello respaldado por referencias científicas. Este enfoque nos permitirá llenar el vacío existente en el conocimiento actual y ofrecer una perspectiva más clara y fundamentada sobre este tema.

## **2.3 Visión histórica**

Desde tiempos preincaicos, las aguas termales han sido parte integral de la vida andina, valoradas tanto por sus propiedades medicinales como por su simbolismo espiritual. Civilizaciones como la incaica reconocieron en ellas un recurso natural con capacidad para curar el cuerpo y purificar el espíritu. Los Incas, en particular, construyeron tambos o lugares de descanso cerca de fuentes termales ubicadas a lo largo del Qhapaq Ñan, su vasta red vial, lo que evidencia un uso planificado y funcional de estos espacios. Ejemplos notables de ello son los Baños del Inca en Cajamarca, el Tambo Machay en Cusco y las fuentes termales de la ciudadela de Machu Picchu, todos considerados espacios de reposo y sanación (35).

Durante los siglos posteriores a la conquista, el interés por las aguas termales se mantuvo vivo, aunque con un enfoque más empírico y menos sistematizado. Fue recién en el siglo XIX que surgió un interés científico por estudiar su composición y beneficios terapéuticos. Figuras como Teodoro Haenke, Rivero y Ustáriz, y más tarde Antonio Raimondi, realizaron exploraciones y estudios sobre diversas fuentes termales del país. A lo largo del siglo XX, investigadores como Edmundo Escomel, Ramón Cárcamo, Ladislao Prazak y Rómulo Zapata continuaron con esta labor, logrando clasificar y analizar las aguas minerales en función de su composición química, abriendo el camino para su aprovechamiento con fines medicinales, turísticos e industriales (35).

En este contexto, instituciones como el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET) han sido fundamentales para el estudio técnico y sistemático de las aguas

termales del Perú. Desde los años 70, esta entidad ha desarrollado inventarios regionales y nacionales que recopilan información geoquímica, hidrogeológica y de uso de más de 500 fuentes termales a lo largo del territorio. Además, gracias a la cooperación internacional, se han realizado estudios de factibilidad para el desarrollo de balnearios modernos en zonas de alta demanda, como Cajamarca y Churín. Estos esfuerzos han permitido comprender mejor la diversidad de aguas termales existentes en el país y sus posibles aplicaciones en salud, recreación y generación energética (36).

Actualmente, las aguas termales en el Perú se integran en un enfoque multifuncional que combina tradición, salud pública, turismo y sostenibilidad. Se reconocen como recursos terapéuticos utilizados en balneoterapia y tratamientos naturales, al tiempo que constituyen un importante atractivo turístico en regiones como Cusco, Arequipa, Lima, Cajamarca y Puno. Asimismo, su potencial energético comienza a explorarse mediante estudios de geotermia. En suma, la historia de las aguas termales peruanas revela una continuidad cultural y científica que exige un manejo responsable de estos recursos, respetando tanto sus usos ancestrales como las oportunidades que ofrece el conocimiento técnico actual (35).

## **2.4 Bases teóricas científicas**

### **2.4.1 Agua**

Según la definición de la Real Academia Española, el agua es un líquido transparente, incoloro, inodoro y sin sabor en su forma pura. Su estructura química se forma por 2 átomos de hidrógeno y uno de oxígeno, representada como  $H_2O$ . Cabe destacar que el agua es la sustancia más abundante en la superficie terrestre y constituye la mayor parte de los seres vivos(37).

En el siglo VI a.C., Según Tales de Mileto proclamó que "el agua es el origen de todo". Hoy en día, mantenemos esta creencia, reconociendo que el agua es fundamental para la vida y forma parte integral de nosotros (compone entre el 60-70% de nuestro cuerpo). Desempeña un papel crucial en numerosos procesos enzimáticos y metabólicos, influye en la estructura y dinámica de las proteínas y otras biomoléculas, calma nuestra sed, aporta alivio o tratamiento a determinadas dolencias, actúa como factor de relajación y bienestar, y su disponibilidad condiciona el desarrollo de las comunidades (13).

### **2.4.2 Las aguas minerales**

Se destacan por tener diversa composición química de iones, incluyendo  $Cl^-$ ,  $Br^-$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $HCO_3^-$ ,  $Na^{++}$ ,  $Ca^{++}$ ,  $Li^+$ ,  $Ba^+$ ,  $Sr^+$ ,  $Mg^+$  y  $Fe^{++}$ , entre otros. Es importante señalar que, para ser considerada agua mineral, debe tener una suma de iones mayor a 1000 mg/L. Además, estas aguas pueden variar en temperatura, pudiendo ser frías o calientes. En resumen, las aguas



minerales se caracterizan por su alta concentración de iones y su composición química variada, lo cual las hace ideales para diferentes usos terapéuticos y de consumo humano (36).

### **2.4.3 Aguas termales**

En aquellas que emergen del subsuelo terrestre y presentan una temperatura elevada, siendo consideradas como tales cuando su temperatura supera los 20 °C o es 5 o 6 °C superior a la temperatura ambiente de la zona donde se encuentran (36).

Según Cáceres (1990), provienen de profundidades de la tierra, donde las altas temperaturas facilitan la formación de diversos minerales beneficiosos para la salud humana. Estos minerales permiten que estas aguas se empleen en baños, inhalaciones, irrigaciones y calefacción. Estas aguas suelen manifestarse generalmente a lo largo de líneas de fallas, ya que las aguas subterráneas pueden infiltrarse a lo largo del plano de la falla. Una vez que estas aguas alcanzan cierta profundidad, se calientan y ascienden como vapor hasta llegar a la superficie, donde pueden condensarse formando géiseres o aguas calientes (38).

### **Uso de aguas termales**

De acuerdo con las aportaciones de Alfaro (2003), las aguas termales no solo tienen aplicaciones terapéuticas directas, sino también indirectas. Los usos indirectos se refieren a la capacidad de estas aguas de transformar su energía térmica en energía eléctrica. Este proceso de transformación implica una conversión intermedia de la energía térmica en energía mecánica, la cual es utilizada para generar movimiento en las turbinas que producen energía eléctrica. De esta manera, las aguas termales no solo son una fuente de bienestar para el cuerpo humano, sino que también pueden contribuir a la generación de energía limpia y renovable (31).

La utilización del fluido geotérmico implica su separación en vapor y agua, lo cual permite aprovechar su energía térmica para generar electricidad mediante el movimiento de las turbinas. Además, el fluido geotérmico también se puede utilizar de manera directa para obtener energía térmica, ya sea de forma independiente o a través de intercambiadores de calor que permiten su integración con otros sistemas (31).

Según las investigaciones de Alfaro (2003), se puede decir que las aplicaciones más comunes de las aguas termales incluyen la utilización en invernaderos, sistemas de calefacción y refrigeración, acuicultura, secado industrial, deshidratación de vegetales y la producción de energía eléctrica mediante el ciclo binario (que consiste en la vaporización de un fluido secundario de bajo punto de ebullición utilizando el calor del fluido geotérmico, seguido de la reinyección del fluido geotérmico), bombas de calor y usos terapéuticos y

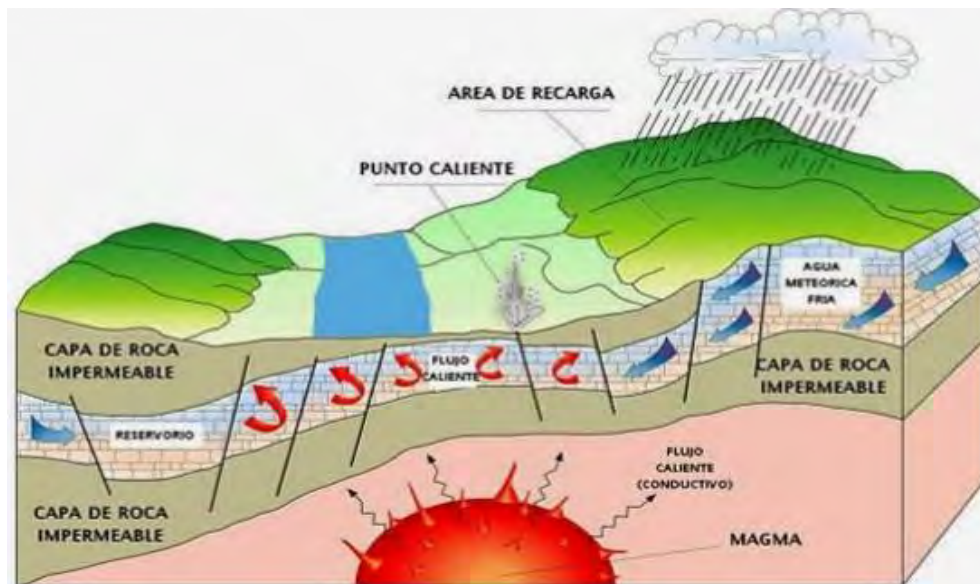
recreativos. Asimismo, la riqueza mineral de estas aguas permite su utilización en la obtención de sales y compuestos inorgánicos, como el sulfato de sodio y el ácido bórico (31).

### Origen de las aguas termales

De acuerdo con Castany (1971), las fuentes termales se originan a partir de tres fuentes diferentes, lo que implica que pueden ser clasificadas en:

- **De Origen Meteórico:** El agua de lluvia se filtra en la tierra y desciende a través de las capas subterráneas. Esto hace que la temperatura del agua aumente gradualmente a medida que se profundiza, debido a los cambios de temperatura dentro de la Tierra. Esta variación de temperatura en función de la profundidad se denomina gradiente geotérmico, y su valor promedio se estima en 33 °C por cada 1000 metros de profundidad. (36).

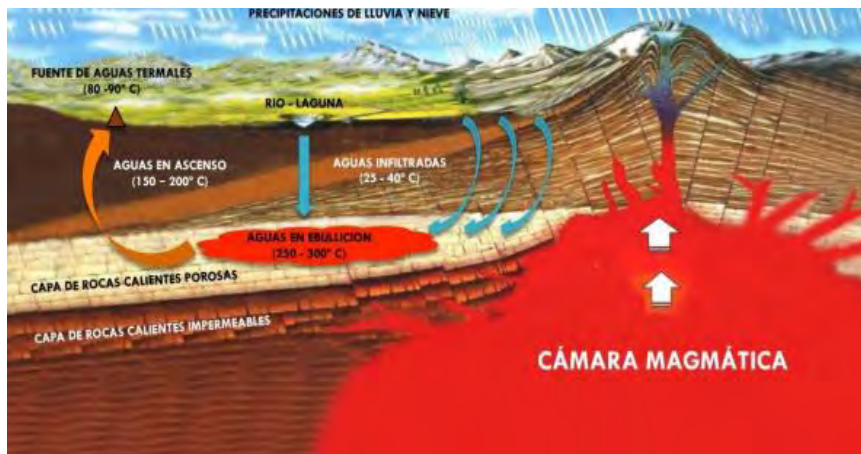
**Figura N° 1:** Origen meteórico de las aguas termales.



*Nota: Adaptado a partir de Pinuagua 2008 (36).*

- **De Origen Juvenil:** En el caso de las fuentes termales magmáticas, el agua deriva de la cristalización del magma, que emite diferentes componentes volátiles, principalmente hidrógeno y vapor de agua, que se liberan a la superficie terrestre. Por otro lado, las fuentes termales volcánicas se originan a través de la solidificación de la lava y la combinación del agua con el vapor que se genera en procesos como la evaporación de la humedad de las rocas o la emisión de vapor desde las zonas profundas de la tierra (36).

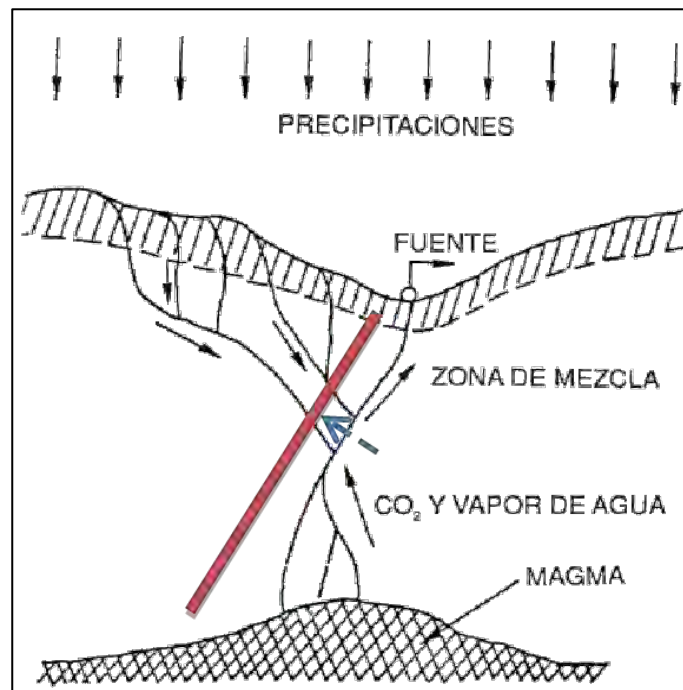
**Figura N° 2 :**Origen juvenil de las aguas termales.



*Nota: Adaptado a partir de Pinuagua 2008 (36).*

- **De Origen Mixto:** Los manantiales de origen mixto son una combinación de aguas meteóricas y aguas juveniles, y se dividen en recursos de alta o baja temperatura, lo que es fundamental para el aprovechamiento de recursos geotérmicos para la generación de energía. Esta forma de energía renovable y ecológica ha llegado a ser una opción de creciente relevancia tanto a nivel nacional como internacional para la producción de electricidad (36).

**Figura N° 3:**Origen mixto Víctor Vargas Rodríguez. Instituto geológico minero y metalúrgico.



*Nota: Tomado de Instituto geológico minero y metalúrgico(36).*

## ▪ Composición química del agua termal

Su composición química está estrechamente relacionada con la composición geológica de la región de la que surgen. Esta correspondencia evidencia la estrecha vinculación entre las fuentes termales y la geología del territorio. En los terrenos sedimentarios, las aguas suelen encontrar una elevada concentración de sustancias fácilmente solubles, como sales de metales ligeros y oxidables, sales alcalinas y sales alcalinotérreas. Además, la composición química de las aguas minerales puede variar significativamente dependiendo de los minerales presentes en los acuíferos, el tiempo que el agua permanece en ellos y la temperatura en las diferentes fases. Según Rodríguez J y Ramírez en 2001 como resultado, se pueden encontrar aguas con composiciones muy diferentes, que van desde soluciones muy diluidas hasta salmueras con conductividades eléctricas muy alta a las del agua de mar(39).

- **Los constituyentes principales:** Generalmente, están presentes en las aguas subterráneas. En el grupo de los cationes se incluyen Sodio, Calcio y Magnesio, mientras que los aniones se encuentran Cloruros, Sulfatos y Bicarbonatos. Además, la Sílice también se considera parte de este grupo, a pesar de no encontrarse en forma iónica.
- **Los constituyentes secundarios:** Los cationes como el Hierro, el Estroncio y el Potasio aparecen con menos frecuencia y se encuentran en concentraciones que oscilan entre 0,01 y 10 ppm. Además, los aniones como los carbonatos, nitratos y fluoruros también son menos comunes.
- **Los constituyentes menores:** Ocasionalmente, estos elementos pueden hallarse en las aguas subterráneas en concentraciones que habitualmente oscilan entre 0.0001 y 0.1 ppm. Los elementos en cuestión son: antimonio, aluminio, arsénico, bario, bromo, cadmio, cromo, cobalto, cobre, germanio, yodo, plomo, litio, manganeso, molibdeno, níquel, fósforo, rubidio, selenio, titanio, uranio, vanadio y zinc.
- **Las constituyentes trazas:** Estos componentes son poco frecuentes en las aguas subterráneas y generalmente se hallan en proporciones menores a 0.001 partes por millón. Este conjunto lo integran varios elementos como berilio, bismuto, cerio, cesio, estaño, galio, oro, indio, lantano, niobio, platino, radio, rutenio, escandio, plata, talio, torio, tungsteno, itrio y zirconio (29).

### 2.4.4 Temperatura

La principal característica de estas aguas reside en sus efectos fisiológicos e hidrodinámicos, así como en su alta concentración de sales, lo que las hace únicas. El vulcanismo es un factor que afecta la temperatura de estas aguas, este proceso involucra el ascenso de rocas hacia la superficie terrestre y el enfriamiento de magmas que contienen

gases disueltos como dióxido de carbono, hidrógeno, flúor y ácido clorhídrico. De acuerdo con el Diccionario Larousse, la temperatura aumenta 1°C por cada 30 metros de profundidad, un fenómeno conocido como gradiente geotérmico. Castany (1984) señala que las aguas termales generalmente tienen temperaturas entre 20°C y 100°C, mientras que aquellas que superan los 100°C pertenecen a categorías específicas como los géiseres y los seffioni (40).

De acuerdo con Armijo y San Martín, en lo que respecta a la temperatura, se puede resumir en la siguiente Tabla N°1.

A temperaturas superiores 50°C, se producen quemaduras de la piel (41).

**Tabla N° 1:** La temperatura en relación con la acción terapéutica.

<b>Temperatura</b>	<b>Acción terapéutica</b>
<b>30-34</b>	Estimulante. Potencia la circulación de órganos internos. Activa cambios metabólicos.
<b>35-37</b>	Sedante
<b>37-50</b>	Revulsivo y resolutorio. Combate la tensión y la rigidez muscular.

*Nota: Tomado a partir de Armijo (41).*

#### **2.4.5 Las aguas mineromedicinales**

Se trata de aquellas aguas que, debido a su composición química y física específica les confiere poseen propiedades terapéuticas. Es importante destacar que no todas las fuentes termales son fuentes minerales, y del mismo modo no todas las fuentes minerales o termominerales son necesariamente mineromedicinales. En este sentido, el hecho de tener propiedades y/o poderes curativos es lo que determina los beneficios terapéuticos de las aguas termales (36).

Existen varios tipos de fuentes termales, y no todas son minerales. Algunas fuentes termales son famosas por sus propiedades terapéuticas, gracias a su composición química y física única. Estos tipos concretos de fuentes termales se denominan fuentes minerales porque cuentan altos niveles de minerales como calcio, magnesio y potasio, a los que se atribuyen propiedades curativas. Sin embargo, es importante señalar que no todos los manantiales minerales se consideran medicinales. El término "mineromedicinal" se utiliza para describir los manantiales minerales que han demostrado poseer propiedades curativas. Estos tipos de manantiales termales se utilizan a menudo para la hidroterapia, que consiste en sumergirse en aguas ricas en minerales para tratar diversas dolencias (42).

Son aquellas que surgen de manera natural de la tierra o se obtienen mediante la captación de aguas subterráneas profundas, y poseen características físicas y/o químicas que pueden tener efectos terapéuticos. Estos efectos beneficiosos están directamente

relacionados con las cualidades físicas, químicas y biológicas del agua en el momento de su surgimiento. Es fundamental señalar que conservar o embotellar estas aguas frecuentemente provoca una pérdida o modificación de sus propiedades terapéuticas. Por lo tanto, es crucial disfrutar de los beneficios curativos de las aguas termales en su entorno natural, cerca del manantial o fuente, para garantizar su efectividad (40).

Si el contenido de sales disueltas otorga propiedades terapéuticas para tratar diversas enfermedades, estas aguas se conocen como mineromedicinales. Según Urbani (1991), el agua puede clasificarse como mineral si tiene un residuo seco mayor a 1 g/L, o si contiene más de 1 mg/L de litio, 5 mg/L de hierro, 5 mg/L de estroncio, 1 mg/L de yodo, 2 mg/L de flúor, 1,2 mg/L de sílice, entre otros (43).

Este tipo de aguas son recursos naturales con posibles beneficios terapéuticos, aunque su efectividad depende en gran medida de sus características originales. Por tanto, es crucial proteger y conservar estas aguas en su entorno natural para potenciar sus propiedades terapéuticas. Además, es necesario clasificar y analizar adecuadamente las aguas mineromedicinales para garantizar su uso seguro y eficaz (43).

#### 2.4.6 Clasificación de aguas termales según su temperatura y composición química.

**Tabla N° 2:** Clasificación de aguas termales.

Clasificación de aguas termales		
Por temperatura	su	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aguas frías: con temperatura menos de 20 °C.</li> <li>• Aguas Hipotermas: con temperatura entre 20 y 35 °C.</li> <li>• Aguas Mesotermas: con temperatura entre 35 y 45 °C.</li> <li>• Aguas Hipertermas: con temperatura de más de 45 y hasta 50 °C (44).</li> </ul>
Por mineralización	con su	<p><b>Sulfatadas:</b> Contienen más de 1 g/L de compuestos minerales que les otorgan cualidades terapéuticas. Estas cualidades son fuertemente afectadas por diversos iones como el sodio, el magnesio, el bicarbonato y el cloruro, aunque el anión sulfato sigue siendo el más dominante en la solución. (44).</p> <p><b>Cloruradas:</b> Con más de 1 gramo por litro (g/L) de sustancias minerales, estas aguas suelen tener una proporción comparable de iones de cloruro y sodio. Esta composición sugiere que estas aguas tienen un origen profundo y derivan de antiguos mares. La existencia de fallas y grietas en la tierra permite que estas aguas asciendan a la superficie. Estas aguas sulfatadas se dividen en tres categorías según su concentración: manantiales fuertes (con una concentración de 50 gramos por litro de sustancias similares al agua de mar), manantiales medios (con una concentración entre 10 y 50 gramos por litro) y manantiales débiles (con una concentración de menos de 10 gramos por litro). (44).</p> <p><b>Bicarbonatadas:</b> Con más de 1 gramo por litro de sustancias minerales, suelen incluir una mezcla de iones tales como bicarbonato, calcio, magnesio, sodio y cloruro, entre otros. (44).</p> <p><b>Aguas Sulfuradas:</b> La característica principal de las aguas sulfurosas es la presencia de sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S) en diferentes concentraciones en cada una de ellas. De manera general, aquellas que desprenden un olor más intenso son consideradas como las que contienen una mayor cantidad de H<sub>2</sub>S. (44).</p>

	<b>Aguas Carbónicas o Gaseosas:</b> Se trata de aquellas aguas que contienen una cantidad de dióxido de carbono libre igual o superior a 250 miligramos por litro (14).
	<b>Aguas ferruginosas:</b> La característica distintiva de estas aguas es su contenido de hierro, el cual se encuentra presente en una concentración de 5 miligramos por litro o superior (14).
<b>De acuerdo con el grado de mineralización</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Oligominerales: residuo entre 50 y 100 mg/L.</li> <li>- De mineralización débil: residuo entre 101 y 500 mg/L.</li> <li>- De mineralización media: residuo entre 501 y 1500 mg/L</li> <li>- De mineralización fuerte: residuo entre 1501 y 2000 mg/L (44).</li> </ul>
<b>De acuerdo con su composición</b>	<p><b>Alcalina o bicarbonatada:</b> aquellas que tiene más de 600 mg/L de ion bicarbonato.</p> <p><b>Acidulada o carbogaseosa:</b> aquellas que tiene más de 250 mg/L de dióxido de carbono libre.</p> <p><b>Salada o clorurada:</b> aquellas que tiene más de 500 mg/L de cloruro de sodio.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Cálcica:</b> aquellas que tiene más de 150 mg/L de calcio.</li> <li>- <b>Magnésica:</b> aquellas que tiene más de 50 mg/L de magnesio.</li> <li>- <b>Fluorada:</b> aquellas que tienen más de 1 mg/L de flúor.</li> <li>- <b>Ferruginosa:</b> aquellas que tienen más de 2 mg/L de hierro</li> <li>- <b>Yodadas:</b> aquellas que tienen más de 1 mg/L de yodo.</li> <li>- <b>Sulfatadas:</b> aquellas que tiene más de 200 mg/L ion sulfato (14) (44).</li> </ul>
<b>En cuanto a la Dureza, utilizaremos la clasificación de Girard</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Aguas muy Blandas:</b> aquellas que contienen entre 0 y 100 mg/L de <math>\text{CaCO}_3</math>.</li> <li>- <b>Aguas Blandas:</b> aquellas que contienen entre 100 y 200 mg/L de <math>\text{CaCO}_3</math>.</li> <li>- <b>Aguas Duras:</b> aquellas que contienen entre 200 y 300 mg/L de <math>\text{CaCO}_3</math>.</li> <li>- <b>Aguas muy Duras:</b> aquellas que contienen entre 300 y 400 mg/L de <math>\text{CaCO}_3</math>.</li> <li>- <b>Aguas extremadamente Duras:</b> aquellas que contienen más 400 mg/L de <math>\text{CaCO}_3</math> (14) (45).</li> </ul>

*Nota: Adaptado a partir de Vademécum II de aguas mineromedicinales española 2010 y vademécum de aguas termales de Galicia 2017 (14) (44) (45).*



## **-Importancia del agua minero medicinal**

Los manantiales termales son un recurso natural significativo debido a que su uso no solo tiene valor cultural, sino también debido a que se han transformado en un factor crucial para el turismo y el desarrollo económico. Actualmente, el uso recreativo de estos manantiales en hoteles, resorts y centros termales se ha ampliado considerablemente en nuestro país. Desde proyectos locales modestos con técnicas tradicionales y artesanales, hasta amplios complejos hoteleros y recreativos de gran envergadura (36).

La Hidrología Médica se reconoce como una disciplina integral dentro del ámbito médico, ya que abarca múltiples aspectos, tales como el estudio de la composición de las aguas minerales y sus efectos en los órganos y funciones tanto de personas sanas como enfermas, y la evaluación precisa de los resultados terapéuticos, entre otros factores importantes (13).

Su relevancia en la actualidad es innegable como elemento coadyuvante en la terapia de diversos trastornos patológicos, desempeñando un rol esencial en la prevención, tratamiento y recuperación de condiciones crónicas que impactan el sistema locomotor, respiratorio, digestivo y urinario, así como en procesos dermatológicos y enfermedades relacionadas con el estilo de vida moderno, como el estrés, la astenia y el síndrome de fatiga crónica, entre otros (13).

### ***2.4.7 Técnicas de aplicación de aguas termales***

En 2006, la Agencia de Evaluación de Tecnologías Sanitarias (AETS) identificó tres métodos principales para la aplicación de aguas mineromedicinales. Es fundamental llevar a cabo la terapia balnearia directamente en el manantial para maximizar los beneficios del agua, ya que los cambios de temperatura, la pérdida de radiactividad y las alteraciones en el pH y otras propiedades pueden modificar su composición, afectando su eficacia terapéutica (13).

El agua, gracias a su alto calor específico, puede almacenar y liberar calor de forma gradual, lo que la convierte en un agente terapéutico eficaz. Según su temperatura, duración y extensión de aplicación, puede generar efectos fisiológicos locales y generales. Las aplicaciones calientes favorecen la vasodilatación, la analgesia y la acción antiinflamatoria, mientras que las frías provocan vasoconstricción, disminuyen la circulación local y pueden tener efectos estimulantes o anestésicos, dependiendo del tiempo de exposición. Es esencial considerar la duración de la aplicación y distinguir entre respuestas inmediatas y tardías (46).

#### **✓ Vía oral**

También conocida con el término de bebida, la dosis adecuada de esta agua varía según su clasificación y la afección concreta para la que esté indicada. Los usos principales

de esta agua incluyen el tratamiento de problemas digestivos, hepáticos, biliares, renales y dermatológicos (13).

#### ✓ **Vía tópica**

La forma más habitual de aplicar las aguas mineromedicinales es mediante baños, duchas, chorros y masajes. También se utilizan técnicas como afusiones, envolturas, compresas, irrigaciones y el uso de peloides. Además, hay masajes bajo el agua y bañeras de hidromasaje. Los trastornos más comunes tratados con estas técnicas están relacionados con el sistema musculoesquelético, el sistema circulatorio y la dermatología. Estos baños se administran a una temperatura de 37.5 y 39°C y se mantienen durante aproximadamente 15 a 20 minutos. Posteriormente, se provoca una respuesta del cuerpo que incluye una fase de sudoración intensa. Esta fase se potencia mediante un periodo de reposo, durante el cual el cuerpo se cubre completamente con sábanas de lino o mantas, y tiene una duración de entre 30 y 40 minutos (13).

#### ✓ **Vía Inhalatoria**

La irrigación nasal es una técnica específica que consiste en administrar agua mineromedicinal y gases a través de duchas nasales para alcanzar el sistema respiratorio. Este método emplea inhaladores y dispositivos de lavado nasal, pulverizaciones orales y nasales, nebulizaciones tanto individuales como grupales, y baños de vapor, entre otros métodos. La técnica debe ser supervisada por un médico, ya que las aguas mineromedicinales contienen diversos componentes que podrían estar contraindicados para ciertas afecciones; por ejemplo, las aguas con alto contenido de sodio pueden ser dañinas para personas con problemas cardíacos o hipertensión (13).

#### **2.4.8 Acciones derivadas de la temperatura**

Cuando la temperatura es baja, causa la contracción de los vasos sanguíneos y genera una sensación de estimulación. Sin embargo, en los centros termales, la mayoría de las aplicaciones implican altas temperaturas, que dan lugar a diversos efectos (14).

#### ✓ **Locales**

La temperatura en la zona de aplicación aumenta, provocando una sensación de picazón y calor en el paciente. Esto conduce a una vasodilatación y una hiperemia local, aumentando el flujo sanguíneo hacia la piel y los tejidos subyacentes, lo cual mejora el trofismo y la nutrición de los tejidos. Estos cambios circulatorios persisten incluso después de que la temperatura regresa a la normalidad. Además, se liberan histamina y acetilcolina (14).

### ✓ **Generales**

Surgen debido a la interacción de diversos mecanismos y siguen siendo detectables incluso después de que la temperatura de la piel se ha normalizado. Entre estos se destacan:

- Incremento temporal de la frecuencia respiratoria.
- Incremento de frecuencia cardíaca.
- Incremento de la sudoración.
- Sensación de calor placentero y propensión al sueño.
- Disminución de la presión arterial.
- Elevación de la temperatura corporal.
- Hemoconcentración.
- Reducción de la diuresis y mayor concentración de la orina.
- El uso prolongado genera un incremento en las proteínas plasmáticas (14).

#### ***2.4.9 Acciones terapéuticas de las aguas mineromedicinales y sus derivados, conforme al profesor Roques.***

**La acción analgésica:** Es el resultado de la activación de los mecanismos del cuerpo que regulan el dolor, su mecanismo de acción se debe al calor que tiene varios efectos terapéuticos. Aumenta el umbral de sensibilidad de los nociceptores, reduce la velocidad de conducción nerviosa y mejora la contractura muscular. Según la teoría de Melzack y Wall, también favorece la analgesia al combinarse con estímulos mecánicos, como en los baños de remolino. Esto disminuye la transmisión del dolor, afecta los centros moduladores del dolor y estimula la liberación de endorfinas. Además, el calor incrementa la elasticidad del tejido conectivo, ayudando a reducir la rigidez articular y periarticular, especialmente en los reumatismos. Estimula las células del tejido conectivo, elevando el metabolismo celular en un 13% por cada grado Celsius de aumento en la temperatura. Finalmente, tiene un efecto sedante general, al influir sobre el sistema nervioso y muscular (47).

El baño frío activa la producción de calor en el cuerpo al aumentar la liberación de hormonas que estimulan la termogénesis. En personas delgadas, se necesita menos tiempo para obtener un mayor efecto. Sin embargo, un tiempo excesivo de frío puede retrasar la cicatrización y está contraindicado en pacientes con problemas arteriales o venosos, ya que puede causar espasmos vasculares. Las aplicaciones frías reducen la excitabilidad de las terminaciones nerviosas, aumentan el umbral del dolor y disminuyen el espasmo muscular, siendo útiles en pacientes hemipléjicos, parapléjicos o con esclerosis múltiple, siempre evitando el frío extremo que pueda inducir reacciones contrarias (47).

La hidroterapia, aplicada bajo un esquema controlado, fortalece la regulación del sistema circulatorio y nervioso, alivia el estrés y mejora diversas dolencias funcionales. En el

tratamiento de úlceras crónicas y quemaduras, facilita la eliminación de tejidos necrosados y otras complicaciones. Si se controlan correctamente parámetros como la temperatura, osmolaridad y esterilidad del agua, la hidroterapia puede ser aplicada incluso en heridas abiertas, lo que resulta relativamente cómodo para los pacientes con úlceras severas y profundas (47).

**-La acción antiinflamatoria:** Se consigue a través de diversos mecanismos: estimulando las glándulas suprarrenales, inhibiendo las prostaglandinas y los leucotrienos, mejorando el estado antioxidante (superóxido dismutasa, glutatión peroxidasa, mieloperoxidasa, óxido nítrico), reduciendo la actividad mediante la inhibición de las citocinas y la estimulación de las inmunoglobulinas, y contrayendo las fibras musculares lisas a través de la mediación adrenérgica y dopaminérgica (47).

**-Acción cicatrizante:** Fioravanti afirma lo siguiente: Estas aguas tienen propiedades inmunológicas gracias a la estimulación de la angiogénesis y la secreción de ácido hialurónico.

Fioravanti afirma lo siguiente:

- Reducción de los niveles circulantes de Prostaglandina E2 (PGE-2) y Leucotrieno B4 (LT-B4) en personas con artrosis y fibromialgia.
- Disminución del Factor de Necrosis Tumoral-alfa (TNF- $\alpha$ ), la Interleucina-6 (IL-6) y los niveles circulantes de Interleucina-1beta (IL-1 $\beta$ ) debido a la hipertermia de cuerpo.
- Reducción de los niveles circulantes de óxido nítrico (NO) en el suero de personas con artrosis que se someten a baños de barro.
- Aumento de los niveles de inmunoglobulina-1 (IGF-1) en la circulación de personas con artrosis que se reciben tratamientos de baños de barro.
- Aumento de los niveles circulantes del factor de crecimiento transformante beta (TGF- $\beta$ ) en individuos con espondilitis anquilosante después de un tratamiento combinado de balneoterapia y ejercicio (14).

#### **2.4.10 Toxicidad de las aguas termales**

La toxicidad en aguas termales no es absoluta, depende de la concentración de minerales, la temperatura y la presencia de microorganismos.

##### **1. Riesgos Químicos (Minerales y Gases)**

Dependiendo del origen volcánico o geológico, el agua puede arrastrar elementos que en dosis altas son nocivos:

- **Arsénico y Metales Pesados:** Algunas fuentes naturales contienen niveles elevados de arsénico, boro o mercurio. Si bien el contacto con la piel suele ser seguro, la ingesta accidental puede ser peligrosa.
- **Ácido Sulfhídrico:** Es el gas que da el olor a "huevo podrido".<sup>2</sup> En espacios abiertos no es problema, pero en cuevas o pozas cerradas puede acumularse y causar mareos, náuseas o, en casos extremos, asfixia.
- **Radón:** Un gas radiactivo natural que puede estar presente en algunas aguas graníticas. El riesgo principal es la inhalación prolongada en baños termales techados y mal ventilados. (48)

## 2. Riesgos Biológicos (Microorganismos)

El calor del agua es el ambiente ideal para ciertos patógenos si el agua no está correctamente tratada o fluyendo constantemente:

- **Naegleria fowleri (Amoeba "comecerebros"):** Es el riesgo más serio, aunque poco común. Vive en aguas dulces templadas (25°C a 45°C).<sup>3</sup> Si el agua entra con fuerza por la nariz, la ameba puede llegar al cerebro.
- **Legionella:** Bacteria que puede proliferar en los sistemas de tuberías o aerosoles (vapor) de instalaciones termales, causando problemas respiratorios si se inhala el vapor contaminado.

## 3. Factores Físicos

- **Hipertermia:** El calor excesivo puede causar una bajada brusca de tensión arterial (lipotimia), deshidratación o golpe de calor.
- **Acidez (pH):** Algunas aguas son extremadamente ácidas (pH cercano a 1 o 2). Esto puede causar irritación severa en la piel, los ojos y mucosas. (48)

### 2.5 Hidrología médica

El término "Hidrología Médica" es común en España, Italia y en países iberoamericanos y angloamericanos. En contraste a Francia se usa más frecuentemente "Crenoterapia". Por su parte, en Alemania y en la mayoría de los países del Este de Europa, predomina el término "Balneoterapia" el cual hace referencia al uso terapéutico de las aguas mineromedicinales en combinación con las condiciones ambientales específicas del lugar de tratamiento. De esta manera, se consideran tanto los efectos del agua mineral como los de las condiciones ambientales de forma conjunta (13).

Constituye la especialización única dentro del ámbito de la Medicina y la Terapéutica que se dedica al análisis exhaustivo y preciso de todo lo relacionado utilizando el agua como agente terapéutico. Esto incluye en particular las aguas mineromedicinales, elementos empleados para la curación o tratamiento en el entorno del balneario. En este entorno, se combinan diversos factores como los climáticos, higiénicos-dietéticos, psicológicos, el ejercicio físico y el descanso, entre otros, que forman parte de lo que llamamos Cura Balnearia (13).

Los tratamientos de crenoterapia tienen acciones generales e inespecíficas, desencadenando una respuesta defensiva controlada con efectos positivos. El efecto psicotrópico y/o placebo, que se expresa principalmente como una respuesta neuro cortical debido a la aplicación de frío o calor, genera sensaciones de estimulación o sedación. Además, la sugestión o el efecto placebo son intrínsecos a todos los tratamientos cronotrópicos, dado que "toda representación lleva en sí la tendencia a su realización". El entorno del balneario ofrece las condiciones óptimas para aprovechar todas las influencias ritualistas, similar a las antiguas técnicas terapéuticas (14).

## **2.6 Crisis termal**

La crisis termal es un episodio patológico que suele aparecer entre el tercer y octavo día de tratamiento en balnearios, con una intensidad variable de síntomas. Es más común en personas mayores y en aquellos que se tratan con aguas cloruradas o sulfuradas. Los síntomas generales incluyen malestar general, fiebre o febrícula, fatiga, agitación, insomnio e hipertensión. También se presentan problemas digestivos como lengua saburral, diarrea o estreñimiento, y alteraciones sanguíneas como mayor viscosidad sanguínea, aumento de la velocidad de sedimentación de los glóbulos rojos, desequilibrios en los electrolitos y disminución de leucocitos. Se pueden presentar congestión de la faringe, incremento de secreciones, cistitis y la exacerbación de eccemas. Otros efectos incluyen fiebre termal (con temperaturas de hasta 40°C), angina termal (dolor y enrojecimiento en la faringe) y brotes de urticaria, en cuyo caso se habla de un brote termal. Además, algunos pacientes experimentan un cansancio intenso (47).

El tratamiento de la crisis termal consiste en interrumpir la cura por 24 a 48 horas, descansar en cama, beber líquidos en abundancia y aplicar tratamiento sintomático. Una vez transcurrido ese tiempo, se retoma la cura de manera progresiva (47).

### 2.6.1 Propiedades medicinales de las aguas mineromedicinales

**Tabla N° 3:** Clasificación de las propiedades terapéuticas de aguas mineromedicinales según los tipos de aguas mineromedicinales.

<b>Aplicaciones terapéuticas</b>			
<b>Tipos de aguas mineromedicinales</b>	<b>Aplicaciones terapéuticas</b>	<b>Forma de administración</b>	<b>Efectos secundarios</b>
<b>Aguas cloruradas</b>	<p>Este tipo de aguas, debido a su contenido mineral, pueden influir en la piel como ser tónicos, estimulantes y reparadores, promoviendo la cicatrización y reparación de los tejidos, mejorando el trofismo celular y estimulando las funciones orgánicas y metabólicas. Además, son notablemente útiles para el aparato respiratorio, problemas ginecológicos, neuralgias y afecciones quirúrgicas traumáticas, así como para mejorar la circulación sanguínea y linfática (49). Promueven la nutrición celular y los procesos de curación y reparación de los tejidos, al tiempo que mejoran la circulación sanguínea y linfática. Las principales indicaciones de estas aguas incluyen trastornos reumatológicos, como la artrosis en las extremidades. El consumo de aguas cloruradas estimula la producción de ácido clorhídrico y la motilidad gástrica, facilitando la liberación de bilis al intestino; una vez absorbidas, activan el metabolismo en general (13,14) (42) (50).</p> <p>Finalmente, se consideran los trastornos funcionales del tubo digestivo como la dispepsia, el síndrome del intestino irritable y el estreñimiento; y en el ámbito pediátrico, aunque en menor medida en nuestro país, se abordan problemas respiratorios como la rinosinusitis crónica, la otitis</p>	<p>Cuando se ingieren, estimulan la secreción y la motilidad del estómago y los intestinos (13). También se puede utilizar por vía tópica (14). Se pueden aplicar tópicamente durante el baño, inhalarse a través del aire o ingerirse oralmente. Además, no se debe olvidar el uso de peloides, los cuales emplean agua clorada como residuo líquido para su maduración. La frecuencia y duración</p>	<p>Son generalmente bien toleradas, aunque en tratamientos intensivos pueden aparecer efectos secundarios como abatimiento, cansancio, malestar, dolor de cabeza, fiebre, aumento de dolencias e irritación de las mucosas. Estos síntomas suelen desaparecer al reducir la intensidad del tratamiento, e incluso se puede contemplar la posibilidad de suspender temporalmente el tratamiento durante algunos días (13).</p>

	<p>recurrente y el asma infantil, así como afecciones dermatológicas como la dermatitis atópica, el eczema, las secuelas de quemaduras y la psoriasis (51).</p> <p>Estas aguas mineral-medicinales y sus productos derivados, debido a su composición química rica en cloruro y sodio, impactan la piel cuando se aplican tópicamente. Estos elementos modifican la presión osmótica celular y estimulan los receptores nerviosos cutáneos mediante canales de membrana conocidos como "Piezo". Se discuten los procesos de absorción y liberación de la piel, así como los mecanismos mediante los cuales los iones disueltos presentes en estas aguas atraviesan la piel (mediante osmosis y cambios en el volumen celular en queratinocitos). Además, se analiza cómo estos recursos actúan como estimuladores de los receptores nerviosos en la piel (52).</p>	<p>de estas técnicas dependen de la composición fisicoquímica y la temperatura del agua (50).</p>	
<b>Aguas sulfatadas.</b>	<p>Son descongestionantes, purgantes colagogas y estimulantes del peristaltismo intestinal y son utilizadas principalmente en bebida.</p> <p>En situaciones en las que prevalece el sodio y se encuentra presente el magnesio, este último desempeña una función laxante. Por consiguiente, estos compuestos se emplean de manera frecuente en el tratamiento de dispepsias digestivas y discinesias biliares (13) (14) (42).</p> <p>Propiedades curativas. Usos principales: afecciones musculoesqueléticas, cutáneas y respiratorias. Puede prescribirse por vía oral, tópica o inhalatoria (49).</p>	<p>Su principal forma de administración es vía oral y vía tópica (14). También se administran en baños, duchas y bebida (50).</p>	<p>Efecto Laxante es el síntoma más inmediato. Los sulfatos atraen agua al intestino, lo que provoca diarrea osmótica, Sabor Amargo el agua se vuelve organolépticamente desagradable, lo que suele actuar como una barrera</p>



	<p>Estimulan las funciones orgánicas y metabólicas. Cuando se utilizan internamente, tienen propiedades antidiuréticas y estimulan la secreción gástrica y biliar. Cuando se aplican externamente, poseen propiedades antiinflamatorias y antisépticas, promoviendo la cicatrización y reparación de los tejidos. Además, incrementan la flotabilidad, especialmente en agua salada.</p> <p>Cuando se usan de manera externa, tienen efectos antiinflamatorios y antisépticos, favoreciendo la cicatrización y la regeneración de los tejidos. Asimismo, mejoran la flotabilidad, particularmente en agua salada (50-53).</p>		<p>natural para evitar el consumo excesivo.</p> <p>Un exceso de azufre y sulfatos puede resecar la piel en personas con condiciones dermatológicas previas como dermatitis atópica. (49).</p>
<b>Aguas bicarbonatadas</b>	<p>Tienen principales indicaciones en las enfermedades del aparato digestivo. En el estómago, actúan como estimulantes y regulan el sistema de amortiguación del pH, según la cantidad. En los intestinos, potencian la función de enzimas pancreáticas y la acción de la bilis. En afecciones gástricas, dispepsias. colecistopatías y litiasis biliar (50).</p> <p>En el hígado, funcionan como agentes que protegen este órgano. En el metabolismo general, facilitan la eliminación del ácido úrico. En términos generales, contribuyen a regular la respuesta anafiláctica. Además, aumentan la capacidad de la bilis para saponificar grasas, protegen el hígado, apoyan la glucogénesis y ayudan al transporte y excreción de ácido úrico mediante la orina (13) (14) (42).</p>	<p>Su principal forma de administración es en bebida (14) (50).</p>	<p>En general, las aguas de este tipo son bien toleradas y raramente presentan efectos secundarios (13).</p> <p>Si se ingiere una cantidad excesiva de agua muy rica en bicarbonato de sodio, el pH de la sangre puede elevarse peligrosamente. Los síntomas incluyen náuseas, confusión, espasmos musculares y, en casos graves, arritmias. (54)</p>

<b>Aguas carbogaseosa o carbónicas.</b>	<p>Contienen gas ácido carbónico libre que tiene un sabor ligeramente picante y se utilizan como aguas de mesa en baños terapéuticos para tratar diversas afecciones médicas, como afecciones circulatorias como la hipertensión y las enfermedades vasculares. Mejoran la digestión, ocultan los sabores, promueven la secreción y el movimiento gástrico, y facilitan la función intestinal(42).</p> <p>Estas aguas reducen la sensación gustativa en las papilas gustativas facilitan la digestión aumentando las secreciones biliares. Cuando se utilizan en baños, disminuyen los niveles de sensibilidad, facilitando la tolerancia al agua fría, estimulan la respiración y proporcionan cierto alivio del dolor y sedación (14) (42) (53) (55).</p>	<p>Baños vía oral y vía tópica (14) (42) (50).</p>	<p>El uso de baños de agua con dióxido de carbono (<math>\text{CO}_2</math>) puede causar efectos negativos si se inhala gas carbónico en concentraciones superiores al 10% durante un tiempo prolongado. Este gas afecta directamente al sistema nervioso, y si la concentración en la sangre supera los niveles recomendados, puede provocar estimulación neurovegetativa, trastornos nerviosos y fuertes dolores de cabeza (13).</p>
<b>Aguas sulfuradas</b>	<p>Las aguas sulfurosas se caracterizan por su olor desagradable similar al de los huevos podridos. Estas aguas poseen propiedades antialérgicas, antiinflamatorias y antirreumáticas, y se emplean principalmente para tratar enfermedades cutáneas y problemas respiratorios. La absorción de aguas sulfuradas a través de la piel provoca vasodilatación, analgesia y modulación de la respuesta inmunitaria. También se utiliza en baños, duchas e inhalaciones.</p>	<p>Administración en vía oral y vía tópica (14)(42). También se usa en baños, duchas, inhalaciones (50).</p>	<p>Su peligro reside principalmente en el Ácido Sulfhídrico (<math>\text{H}_2\text{S}</math>), un gas incoloro que se desprende del agua. pérdida del olfato (fatiga olfativa). El peligro aumenta porque ya no</p>

	<p>Además, tiene efectos queratoplásticos y antipruriginosos, reduce la descamación de la piel y posee propiedades bactericidas y antifúngicas. Por estas razones, se usa para tratar úlceras infectadas en las extremidades inferiores con cicatrización lenta, así como ciertas infecciones fúngicas como la pitiriasis versicolor (13)(14)(33)(42).</p> <p>Además, cuentan con propiedades antisépticas, ya que inhiben el crecimiento de ciertos gérmenes y mejoran el trofismo celular., favoreciendo la cicatrización de heridas infectadas. Inicialmente, estimulan las secreciones bronquiales y posteriormente actúan como agentes antigripales. Mejoran las mucosas, funcionan como antiespasmódicos, relajan los músculos bronquiales y el tono vegetativo, mejorando así la circulación local. Además, tienen propiedades anafilácticas, comprobadas experimentalmente y demostradas clínicamente en estudios realizados en el balneario de Liérganes (Santander). También tienen propiedades antitóxicas contra ciertos venenos y toxinas, así como catalíticas que facilitan el flujo de la bilis y poseen propiedades queratolíticas y cicatrizantes (14).</p> <p>La actividad farmacodinámica de las aguas sulfuradas se debe a la capacidad de óxido-reducción del azufre. Se resalta su efecto de sensibilizante, que mejora la respuesta anafiláctica al disminuir la concentración de globulinas plasmáticas. En el sistema locomotor, disminuyen los indicadores de inflamación y la degradación del cartílago articular, evidenciando un efecto antioxidante (15).</p>		<p>puedes oler el gas. Edema pulmonar y riesgo de pérdida de conciencia.(56)</p>
--	--	--	--

<p><b>Aguas ferruginosas.</b></p>	<p>Sirven como estimulantes nutricionales, agentes anti anémicos y remedios reconstituyentes, por lo que son especialmente útiles para afecciones caracterizadas por la carencia de hierro, trastornos del desarrollo, periodos de recuperación y enfermedades marcadas principalmente por la debilidad (13)(42).</p> <p>Consumir hierro a través de aguas mineromedicinales no solo combate la anemia, sino que también evita efectos secundarios, excepto el estreñimiento. No obstante, debe ser consumida directamente del manantial. El hierro se encuentra en forma ferrosa, que es aún más absorbible sin la intervención del ácido clorhídrico. Está muy diluido y presenta una disposición espacial cúbica romboidal en el agua. Mantiene un equilibrio hidro mineral con otros catalizadores como el cobre, lo que promueve la recuperación de la anemia (50).</p>	<p>Administración por vía oral como bebida principalmente (42).</p> <p>También se utiliza en baños, duchas y bebida(50).</p>	<p>La ingesta oral de este tipo de agua puede ocasionar diversos efectos secundarios, como dispepsias que afectan la digestión, generando sequedad bucal, estreñimiento y oscurecimiento de las heces. Además, puede provocar cefaleas, dolor persistente y somnolencia, sugiriendo una ingesta excesiva de hierro diaria.</p> <p>Si las aguas tienen concentraciones de hierro superiores a 0.3 mg/L (límite común para agua potable), su consumo frecuente puede causar: Trastornos gastrointestinales: Náuseas, vómitos y dolor abdominal. Hemocromatosis secundaria: En casos extremos de</p>
-----------------------------------	--	--	---

			consumo prolongado, el hierro se acumula en órganos como el hígado o el páncreas (56).
<b>Aguas radioactivas</b>	<p>Contienen naturalmente gas radón y ofrecen ventajas para el sistema endocrino, neurovegetativo e inmunológico, además de presentar propiedades sedantes y analgésicas. Por ello, tienen una amplia gama de aplicaciones, pero principalmente en enfermedades articulares y reumáticas, procesos asmáticos y afecciones circulatorias (13)(42).</p> <p>Trastornos circulatorios, enfermedades respiratorias, gastritis hiperestésica, enterocolitis, afecciones del tracto urinario, litiasis, problemas ginecológicos, enfermedades de la piel, procesos alérgicos, afecciones reumáticas, gota, distonías vegetativas (50).</p> <p>Estas aguas muestran una notable capacidad analgésica, promueven los procesos metabólicos y endocrinos, estimulan la formación de células sanguíneas, aligeran las secreciones de la mucosa respiratoria y ejercen un efecto intenso contra los espasmos. En el sistema nervioso, tienen propiedades sedantes, mientras que en términos dermatológicos actúan como agentes que reducen la sensibilidad de la piel, estimulando su regeneración. Además, presentan una acción diurética significativa (57).</p>	<p>Administración de vía oral, inhalatoria y tópica. En forma de baños, duchas, inhalaciones y bebida (50).</p> <p>Estas aguas se utilizan de diversas maneras: de forma tópica en baños, mediante inhalación en aerosoles, por vía oral como bebida, y también en la elaboración de peloides, donde se usan como líquido base para su maduración, se utilizan aguas</p>	<p>La acción terapéutica de las aguas radiactivas se atribuye al radón y a la emanación de partículas alfa. Las dosis utilizadas comúnmente en estas aguas son de mil a cinco mil veces inferiores a las que causarían efectos perjudiciales debido a la radiación. Las terapias balnearias con estas aguas son bien toleradas y se han realizado durante años sin presentar riesgos (13).</p> <p>Al entrar en contacto con el aire, el radón se desprende del agua. Si las piscinas termales están en lugares</p>

	Las aguas radiactivas y sus emisiones han sido empleadas para tratar diversas afecciones vinculadas a deficiencias nutricionales, tales como la artritis, la gota y los reumatismos crónicos. También se han aplicado en problemas digestivos que afectan al estómago, intestinos, hígado y bazo, en catarros de las vías genitourinarias, en enfermedades crónicas del sistema respiratorio, y en trastornos crónicos de la piel. Adicionalmente, se han empleado en el manejo de varios tipos de cáncer, aprovechando sus efectos analgésicos y sedantes (12).	radiactivas. La frecuencia y la duración de estos tratamientos dependen de la composición fisicoquímica de las aguas y de su nivel de actividad radiactiva (57).	cerrados o con poca ventilación, el gas se acumula. Al inhalarlo, las partículas alfa emitidas por el radón pueden dañar el tejido pulmonar, aumentando el riesgo de cáncer de pulmón a largo plazo (14) (42)
<b>Aguas Oligominerales.</b>	La aplicación de estas aguas varía según sean termales o frías. Las aguas termales (por encima de 20 °C) se suelen utilizar externamente en forma de baños, debido a sus efectos sedantes y analgésicos, mientras que las aguas frías se utilizan principalmente para beber y tienen una acción diurética, ya que aumentan la eliminación urinaria y tienen un efecto purgante. Por tanto, se utilizan, por sus efectos diuréticos, para la litiasis urinaria, la gota y los trastornos funcionales de las vías excretoras (14) (42) (50).	Administración en forma de baños y bebida (14)(50) (42). En forma de duchas, inhalaciones y bebida.	Una ingesta abundante y rápida de estas aguas puede ocasionar hipertensión al ralentizar el paso del agua a través del área del portal hepático, para prevenir esta reacción, se recomienda distribuir las tomas de agua a lo largo del día (13).

*Nota: Adaptado a partir de Vademécum II de aguas mineromedicinales española 2010 y vademécum de aguas termales de Galicia 2017(12) (13) (14) (33) (50) (53) (42)(55) (57) (56) .*

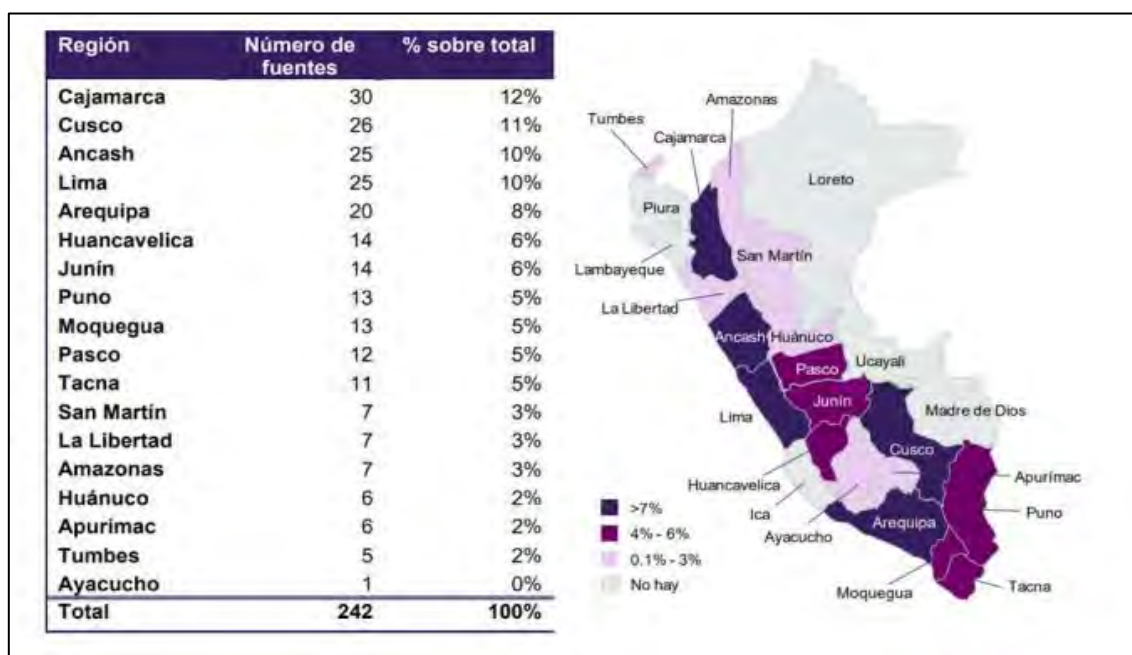
## 2.6.2 Aguas termales en el Perú

En el extenso territorio de Perú, se encuentran distribuidos numerosos manantiales, cada uno con características únicas que contribuyen a la creación de un panorama hidrológico sumamente complejo. Estas fuentes termales desencadenan cambios profundos en la superficie terrestre, tanto a nivel superficial como en las capas subterráneas, evidenciándose a través de procesos como la erosión. Durante su interacción con la geología circundante, estas aguas disuelven una amplia variedad de sustancias y adquieren propiedades químicas y físicas específicas al emerger en la superficie, ya sea como manantiales o lagunas. Dada esta diversidad de características, se ha designado a ciertos grupos de estas aguas como "aguas mineromedicinales"(36).

La amplia gama de aguas minerales en Perú es la consecuencia de varios factores, como la geología de las rocas en las áreas de drenaje, su origen histórico, las características morfológicas, la altitud, la latitud y las condiciones químicas y físicas. Además, la concentración total de sales y el tipo de sales predominantes varían significativamente de una fuente a otra (1).

En el territorio peruano, se encuentran más de 500 manantiales termales, de los cuales 242 se consideran adecuados para el turismo. Cusco, en particular, alberga 26 de estos manantiales, lo que representa alrededor del 11% del total de fuentes termales en Perú, según el MINCETUR (Mincetur de comercio exterior y turismo) (58).

**Figura N° 4:** Mapa de las aguas termales y minerales en el oriente central del Perú.



*Nota: Tomado de aguas termales y minerales en el oriente central del Perú. INGEMET, 2003. (58)*



*Nota: Tomado de ministerio de Comercio Exterior y Turismo aguas termales 2012 (59).*





### **2.6.3 Aguas termales en la región Cusco.**

En la región de Cusco se encuentran rocas antiguas de la era Paleozoica, como pizarras, esquistos, cuarcitas y lutitas del Ordovícico, además de areniscas cuarzosas del Grupo Ambo y areniscas rojas del Grupo Mitú. La era Mesozoica está representada por unidades del Cretácico Inferior, incluyendo las areniscas calcáreas de la formación Muni y las areniscas cuarzosas de la formación Huancané. Las rocas paleógenas incluyen rocas volcánicas de los grupos Tacaza y Barroso. Las manifestaciones geotérmicas de la zona tienen temperaturas diferentes, que oscilan entre 8°C y 88°C, con conductividad eléctrica y niveles de pH variables. Los caudales de agua pueden alcanzar más de 20 L/s, y algunas emiten gases como H<sub>2</sub>S y CO<sub>2</sub>. Por su geoquímica, las aguas se dividen en aguas bicarbonatadas y aguas cloruradas (29).

En Cusco, se pueden encontrar una amplia variedad de baños termales, según los datos de INGEMET. Entre ellos, destacan los baños termo medicinales en Marcapata, Pacchanta, Aguas Calientes La Raya, las Aguas termales en Ollachea, Ccollpapampa, Calachaca, Ventitane, Uchu Uma, Ácora, Quilca Punku, Pasanoccollo, Putina Punku-San José, Cuyo, Hatun Phutina y Chacatira. Estas opciones son solo una muestra de la diversidad de aguas termales disponibles en la región de Cusco (39).

También contamos con las fuentes de Aguas Calientes: el río Jaruma y las aguas termales de Chaqueylla. Estas se ubican cerca de la comunidad de Chaqueylla, en la margen izquierda del río Jaruma. La primera fuente, situada al pie del cerro de Aguas Calientes, proviene de varios manantiales cercanos al cauce del río y contiene gases H<sub>2</sub>S. Pertenece a la Formación Arcurquina y se clasifica como agua rica en cloruros, con una concentración de 11.275 mg/L, una temperatura de 51°C y un pH ligeramente ácido de 6,4. La segunda fuente, al final de la carretera asfaltada Ocoruro-Eachueylla, tiene sus aguas originadas en dos piscinas naturales cercanas al cauce, con presencia de gases de CO<sub>2</sub>. Estas piscinas se encuentran en depósitos aluviales y también se clasifican como aguas ricas en cloruros, con concentraciones de cloruros que varían entre 8.741 y 9.200 mg/L, una temperatura que oscila entre 51°C y 57°C, y un pH que va de neutro a ligeramente ácido, entre 6,6 y 6,4 (59).

## **2.7 Provincia de Espinar**

Está situada en la parte meridional al sur del departamento de Cusco, dentro de la puna húmeda de los Andes Centrales. Es una de las 13 provincias de la región. Está conformada por ocho distritos entre los que se encuentran Espinar o Yauri, Coporaque, Suyckutambo, Pichigua, Alto Pichigua, Pallpata, Ocoruro y Condoroma (4).

Según el último censo, tiene 4.823 habitantes, lo que corresponde el 8,38% de la población total espinareense. El crecimiento ha sido lento desde los censos de 1993 y 2007.

Entre 2007 a 2017, la tasa de crecimiento anual es del -0,88%, convirtiéndola en una de las más bajas a nivel provincial y migratorio. En términos de distribución por edades, la población joven se sitúa entre los 0-14 años y los 15-64 años. La población rural constituye el 52,8%, en contraste con la población urbana que representa el 47,2%. Estos datos indican que las actividades se desarrollan de manera equilibrada en el campo como en la capital (59).

La topografía de las tierras altas consiste en un ecosistema de puna. Es conocida por su abundancia de altiplanos, llanuras, praderas, arbustos y montañas. caracterizado por la cobertura vegetal y la presencia de manantiales y arroyos. Juntos, estos elementos crean un pintoresco paisaje de humedales, en el que destaca la contribución continua de los manantiales. En las zonas más bajas, hay una abundancia circundante de hierba "ichu", que domina las laderas, llanuras estrechas, mesetas y barrancos, conocidos colectivamente como "pampa"(59).

### ***2.7.1 Ubicación geográfica de la provincia de Espinar***

La provincia de Espinar se encuentra al sur del departamento de Cusco. Esta área es famosa por sus abundantes mesetas, llanuras, praderas, matorrales y montañas. La altitud promedio es de 3.996 msnm, con una elevación mínima de 3.850 m y una máxima de 5.775 msnm (59).

Está delimitada por:

- Norte: Provincia de Canas y Chumbivilcas (Cusco)
- Sur: Provincia de Lampa (Puno) y Caylloma (Arequipa).
- Este: Provincia de Melgar y Lampa (Puno).
- Oeste: Provincias de Conde Uyos y Castilla (Arequipa) (59).

**Figura N° 6:** Mapa de las Provincias de Espinar.



*Nota: Tomado de la Municipalidad Provincial de Espinar (2019-2022) (59).*

## 2.8 Provincia de Pallpata

Establecido por la Ley N° 2542 el 17 de noviembre de 1917, el distrito de Pallpata se incorporó a la provincia de Espinar. Posteriormente en 1944, mediante la Ley N° 10101, la comunidad de Tocroyo fue incorporada al distrito de Pallpata. El clima en la región se caracteriza por temperaturas frías y moderadas a lo largo del año, acompañadas de precipitaciones. Existe una corta temporada de lluvias de diciembre a marzo, una estación seca de mayo a agosto, y lluvias ocasionales de septiembre a noviembre. Sin embargo, en 2022, la estación seca se prolongó hasta finales de noviembre, causando importantes impactos en la flora y fauna locales, como sequías en lagos y ríos. Esto afectó no sólo al distrito de Pallpata, sino también a los distritos vecinos(4) (59).

### Datos generales:

- Departamento: Cusco
- Provincia: Espinar
- Distrito: Pallpata

**Figura N° 7:** Mapa distrital de Pallpata y sus comunidades.



*Nota: Tomado a partir de la Municipalidad distrital de Espinar 2019-2022 (59).*

**Comunidades:** Pallpata, Mamanocca, Antacama, Canlletera, Huarcapata Chorrillo, Pirhuayani, Jaruma, Alccasana, Huacroyuta Marquiri, Cruz Pampa, Huini Coroccohuayco, Huanuhuanu, Paccopata.

**Datos geográficos:**

- Latitud: 14° 53' 26"
- Longitud Oeste: 71° 12' 35"
- Área Total: 815,56 km<sup>2</sup>
- Altitud Media: 4100 msnm
- Altitud Mínima: 4001 msnm
- Altitud Máxima: 4800 msnm

**Limites:**

- Norte: Distrito de Alto Pichigua
- Sur: Distrito de Ocuire y Condoroma.
- Este: Distrito de Macari, Cupi y Llalli.
- Oeste: Distrito de Ocoruro (4).

## 2.9 Aguas termales de Chaquella

Las aguas termales de Chaquella, situadas en el distrito de Pallpata, son conocidas por su elevada temperatura, superior a 45°C. Sin embargo, su proximidad a la laguna de Sutunta hace que la temperatura descienda 9°C por debajo de lo normal. El complejo termal de Chaquella de Ccoñec consta de cuatro piscinas, las dos más grandes situadas en el recinto cerrado del complejo. La infraestructura turística de estas termas es básica.

***Figura N° 8: Fotografía de la fuente termal de Chaquella de Ccoñec.***



*Nota: Fotografía propia.*

**Figura N° 9:** Fotografía de aguas termales de Chaquella.



*Nota: Fotografía propia.*

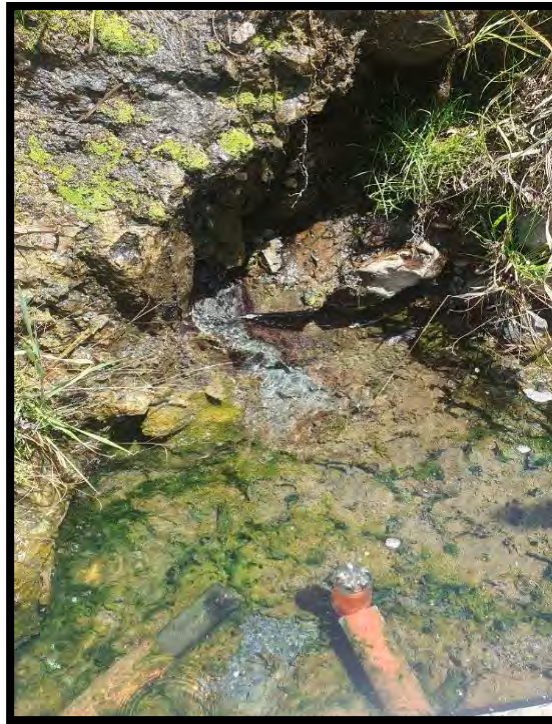
## **2.10 Aguas termales de Chimur**

Se encuentra a una hora de la ciudad de Chimur por la carretera brida, accesible mediante una carretera asfaltada que va desde Paucartambo hasta la ciudad de Patanmarco, y desde allí, por un sendero (un recorrido de tres horas a pie). Las aguas provienen del grupo San José y pertenecen a la familia de las aguas bicarbonatadas, con un contenido de  $\text{HCO}_3$  de 214,40 mg/L, una temperatura de 50 °C y un pH ligeramente alcalino de 8,0. Estas aguas son de alta temperatura, buen caudal y están rodeadas de hermosos paisajes naturales (39).

La mayor parte de los visitantes nacionales que acuden a los Baños Termales de Chimur corresponde a un grupo etario comprendido entre los 20 y 40 años. En cuanto a su procedencia, el 54 % proviene de la región de Cusco, mientras que el 46 % restante se origina en otras regiones del sur del Perú, como Puno, Apurímac y Arequipa. Desde una perspectiva socio-laboral, solo el 14 % de estos turistas cuenta con formación profesional, siendo el 86 % restante trabajadores independientes o empleados del sector privado (27).



**Figura N° 10:** Manantial de Agua de los baños termales de Chimur que se encuentra en la montaña adyacente a estos baños termales.



*Nota: Fotografía propia.*

**Figura N° 11:** Baños termales de Chimur.



*Nota: Fotografía propia.*

## **2.11 Marco normativo**

### **2.11.1 Marco Normativo Internacional**

#### **Estándares internacionales para aguas mineromedicinales del uso oral y tópica y estándares para aguas recreacionales.**

Existen diversas normativas a nivel nacional, europeo, latinoamericano y norteamericano que presentan diferencias en los estándares empleados para la clasificación y revisión de las aguas termales y minerales. En este estudio, es optado por seguir los límites máximos permisibles definidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS). Consideramos que esta entidad proporciona parámetros aceptables a nivel global para realizar dicha clasificación y evaluación (60).

- **España decreto**

En España, la regulación de las aguas minerales se rige por una normativa específica: La Directiva 80/777 de la Unión Europea (UE), emitida en julio de 1980, tiene como objetivo principal la unificación y estandarización de la regulación de los estados miembros de la UE en cuanto a la comercialización y explotación de aguas minerales naturales en el territorio.

La Ley 22/1985, establece que las aguas subterráneas son bienes de dominio público, pero excluye de su ámbito a las aguas minerales, que se regirán por su legislación.

El Real Decreto Ley 743/28 de 1928 define a las aguas mineromedicinales como las aguas subterráneas, naturales o artificiales, que por su composición se clasifican de beneficio público.

La Ley 22/1973 de Minas y el Real Decreto 2857/1978 clasifican las aguas en tres categorías: mineromedicinales, industriales mineras y termales. Las aguas mineromedicinales son consideradas de utilidad pública y se pueden emplear con fines terapéuticos en balnearios y estaciones termales.

Las competencias relacionadas con las aguas minerales han sido delegadas a las Comunidades Autónomas, y algunas de ellas han establecido leyes específicas para regir el uso y la utilización de las aguas mineromedicinales y termales.

Las leyes que regulan el desarrollo, organización y utilización de balnearios y aguas mineromedicinales y/o termales en Cantabria, Castilla-La Mancha, Extremadura y Galicia tienen por objeto garantizar la calidad y seguridad de estas aguas a favor de la salud y el bienestar de la comunidad. Esta normativa establece requisitos y regulaciones específicas para la explotación, comercialización y uso de las aguas mineromedicinales y termales en España (61).



### **2.11.2 Marco Normativo Nacional**

#### **Autoridad Nacional del agua (ANA)**

- **DS 004-2017 MINAN para aguas recreacionales.**

El artículo 31 de la Ley N.º 28611 establece que la Norma de Calidad Ambiental (NCA) corresponde a los niveles de concentración o a los valores permitidos de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el aire, agua y suelo, los cuales no deben representar un riesgo significativo para la salud humana ni para el equilibrio ambiental. Posteriormente, las Normas Nacionales de Calidad Ambiental para el Agua fueron actualizadas y complementadas mediante el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM. Asimismo, el artículo 2 del reglamento respectivo define las categorías de la NCA para cuerpos de agua, las cuales constituyen la base técnica para la implementación del Decreto Supremo N.º 002-2008-MINAM (62).

#### **Categoría 1: Poblacional y Recreacional Sub-Categoría**

**A. Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable:** Pueden ser convertidas en potables mediante desinfección, tratamiento convencional y tratamiento avanzado.

**B. Aguas superficiales destinadas para recreación:** Son aguas recreativas superficiales utilizadas para actividades de ocio, como la natación y los deportes acuáticos. En las áreas costeras, la regulación abarca la franja de agua desde la orilla hasta 500m a mar adentro, a partir de la línea de bajamar. En las aguas continentales, la extensión es definida por la autoridad competente encargada de su regulación. Estas aguas pueden ser clasificadas como de contacto primario o secundario(62).

- **Parámetros fisicoquímicos**

**Tabla N° 4** Parámetros fisicoquímicos para aguas destinadas a la recreación según la autoridad nacional del agua.

<b>Aguas superficiales destinadas para recreación</b>				
<b>Parámetros fisicoquímicos</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Und</b>	<b>Contacto primario</b>	<b>Contacto secundario</b>
	Aceites y grasas	mg/L	Ausencia de película visible	**
	Cianuro libre	mg/L	0.022	0.022
	Cianuro wad	mg/L	0.08	**
	Color	Color verdadero escala Pt/Co	Sin cambio normal	Sin cambio normal
	Detergentes	mg/L	0.5	Ausencia de espuma persistente
	Materiales flotantes	mg/L	Ausencia de material flotante	Ausencia de material flotante
	Nitratos ( $\text{NO}_3^-$ )	mg/L	10	**
	Nitritos ( $\text{NO}_2^-$ )	mg/L	1	**
	olor	Factor de dilución 25° c	Aceptable	**
	Potencial de hidrogeno	Unidad de pH	6,0 a 9,0	**
	Sulfuros	mg/L	0,05	**
	Turbiedad	UNT	100	**
<b>Parámetros Inorgánicos</b>	Aluminio	mg/L	0,2	**
	Antimonio	mg/L	0,006	**
	Arsénico	mg/L	0,01	**
	Bario	mg/L	0,7	**
	Berilio	mg/L	0,04	**
	Boro	mg/L	0,5	**
	Cadmio	mg/L	0,01	**
	Cobre	mg/L	2	**
	Cromo total	mg/L	0,05	**
	Cromo VI	mg/L	0,05	**

Hierro	mg/L	0,3	**
Manganeso	mg/L	0,1	**
Mercurio	mg/L	0,001	**
Níquel	mg/L	0.02	**
Plata	mg/L	0,01	0,05
Plomo	mg/L	0,01	**
Selenio	mg/L	0,01	**
Uranio	mg/L	0,02	0,02
Vanadio	mg/L	0,1	0,1
Zinc	mg/L	3	**

El símbolo \*\* significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.

*\*Contaminantes orgánicos persistentes.*

*\*\* Para esta subcategoría, se considerará que el parámetro no es relevante, excepto en situaciones específicas que determine la Autoridad competente.*

*Nota: Tomado de Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM (62).*

- **Parámetro microbiológico**

**Tabla N° 5** Parámetro microbiológico para aguas destinadas a la recreación según la autoridad Nacional de agua.

Bacterias	Unidad	A1	A2	Contacto primario
<b><i>Coliformes termo tolerantes</i></b>	NMP/100mL	0	2000	200
<b><i>Coliformes totales</i></b>	NMP/100mL	50	3000	1000
<b><i>Enterococos fecales</i></b>	NMP/100mL	0	0	200
<b><i>Escherichia coli</i></b>	NMP/100mL	0	0	Ausencia
<b><i>Salmonella</i></b>	-	0	Ausencia	0

*NMP/100mL Numero más probable en 100mL.*

*Nota: Tomado de Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM (62).*

### **2.11.3 Contaminación de aguas termales.**

Los indicadores de contaminación en cuerpos hídricos constituyen herramientas fundamentales para evaluar la calidad del agua, mediante el análisis de los valores máximos permisibles establecidos por normativas locales e internacionales. Estos análisis permiten identificar relaciones directas entre las concentraciones de parámetros fisicoquímicos presentes en las muestras y las fuentes de contaminación que inciden sobre los cuerpos de agua, lo que resulta esencial para determinar su aptitud para usos consuntivos (como el

consumo humano o el riego) y no consuntivos (como la recreación o la conservación ecológica)(63).

Los patógenos fecales son la principal amenaza para la inocuidad microbiológica del agua, ya que su presencia puede variar bruscamente y causar brotes de enfermedades. Dado que muchas personas pueden verse afectadas antes de detectar la contaminación, no es suficiente con monitorear solo el producto final, incluso si se analiza con frecuencia (64).

#### -Contaminantes microbiológicos

- **Coliformes fecales:** Estos microorganismos actúan como indicadores biológicos de contaminación fecal en cuerpos de agua. Según las Guías de la Organización Mundial de la Salud (OMS), el valor recomendado para asegurar la inocuidad del agua es de 0 unidades formadoras de colonias (UFC) por cada 100 mL. La mayoría de los países evaluados adoptan este estándar dentro de sus normativas nacionales (64). Los coliformes termo tolerantes son bacterias capaces de fermentar lactosa a temperaturas de 44–45 °C, y entre ellas predomina *Escherichia coli*, considerada el mejor indicador de contaminación fecal. Este grupo se usa como indicador de calidad del agua en programas de monitoreo, ya que su presencia señala contaminación fecal (64).
- **Coliformes totales:** Las bacterias que conforman el grupo total de coliformes son bacilos gramnegativos no esporulados, capaces de fermentar la lactosa produciendo ácido y gas a una temperatura de 44,5 °C ± 0,2 °C en un periodo de 24 horas ± 2 horas(64).
- **Pseudomona aeruginosa:** es un bacilo gramnegativo aeróbico que produce pigmentos como piocianina y pioverdina. Puede causar infecciones principalmente en personas con heridas, quemaduras o sistemas inmunitarios debilitados, como pacientes con fibrosis quística. Es común en ambientes húmedos como piscinas, baños. La infección ocurre principalmente por contacto con tejidos vulnerables o instrumentos contaminados, mientras que la ingestión de agua no suele ser una vía significativa de infección(64).
- **Salmonella:** es un género de bacterias gramnegativas móviles de la familia *Enterobacteriaceae*, con amplia distribución en el ambiente. Estas bacterias pueden provocar infecciones gastrointestinales (salmonelosis), septicemia y fiebre tifoidea. Las formas no tifoideas suelen ser autolimitadas y se transmiten por alimentos contaminados o contacto con animales, mientras que las tifoideas, como *S. typhi* y *S. Paratyphi*, se propagan principalmente por agua o alimentos contaminados, siendo más graves y potencialmente mortales. La contaminación del agua suele originarse en aguas residuales humanas o animales(64).

- ***Shigella*:** es un género de bacterias gramnegativas que causa infecciones intestinales, como la disentería bacilar. Existen cuatro especies principales, siendo *S. dysenteriae* la más virulenta, afectan principalmente a niños menores de 10 años, especialmente en regiones con condiciones sanitarias deficientes. La transmisión ocurre principalmente por vía fecal-oral, a través del contacto directo, alimentos o agua contaminada. También pueden ser transmitidas por vectores mecánicos como las moscas. Las infecciones son comunes en lugares con alta densidad de población y poca higiene(64). .
- ***Staphylococcus aureus*:** es una bacteria grampositiva que forma parte de la flora normal de la piel y mucosas humanas, pero puede causar enfermedades cuando invade tejidos o produce toxinas. Provoca infecciones cutáneas, respiratorias, intestinales y del torrente sanguíneo, así como intoxicaciones alimentarias por enterotoxinas resistentes al calor, con síntomas rápidos como vómitos, diarrea y fiebre. Se transmite principalmente por contacto manual y por alimentos contaminados mal conservados, como ensaladas, aves o jamón. Aunque está presente en el ambiente, es más común en humanos, especialmente en la nariz y piel. Puede encontrarse en aguas recreativas y ocasionalmente en agua potable debido al contacto humano(64).

#### **2.11.4 Métodos estándares**

- **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**

Es una guía ampliamente utilizada alrededor del mundo para analizar la calidad del agua y las aguas residuales. Esta publicación incluye pautas y métodos estandarizados para la recolección, preservación y análisis del agua y residuos, que abarcan desde análisis físicos y químicos hasta la identificación de microorganismos y parásitos presentes en aguas y residuos. Como resultado, este manual es fundamental para analizar la calidad del agua potable, el agua tratada, el agua residual y el agua utilizada para procesos industriales. Su uso es esencial para analistas, investigadores y empresas que buscan mantener la seguridad de sus sistemas de agua y saneamiento, así como para los reguladores que necesitan establecer políticas y estándares de calidad relacionados con la evaluación del agua y los residuos (34).

- **American Public Health Association (APHA)**

Es una organización líder en el campo de la salud pública en Estados Unidos, cuyo objetivo principal es mejorar la calidad del agua potable y proteger a la población de los serios riesgos asociados con el agua contaminada. La APHA se especializa en establecer políticas y recomendaciones que promueven la mejora y el uso sostenible del agua, además de llevar a cabo investigaciones y programas educativos sobre la seguridad del agua para fomentar la

salud pública. La organización cuenta con una sección específica dedicada a la seguridad de la salud ambiental y la conservación del agua, lo que demuestra su compromiso en esta área (65).

- **American Water Works Association (AWWA)**

Es una organización profesional establecida en 1881, dedicada a mejorar el acceso y la calidad del agua potable a nivel mundial. Tiene más de 50,000 miembros globales, incluyendo proveedores de servicios de agua, reguladores y profesionales del sector. Su objetivo es avanzar en la industria del agua potable mediante la difusión de conocimientos y la cooperación entre sus miembros, además de aumentar la conciencia pública sobre los temas relacionados con el agua. La AWWA también establece y publica estándares en la industria para garantizar la seguridad y calidad del agua potable y organiza eventos y conferencias centradas en el tratamiento, distribución, saneamiento y gestión de aguas residuales (66).

- **Water Environment Federation (WEF)**

Es una entidad que se centra en la protección del entorno natural mediante la gestión responsable del agua. Esta organización se dedica a promover prácticas sostenibles e innovadoras en la administración del recurso hídrico y a impulsar la investigación en tecnologías relacionadas con el agua, asegurando así un tratamiento seguro y sostenible. WEF brinda apoyo a sus miembros mediante programas de educación y capacitación técnica, además de publicar información técnica y científica sobre temas vinculados al agua y el medio ambiente. Asimismo, WEF organiza conferencias y eventos que promueven el intercambio de conocimientos y la creación de redes de contactos para expertos en gestión del agua. En resumen, WEF se compromete a la preservación del agua y la protección ambiental a través de la promoción de prácticas sostenibles e innovadoras, la educación, la investigación y la colaboración (67).

- **Environmental Protection Agency (EPA).**

La EPA tiene como objetivo proteger la salud humana y el medio ambiente. Su esfuerzo se centra en garantizar que el aire, la tierra y el agua en Estados Unidos sean limpios, basándose en la información científica más actualizada para reducir los riesgos ambientales a nivel nacional. Además, la EPA supervisa y hace cumplir las leyes federales que protegen tanto la salud humana como el medio ambiente, integrando la gestión ambiental en las políticas nacionales relacionadas con los recursos naturales. Reconocen que el desarrollo económico está estrechamente vinculado a la energía, el transporte, la agricultura, la industria y el comercio internacional. Se aseguran de que todos los sectores de la sociedad tengan

acceso a información precisa y adecuada para manejar eficazmente los riesgos ambientales y de salud. También, la EPA responsabiliza a las partes potencialmente responsables de la limpieza de tierras contaminadas y sitios tóxicos, y revisa la seguridad de los productos químicos comercializados (68).

## 2.12 Definición de términos básicos

- **Atmiátrica:** Uso de aguas mineromedicinales en tratamientos mediante vapores e inhalaciones (13).
- **Aerosoles:** Dispositivos especiales que producen partículas muy pequeñas de vapor, de menos de 10 micras, utilizadas para inhalar aguas mineromedicinales (50).
- **Acetilcolina :** Las células marcapaso del corazón se unen al receptor muscarínico M2 debido a la liberación de la acetilcolina, que es un neurotransmisor producido por el nervio vago (69).
- **Balneario:** Institución sanitaria que proporciona tratamientos utilizando aguas mineromedicinales declaradas de utilidad pública, así como lodos aplicados mediante diversas técnicas hidrotermales específicas según prescripción médica (50).
- **Baño:** Método que implica la inmersión en aguas mineromedicinales durante un período específico y a una temperatura controlada (43).
- **Baño de vapor:** Uso de vapor en un ambiente confinado, que puede influir en todo el cuerpo o en áreas específicas (parcial) (43).
- **Balneación:** Uso externo de aguas mineromedicinales. Siendo la forma más representativa de utilizar estas aguas en tratamientos hidrotermales. Se realizan en bañeras, tanques, pequeñas tinas, piscinas, entre otros métodos (43).
- **Condrolisis:** La desaparición del cartílago articular ocurre debido a su lisis o degeneración, y generalmente se presenta en la articulación coxofemoral. Ese trastorno se caracteriza por dolor y rigidez (70).
- **Crenoterapia:** Terapia que utiliza las propiedades medicinales de aguas o barros particulares para tratar diversas afecciones (50).
- **Chorro a presión:** Técnica de hidroterapia que consiste en dirigir un chorro de agua a una temperatura y presión determinadas sobre el cuerpo a lo largo de unas vías predeterminadas (50).
- **Colerética :** Se refiere a la capacidad de ciertas aguas mineromedicinales para estimular la producción y liberación de bilis por el hígado (13).
- **Dispepsia :** Afección crónica caracterizada por una digestión difícil e incompleta.(37)



- **Endorfinas:** Es un péptido endógeno del cerebro y se vincula a las respuestas emocionales agradables, bloqueando la sensación de dolor (37)
- **Histamina :** Son ciertos tipos de células liberan aminas sencillas durante las reacciones inmunitarias, entre las que se incluyen las alergias(37)
- **Hidrología Médica:** Es el estudio de los efectos del agua sobre el organismo y su aplicación terapéutica (50).
- **Inhalaciones:** Método hidrotermal que consiste en la inhalación de vapor, ya sea puro o mezclado con otras sustancias de propiedades terapéuticas (50).
- **Interleucina:** Se trata de un conjunto de proteínas elaboradas tanto por los leucocitos como por otras células del cuerpo, conocidas como interleucinas. La producción de estas proteínas se produce principalmente en linfocitos B y macrófagos y permite la fabricación de citocinas por otras células inmunitarias, así como el crecimiento de linfocitos T(37)
- **Ion:** Se refiere a una partícula o átomo que obtiene una carga eléctrica al perder o ganar uno o más electrones (37).
- **Inmunoglobulina:** Se trata de una proteína producida por células B y células plasmáticas, que favorece el sistema inmunológico para combatir infecciones en el cuerpo (37).
- **Neuralgia:** Se trata de un dolor persistente que se extiende a lo largo de un nervio y sus ramificaciones, que por lo general no se acompaña de inflamación (37).
- **Placebo:** Se refiere a una sustancia que no posee efectos terapéuticos por sí misma, pero que puede causar una respuesta positiva en un enfermo, siempre y cuando este tenga convicción de las propiedades terapéuticas de dicha sustancia (37).
- **Prostaglandina:** Ácido graso poliinsaturado son compuestos naturales que se encuentran en diversos tejidos. Estos desempeñan una papel fundamental en la regulación de varios procesos fisiológicos como la circulación sanguínea y la reacción inflamatoria (37).
- **Psicotrópico:** Sustancia que modifica el funcionamiento cerebral y causa cambios en el estado de ánimo, la percepción, el pensamiento, las emociones o la conducta. Estas sustancias también son conocidas como psicotrópicas. También se les denomina sustancias psicoactivas (37).

- **Turbina:** Dispositivo diseñado para convertir la energía cinética o la presión de un fluido en un movimiento rotativo de una rueda de paletas (37).
- **Trofismo:** Movimiento de adaptación que presentan los organismos fijos en respuesta a un estímulo (37).
- **Queratoplásticos:** Son sustancias que estimulan la regeneración de la capa córnea y corrigen la queratinización defectuosa (71).
- **La pitiriasis versicolor:** Se trata de una infección micótica superficial que suele ser asintomática y recurrente. Esta afección provoca lesiones con cambios en la pigmentación de la piel, ya sea hiper o hipopigmentadas, principalmente localizadas en la parte superior del pecho y la espalda (72).
- **Vulcanismo:** Se refiere al conjunto de fenómenos y procesos vinculados con los volcanes y su actividad (37).

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y METODOLOGÍA

#### 3.1 Materiales

##### **3.1.1 *Materiales para el análisis fisicoquímico***

- Bolsas de papel Kraft.
- Lapiceros.
- Papel Aluminio.
- Bandejas plásticas.
- Cooler o caja térmica.
- Gel refrigerante (ice pack y/o hielo seco).
- Frascos de 1L de capacidad para análisis fisicoquímico.
- Envases de polipropileno y/o envases de vidrio.
- Mandil.
- Guantes de nitrilo o látex.
- Marcador.
- Cinta de embalaje.
- Etiquetas para rotulado.

#### **Equipos**

Los equipos utilizados fueron calibrados de acuerdo con sus respectivos manuales.

- Termostato electrónico hasta 80°C (BIOTRÓN)
- Fotómetro de emisión de llama (AA1NKARL SEIZZ)
- Espectrofotómetro de absorción atómica (AA1NKARL SEIZZ)
- PH metro (WTW pH320)
- Conductímetro (HANNA INSTRUMENTO)
- Nefelómetro (CAMSPEC M 105)
- Turbidímetro
- Colorímetro

#### **Reactivos y soluciones:**

- Preservantes químicos ( $\text{HNO}_3$ ).
- Soluciones de calibración y/o verificación.
- Soluciones de limpieza y mantenimiento de equipos.

### **3.1.2 Materiales para el análisis microbiológico**

Los equipos utilizados fueron calibrados de acuerdo con sus respectivos manuales

- Autoclave eléctrica
- Baño María
- Incubadora
- Refrigeradora
- Equipo filtración al vacío
- Estufa de esterilización
- Centrifuga
- Cabina de flujo laminar
- Cocina eléctrica

#### **Medios de cultivo:**

- Agar Baird Parker
- Agar cetrimide
- Agar EMB
- Agar S-S
- Agar SIM
- LIA
- Agar citrate Simmons
- Caldo Lactosa Lauril Sulfato
- Caldo verde brillante
- Caldo urea
- Caldo MIO
- Caldo BHI
- Agua peptonada

## **3.2 Metodología de la investigación**

### **3.2.1 Enfoque de la investigación**

La presente investigación tiene un enfoque cuantitativo porque los resultados se medirán utilizando datos numéricos de acuerdo con los resultados obtenidos del laboratorio(28).

### **3.2.2 Diseño de investigación**

El diseño de la investigación es no experimental, ya que no se realizó ninguna manipulación de las variables por parte del investigador.

### 3.2.3 Tipo de investigación

El tipo de estudio es descriptivo prospectivo porque la información sobre las características microbiológicas y fisicoquímicas se obtuvieron a medida que avanzó la investigación y se buscó analizar las posibles propiedades mineromedicinales por el resultado de la composición fisicoquímica más la revisión bibliográfica, y transversal porque se recopilaron los datos en un único momento en el tiempo de las aguas termales de Chaquella y Chimur.

## 3.3 Ubicación, tiempo y espacio

### 3.3.1 Ubicación de las fuentes termal

El estudio se realizó en las aguas termales de Chaquella que se encuentran localidad Pallpata de la provincia de Espinar y en las aguas termales Chimur que se encuentra en la provincia de Paucartambo departamento de Cusco.

**Tabla N° 6 :** Características demográficas de las aguas termales de Chaquella.

Aguas termales de Chaquella			
Chaquella	Ubicación	Departamento	Cusco
		Provincia	Espinar
		Distrito	Pallpata
		Lugar	La comunidad Chaquella.
	Datos geográficos	Altitud	4 095 msnm
		Latitud	14° 53' 26"
		Longitud	71° 12' 35"
	Datos climáticos	Temperatura	87°-98 °C

*Nota: Adaptado de Instituto Minero Metalúrgico (8).*

**Tabla N° 7:** Características demográficas de las aguas termales de Chimur.

Aguas termales de Chimur			
Chimur	Ubicación	Departamento	Cusco
		Provincia	Paucartambo
		Distrito	Chimur
		Lugar	La comunidad Chimur.
	Datos geográficos	Altitud	2 805 msnm
		Latitud	13° 01' 48"
		Longitud	71° 49' 53"
	Datos climáticos	Temperatura	65 °C

*Nota: Adaptado del Instituto Minero Metalúrgico (8).*

### **3.3.2 Tiempo de estudio**

El estudio se llevó a cabo en el mes de febrero del 2025.

### **3.3.3 Lugar de análisis**

La recolección de muestras se llevó a cabo en Chaquella–Espinar y Chimur- Paucartambo. Las pruebas fisicoquímicas se llevaron a cabo en el Laboratorio de ciencias naturales de Aguas Suelos, Minerales y medio ambiente (QUIMICALAB) ubicada en el departamento de Cusco. Por otro lado, las pruebas microbiológicas se realizaron en el laboratorio de microbiología de la Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.

## **3.4 Población y muestra**

### **3.4.1 Delimitación de la investigación**

**De las aguas termales en estudio:** La población está constituida por las aguas termales de Chaquella y Chimur del departamento de Cusco.

**De los usuarios:** El tamaño de la población está determinada por el número total de visitantes entre, ancianos, adultos, jóvenes varones y mujeres que visitan los complejos de las aguas termales de Chimur y Chaquella.

- La cantidad promedio de usuarios de las aguas termales de Chimur es de 57 personas.
- La cantidad promedio de usuarios de las aguas termales de Chaquella es de 77 personas.

### **3.4.2 Muestra**

**De las aguas termales:** El muestreo para cada una de las aguas termales será de tipo no probabilístico, para el análisis fisicoquímico y el análisis microbiológico se tomarán muestras en 3 puntos distintos, de la fuente principal, de la piscina y de la salida de cada fuente.

**Tabla N° 8:** Muestreo para el análisis fisicoquímico y microbiológico.

Muestreo para el análisis fisicoquímico			
Lugar	Fecha	Tipo de muestra	No Muestra
Chaquella	14-02-25	Fuente principal	Muestra 1
		Piscina	Muestra 2
		Salida	Muestra 3
Chimur	17-02-25	Fuente principal	Muestra 4
		Piscina	Muestra 5
		Salida	Muestra 6
Muestreo para el análisis microbiológico			
Chaquella	14-02-25	Piscina	Muestra 7
			Muestra 8
			Muestra 9
Chimur	17-02-25	Piscina	Muestra 10
			Muestra 11
			Muestra 12

*Nota: Elaboración propia.*

**De los usuarios:** Considerando que el promedio de la población que acuden a ambos baños termales en los 12 meses del año es pequeño, las muestras de usuarios fueron determinada por la formula estadística de muestreo finito.

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{e^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q}$$

**n**=Tamaño de muestra buscado.

**N**=Tamaño de la población o universo.

**Z**= parámetros estadísticos que depende el Nivel de confianza (NC).

**e**= Error de estimación máximo aceptado.

**p**= Probabilidad de que ocurra el evento estudiado(texto).

**q=(1-p)** =Probabilidad de que no ocurra el evento estudiado.

- **Tamaño de muestra para agua termales de Chaquella**

$$n = \frac{77 \cdot (1.96)^2 \cdot 0.5 \cdot 0.5}{(0.05)^2 \cdot (77 - 1) + (1.96)^2 \cdot 0.5 \cdot 0.5}$$

$$n = \frac{77 \cdot 3.8416 \cdot 0.25}{0.0025 \cdot 76 + 3.8416 \cdot 0.25} = \frac{73.9508}{1.1504} \approx 64.27$$

N	=	77
Z	=	1.96
e	=	0.05
p	=	0.50
q	=	0.50
n	=	<b>64.27</b>

-Muestra de usuarios de baños termales de Chaquella es 65 personas

- **Tamaño de muestreo para aguas termales Chimur**

$$n = \frac{57 \cdot (1.96)^2 \cdot 0.5 \cdot 0.5}{(0.05)^2 \cdot (57 - 1) + (1.96)^2 \cdot 0.5 \cdot 0.5}$$

$$n = \frac{57 \cdot 3.8416 \cdot 0.25}{0.0025 \cdot 56 + 3.8416 \cdot 0.25} = \frac{54.7428}{1.1004} \approx 49.74$$

N	=	57
Z	=	1.96
e	=	0.05
p	=	0.50
q	=	0.50
n	=	<b>49.74</b>

-Muestra de usuarios de baños termales de Chimur es 50 personas.



**Tabla N° 9:** Población de las aguas termales de Chaquella y Chimur.

Agua termal	N: Tamaño de la población		Tamaño de la muestra
	Febrero		
	Visitantes/Mensual		
Agua mineromedicinal de Chaquella	77		65
Agua mineromedicinal de Chimur	57		50

*Nota: Elaboración propia a partir de la Municipalidad de Espinar y Municipalidad de Paucartambo.*

### 3.4.3 Criterios de inclusión y exclusión de la muestra

- **Criterios de inclusión**

**Aguas termales:** Son muestras recolectadas de las aguas termales de Chimur y Chaquella según los métodos normalizados de Asociación “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (SMEWW)”, “American Public Health Association (APHA)”, “American Water Works Association (AWWA)”, “Federación del Medio Ambiente del Agua (WEF)” y La Agencia de Protección Ambiental (EPA). Para el análisis fisicoquímico de las fuentes principales de las aguas termales.

**De los usuarios:**

- Varones y mujeres mayores de edad, que utilizaron las aguas termales estudiadas.
- Varones y mujeres que aceptaron participar en la investigación.
- Varones y mujeres que firmaron el consentimiento informado.

- **Criterios de exclusión**

**Aguas termales:** Muestras que no cumplieron la recolección según los métodos normalizados APHA, WEF, AWWA, EPA y SMEWW y muestras contaminadas.

**De los usuarios:** Personas que no quisieron participar de la investigación y personas menores de 18 años.

### 3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica utilizada será la observación y los instrumentos son los formatos de recolección de datos fisicoquímicos y microbiológicos así también la encuesta para los usuarios.

**Tabla N° 10:** Instrumentos de recolección de datos para los análisis fisicoquímicos y microbiológico.

<b>Técnicas</b>	<b>Instrumentos</b>
<b>Para la caracterización fisicoquímica.</b> <b>-Observacional</b>	<p>Se utilizó diversos instrumentos: Se empleo el PH metro (WTW PH320) para medir el pH, se sumergió el potenciómetro en un vaso estéril dentro del agua y realizó la medición. Para medir la turbidez, se utilizó un nefelómetro (CASMSPEC M 105) donde se colocó 10mL de agua destilada en uno de los recipientes del turbímetro y se lecturo, después se sustituyó por 10mL de muestra en el recipiente del turbidímetro y se leyó. La conductividad se midió con el conductímetro (HANN INSTRUMENTRO) se sumergió en un vaso estéril dentro del agua y se realizó la medición. Para la determinación del color se comparó la muestra con soluciones patrón de cloruro de cobalto y cloro platino, midiendo la absorbancia a 440 nm en un espectrofotómetro y se expresó la intensidad del color en miligramos de platino por litro. Para la evaluación de olor y sabor se tomó en un erlenmeyer 200 mL de muestra, se tapó, agito y se destapó procediendo a oler y saborear, este método se realizó con 2 experimentadores con conocimiento de agudeza. La temperatura se midió sumergiendo un termómetro en el centro de la fuente de agua termal durante 10 minutos la lectura se tomó sin sacar el termómetro. Por último, el análisis químico se realizó en el laboratorio de QUIMICA LAB para lo cual se utilizó un formato para la caracterización fisicoquímica de aguas termales y los datos obtenidos se llenaron en ese mismo formato. (ANEXO 1).</p>
<b>Para la caracterización microbiológica</b> <b>-Observacional</b>	<p>Se utilizó un formato de caracterización microbiológica y se analizó en el laboratorio de microbiología de la UNSAAC la cantidad de los <i>Coliformes totales</i>, <i>Escherichia Coli</i>, <i>Pseudomona aeruginosa</i>, <i>Staphylococcus aureus</i>, <i>Salmonella</i>, hongos y levaduras. (ANEXO N°2)</p>
<b>Para las propiedades medicinales.</b> <b>-Encuesta</b>	<p><b>Según su composición química</b></p> <p>Se determinó las probables propiedades medicinales de las aguas termales en función a los resultados obtenidos en correlación únicamente de su composición fisicoquímica concretamente la presencia de carbonatos, bicarbonatos, sulfatos, cloruros, calcio,</p>

---

magnesio, sodio, potasio, carbonato, hierro, aluminio, boro, azufre, cobre, zinc, manganeso, silicio y plomo. Además, se revisó la bibliografía existente para corroborar las probables propiedades medicinales.

**Para determinar las prácticas usadas de las aguas termales por los usuarios.**

El instrumento empleado fue un cuestionario sencillo que recabará información sociodemográfica y acerca de las prácticas utilizadas por los usuarios de las aguas termales las cuales se detallan en el (ANEXO 10).

---

*Nota: Elaboración propia.*

- **Validación de instrumento**

A partir de las valoraciones asignadas por los expertos a cada una de las preguntas contenidas en el cuestionario de calificación de uso de aguas termales de Chaquella-Espinar y Chimur Paucartambo ubicados en el departamento del Cusco (Ver anexo 12) ,se calculó el coeficiente de validez de contenido, el cual permitió estimar la validez y la concordancia de los jueces respecto a cada pregunta y al instrumento en términos generales (73).

El cálculo del coeficiente de validez de contenido total ( $CVC_T$ ), se realizó utilizando la siguiente fórmula:

$$CVC_T = \frac{\sum_1^n CVC_{ic}}{N}$$

**Donde:**

- $CVC_T$ : Coeficiente de validez de contenido total.
- $\sum_1^n CVC_{ic}$ : Coeficiente de validez de contenido corregido para cada ítem.
- $N$ : Número total de preguntas.

A su vez, el coeficiente de validez de contenido corregido para cada ítem se calculó de la siguiente manera:

$$CVC_{ic} = \frac{M_x}{V_{m\acute{a}x}} - P_{ei}$$

**Donde:**

- $M_x$ : Media de la puntuación asignada por los jueces a cada ítem.

- $V_{m\acute{a}x}$ : Puntaje máximo que se puede asignar a cada ítem.
- $P_{ei}$  Probabilidad de concordancia aleatoria entre jueces  $\left(P_{ei} = \left(\frac{1}{j}\right)^j\right)$
- $j$ : Número de jueces participantes.

La interpretación del valor obtenido para el coeficiente de validez de contenido total se realizó en función a la siguiente tabla:

**Tabla 4.3: Interpretación del coeficiente de validez de contenido total**

$CVC_T$	Interpretación
$CVC_T < 0.60$	Validez y concordancia inaceptables
$0.60 \leq CVC_T < 0.70$	Validez y concordancia deficientes
$0.70 \leq CVC_T < 0.80$	Validez y concordancia aceptables
$0.80 \leq CVC_T < 0.90$	Validez y concordancia buenas
$0.90 \leq CVC_T$	Validez y concordancia excelentes

*Nota. Tomado de Hernández (2011) (73)*

Por tanto, el coeficiente de validez del contenido total obtenido para la lista de cotejo para verificar el uso de aguas termales de Chaquella-Espinar y Chimur-Paucartambo ubicado en el departamento de Cusco fue de  $CVC_T = 0.85$ . esto significa que dicho instrumento posee “validez y concordancia buenas” ver anexo 12.(73).

### 3.6 Técnicas de procesamiento de datos y análisis estadístico

En el presente estudio, se utilizó la técnica de la encuesta, el instrumento un cuestionario que fue sometido a juicio de 3 expertos conocedores del tema para validar el instrumento. Se les informo sobre la investigación a los usuarios y se les dio un consentimiento informado para conocer si participaban o no en la investigación, posteriormente se aplicó el cuestionario a los usuarios de los balnearios de Chaquella y Chimur .Además, se utilizó el software SPSS v.26.0 para el análisis estadístico de los datos.

### 3.7 Identificación y Operacionalización de variables

- **Variable I:** Características fisicoquímicas y microbiológicas de las aguas termales de Chaquella y Chimur.
- **Variable II:** Probables propiedades medicinales según su composición fisicoquímica.

#### 3.7.1 Definición de las variables implicadas

- **Características del parámetro fisicoquímico de las aguas termales de Chaquella y Chimur**

**Definición conceptual:** Son aquellas características que se relacionan con la composición y la estructura de una sustancia. Estas propiedades pueden ser evaluadas a través de procedimientos físicos y químicos, y su importancia radica en su capacidad para proporcionar información valiosa sobre las propiedades intrínsecas de la sustancia en cuestión(42).

**Definición operacional:** Se utilizó métodos normalizados de análisis. La toma de muestra se realizó en la fuente principal del agua termal de Chaquella y Chimur. Siguiendo los metodos normalizados de Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA), Water Environment Federation (WEF) y Environmental Protection Agency (EPA).

#### Expresión final:

- Cumple con los parámetros fisicoquímicos
- No cumple con los parámetros fisicoquímicos

**Indicadores:** Color, olor, sabor, volumen, temperatura, alcalinidad, pH, turbidez.

- Cantidad de Carbonato de calcio, litio, sodio, potasio, cadmio, plomo, hierro, zinc, bicarbonato, nitrato, carbonato sulfato.

- **Características del parámetro microbiológico de las aguas termales de Chaquella y Chimur**

**Definición conceptual:** Es la identificación de indicadores de contaminación de las aguas termales de Chaquella y Chimur que nos indica la calidad de aguas termales (28).

**Definición operacional:** Se realizó un examen microbiológico a través de métodos normalizados, el cual determino bacterias de control sanitario.

#### Expresión final:

- Si cumple control microbiológico
- No cumple con el control microbiológico

**Indicadores:** Coliformes totales, *Coliformes fecales*, *Escherichia coli*, *Pseudomona aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella spp* y *shiguella*, mohos y levaduras.

### **3.7.2 Propiedades medicinales**

#### **-Según su composición química**

**Definición conceptual:** Se refiere a los posibles efectos terapéuticos de estas aguas de origen volcánico o geotérmico que han sido utilizadas con propósitos médicos y terapéuticos desde hace siglos. Estas aguas contienen diversos minerales, elementos y compuestos orgánicos que se han relacionado con propiedades curativas(28).

**Definición operacional:** Se determinó en base a su clasificación fisicoquímica de agua termal y revisión bibliográfica existente.

#### **Expresión final:**

- Si presenta propiedades terapéuticas.
- No presenta propiedades terapéuticas.

**Indicadores:** Cantidad de Carbonatos, bicarbonatos, sulfatos, cloruros, calcio, magnesio, sodio, potasio, carbonato, hierro, aluminio, boro, azufre, cobre, zinc, manganeso, silicio, plomo y temperatura.

### **3.7.3 Descripción de las prácticas de los usuarios (variable no implicada en la investigación).**

**Definición conceptual:** Es la estimación de la facultad que desarrollan los que utilizan las fuentes termales en estudio.

**Definición operacional:** Proceso a través de un cuestionario.

#### **Expresión final:**

- Razón por la que usa y como se usa las aguas termales.

**Indicadores:** Lugar de procedencia, edad, sexo, ocupación, ¿Para qué problemas utiliza las aguas termales?, ¿Por qué utiliza las aguas termales?, ¿Cómo utiliza las aguas termales?,¿Con que frecuencia utiliza las aguas termales?,¿Alguna vez presento algún problema de salud al utilizar estas aguas termales, si la respuesta es SI que síntomas presento?, ¿cómo se enteró de la existencia de este lugar? Según los usuarios.

### 3.7.4 Identificación y operacionalización de variables:

**Tabla N° 11** :Operacionalización de la variable I -Características microbiológicas, fisicoquímicas y composición química.

VARIABLE I: CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS, CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS Y COMPOSICIÓN QUÍMICA						
Variables: Implicadas	Parámetros	Definición conceptual	Definición operacional	Instrumento	Unidad de medida	Expresión final
Características microbiológica s de las aguas termales de Chaquilla y Chimur.	<b>Coliformes totales E. coli</b>	Bacilos Gram (-) considerados indicadores de contaminación.	Consta de 3 pruebas: Caldo CLSS Prueba confirmativa: coliformes totales se sembró en caldo de lactosa Prueba confirmativa: coliformes fecales se sembró en caldo EC Prueba complementaria: (E.Coli) se sembró a los tubos en agar EMB.	Método del número más probable (NMP).	-Naturaleza: cualitativa -Medición: directa.	NMP/100 mL
	<b>Pseudomona aeruginosa</b>	Bacteria Gram (-) anaerobia facultativa, es indicador de	La muestra en membrana poli carbonatada 0.45 um se sembró el filtrado en agar Cetrimide.	Método de filtración sobre membrana con agar Cetrimide.	-Naturaleza: cuantitativa -Medición: directa.	Ausencia/100 mL

		contaminación fecal.	Con otra colonia se procedió a aislar para identificar coloración gram y pruebas bioquímicas con TSI, SIM, UREA, CITRATO y LIA .			
	<b><i>Staphylococcus aureus</i></b>	Bacteria Gram (+) que indica riesgo a altas temperaturas produciendo toxinas, esta bacteria es indicador de contaminación fecal.	La muestra en membrana poli carbonatada 0.45 um se sembró en agar sangre para identificar la presencia de fluorescencia se sembró en agar cetirimide, se observó la presencia de color fucsia o rosado intenso. Con otra colonia caracterizada se aisló e identificó la prueba coagulasa.	Método de filtración sobre membrana.	-Naturaleza: cuantitativa -Medición: directa.	Ausencia/100 mL



	<b>Salmonella spp y Shiguella</b>	Bacilo Gram (-) es indicador de contaminación.	La muestra se filtró en membrana poli carbonatada 0.45 um y se sembró el filtrado en agar S-S.	Método de filtración sobre membrana con agar S-S	-Naturaleza: cuantitativa -Medición: directa.	Ausencia/100 mL
	<b>Mohos y levaduras</b>	Son un tipo de hongos aerobios que en altas concentraciones llegan a ser dañinos al producir micosis profundas y superficiales.	Se tomó 1mL de muestra homogenizada y se diluyó progresivamente con 9mL de agua destilada y se incubó 22°C x 7 días luego se procedió a identificar.	Recuento de mohos y levaduras.	-Naturaleza: cuantitativa -Medición: directa.	UFC/mL
<b>Características fisicoquímicas de las aguas termales de Chaquella y Chimur.</b>	<b>Color</b>	Son aquellas características que se relacionan con la composición y la estructura de una sustancia.	Se utilizó métodos normalizados de análisis. La toma de muestra se realizó en la fuente principal, en la piscina y a la salida del agua termal de Chaquella y Chimur.	Espectrofotómetro visible	Transparente/azulada. -Marrones. rojizas. -Verde	UC (unidad de color)
	<b>Olor</b>	Estas propiedades	Siguiendo los metodos	-Azufre. -Metálico	-Naturaleza: cualitativa	Aceptable, No aceptable

		pueden ser evaluadas a través de procedimientos físicos y químicos.	normalizados de Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA), Water Environment Federation (WEF) y Environmental Protection Agency (EPA).	-Terroso(silice) -Suigéneris	-Medición: directa.	
	<b>Sabor</b>			-Salado -Amargo -Metálico	-Naturaleza: cualitativa -Medición: directa.	Agradable, Desagradable
	<b>Depósitos</b>			Método químico	-Naturaleza: cualitativa -Medición: directa.	Presencia o ausencia de carbonato y hierro
	<b>Temperatura</b>			Termómetro	-Naturaleza: cuantitativa -Medición: directa.	°C
	<b>pH</b>			pH metro	-Naturaleza: cuantitativa -Medición: directa.	pH
	<b>Conductividad iónica</b>			Conductímetro	-Naturaleza: cuantitativa -Medición: directa.	uS/cm
	<b>Turbidez</b>			Nefelómetro	Naturaleza: cuantitativa -Medición: directa.	UNT
<b>Composición química</b>	<b>Alcalinidad</b>	Son aquellas características que se	Se utilizó métodos normalizados de análisis. La toma de	Método volumétrico	-Naturaleza: cuantitativa -Medición: directa.	CaCO <sub>3</sub> mg /L

	<b>Dureza total y cálcica y magnésica.</b>	relacionan con la composición y la estructura de una sustancia.	muestra se realizó en la fuente principal del agua termal de Chaquella y Chimur. Siguiendo los metodos normalizados de Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA), Water Environment Federation (WEF) y Environmental Protection Agency (EPA).	Método volumétrico	-Naturaleza: cuantitativa -Medición: directa.	CaCO <sub>3</sub> mg /L
	<b>Potencial redox.</b>	Estas propiedades pueden		Potenciómetro	-Naturaleza: cuantitativa -Medición: directa.	(mV)
	<b>Cantidad de litio, sodio, potasio.</b>	evaluarse mediante métodos físicos		Fotómetro de emulsión de llama	-Naturaleza: cuantitativa -Medición: directa.	Li mg /L Na mg/L K mg /L
	<b>Cantidad de cadmio, plomo y mercurio.</b>	y químicos, y su importancia reside en su capacidad para		Polarografía de onda cuadrada	-Naturaleza: cuantitativa -Medición: directa.	Cd mg /L Pb mg /L Hg mg /L
	<b>Cantidad de Zinc.</b>	brindar información valiosa sobre las propiedades		Espectrofotómetro de absorción atómica	-Naturaleza: cuantitativa -Medición: directa.	Zn mg /L
	<b>Cantidad de cromo y hierro.</b>	intrínsecas de la sustancia en cuestión.		Espectrofotómetro visible	-Naturaleza: cuantitativa -Medición: directa.	Cr mg /L Fe mg /L

	<b>Cantidad de fluoruro, nitrato, fosfato.</b>			Espectrofotómetro visible	-Naturaleza: cuantitativa -Medición: directa.	F mg /L NO <sub>4</sub> <sup>3</sup> mg/ L PO <sub>4</sub> <sup>3</sup> mg/L
	<b>Cantidad de cloruros bromuros y yoduros.</b>			Método volumétrico	-Naturaleza: cuantitativa -Medición: directa.	Cr mg /L Br mg /L
	<b>Cantidad de sulfatos.</b>			Método gravimétrico	-Naturaleza: cuantitativa -Medición: directa.	SO <sub>4</sub> <sup>+</sup> mg/L

*Nota: Elaboración propia.*

**Tabla N° 12:** Operacionalización de la variable II-Propiedades medicinales según a su composición química.

<b>VARIABLE II: PROBABLES PROPIEDADES MEDICINALES SEGÚN SU COMPOSICIÓN QUÍMICA</b>						
<b>Variable implicada</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Definición operacional</b>	<b>Instrumento</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Expresión final</b>
<b>Según su composición química</b> Se refieren a los efectos terapéuticos de estas aguas de origen volcánico o geotérmico que han sido utilizadas con propósitos médicos y terapéuticos desde hace siglos. Estas aguas contienen diversos minerales, elementos y compuestos orgánicos que se han relacionado con	<b>Bicarbonatos más de 1g/L (<math>\text{HCO}_3^-</math>)</b>	Sustancias mineralizantes suelen contener una combinación de iones como el bicarbonato, el calcio, el magnesio, el sodio y el cloruro, entre otros.	Se determinó en base a su composición química de agua termal y revisión bibliográfica existente.	Revisión bibliográfica – Antiácidos – Laxantes – Dispepsias – Afecciones gástricas – dispepsias – Colecistopatías y litiasis biliar – Afecciones biliares y litiasis.	-Naturaleza: cuantitativa -Medición: directa. -Escala: Razón	mg ( $\text{HCO}_3^-$ ) /L
	<b>Cloruros más de 1g/L (<math>\text{Cl}^-</math>)</b>	Son sustancias mineralizantes suelen contener una proporción similar de iones cloruro y sodio.		– Tónicas – Estimulantes – Queratoplasticos – Rinitis y laringitis crónicas – Dispepsias, hipoclorhidria y – Estreñimiento	-Naturaleza: cuantitativa -Medición: directa. -Escala: Razón	mg ( $\text{Cl}^-$ )/L

propiedades curativas.				<ul style="list-style-type: none"> <li>– Alteraciones hepatobiliares</li> <li>– Afecciones de la piel</li> <li>– Gota</li> </ul>		
	<b>Sulfatadas más de 1g/L (SO<sub>4</sub><sup>=</sup>)</b>	Son sustancias mineralizantes que predominan los aniones sulfato.		<ul style="list-style-type: none"> <li>– Descongestionantes</li> <li>– Purgantes</li> <li>– Colagogas</li> <li>– Estimulantes del peristaltismo</li> <li>– Laxante</li> <li>– Diuréticas</li> <li>– Antiinflamatorias</li> <li>– Antidispesicas</li> <li>– Estreñimiento</li> <li>– Gotas</li> </ul>	-Naturaleza: cuantitativa -Medición: directa. -Escala: Razón	mg SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> /L
	<b>Sulfuradas más de 1g/L (H<sub>2</sub>S)</b>	La característica principal de las aguas sulfurosas es la presencia de		<ul style="list-style-type: none"> <li>– Queratoplasticos</li> <li>– Antiinflamatorias</li> <li>– Bactericidas</li> <li>– Antifúngicas</li> <li>– Antipruriginosas</li> </ul>	-Naturaleza: cuantitativa -Medición: directa. -Escala: Razón	mg H <sub>2</sub> S /L

		sulfuro de hidrógeno (H <sub>2</sub> S)		<ul style="list-style-type: none"> <li>– Antiespasmódicos</li> <li>– Alteraciones metabólicas</li> </ul>		
	<b>Cantidad de hierro más de 2 mg/L</b>	La característica distintiva de estas aguas es su contenido de hierro		<ul style="list-style-type: none"> <li>– Anti anémicos</li> <li>– Dispepsias con hiposecreción</li> <li>– Afecciones cutáneas</li> <li>– Afecciones ginecológicas</li> <li>– Reumatismo</li> </ul>	-Naturaleza: cuantitativa -Medición: directa. -Escala: Razón	mg Fe /L
	<b>Cantidad entre 50 y 100 mg/L. sodio, potasio</b>			<ul style="list-style-type: none"> <li>– Psoriasis</li> <li>– Laxante</li> <li>– Hepatoprotector</li> <li>– Litiasis biliar</li> <li>– Colecistopatías</li> </ul>	-Naturaleza: cuantitativa -Medición: directa. -Escala: Razón	mgNa/L mg K/L

*Nota: Adaptado a partir de vademécum de aguas mineromedicinales de Galicia 2017 y Cuchurrumi Porroa (14)(28).*

### 3.7.5 Variable no implicada en la investigación

**Tabla N° 13:** Variable no implicada en la investigación (Prácticas utilizadas por los usuarios de las aguas termales)

<b>Variables no implicadas</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Naturaleza</b>	<b>Forma de medir</b>	<b>Escala</b>	<b>P. de medición</b>	<b>Expresión Final</b>
<b>Características sociodemográficas</b>	Origen de nacimiento del encuestado.	Lugar de procedencia	Cuantitativa	Directa	Nominal	Encuesta	Lugareño
	Número de años que ha vivido una persona.	Edad			Razón		Años
	Condición orgánica que distinguen varones y mujeres.	Sexo			Nominal		Masculino Femenino
	Trabajo labor y quehacer	Ocupación					Trabajo
<b>Uso de usuarios</b>	Comprensión de conocimiento del uso terapéutico de agua termales.	1- ¿Para qué problemas utiliza las aguas termales?	Cuantitativa	Directa	Nominal	Encuesta	a) Problemas gástricos b) Problemas reumáticos c) Problemas dermatológicos (alergias, heridas, cicatrizar etc.) d) Otros -----
	Acción de beneficio de aguas termales	2- ¿Por qué utiliza las aguas termales?	Cuantitativa	Directa	Nominal	Encuesta	a) Recreación b) Salud



							c) Otros .....
	Comprensión de usos de aguas termales.	3- ¿Cómo utiliza las aguas termales?	Cuantitativa	Directa	Nominal	Encuesta	a) En baños b) En duchas c) Otros..... ...
	Cantidad del evento que ocurre en un periodo específico.	4) ¿Con qué frecuencia utiliza las aguas termales?	Cuantitativa	Directa	Nominal	Encuesta	a) 1 vez al año. b) 2 a 5 veces al año. c) 5 a más veces al año.
	Respuesta nociva o no intencionada que ocurre tras la administración de un medicamento o tratamiento	5) alguna vez presento algún problema de salud al utilizar estas aguas termales, si la respuesta es SI que síntomas presento.	Cuantitativa	Directa	Nominal	Encuesta	a) Si b) No c) ..... ..... ...
	Existencia de un lugar mediante un medio de información.	6) ¿Cómo se enteró de la existencia de este lugar?	Cuantitativa	Directa	Nominal	Encuesta	a) Internet (Tik Tok, YouTube, Facebook, Instagram). b) Por medio de amigos y familiares. c) A través de la radio.

*Nota: Elaboración propia.*

### 3.8 Métodos para la determinación para el análisis fisicoquímico

#### 3.8.1 Para el análisis de cationes

De acuerdo con criterios de calidad de aguas termales se tomarán los siguientes parámetros para el análisis.

**Tabla N° 14:** Métodos para análisis de cationes.

Parámetro	Método
<b>Metales</b>	EPA Method 200.8 Rev. 5.4.1994. Determination of trace.
<b>Totales</b>	elements in waters and wastes by Inductively Coupled Plasma- Mass
<b>Por ICP- MS</b>	Spectrometry.

*Nota: Adaptado de Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales APHA-AWWA-WPCF (74).*

#### 3.8.2 Para el análisis de aniones

Métodos realizados para el análisis de aniones y gases en la fuente termal de Chaquella y Chimur.

**Tabla N° 15:** Métodos para análisis de aniones.

Parámetro	Método	Unidad
<b>Carbonatos</b>	SMEWW-APHA-AWWA-WEF. 23 rd. Ed. 2017. Part-2320 B. Alkalinity. Titration Method.	mg CO <sub>3</sub> <sup>=</sup> /L
<b>Bicarbonatos</b>	SMEWW-APHA-AWWA-WEF. 23 rd. Ed. 2017. Part-2320 B. Alkalinity. Titration Method.	mg CO <sub>3</sub> <sup>=</sup> /L
<b>Cloruro</b>	EPA METHOD 300.1 Rev.1.0 1997. Determination of Inorganic Anions in Drinking Water by Ion Chromatography	mg/L
<b>Sulfato</b>	EPA METHOD 300.1 Rev.1.0 1997. Determination of Inorganic Anions in Drinking Water by Ion Chromatography	mg/L
<b>Nitrato</b>	EPA METHOD 300.1 Rev.1.0 1997. Determination of Inorganic Anions in Drinking Water by Ion Chromatography	mg/L
<b>Fosfatos</b>	EPA METHOD 300.1 Rev.1.0 1997. Determination of Inorganic Anions in Drinking Water by Ion Chromatography	mg/L

*Fuente: SMEWW-APHA-AWWA-WEF. 23 rd. Ed. 2017 Part, EPA METHOD 300.1 Rev.1.0 1997. (74)*

- **Para análisis fisicoquímicos**

**Tabla N° 16:** Métodos y análisis que se utilizan para la identificación de las propiedades fisicoquímicas.

<b>Parámetro</b>	<b>Método</b>	<b>Unidad</b>	<b>Análisis</b>
<b>Sabor</b>	Organoléptico	-	In situ
<b>Olor</b>	Organoléptico	-	In situ
<b>Color</b>	Organoléptico	-	In situ
<b>Temperatura</b>	SMEWW-APHA-AWWA-WEF. 23 rd. Ed. 2017. Part 2550  B. Temperature. Laboratory and Field Methods.	°C	In situ
<b>pH</b>	SMEWW APHA- AWWA- WEF 23 rd. Ed. 2017. Part-4500-  H+ B. pH value. Electrometric Method.	pH	In situ
<b>Conductividad</b>	SMEWW APHA- AWWA- WEF 23 rd. Ed. 2017. Part 2510  B. Conductivity Laboratory Method.	µS/cm (*)	In situ
<b>Turbidez</b>	SMEWW-APHA-AWWA-WEF. 23 rd. Ed. 2017. Part-2130  B. Turbidity. Nephelometric Method.	UNT	In situ
<b>Dureza</b>	SMEWW-APHA-AWWA-WEF. 23 rd. Ed.2017. Part-2340  C. Hardness. EDTA Titrimetric Method	mg CaCO3/L	QUIMICA LAB.
<b>Alcalinidad</b>	SMEWW-APHA-AWWA-WEF. 23 rd. Ed. 2017. Part-2320  B. Alkalinity. Titration Method.	mg CaCO3/L	QUIMICA LAB.

\* 1 µS/cm = 1 µmho/cm (SMEWW - 23 rd. Ed. 2017. Part 2510 B. Conductivity (75))

*Nota : Tomado de Arizapana en su estudio Determinación fisicoquímica y potenciales propiedades medicinales del agua termal de Yauli, Junín (1).*

### 3.9 Métodos para la determinación para el análisis microbiológico

Tabla N° 17: Métodos de determinación de análisis microbiológico.

Bacteria	Métodos	Expresión de cuantificación	Unidades
<b>Coliformes totales</b>	Método de	Directamente de la	200 NMP
<b>Coliformes fecales</b>	número más	tabla para el cálculo de	/100mL
<b>E coli</b>	probable (NMP) 9221A	NMP Colonias oscuras con brillo verde metálico.	
<b>Pseudomona aeruginosa</b>	Método de filtración sobre membrana.	Colonias azuladas color verde	Ausencia /100mL
<b>Staphylococcus aureus</b>	Método de filtración sobre membrana.	Las colonias típicas, negras brillantes, rodeadas de un halo opaco	Ausencia /100mL
<b>Salmonella</b>	Método de filtración sobre membrana.	Salmonella incolora, generalmente con centro de color negro.	Ausencia /100mL
<b>Mohos y levadura</b>	Método de número total de colonias en placa.	UFC/mL	UFC/mL

Nota: Tomado a partir de Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM (63).

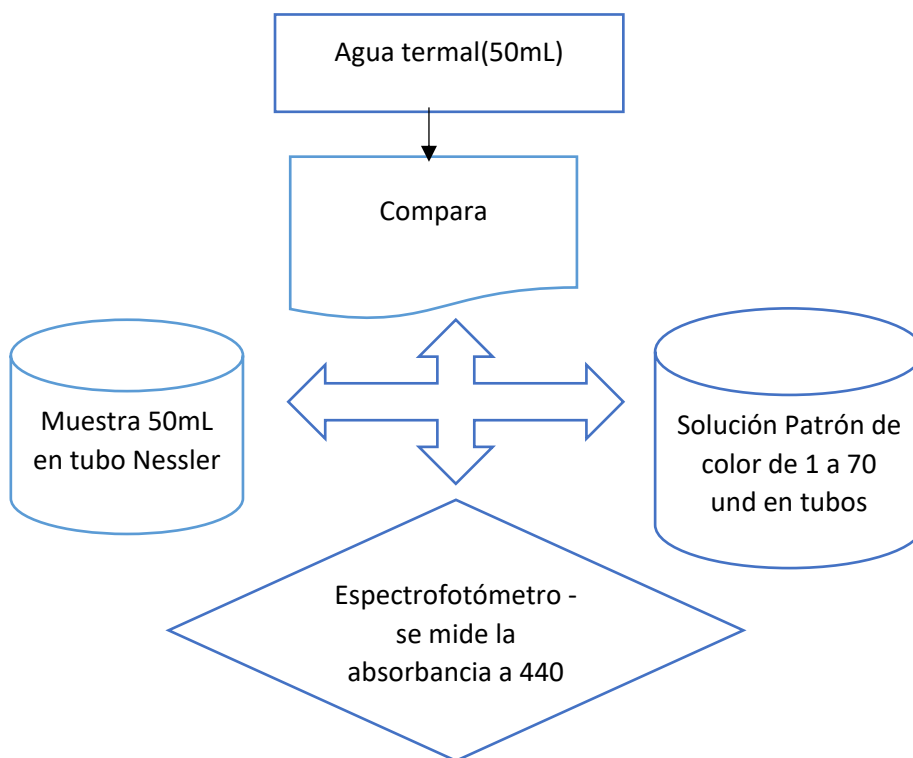
### 3.10 Procedimiento para el análisis fisicoquímicos y microbiológico :

#### 3.10.1 Análisis fisicoquímico de las aguas termales

**Toma de muestra:** La toma de muestra se realizó en envases estériles de polipropileno con tapas seguras de un litro de capacidad, para el caso de los metales y el fosfato se enjuagará previamente los envases con 3 mL (HNO<sub>3</sub>) concentrado por litro de muestra, pH menor a 2. En el caso de los no metales y el fosfato no requerirá ningún tipo de preservante. Las muestras se conservarán en cajas de Tecnopor en la sombra con gel refrigerante el cual se distribuirá uniformemente para su análisis. Las muestras de agua recolectada se transportaron por 8h en termo hacia el laboratorio para ser analizadas en QUIMICA LAB.

**1-Color:** Se determinó por el método colorimétrico, se comparó la muestra de agua, con un conjunto de solución patrón de cloruro de cobalto y cloro platino de potasio de 1 a 70 mg de platino/, lúdios. Se medirá la absorbancia de las muestras a una longitud de 440nm en un espectrofotómetro. Finalmente, se expresará la intensidad del color en función de los miligramos de platino presentes en un litro de la muestra.(74)

**Flujograma N° : 1 Determinación de color**

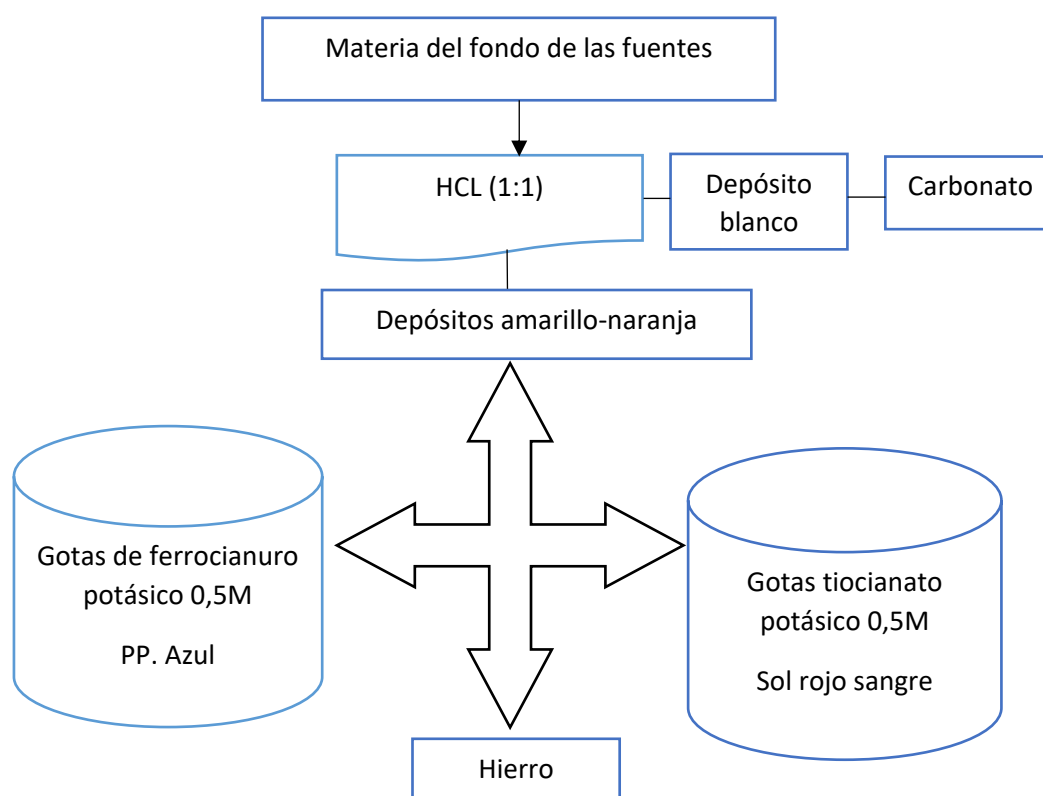


*Nota: Tomado a partir de (Cuchuyrumi Porroa & Charalla Cutipa, 2016) (28).*

**2-Olor y Sabor:** Esta determinación se realizó in situ tomando en un Erlenmeyer 200 mL de muestra, se tapa, agita y se destapa procediendo a oler y saborear, este método se realizó con 2 experimentadores con conocimiento de agudeza(74).

**3-Depósitos:** Los depósitos que se encontró se trataron de sedimentos blancos - crema y amarillos - naranja. Los depósitos blanco - crema, se harán reaccionar con el HCl (1:1), formándose cloruro de calcio y ácido carbónico que por ser inestable este último, se descompone formando agua y CO<sup>2</sup>, el cual, en medio acuoso, se libera originando una turbulencia o efervescencia confirmando presencia de carbonatos (74).

### Flujograma N°: 2 Determinación de los depósitos



*Nota: Tomado a partir de (Cuchuyrumi Porroa & Charalla Cutipa, 2016) (28).*

Los depósitos amarillos - naranjas fueron tratados en medio ácido primero con KSCN (tiocianato de potasio incoloro), lo que resultó un compuesto rojo sangre, la coloración se debe a la formación de un complejo de tiocianato de hierro pentahidratado  $[\text{Fe}(\text{NCS})(\text{H}_2\text{O})]^{+2}$ . Luego con  $\text{K}[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  (ferrocianuro de potasio) se genera inmediatamente un precipitado oscuro, pero algo verdoso en solución, se podría explicar la poca presencia de cianuro, después de agitarlo y de un cierto tiempo se logra ver el color azul de Prusia en el precipitado, confirmando con estos procesos la presencia de sales de hierro (74).

**4.- Densidad:** Se pesó el picnómetro vacío de 50 mL, luego se pesó el picnómetro con las muestras y del agua destilada, a una temperatura de 15°C, ya que los líquidos varían su volumen con la temperatura, este proceso para realizar cálculos (74).

**5.- Temperatura:** La medición se llevó a cabo en el lugar mismo, sumergiendo el termómetro en el centro de la fuente de agua termal durante 10 minutos. Las lecturas se tomaron sin sacar el termómetro del agua (74).

**6.- pH:** La determinación se realizará in situ, el tubo de vidrio del potenciómetro se sumergió en un vaso estéril dentro del agua y se realizó la medición (28).

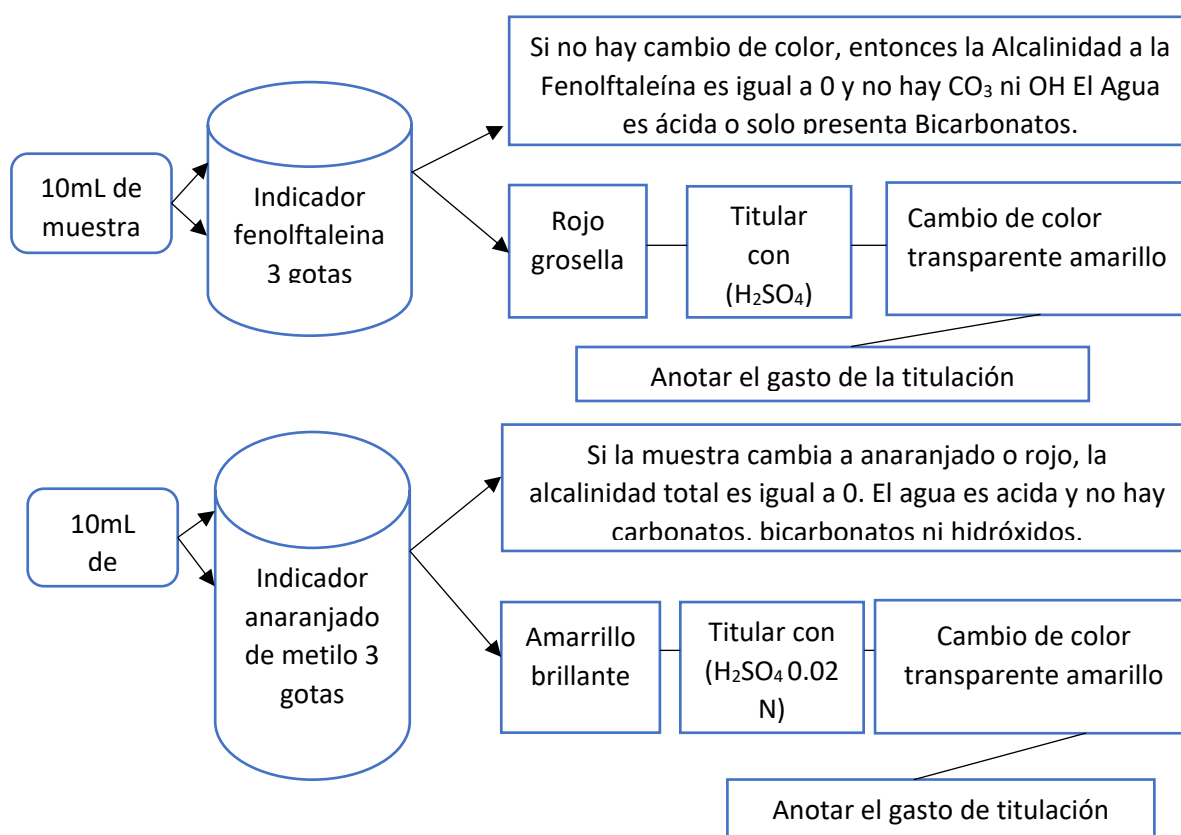
**7.- Conductividad iónica:** Este análisis se realizó in situ. Similar a la determinación del pH (74).

**8.- Sólidos:** El secado de sólidos totales será a 103°C 105°C: Se evaporó 50 mL de muestra de agua termal, en una cápsula pesada a peso constante de 105 °C. El aumento de peso sobre el de la placa vacía representa los sólidos totales. Sólidos totales disueltos secados a 180°C: Se filtró 50 mL de la muestra de agua termal, el filtrado se evaporará hasta que seque en una cápsula pesada a peso constante de 180°C. El aumento del peso de la placa representa los sólidos totales disueltos. (28)

**9-Turbidez:** Se realizó por el método nefelométrico se colocó 10mL de agua destilada en uno de los recipientes del tubímetro y se lee, después se desecha el agua destilada del recipiente se coloca 10mL de muestra en el recipiente del turbidímetro y se lee. (28)

**10.- Alcalinidad:** Se determinó por titulación con un ácido fuerte ( $\text{H}_2\text{SO}_4$  0.02 N), \*primero en 10 mL de muestra se añadió 3 gotas de fenolftaleína, donde no viró a rojo grosella por consiguiente no viró al color a transparente. Luego a otros 10 mL de muestra se añadió 3 gotas de anaranjado de metilo, que vira a color amarillo brillante y termina la titulación cuando cambia el color a anaranjado.

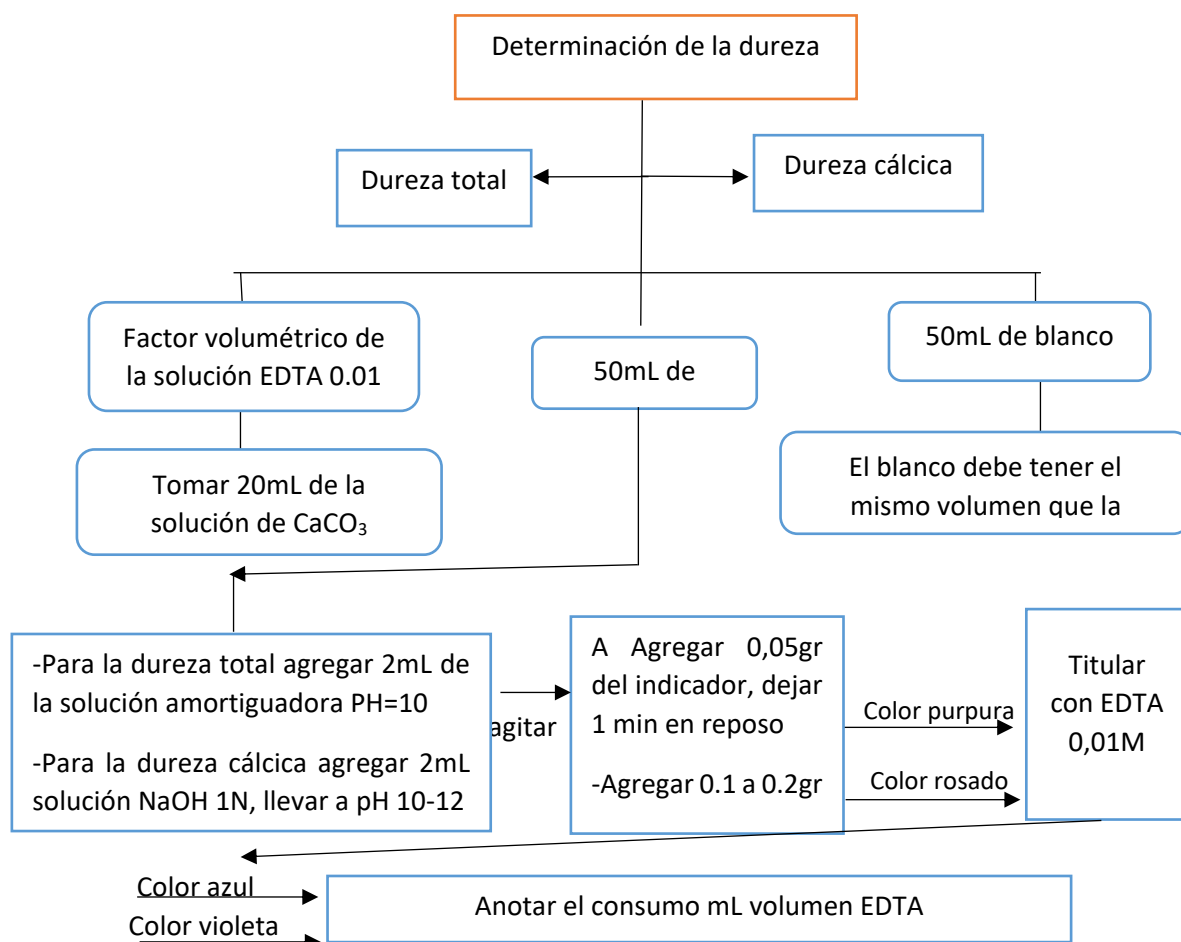
**Flujograma N° : 3 Determinación de la alcalinidad**



*Nota: Tomado a partir de (Cuchuyrumi Porroa & Charalla Cutipa, 2016) (28).*

**11-Dureza:** Se determinó por titulación con EDTA (ácido etilendiaminotetraacético) 0.01 M a un pH de 10, hasta el cambio de color de los indicadores; para dureza total. El NET (Negro de Eriocromo T) que viró a color purpura y terminó la titulación al cambio de color azul, para la dureza cálcica, la murexida que viró a rosado y terminó la titulación con el cambio de color a violeta. La dureza magnésica se determinará por la diferencia entre la dureza total y dureza cálcica.

**Flujograma N° : 4 Determinación de la dureza total y dureza cálcica**



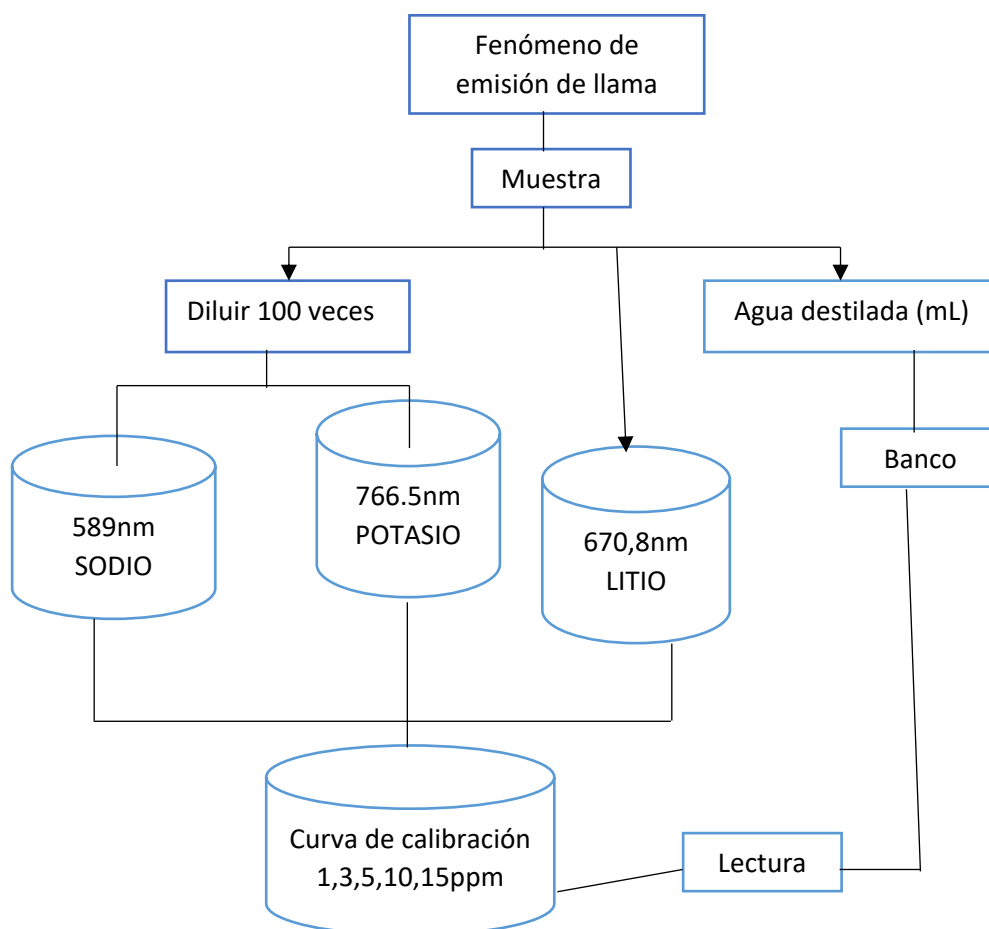
*Nota: Tomado a partir de (Cuchuyrumi Porroa & Charalla Cutipa, 2016) (28).*

**b) Determinación de Metales**

**12.- Sodio, potasio y litio:** Estos elementos se midieron utilizando la técnica de fotometría de emisión llama. Siguiendo el método, se crearon varias soluciones de referencia de litio, sodio y potasio, que se usarán para generar una curva de calibración. Esto permitirá determinar las concentraciones de estos metales en las muestras de agua a analizar.



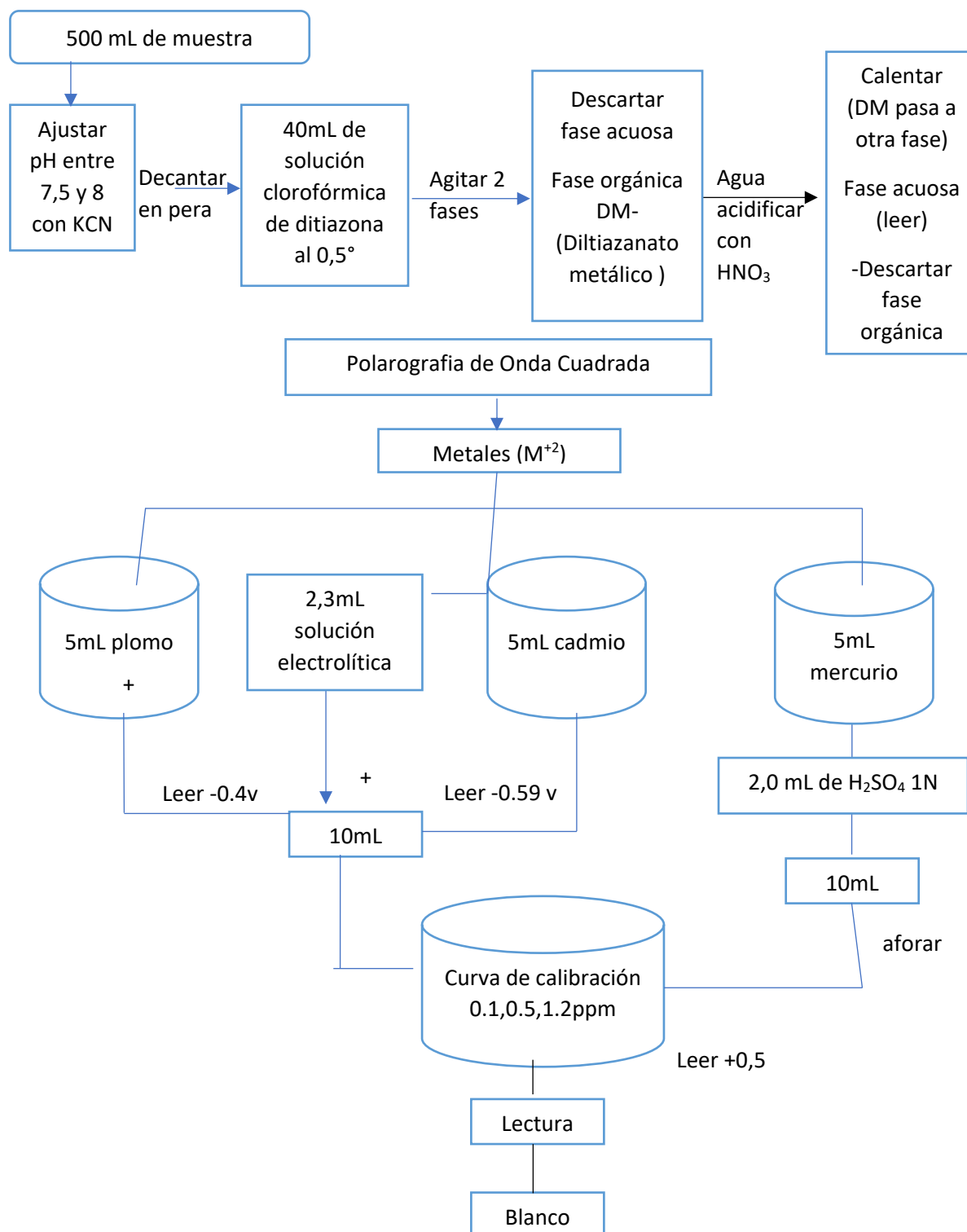
**Flujograma N° : 5 Determinación de los metales litio, sodio y potasio**



*Nota: Tomado a partir de (Cuchuyrumi Porroa & Charalla Cutipa, 2016) (28).*

**13.- Cadmio, plomo y mercurio:** De 500 mL de muestra, se extrajo los metales por el método de la di tizona, luego se preparó un conjunto de soluciones patrón de cadmio, plomo y mercurio que serán determinadas por polarografía, Los niveles de metales en las muestras se determinaron mediante el uso de una curva de calibración previamente establecida.

**Flujograma N° : 6 Determinación de los metales cadmio, plomo y mercurio.**

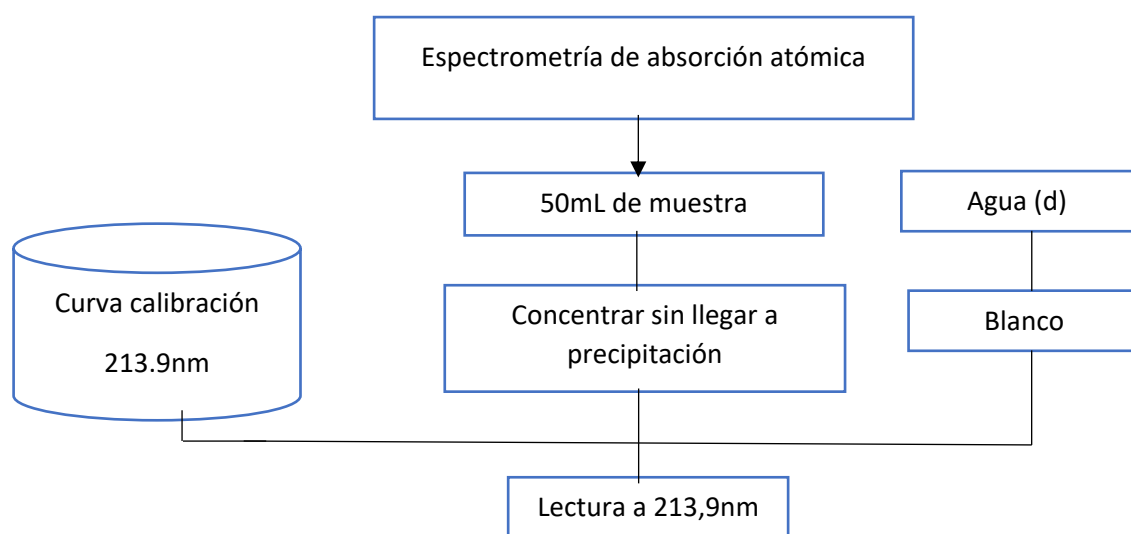


*Nota: Tomado a partir de (Cuchuyrumi Porroa & Charalla Cutipa, 2016) (28).*

**14.- Hierro y cromo:** Estos metales fueron analizados, el cromo por el método colorimétrico del difenil carbazida y el hierro por el método colorimétrico de la fenantrolina, se preparó soluciones patrón para analizar las concentraciones de las aguas en estudio. (28)

**15.-Zinc:** Se determinó por el método de espectrometría de absorción atómica, se construyó un intervalo de concentraciones (conjunto de soluciones patrón) y así se obtendrá las concentraciones de las muestras en estudio.

**Flujograma N° : 7 Determinación de metal zinc**

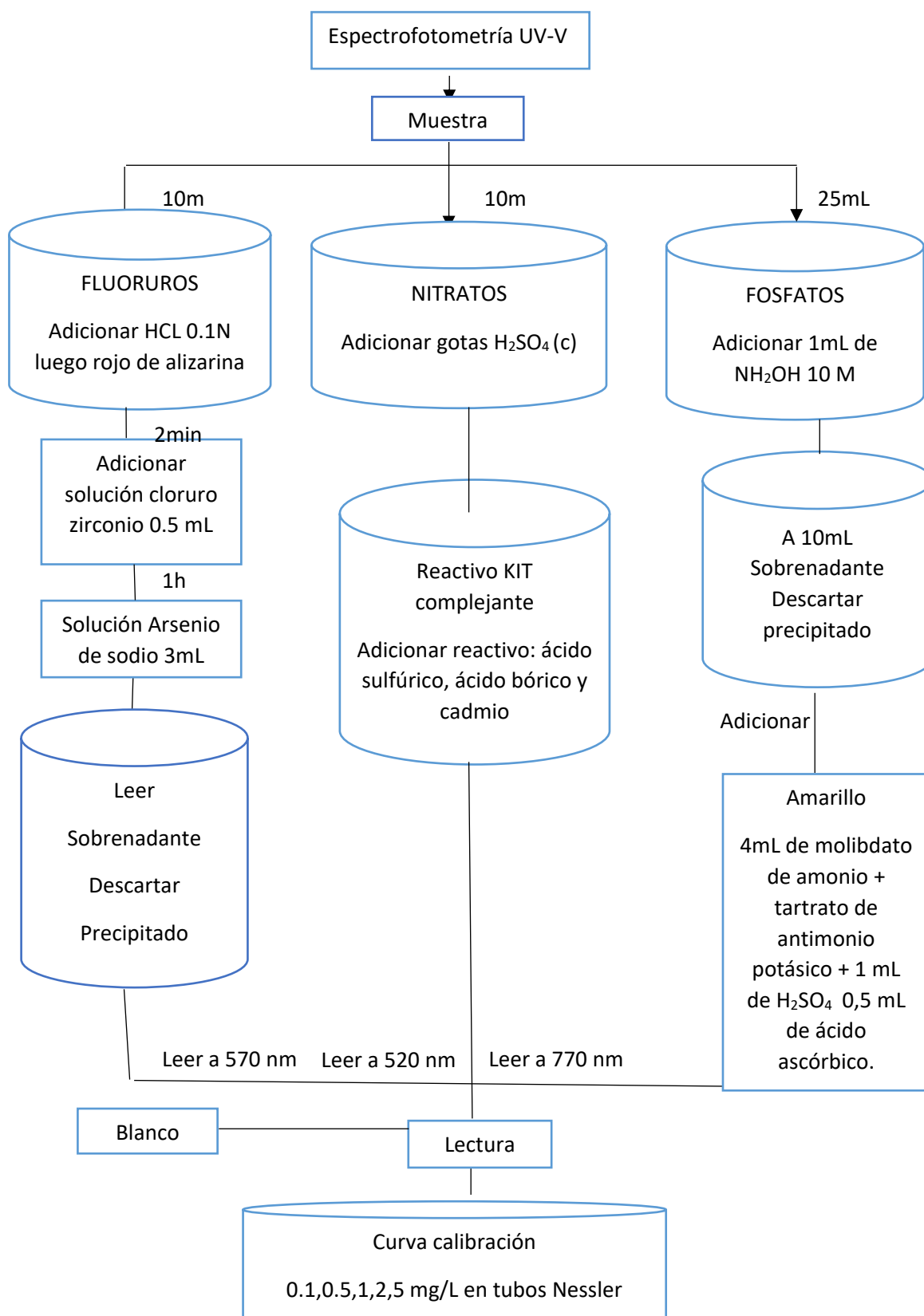


*Nota: Tomado a partir de (Cuchuyrumi Porroa & Charalla Cutipa, 2016) (28).*

**c) Determinación de constituyentes inorgánicos no metálicos**

**16.- Fosfato, fluoruro y nitrato:** Estos aniones se determinó por colorimetría: los fluoruros por el método spadns, los fosfatos por el método del ácido ascórbico y los nitratos por el método de reducción con cadmio. Estos procedimientos requirieron la preparación de un conjunto de soluciones patrón para determinar la concentración de las muestras de aguas provenientes de las fuentes en estudio.

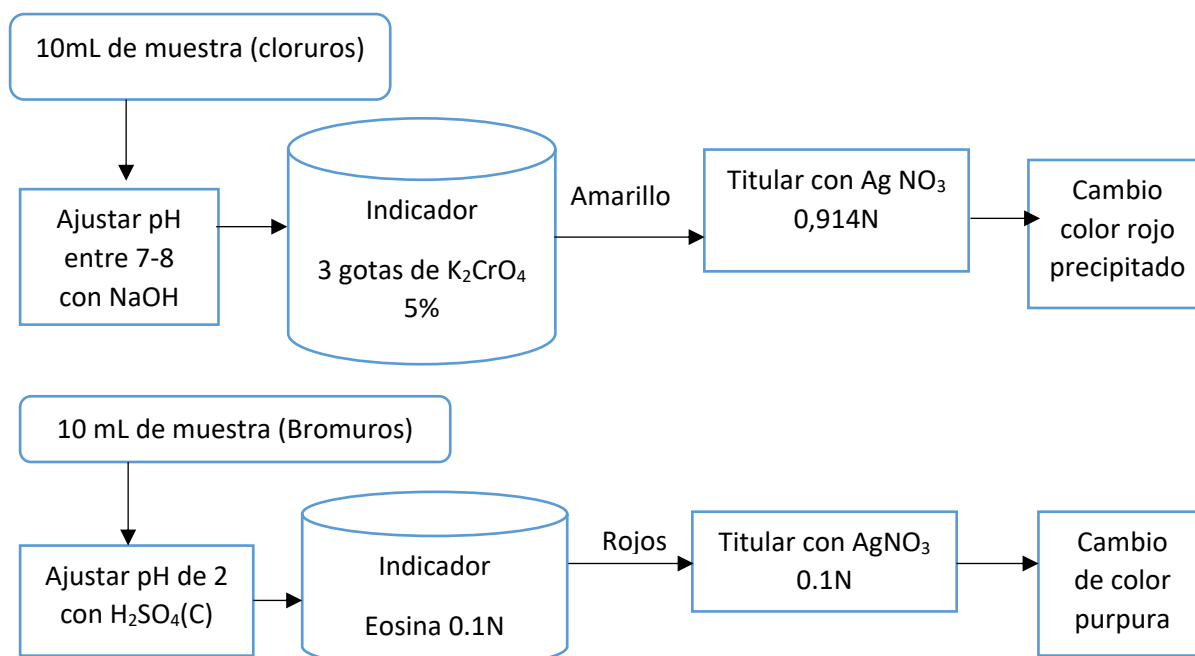
**Flujograma N° : 8 Determinación de fluoruros , nitratos y fosfatos**



*Nota: Tomado a partir de (Cuchuyrumi Porroa & Charalla Cutipa, 2016) (28).*

**17.- Cloruros y bromuros:** Se analizó por el método argento métrico, utilizando indicadores, para el cloruro el dicromato de potasio ( $K_2CrO_4$ ) y para el bromuro la eosina, finalizando la valoración con el cambio de color.

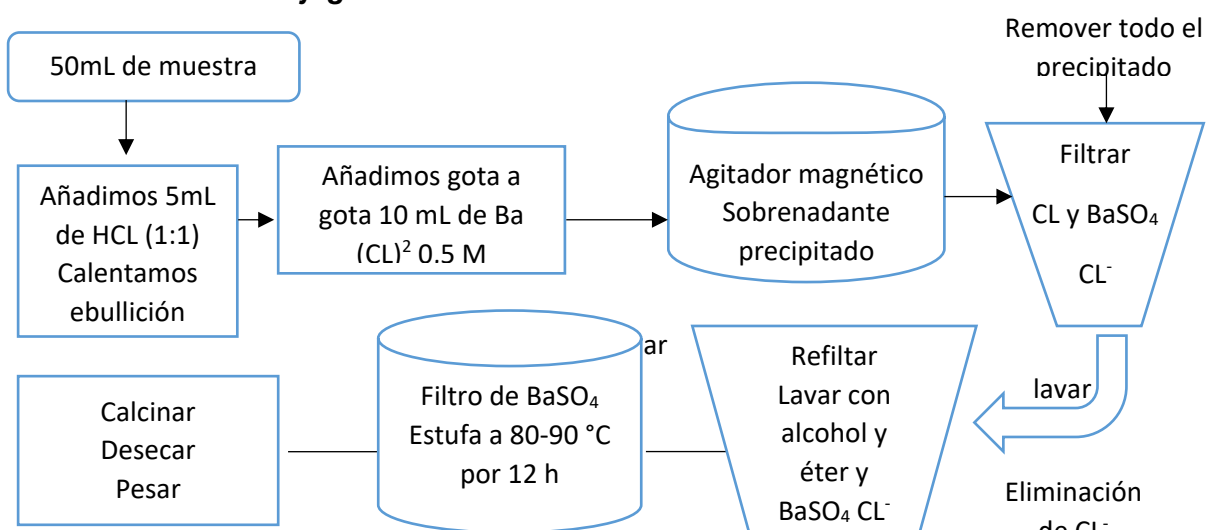
**Flujograma N° : 9 Determinación de Cloruros y bromuros .**



*Nota: Tomado a partir de (Cuchuyrumi Porroa & Charalla Cutipa, 2016) (28).*

**18.- Sulfatos:** Se realizó con el método gravimétrico en combustión de residuos, el sulfato de la muestra será tratada hasta obtener un precipitado que luego se sometió a combustión o secado y se pesó como sulfato de bario ( $BaSO_4$ ).

**Flujograma N° : 10 Determinación de sulfatos**

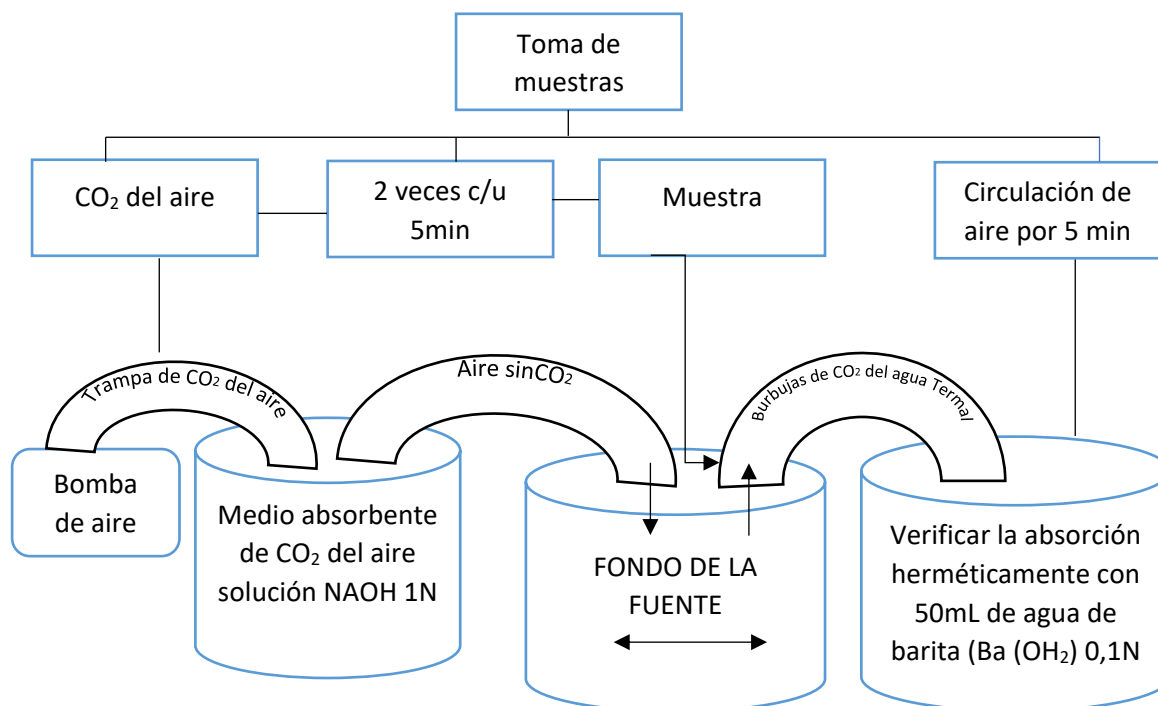


*Nota: Tomado a partir de (Cuchuyrumi Porroa & Charalla Cutipa, 2016) (28).*

#### d) Determinación de Gases Libres

**19. Dióxido de Carbono, sulfuro de hidrógeno y dióxido de azufre:** Empleando el equipo de tren de muestreo, se captó los gases, el dióxido de carbono con hidróxido de bario y se tituló con HCl 0.1 N, utilizando como indicador la fenolftaleína, el sulfuro de hidrógeno se captó con nitrato de cadmio y el dióxido de azufre con fucsina, luego ambos serán leídos por turbidímetro y espectrofotometría y comparados con soluciones patrón respectivamente.

**Flujograma N° : 11 Determinación de dióxido de carbono libre**



*Nota: Tomado a partir de (Cuchuyrumi Porroa & Charalla Cutipa, 2016) (28).*

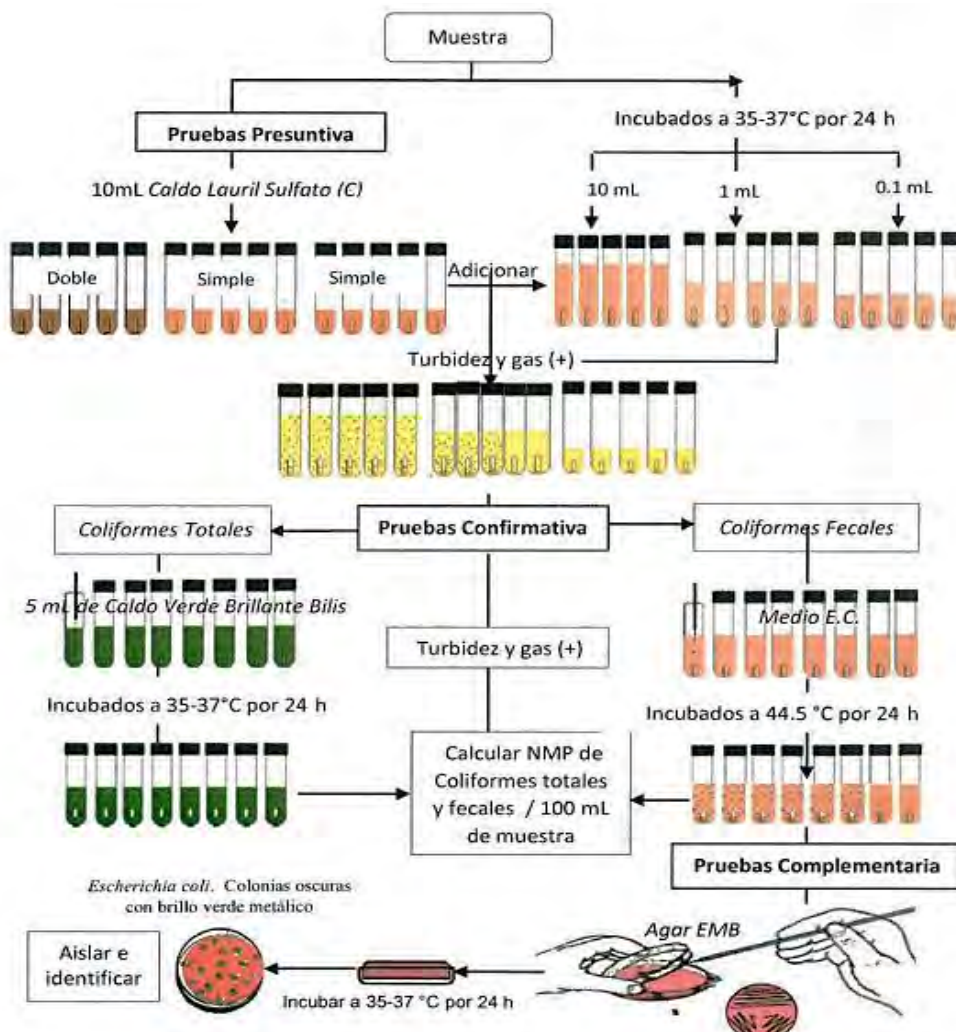
#### 3.10.2 Análisis microbiológico de las aguas termales

**Toma de muestra:** En el presente estudio, se visitó ambos balnearios de Chaquella-Espinar y Chimur- Paucartambo, se procedió a ubicar 3 puntos importantes siendo los siguientes: ojo principal o fuente, piscina, salida de la piscina. Se utilizó 3 frascos por punto. La toma de muestra se realizó en envases estériles de vidrio color caramelo con tapón plástico, tapas de rosca y capacidad de 275mL, al momento de recoger la muestra se sumergió 20cm de profundidad de la superficie de agua boca abajo y no permitiendo contacto con alguna otra superficie, se llenó la botella sin enjuagarla, se procedió a cerrar los envases con sus respectivos tapón y tapa, luego se hizo el rotulo de cada uno. Las muestras deben ser colocadas en un envase térmico (cooler) que contenga hielo en gel para mantener una temperatura de entre 4 °C y 6 °C. Esto es crucial para la correcta conservación de los parámetros a analizar. Es necesario completar una "Cadena de Custodia" que asegure la integridad de las muestras durante su transporte al laboratorio por último las muestras fueron

transportadas al laboratorio en el menor tiempo posible, manteniendo la cadena de frío. La entrega fue al día siguiente para garantizar la validez de los resultados de los análisis en el laboratorio de microbiología de la escuela profesional de Farmacia y Bioquímica. (76)

**1-Coliformes totales:** Se determinó por el método número más probable, la muestra en volúmenes de 10mL, 1mL y 0,1mL, se inoculó en tubos con caldo lauril sulfato a 35°C  $\pm$  0.5°C durante 24h – 48 h. La producción de gas y turbidez se considerará positiva para este tipo de bacterias. Para los coliformes totales, se inoculó por azada los tubos positivos con caldo lactosado verde brillante 2%, a tubos contienen *E. coli* y serán incubados a 44.5° C en baño maría durante 24 horas, para confirmar la presencia de *E. coli*, se inoculó por estrías de los tubos del medio EC a placas de agar EMB(Eosin Methylene Blue Lactosa Sucrose) y se incubó a 35°C  $\pm$  0.5°C durante 24h  $\pm$  2 horas, luego la tinción Gram resultando bacilos cortos Gram negativos y se realizó la prueba de IMVIC .

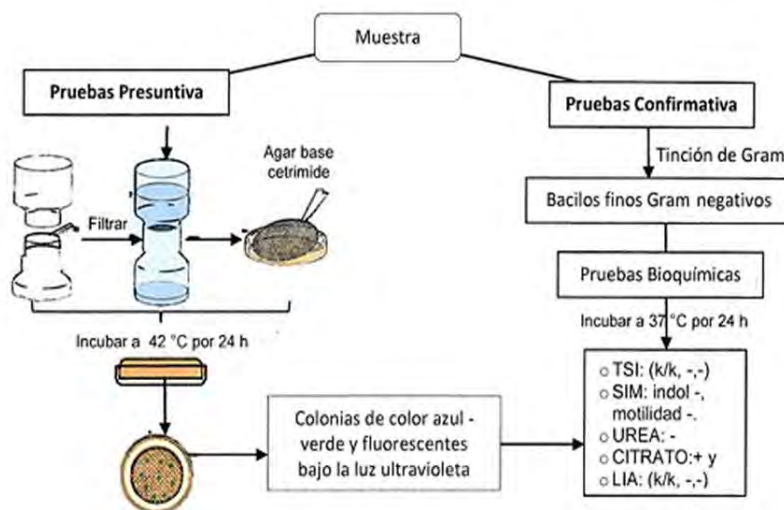
**Figura N° 12:** Determinación de coliformes por el método más probable



Nota: Tomado a partir de (Cuchuyrumi Porroa & Charalla Cutipa, 2016) (28).

**2- *Pseudomona aeruginosa*:** Se analizó por el método de filtración de membrana que consiste en filtrar 100mL de la muestra a través de una membrana de filtro, luego la membrana se transfirió a placas con agar cetrimide, incubando a 42°C durante 24 horas, seleccionando colonias típicas color azul verde y fluorescentes realizando la tinción gran resultando bacilos gran (-), luego se realizará las pruebas bioquímicas TSI, SIM, urea citrato y LIA. Se contarán colonias de pseudomona spp. Aquellas que presentaran color azul verde y fluorescentes baja luz ultravioleta. En la prueba bioquímica, la característica principal fue en TSI, siendo las pseudomonas aerobias estrictas, que no lo fermentan, por lo tanto, TSI negativo, la identificación se realizara con la tabla de bio diferenciación de enterobacterias.

**Figura N° 13:** Determinación de *pseudomona aeruginosa*



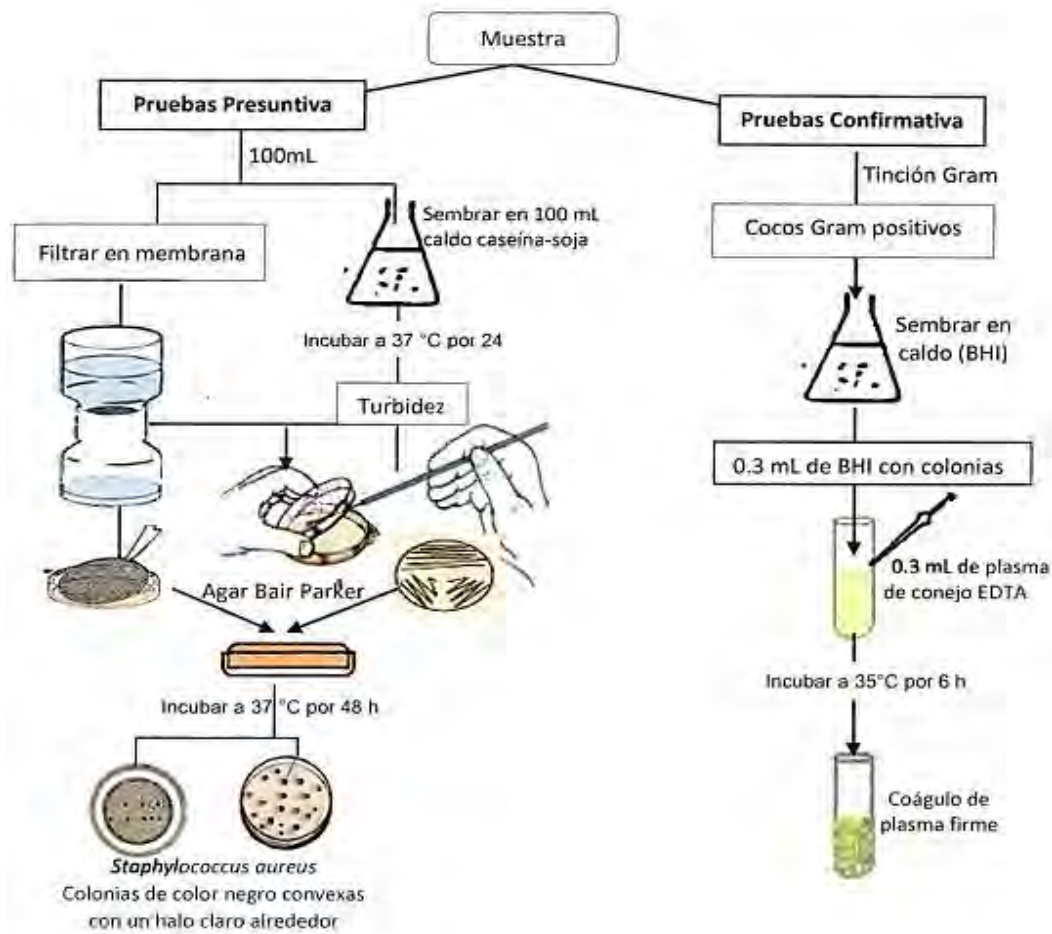
. Nota: Tomado a partir de (Cuchuyrumi Porroa & Charalla Cutipa, 2016) (28).

**3- *Staphylococcus aureus*:** Se analizó por el método de filtración de membrana , se tomó 100mL de la muestra para filtrarse a través de una membrana de filtro , esta última será transferida en placas con agar Bair Parker , e incubadas a 37°C durante 48horas, transcurrido el tiempo se observó, colonias típicas redondas , de bordes lisos, convexas, húmedas, brillantes negras , rodeadas por un halo claro, luego se realizara la identificación con tinción Gram, cocos Gram positivos agrupados en parejas y masas semejantes a racimos.

- **Prueba de coagulasa:** En un tubo estéril, se inculo 0.3 mL de plasma de conejo EDTA reconstituido y añadimos 0.3mL de cultivo obtenido con caldo BHI, se incubará a 35°C por 6 horas. Se observará una coagulación de plasma firme (prueba positiva). Los *Staphylococcus aureus* producen la enzima coagulasa capaz de desnaturalizar la fibrina del plasma y manteniendo el coagulo firme.



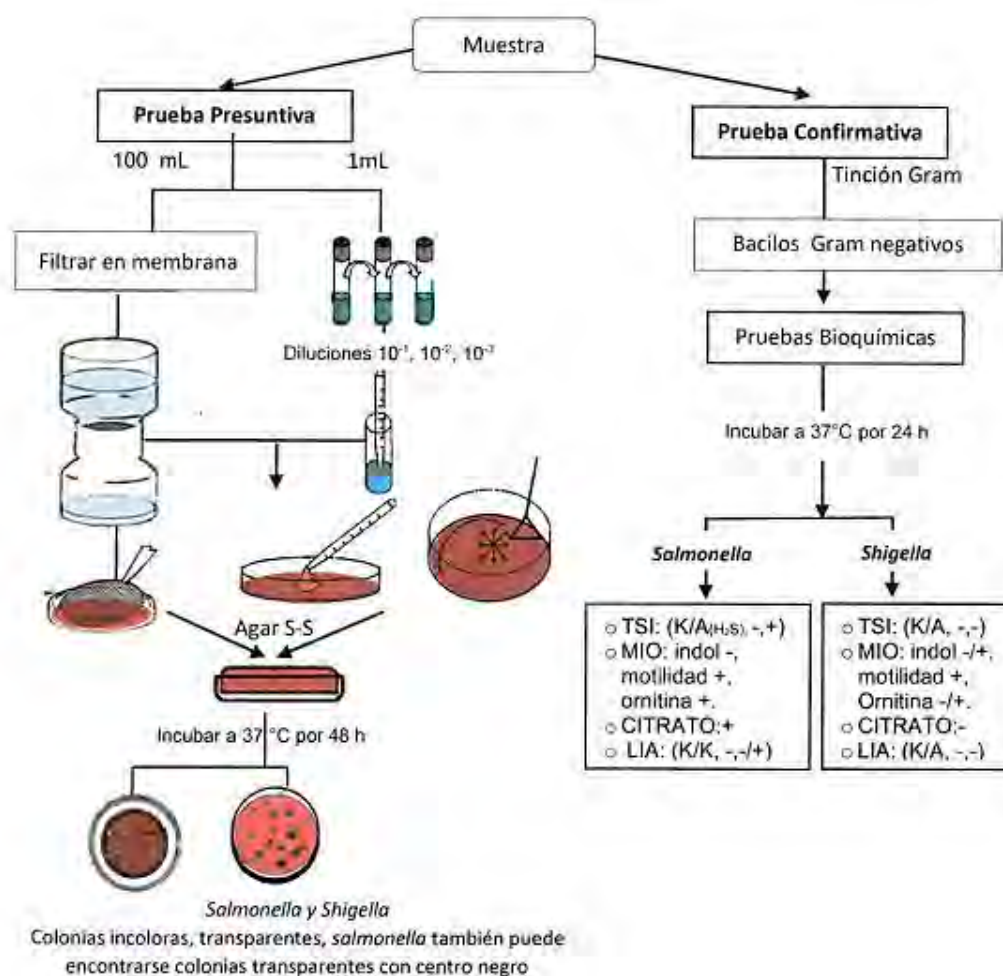
**Figura N° 14:** Determinación de *Staphylococcus aureus*



Nota: Tomado a partir de (Cuchuyrumi Porroa & Charalla Cutipa, 2016) (28).

**4-Salmomella y Shigella:** Se determinó por el método filtración de membrana , se tomó 100mL de la muestra , se procedió a filtrar a través de la membrana de filtro que después será transferida a placas con agar S-S(Shigella-Salmonella), se incubo a 37°C durante 24h .Luego se seleccionó las colonias típicas de Shigella y Salmonella que fueron incoloras (la salmonella puede producir el ácido sulfhídrico que se evidencia con colonias de centro negro debido a la formación de sulfuro de hierro) Luego se confirmó con pruebas bioquímicas de TSI , LIA,MIO y citrato.(77)

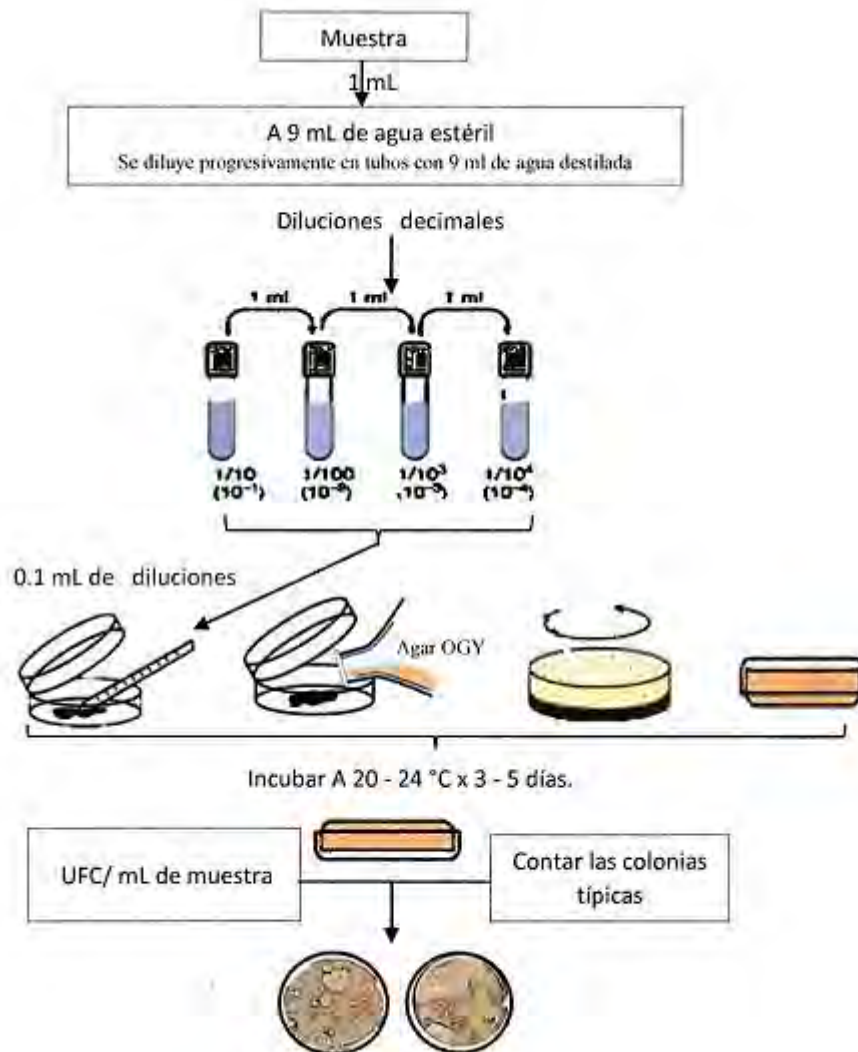
**Figura N° 15:** Determinación de *Salmonella* y *Shigella*



Nota: Tomado a partir de (Cuchuyrumi Porroa & Charalla Cutipa, 2016) (28).

**5- Mohos y levaduras:** Se determinó por el método de recuento total de colonias en placa, se preparó una serie de diluciones progresivas  $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$ , luego se depositarán 0.1 mL de las respectivas disoluciones en placas de agar OG Y, serán incubados a una temperatura de 20-24°C durante un periodo de 3-5 días. Luego se seleccionará las colonias típicas, en los mohos se observarán colonias algodonosas, afectados de colores blanco y crema, se observaron por microscopio para diferenciarlas.

**Figura N° 16:** Determinación de mohos y levaduras



*Nota: Tomado a partir de (Cuchuyrumi Porroa & Charalla Cutipa, 2016) (28).*

## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1 Análisis de los parámetros fisicoquímicos.

**Tabla N° 18:** Análisis fisicoquímico(organolépticos) realizadas in situ en las fuentes termales de estudio.

Parámetro	Unidad	Muestra N°1(Chaquella)	Muestra N°2(Chimur)	Valor * referencial
Olor:	Cualitativo	suigéneris	suigéneris	suigéneris
Color:	Cualitativo	incoloro	Incoloro	Incoloro
Sabor:	Cualitativo	Metálico, salado	Ligeramente salado metálico	Aceptable
Temperatura	°C	54	47	Aceptable
pH	Unidades de pH	6.9	8.1	6.5 – 8.5
Conductividad	µS/cm	34460	596	-
Turbidez	UNT	3.2	0.10	≤ *5 UNT

*Nota: Elaboración propia a partir de datos recolectados de QUIMICA LAB ver anexo N°1.*

*\*Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM*

##### **4.1.1 Color:**

En la tabla Nro. 18 Se presentan los resultados del análisis de color correspondientes a las dos fuentes termales evaluadas, los cuales son aceptables de acuerdo a lo establecido por el MINSA. Asimismo, respecto al color de balnearios cumplieron con lo establecido en la Resolución Ministerial DS 004-2017 MINAN, al comparar nuestros resultados con otros estudios, el estudio de Cusi y Arizapana(21) ,detalla que las aguas termales de Yauli cumplen con lo establecido , siendo estas similares a nuestros resultados obtenidos. Por otra parte, Cuchuyrumi y Charalla. En su estudio obtuvieron resultado incoloro para las tres aguas termales que también cumple con el rango establecido (28).

#### **4.1.2 Olor:**

En la tabla N° 18 Se observan los resultados obtenidos del análisis sensorial del parámetro olor en las dos fuentes termales evaluadas, determinándose que ambas presentan un olor suigéneris. Esta descripción se encuentra dentro de los márgenes aceptables establecidos por el Ministerio de Salud del Perú (MINSA) y DS 004-2017 MINAN. Según el estudio de Centeno, en su estudio de la calidad de las aguas termales de Cocalmayo distrito de Santa Teresa, el resultado fue suigéneris al momento del muestreo (29). Estos resultados cumplen con los criterios definidos que considera que el agua para uso humano debe ser inodora, ya que la presencia de olores puede ser indicativa de contaminación o de una alteración en sus propiedades fisicoquímicas.

#### **4.1.3 Sabor:**

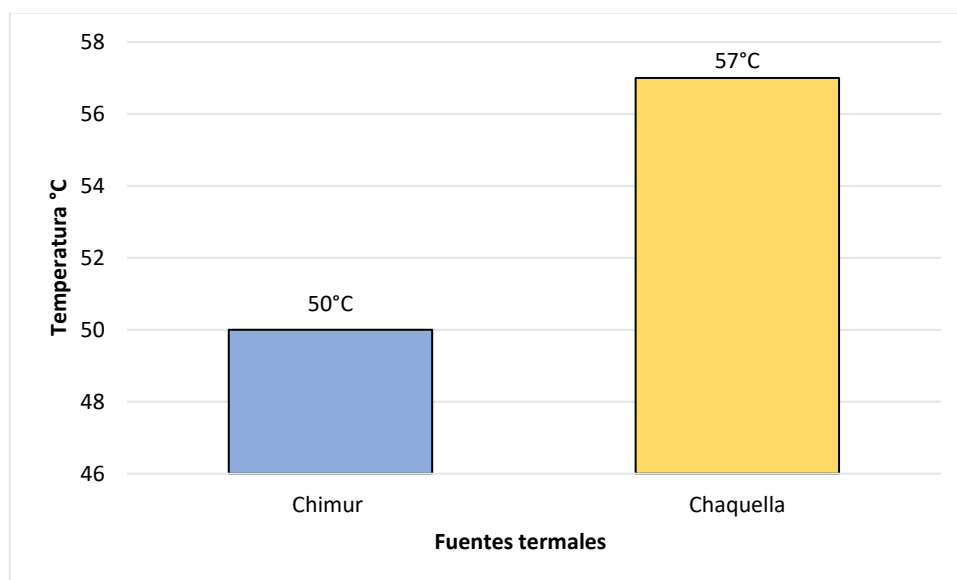
Según los resultados de la tabla N° 18 el análisis realizado a las aguas termales de Chaquella y Chimur permitió identificar diferencias significativas en cuanto a su perfil de sabor. En el caso de Chaquella, se percibió un sabor metálico y salado, propio a presencia de minerales como son: potasio, calcio hierro y azufre en su composición (28) .Por el contrario, el agua proveniente de Chimur se percibió como un sabor metálico ligeramente salado, lo que sugiere una menor concentración de compuestos minerales perceptibles al gusto. De acuerdo a los estudios de Cuchuyrumi y Charalla (28). Se logró identificar de manera subjetiva la presencia de sustancias químicas, como el sabor salado-metálico que es más fuerte en Marcani y Ccaylla, en comparación a Uyurmirmi, esto se da por la presencia predominante de cloruro de sodio, también potasio, calcio y magnesio. Los carbonatos dan el sabor salado a muchas aguas en tanto que; el sabor metálico se debe a la presencia de hierro, cloro, sulfato y bicarbonato; el sabor amargo a la presencia de sodio, magnesio y sulfato (30). En ese sentido, los resultados se consideran aceptables dentro de DS 004-2017 MINAN.

#### **4.1.4 Temperatura:**

En el grafico N°18 se muestran resultados de temperatura correspondientes a las dos fuentes termales evaluadas. De acuerdo con el estudio realizado por Zapata (1), la temperatura del agua termal de Chimur alcanzó los 47 °C, como la investigación. Por su parte, la fuente termal de Chaquella mostró una temperatura de 54 °C, valor coincidente con el reportado por Zapata (1). Según la clasificación técnica de aguas termales, ambas fuentes se ubican dentro del grupo de aguas hipertermales, categoría que comprende aquellas cuyas temperaturas superan los 45 °C, pudiendo llegar hasta los 50 °C o más, dependiendo del sistema geotérmico de origen (41). Haciendo la comparación con otros estudios tenemos que Cusi y Arizapana en su estudio evidencia el valor de temperatura de 37.2 °C (21). Por otra parte, Cabrera y pajares en su estudio muestra valor de temperatura de 43.57 °C indicando también su posible uso terapéutico (94). Por último los estudios de Cuchuyrumi y Charalla muestran

valores de temperatura 21.6 °C para Ccaylla y Marcani clasificándose como meso termales mientras que Uyurmiri su temperatura fue de 37.4°C siendo agua termal afirmándose que las aguas son de origen de medianas profundidades volcánicas (28).

**Gráfico N° 1 :**Resultado de la medición de temperatura de las fuentes termales estudiadas.



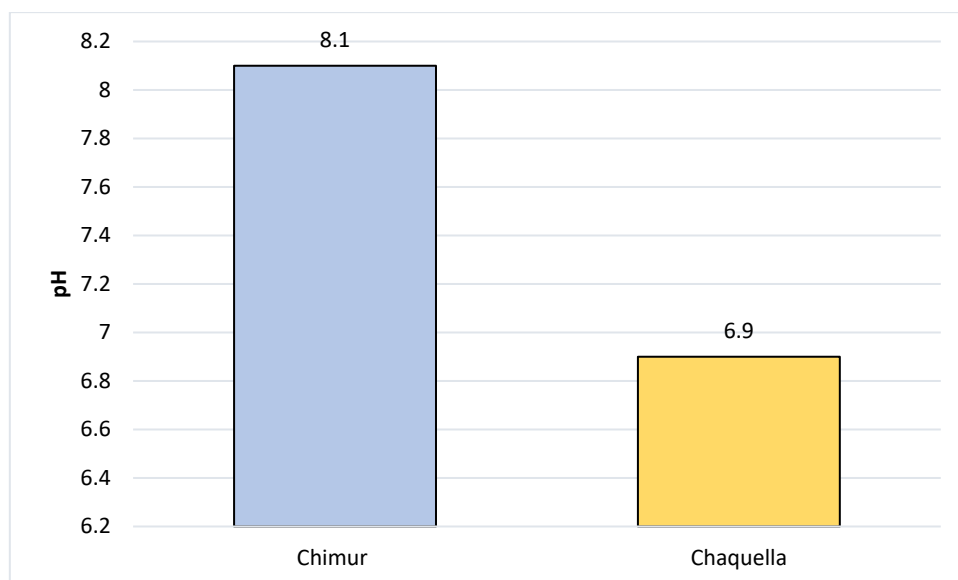
*Nota: Elaboración propia a partir de datos recolectados de QUIMICA LAB ver anexo N°1.*

#### **4.1.5 pH:**

En el gráfico No 2, se presentan los resultados del pH en base a los estándares de calidad ambiental para agua DS.004-2017MINAN, para parámetro potencial de hidrogenión el estándar permitido es de 6-9. Según el estudio de Zapata (1) sobre aguas termales del Perú, el pH de la fuente termal de Chimur fue reportado en 8.0, mientras que en nuestra investigación se obtuvo un valor de 8.1, lo cual se considera consistente. Este valor ligeramente alcalino puede atribuirse a la baja concentración de cloruros ( $\text{Cl}^-$ ) y a la interacción del agua con formaciones geológicas. Por otro lado, las aguas termales de Chaquella fueron reportadas por Zapata con un pH entre 6.4 y 6.6, mientras que en este estudio se obtuvo el valor de 6.9, evidenciándose una ligera variación hacia la neutralidad. Este comportamiento se relaciona con la mayor mineralización presente en esta fuente, lo cual influye directamente en el equilibrio ácido-base del agua. Ambos valores están dentro de los límites considerados aceptables según lo establece el DS N°004-2017 MINAN. Realizando la comparación con otros estudios podemos observar que Arizapana manifiesta que en su estudio de las piscinas analizadas obtuvieron valores de pH entre 6,5 (21). A su vez Cabrera y Pajares en su estudio evidencia en valores de pH entre 6.36 (94); de igual forma Cuchuyrumi y Charalla evidencia valores de pH de 6.84 Ccaylla y pH de 6.92 Marcani presentan un pH neutro, mientras que Uyurmiri con pH de 6.76 ligeramente ácido (28). Así también Centeno

en sus respectivos estudios muestran valores de pH de 7.1 (29) .Por último Mestanza evidencia valores de pH para Churin, Picoy y Collpa que son 7.89, 7.22 y 7.36 coincidiendo todos con los valores obtenidos en este estudio(20).

**Gráfico N° 2:** Resultados de parámetro de pH de las aguas termales en estudio.



*Nota: Elaboración propia a partir de datos recolectados de QUIMICA LAB ver anexo N°1.*

#### **4.1.6 Turbidez:**

Según los resultados obtenidos de la tabla N° 18 el valor de turbidez de 3.2 UNT para Chaquella cumple con los parámetros establecidos, lo que deja en evidencia, aunque presenta una turbidez ligeramente superior en comparación con Chimur, no es un riesgo para la salud de acuerdo con las normativas internacionales. Este nivel de turbidez podría estar relacionado con la presencia de partículas suspendidas de origen natural o minerales disueltos, que son comunes en aguas termales de la región. En cambio, la turbidez de 0.10 UNT en Chimur es significativamente baja, lo que sugiere una mayor claridad en el agua y una menor cantidad de partículas suspendidas. Ambos resultados cumplen con los requisitos de calidad establecidos  $\leq 5$  UNT, y no se observan indicios de contaminantes visibles, lo que asegura que ambas fuentes de agua son adecuadas para su uso recreativo y terapéutico, de acuerdo con las regulaciones del MINSA y la OMS (21)(28).

Cabrera y Pajares en su estudio evidencia valores de turbidez 0.28 UNT (94). Al igual que Cuchuyrumi y Porroa, en su estudio evidencia valores de turbidez de 1.0, 1.0 y 3.4 UNT para Ccaylla. Marcani y Uyurmiri (28). Del mismo modo Mestanza, presenta valores promedios de turbidez de 1.63, 1.865 y 1.79 UNT para Churin, Picoy y Collpa respectivamente (20). Por otra parte, Centeno en su estudio manifiesta que los valores de turbidez 5,00 UNT que tienen

cierta similitud con nuestros valores obtenidos, pero sin embargo cumplen con la normativa estipulada(29).

#### **4.1.7 Conductividad:**

Según la tabla N ° 18 los resultados de conductividad de las aguas termales de Chaquella (34,460  $\mu\text{S/cm}$ ) y Chimur (596  $\mu\text{S/cm}$ ) muestran diferencias significativas, lo que refleja la variabilidad en su mineralización. La alta conductividad de Chaquella indica una alta concentración de minerales disueltos, como sulfatos, cloruros y bicarbonatos, características de aguas con alta mineralización, adecuadas para probables tratamientos terapéuticos. Según Zapata en 2001 la conductividad de las aguas termales de Chaquella era de 18 612,11 comparado a los resultados que se obtuvieron tiene más mineralización y mayor actividad geotérmica esto se debe al aumento de grado de mineralización. Por otro lado, la baja conductividad de Chimur sugiere una menor mineralización, lo que resulta en un agua más suave, también apta para fines recreativos y terapéuticos. Chaquella presenta una mayor mineralización que Chimur (1). Según el estudio de Arizapana en las aguas termales de Yauli la conductividad fue de 850  $\mu\text{S/cm}$  la cual guarda cierto margen de similitud con la conductividad de Chimur(21), mientras que en el estudio de Cuchuyrumi y Charalla los resultados para conductividad fueron: 7416.8  $\mu\text{S/cm}$ , 7997.0  $\mu\text{S/cm}$  y 3859.2  $\mu\text{S/cm}$  para Ccaylla, Marcani y Uyurmiri, respectivamente. Su determinación significa elevada concentración iónica, sales disueltas en el agua, el efecto de la concentración total de iones sobre equilibrio químico, ya que es una expresión numérica de la capacidad del agua para transportar una corriente eléctrica por su grado de mineralización. Cuanto mayor es la concentración de iones, mayor será el flujo de electrones. Lo que significa que Marcani y Ccaylla presentan mayor mineralización que Uyurmiri (28).



## 4.2 Análisis de aniones de las aguas termales de estudio

**Tabla N° 19:** Resultados de análisis fisicoquímico realizadas en el laboratorio QUIMICA LAB de las fuentes termales en estudio.

Parámetro	Unidad	Muestra N°1(Chaquella)	Muestra N°2(Chimur)	Valor * referencial
<b>Dureza</b>	mg CaCO <sub>3</sub> /L	2900	30	500
<b>Bicarbonatos</b>	mg /L HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	358	439	-
<b>Carbonatos</b>	mg/L CO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0	0	-
<b>Cloruros</b>	mg/L Cl <sup>-</sup>	9230	9	200-600
<b>Nitratos</b>	mg/L NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2.51	0.62	10
<b>Fosfatos</b>	mg/L HPO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	0.030	0.073	0.4
<b>Sulfatos</b>	mg/L SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	1318	4	-
<b>Sólidos Totales</b>	g/L	18.65	0.15	-

\*Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM

*Nota : Elaboración propia a partir de datos recolectados de QUIMICA LAB ver anexo N°1.*

### 4.2.1 Dureza total:

En la tabla N.º 19 se manifiesta valores encontrados del análisis de dureza total en ambas aguas termales de Chaquella y Chimur. En el agua termal de Chaquella, se registró una dureza de 2900 mg/L de CaCO<sub>3</sub>, mientras que Chimur mostró un valor considerablemente menor, de apenas 30 mg/L de CaCO<sub>3</sub>. Según el estudio de Cuchuyrumi Porroa y Charalla Cutipa, este parámetro está influenciado principalmente por presencia de iones divalentes como calcio (Ca<sup>2+</sup>), magnesio (Mg<sup>2+</sup>), estroncio (Sr<sup>2+</sup>), hierro ferroso (Fe<sup>2+</sup>), así como por aniones tales como bicarbonato (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>), sulfato (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>), cloruro (Cl<sup>-</sup>), nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), y en menor presentación por iones trivalentes como el aluminio (Al<sup>3+</sup>) y el hierro férrico (Fe<sup>3+</sup>) (28). Según la clasificación técnica actual (17). Las aguas con dureza superior a 400 mg/L de CaCO<sub>3</sub> se consideran extremadamente duras. Por ello, el valor registrado en Chaquella (2900 mg/L) indica una mineralización elevada, lo cual es típico de aguas termales profundas con potencial terapéutico. En contraste, el bajo nivel de dureza encontrado en Chimur (30 mg/L) ubica a esta fuente dentro de la categoría de aguas muy blandas dado que se encuentra dentro del rango de 0 a 100 mg/L, característico de aguas de baja mineralización. (14), (17).

### 4.2.2 Bicarbonatos y carbonatos:

En la tabla N °19, los valores de concentraciones de bicarbonatos en las aguas termales de Chaquella y Chimur oscilan entre 358 y 439 mg/L, siendo la fuente de Chimur la que registra el mayor contenido de este ion. De acuerdo al estudio de Cuchuyrumi y Charalla los resultados para las aguas termales de Ccaylla, Marcani y Uyurmiri son 1703.2, 1365.2 y 1412.6

respectivamente, donde la fuente más rica de bicarbonato fue Ccaylla dicho estudio no guarda relación en los resultados en comparación con este estudio(28). En ambas muestras no se identificaron la presencia de carbonatos, lo cual es común en aguas termales, ya que los bicarbonatos son más estables en condiciones moderadamente alcalinas. Según el estándar terapéutico, las aguas con alto contenido de bicarbonatos poseen propiedades antiácidas, hepatoprotectoras y digestivas. Este tipo de agua estimula la función pancreática, favorece la actividad enzimática intestinal, y mejora la capacidad de la bilis para saponificar las grasas, contribuyendo así a una mejor digestión. El mayor nivel de bicarbonatos en las aguas de Chimur sugiere un mayor potencial terapéutico en el tratamiento de afecciones digestivas y hepáticas, como dispepsias, colecistopatías y litiasis biliar. En contraste, aunque Chaquella también contiene bicarbonatos en proporciones relevantes, su menor concentración comparativa indica que sus beneficios podrían estar más asociados a otros componentes minerales. Ambos tipos de agua cumplen con criterios de calidad para uso recreativo (13-15) (17)(42).

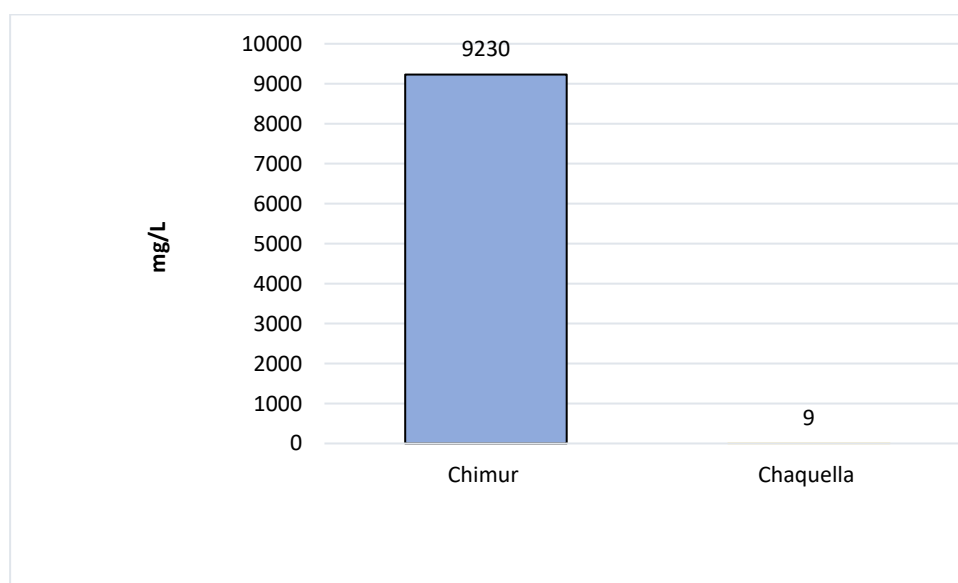
El bicarbonato es un componente natural y deseado en las aguas "mineromedicinales", pero tiene contraindicaciones. Entre sus beneficios mejora la digestión, ayuda a eliminar ácido úrico y actúa como exfoliante natural para la piel. Los riesgos por exceso son de uso interno puede causar alcalosis metabólica y no se recomienda para hipertensos debido a su asociación con el sodio. De uso externo su alta alcalinidad puede reseca la piel o irritar mucosas si el pH es muy elevado. En el Perú según la ECA no existe un límite de "toxicidad" estricto para bicarbonatos en aguas recreativas, ya que se consideran parámetros de control estético o de equilibrio químico, pero niveles superiores a 1000 mg/L suelen dar un sabor salino amargo que limita su consumo.(39)

#### **4.2.3 Cloruros:**

En el gráfico N°3, el agua termal de Chaquella muestra una concentración significativa de cloruros, alcanzando los 9230 mg/L, mientras que el agua de Chimur contiene la concentración más baja de 9 mg/L. Según el DS 004-2017 MINAN el límite recomendado por el MINSA sobre la concentración de cloruros en las aguas termales aptas al consumo es de 200-600 mg/L, por lo que el agua termal de Chaquella excede considerablemente este límite. En el Perú, los cloruros en aguas termales no están limitados por toxicidad humana, sino que se usan para categorizar el agua. El límite de 250 mg/L solo aplica si el agua se pretende usar para beber o si el vertimiento afecta el equilibrio ambiental de un río. Mientras que el agua de Chimur se encuentra muy por debajo del rango permitido. Cuchuyrumi y Charalla se muestra los valores mínimos y máximos de la cantidad de fluoruro en el agua en un rango de 186.7199 - 2828.0397 (mg Cl/L), donde la fuente de agua más rica en cloruro es Marcani, seguido de Ccaylla y en menor proporción Uyurmiri (28). Según el criterio terapéutico, las aguas ricas en

cloruros, como las de Chaquella, se utilizan principalmente para tratamientos dermatológicos. Estas aguas son conocidas por sus propiedades tónicas, estimulantes y reparadoras, ya que pueden favorecer la cicatrización de heridas, mejorar el trofismo celular y estimular funciones metabólicas. En cuanto a las aplicaciones dermatológicas, los productos derivados de estas aguas, por su alta concentración en cloruro y sodio, tienen un impacto positivo sobre la piel, haciendo efecto en la absorción de los nutrientes y potenciando la circulación cutánea. Este proceso se produce gracias a la presión osmótica que ejercen estos compuestos y la estimulación de receptores nerviosos en la piel. El agua termal de Chaquella, al contener una concentración excesiva de cloruros, excede los límites establecidos por las normas peruanas y, en consecuencia, no es apto para consumo humano según las regulaciones vigentes. Sin embargo, su uso en terapias externas, como baños o tratamientos dermatológicos, puede ser beneficioso debido a las propiedades curativas asociadas con la concentración de cloruros. Por otro lado, el agua de Chimur, con una concentración baja de cloruros, se ajusta mejor a las normativas y es adecuada para su uso recreativo y terapéutico según los límites establecidos por el MINSA (13),(14) (42) (49) (50) (51) (52)(78).

**Gráfico N° 3: Resultados del ion cloruro de aguas termales en estudio**



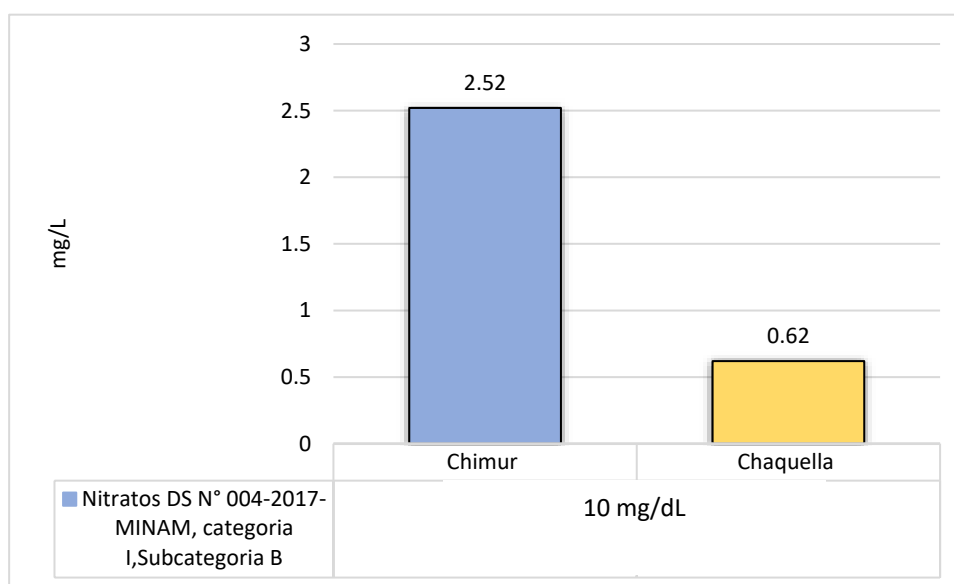
*Nota: Elaboración propia a partir de resultados de QUIMICA LAB ver anexo N°1.*

#### **4.2.4 Nitratos:**

En el gráfico No 4 según los datos presentados, las concentraciones de nitratos en las aguas termales de Chaquella y Chimur son de 2.51 mg/L y 0.62 mg/L, respectivamente. Ambos valores se encuentran dentro de los límites permisibles establecidos por el Decreto Supremo

N.º 004-2017 MINAM, que establece un límite máximo de 10.0 mg/L para los nitratos en aguas superficiales destinadas para recreación.

**Gráfico N° 4 :Resultados de nitratos de las aguas termales en estudio.**



*Nota: Elaboración propia a partir de resultados de QUIMICA LAB ver anexo N°1.*

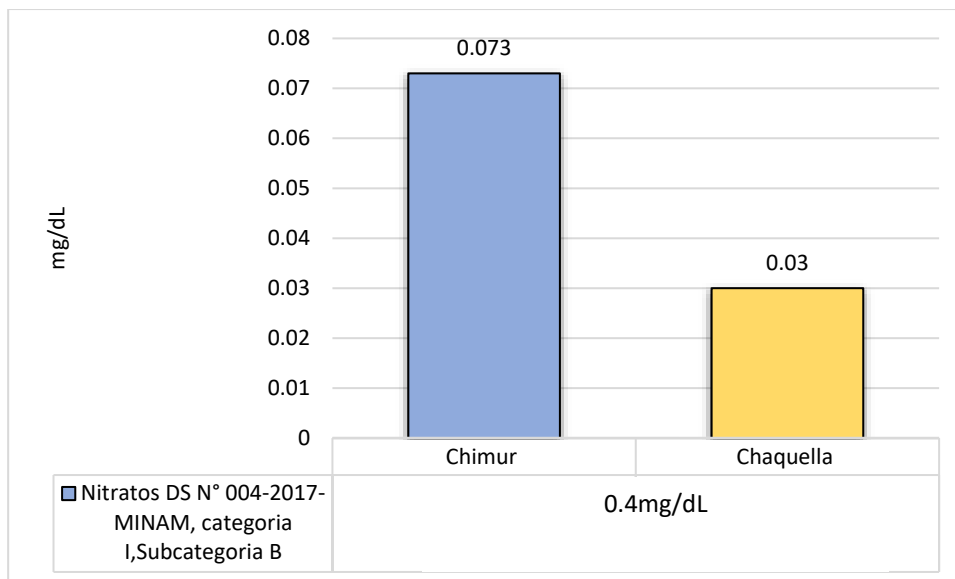
*\*Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.*

De acuerdo al estudio de Cuchuyrumi y Charalla se muestra los valores de la cantidad de nitratos en las aguas termales de 0.12 mg/L, 0.10 mg/L y 0.10 mg/L para Ccaylla, Marcani y Uyurmiri (28). Del mismo modo Avendaño en su estudio evidencia valores de nitratos de 0.36 mg/mL (11). La concentración de este ion es generalmente baja en aguas minerales naturales y su presencia es de origen volcánico por el recorrido de áreas con nitrato. Las altas concentraciones son a causa de la contaminación humana, es importante una verificación en el perímetro de las aguas termales ya que el nitrato puede combinarse de forma lenta con las aguas.

#### **4.2.5 Fosfatos:**

En el gráfico N°5 muestra las concentraciones de fosfatos en los cuerpos de aguas termales de Chaquella y Chimur, de nuestra investigación se halló 0.030 mg/L ( $\text{HPO}_4$ ) y 0.073 mg/L, respectivamente. Ambos valores satisfacen los límites establecidos como normales por el MINSA y la Organización Mundial de la Salud (OMS) para aguas de consumo humano, asegurando que su uso recreativo y terapéutico no presenta riesgos en relación con este indicador.

**Gráfico N° 5: Resultados de los fosfatos de las aguas termales en estudio.**



*Nota: Elaboración propia a partir de resultados de QUIMICA LAB ver anexo N°1.*

*\*Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.*

Cuchuyrumi y Charalla presentan los resultados de fosfatos de las aguas termales estudiadas, las cuales fueron 0.34 mg/L, 0.36 mg/L y 0.16 mg/L ( $\text{mg HPO}_4^{2-}/\text{L}$ ), las tres fuentes no superan el límite permisible (28). Los fosfatos están presentes en la mayoría de las rocas en cantidades minoritarias, pero se encuentra en mayor proporción en rocas fosfáticas, son minerales con alto contenido de fósforo. Su origen primario es de la fase de cristalización de magmas, su presencia en aguas minerales es por contacto con estos terrenos. Su procedencia también puede provenir de una infiltración de pozos negros o de los depósitos de estiércol y de vertidos industriales.

### 4.3 Cationes de Agua termal de Chimur y Chaquella

**Tabla N° 20:** Resultados de análisis fisicoquímico de los cationes de las fuentes termales en estudio.

Parámetro	Unidad	Muestra N°1(Chaquella)	Muestra N°2(Chimur)	Valor * referencial
Sodio	mg/L Na <sup>+</sup>	2691	5	-
Potasio	mg/L K <sup>+</sup>	507	1	-
Hierro Total	mg/L	0.147	0.054	0.30
Cadmio	mg/L	0.00	0.00	0.00
Plomo	mg/L	0.00	0.00	0.01
Mercurio	mg/L	0.0000	0.000	0.001
Cromo total	mg/L	0.00	0.00	0.05

*\*Decreto Supremo No 004-2017-MINAM*

*Nota: Elaboración propia a partir de datos recolectados de QUIMICA LAB Anexo N°1.*

#### 4.3.1 Sodio:

En la Tabla N.º 20 se reportan los valores de sodio (Na<sup>+</sup>) en las fuentes termales analizadas. Las aguas termales de Chaquella presentan una concentración significativamente elevada de sodio, con 2,691 mg/L, mientras que en las de Chimur se registra un valor mucho menor, de 5 mg/L. El sodio es un catión ampliamente presente en las aguas mineromedicinales, y en muchas de ellas constituye el componente iónico predominante. Desde el criterio de vista fisiológico, el electrolito sodio desempeña un papel fundamental en el organismo humano, particularmente en el compartimento extracelular, donde participa en la regulación del volumen corporal, la osmolalidad, el equilibrio ácido-base, y también la excitabilidad de las células nerviosas y musculares. Este ion está indicado para aplicaciones terapéuticas específicas, como el tratamiento de trastornos digestivos, metabólicos y reumatológicos. (20)(49).

#### 4.3.2 Potasio:

Según los datos presentados en la Tabla N.º 20, la acumulación de potasio (K<sup>+</sup>) en las aguas termales de Chaquella es 507 mg/L, mientras que en las de Chimur se reporta un valor significativamente menor, de 1 mg/L. Comparando estos resultados con estudios previos en otras fuentes termales del país como Huaynaputina (53.55 mg/L) (24). Se evidencia que Chaquella presenta una concentración de potasio inusualmente alta en comparación con los promedios nacionales. Aunque la Organización Mundial de la Salud (OMS) no establece un límite máximo específico para el potasio en aguas termales, recomienda una ingesta diaria mínima de 3,510 mg para adultos.

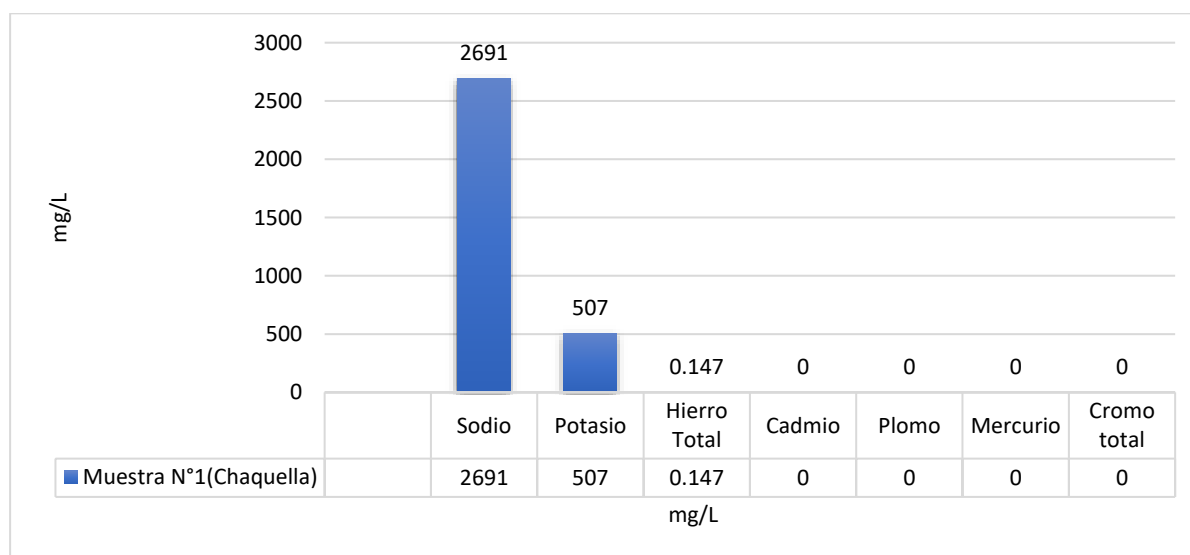
### 4.3.3 Hierro:

En la Tabla N.º 20 se reporta la conglomeración de hierro (Fe) en las aguas termales de Chaquella y Chimur, con valores de 0.147 mg/L y 0.054 mg/L, respectivamente. Ambas concentraciones se encuentran dentro del límite permitido por la DS 004- MINAN 2027 y la OMS, que establecen un máximo de 0.3 mg/L para aguas de uso de recreacional. El hierro, particularmente en su forma ferrosa ( $\text{Fe}^{2+}$ ), es altamente absorbible y posee propiedades terapéuticas relevantes, siendo útil como suplemento nutricional, reconstituyente y agente anti anémico, especialmente en contextos de anemia, recuperación post-enfermedad o crecimiento infantil. Su consumo directo desde el manantial optimiza la absorción. Su interacción con otros oligoelementos como el cobre favorece el equilibrio mineral del organismo (13)(44)(48).

### 4.3.4 Cadmio, plomo, cromo y mercurio:

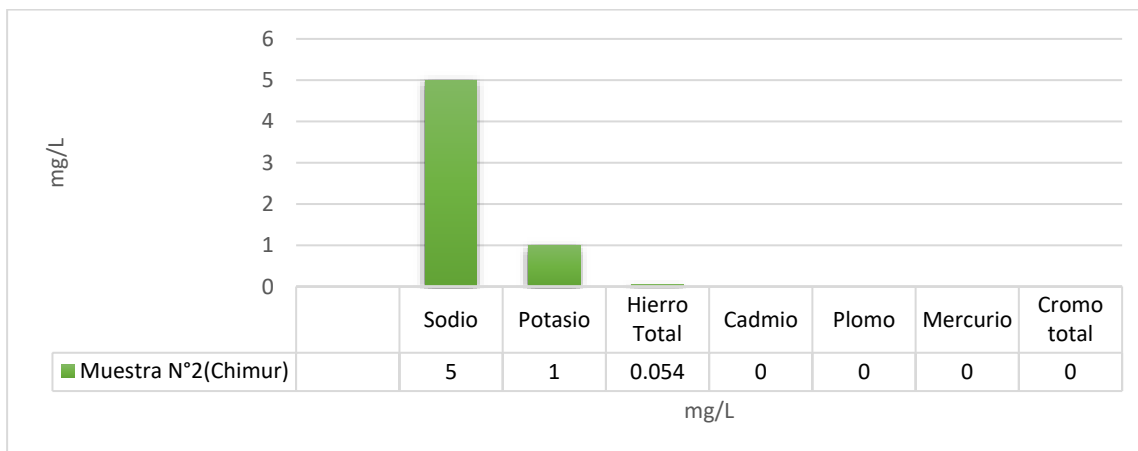
En la tabla N° 20, los metales pesados cadmio, plomo, cromo y mercurio no fueron detectados en ninguna de las dos fuentes termales analizadas, Chaquella y Chimur. La ausencia de estos elementos es un indicador positivo de la calidad del agua, ya que estos metales son reportados altamente tóxicos esta condición satisface con los estándares de calidad regidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y el DS 004-2017 MINAN los cuales establecen límites máximos muy estrictos para estos contaminantes en aguas destinadas al uso recreativo.

**Gráfico N° 6: Resultados de cationes de las aguas termales de Chaquella.**



*Nota: Elaboración propia a partir de datos recolectados de QUIMICA LAB ver anexo N°1.*

**Gráfico N° 7 :**Resultados de los cationes del agua termal de Chimur.



*Nota: Elaboración propia de datos recolectados de QUIMICA LAB ver anexo N°1.*

La presencia de plomo en las aguas termales de Perú es un tema de salud pública y monitoreo ambiental constante. Aunque muchas fuentes termales turísticas reportan niveles dentro de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA), existen zonas específicas especialmente cerca de cuencas mineras o áreas geológicamente ricas en minerales donde se han detectado evidencias significativas.

Los niveles de plomo varían drásticamente según la ubicación geográfica y la actividad industrial circundante. En San Antonio de putina se reportaron valores de 85.82mg de plomo mientras que en Cocalmayo muestra ausencia de plomo, cadmio y mercurio, en Churin,Picoy y Collpa se reportaron contaminación de plomo por debajo del límite de la normativa(79) .



#### 4.4 Resumen de los resultados estadísticos del análisis fisicoquímico de las aguas termales.

**Tabla N° 21:** Resumen de los resultados hallados en el laboratorio de QUIMICA LAB.

Determinaciones		Unidad	M1	M2
<b>Dureza Total</b>	CaCO <sub>3</sub>	mg/L	2900	30
<b>Bicarbonatos</b>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/L	358	439
<b>Carbonatos</b>	CO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/L	0	0
<b>Cloruros</b>	CL <sup>-</sup>	mg/L	9230	9
<b>Sulfatos</b>	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	mg/L	1318	4
<b>pH</b>			6.9	8.10
<b>Conductividad Eléctrica</b>		uS/cm	34460	596
<b>Turbiedad</b>		NTU	3.2	0.10
<b>Color</b>		UCV	0	0
<b>Densidad</b>		g/cm <sup>3</sup>	1.053	1.031
<b>Solidos totales</b>		g/L	18.65	0.15
<b>Sodio</b>	Na <sup>+</sup>	mg/L	2691	5
<b>Potasio</b>	K <sup>+</sup>	mg/L	507	1
<b>Nitratos</b>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/L	2.51	0.62
<b>Fosfatos</b>	HPO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	mg/L	0.030	0.073
<b>Hierro total</b>		mg/L	0.147	0.054
<b>Cadmio</b>		mg/L	0.00	0.00
<b>Plomo</b>		mg/L	0.00	0.00
<b>Mercurio</b>		mg/L	0.00	0.00
<b>Cromo total</b>		mg/L	0.00	0.00

- M1(Agua termal de Chaquella).
- M2(Agua termal de Chimur).

*Nota: Resultados obtenidos de QUIMICA LAB ver anexo N°13.*

#### 4.5 Clasificación según análisis fisicoquímico de las aguas termales.

De acuerdo con los resultados, las fuentes termales de Chimur y Chaquella se clasifico según su temperatura, mineralización, dureza y componentes químicos mayoritarios (presencia de gases libres, contenido aniónico y catiónico predominantes):

**Tabla N° 22:**Resultados de la clasificación de agua termal de Chimur

<b>Fuente</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Clasificación*</b>
<b>Agua termal de Chimur</b>	<b>Por su Temperatura</b>	Hipertermal
	<b>Por su Mineralización</b>	Bicarbonatada
	<b>Por su Composición</b>	sódica
	<b>Por su Dureza</b>	Aguas muy blandas

*Nota: Elaboración propia a partir de Vademécum II de aguas mineromedicinales española 2010 y vademécum de aguas termales de Galicia 2017(14).*

**- Interpretación de resultado**

Los resultados obtenidos de las aguas termales de la localidad de Chimur coinciden con la clasificación de aguas bicarbonatadas-sódicas según el estudio de Zapata (1), lo que sugiere que la composición química de estas aguas está influenciada principalmente por la presencia de bicarbonatos y sodio, cuando estas aguas tienen una alta concentración de ácidos libres, con una aglomeración de dióxido de carbono superior a 250 miligramos por litro, también se les llama aguas carbonatadas o con gas carbónico lo que les confiere propiedades terapéuticas destacadas en tratamientos digestivos, metabólicos y reumatológicos. Estos factores no solo incluyen las características geológicas e hidrogeológicas de la región, sino también fenómenos tectónicos y volcánicos que desempeñan un papel crucial en el calentamiento de las aguas termales. Este tipo de aguas es particularmente sensible a variaciones en las condiciones geológicas y volcánicas del área, lo que puede influir en su temperatura, mineralización y, en consecuencia, en sus propiedades terapéuticas (1)(14) (44).

Además, se considera que estas aguas están diluidas con aguas subterráneas bicarbonatadas, las cuales, a su vez, se originan en áreas con una alta presencia de rocas calcáreas de las formaciones geológicas Triásico-Jurásicas del Pucará. Estas rocas son fuentes naturales de bicarbonatos y minerales, que enriquecen el agua termal con compuestos disueltos y otorgan propiedades específicas beneficiosas para la salud. Las aguas subterráneas interactúan con estas formaciones geológicas que explica la variabilidad de la composición mineral de las aguas termales, especialmente la concentración de bicarbonatos, que es característica de este tipo de aguas (1) (14) (44).

**Tabla N° 23:** Resultados de la clasificación de agua termal de Chaquella.

<b>Fuente</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Clasificación *</b>
Agua termal Chaquella	Por su Temperatura	Termomineral
	Por su Mineralización	Clorurado-sulfatada
	Por su Composición	Sódica
	Por su Dureza	Aguas extremadamente duras

*Nota: Elaboración propia a partir de Vademécum II de aguas mineromedicinales española 2010 y vademécum de aguas termales de Galicia 2017(14).*

Las aguas termales de Chaquella se catalogan como cloruradas, sulfatadas, sódicas y termominerales. De acuerdo con el estudio de Zapata, esta clasificación se debe a la presencia de depósitos aluviales que incluyen arcillas, limos, arenas y gravas no consolidadas, lo que contribuye a su alta mineralización (1).

Aunque las aguas de Chaquella no son recomendables para beber, pueden usarse para baños. Estas aguas emergen de dos manantiales cercanos al cauce del río, formando pozas naturales con la manifestación de gases de CO<sub>2</sub>, lo que les otorga su perfil termomineral característico. En cuanto a su conformación química, el carácter clorurado de las aguas de Chaquella y su similitud con las de Aguas Calientes-Río Jaruma en cuanto a los componentes traza como estroncio (Sr), litio (Li), cesio (Cs) y rubidio (Rb), así como las ratios de HCO<sub>3</sub> / (Cl + SO<sub>4</sub>), (Ca + Mg) / (Na + K) y Cl / Li, sugieren que ambas fuentes podrían provenir de un mismo acuífero profundo. La ligera acidez de estas aguas, que no es típica de las aguas profundas, puede explicarse por la presencia de gases de CO<sub>2</sub> que se liberan durante la interacción con las rocas circundantes. Este proceso de reacción entre los gases de CO<sub>2</sub> y las rocas encajonantes da como resultado una disminución del pH, lo que provoca que las aguas sean ligeramente ácidas (1).

#### 4.6 Probables propiedades medicinales de las aguas termales en estudio

**Tabla N° 24:** Resultados de las propiedades medicinales de las aguas termales de Chimur y Chaquella

Potenciales propiedades medicinales de las aguas termales de Chimur.	Potenciales propiedades medicinales de las aguas termales de Chaquella.
Por su temperatura hipertermal se emplea en hidroterapia en baños generales o localizados (manos, pies), a temperatura variable, con una duración de 15 a 30 minutos. Teniendo una acción sedante, suavizante y antiinflamatoria (21)(80).Además, estimula y potencia la circulación y ejerce una acción vasodilatadora, combatiendo la tensión y rigidez muscular (14) (46).	– Antiinflamatorias(14)(46)(50).  - Analgésicas en afecciones del aparato locomotor como la rigidez muscular(14) (40) (46) (49) (50) .  -Cicatrizantes(42).

*Nota: Elaboración propia a partir de la revisión bibliográfica. (14) (21) (41) (42) (46) (49)(50)(80).*

##### • Interpretación del resultado

Las aguas termales de Chimur destacan principalmente por su contenido de bicarbonatos, lo que les otorga una acción antiácida natural. Su efecto principal se manifiesta por su temperatura hipertermal (13) (14) (42) (50) . La temperatura en la zona de aplicación aumenta, provocando una sensación de picazón y calor en el paciente. Esto conduce a una vasodilatación y una hiperemia local, aumentando el flujo sanguíneo hacia la piel y los tejidos subyacentes, lo cual mejora el trofismo y la nutrición de los tejidos, ejerciendo la tensión y rigidez muscular (14).

En contraste, las aguas termales de Chaquella presentan una composición más variada y compleja, ya que combinan bicarbonatos con un elevado contenido de cloruros. Esta mezcla amplía notablemente sus propiedades curativas. Al igual que las de Chimur, los bicarbonatos en Chaquella actúan como antiácidos, pero también contribuyen como laxantes suaves, protectoras del hígado, y son útiles para tratar trastornos digestivos .El alto nivel de cloruros en las aguas de Chaquella refuerza aún más su eficacia terapéutica, dado que estas sales minerales actúan como: estimulantes generales y tonificantes, regeneradoras dérmicas (queratoplásticos), efectivas en el tratamiento de afecciones de la piel, descongestionantes, útiles en casos de rinitis y laringitis crónicas, potentes como laxantes, colagogas (favorecen la secreción biliar), diuréticas, y antiinflamatorias (14-16)(50)(45)(46)(47).

## 4.7 Análisis microbiológico de las aguas termales en estudio .

### 4.7.1 Coliformes totales

En la tabla N° 25 se muestra la identificación de los coliformes totales de las 2 aguas termales Chaquella y Chimur analizadas. De acuerdo con la Resolución Ministerial N° 527-2016/MINSA y a Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM para aguas de uso recreacional, los cuales establecen respecto a los coliformes totales debe existir ausencia total de ellos por cada muestra de 200 NMP/ 100 mL como se observa ambas aguas termales satisfacen con tal parámetro.

**Tabla N° 25:** *Coliformes totales* de las aguas termales de Chaquella y Chimur.

Muestra	Valor promedio			Valor referencial
	Inicio	Medio	Final	
Agua termal de Chaquella	< 1,8 NMP/100 mL	5	18	* ≤ 200 NMP/100 mL
	< 1,8 NMP/100 mL	3	21	
	< 1,8 NMP/100 mL	7	15	
	< 1,8 NMP/100 mL	14	27	
	< 1,8 NMP/100 mL	17	33	
Agua termal de Chimur	< 1,8 NMP/100 mL	12	22	

\*Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM

NMP: Número más probable.

*Nota:* Adaptado a partir de datos recolectados del laboratorio de microbiología de la UNSAAC ver anexo N°2.

Podemos observar que las aguas termales de Chaquella y Chimur presentan al inicio y fuente principal 0 NMP/100mL; por lo tanto, se infiere que existe ausencia de contaminación bacteriana, este resultado es acorde con el estudio de Garcia y Huaman (2023) el cual indicó que las aguas termales del balneario de Pampalca presentan un valor medio menor a 1.8 NMP/100mL para coliformes totales (22). Así también se manifiesta que hay un aumento progresivo de estos valores en el medio o piscina termal con los siguientes resultados 7 y 17 NMP/100 mL para Chaquella y Chimur respectivamente lo que significa presencia de coliformes totales. De igual manera al final o salida de agua de la piscina presentan 21 y 33 NMP/100 mL para Chaquella y Chimur respectivamente manifestándose presencia de bacterias, realizando la comparación con otros estudios podemos mencionar que Jara y Pando (2024) en su estudio se observa un aumento progresivo de contaminación para coliformes totales por lo cual se infiere que se deba a una incorrecta recirculación del agua lo cual repercute en una deficiente acción del desinfectante usado por los usuarios (26). Por lo tanto, podemos inferir que la contaminación bacteriana se deba por parte de algún agente externo como son los usuarios al no realizarse aseo antes de ingresar a las piscinas termales.

#### 4.7.2 Coliformes fecales

En la tabla N°26 se muestra los resultados de análisis de los coliformes fecales de las aguas termales Chaquella y Chimur. De acuerdo con la Resolución Ministerial N° 527-2016/MINSA y a Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM para aguas de recreación, los cuales indican que los coliformes fecales debe existir ausencia total de bacterias por cada muestra de 100 mL, el valor indicativo de ausencia es  $< 1,8/100\text{mL}$ . Como se observa las aguas termales de Chaquella y Chimur cumplen con el criterio establecido.

**Tabla N° 26:** Coliformes fecales de las aguas termales de Chaquella y Chimur

Muestra	Valor promedio		Valor referencial
	Inicio	Medio	
Agua termal de Chaquella	$< 1,8 \text{ NMP}/100 \text{ mL}$	8	38
	$< 1,8 \text{ NMP}/100 \text{ mL}$	12	25
	$< 1,8 \text{ NMP}/100 \text{ mL}$	18	36
			*Ausencia NMP/100 mL
	$< 1,8 \text{ NMP}/100 \text{ mL}$	15	20
	$< 1,8 \text{ NMP}/100 \text{ mL}$	20	40
Agua termal de Chimur	$< 1,8 \text{ NMP}/100 \text{ mL}$	14	29

\*Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM

NMP: Número más probable.

Nota: Adaptado a partir de datos recolectados del laboratorio de microbiológica de la UNSAAC ver anexo N°2.

En la tabla se muestra la cuantificación de los coliformes fecales (*Escherichia coli*) o termo tolerantes. Las fuentes principales no superan los límites admisibles detectando un valor que es  $< 1,8 \text{ NMP}/100 \text{ mL}$ , lo que evidencia ausencia de este grupo, esto se explica porque el punto donde salen las aguas termales está protegido de la contaminación bacteriana procedente de la superficie del suelo. del mismo modo observamos un aumento progresivo en resultado de cada muestra en las piscinas y en la salida de estas. Según el estudio de Cuchuyrumi y Charalla (2024) evidencia la presencia de coliformes fecales con valores de 4 NMP/100mL y 26 NMP/100mL para los balnearios de Marcani y Uyurmiri en presencia de los bañistas y 0 NMP/100mL para ambos balnearios en ausencia de bañistas, en tal sentido se puede inferir que en este estudio existe evidencia de contaminación fecal en las piscinas (28). Por lo tanto, podemos inferir que la presencia de estos microorganismos hace alusión a una acción ineficiente de la desinfección por parte de los usuarios, sin duda a una

contaminación de origen fecal ya sea de humanos o animales lo cual representa un riesgo potencial de contaminación por coliformes fecales.

#### 4.7.3 *Staphylococcus aureus*

En la tabla N°27 se muestra el estudio de *Staphylococcus aureus* de las aguas termales de Chaquella y Chimur analizadas. De acuerdo con la Resolución Ministerial No 527-2016/MINSA y Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM para aguas de recreación, los cuales establecen que debe existir ausencia por cada muestra de NMP/100 mL. Como se muestra las aguas termales en estudio donde se encuentran dentro de tal parámetro.

**Tabla N° 27:** *Staphylococcus aureus* de las aguas termales de Chaquella y Chimur.

Muestra	Valor promedio			Valor referencial
	Inicio	Medio	Final	
Agua termal de Chaquella	0	2	6	*Ausencia por NMP/100 mL
Agua termal de Chimur	0	5	8	

\*Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM

NMP: Número más probable.

*Nota:* Adaptado a partir de datos recolectados del laboratorio de microbiológica de la UNSAAC ver anexo N°2.

La presencia de este microorganismo en las piscinas se explicaría por qué son aguas donde se realiza la actividad recreativa, este contacto puede liberar a esta bacteria, a través de secreciones nasales, partículas de heridas infectadas, saliva, etc. Esto es relevante ya que tanto las aguas termales de Chaquella y Chimur reciben bañistas locales y extranjeros. La distribución de esta bacteria es extensa, se encuentra en el aire, agua, suelo, pero su principal reservorio son los animales y los humanos, encontrándose en la piel, cabello, fosas nasales y garganta. Pueden resistir temperaturas desde 10-48 °C; estas bacterias producen infecciones oportunistas, que van desde infecciones cutáneas (57).

#### 4.7.4 *Escherichia coli*

Ver tabla N° 28. Se muestra la evaluación de *Escherichia coli* de las aguas termales de Chaquella y Chimur. De acuerdo con la Resolución Ministerial No 527-2016/MINSA y Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM. para aguas de piscina, los cuales indican que respecto a *escherichia coli* no debe existir contaminación por cada muestra de 100mL. Como se observa las fuentes principales donde emergen las aguas termales de Chaquella y Chimur cumplen con el parámetro.

**Tabla N° 28:** *Escherichia coli* de las aguas termales de Chaquella y Chimur.

Piscina /muestra	Valor promedio			Valor referencial
	Inicio	Medio	Final	
Agua termal de Chaquella	0	0	17	*Ausencia por NMP/100 mL
Agua termal de Chimur	0	6	21	

\*Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM

NMP: Número más probable.

*Nota:* Adaptado a partir de datos recolectados del laboratorio de microbiológica de la UNSAAC ver anexo N°2.

Se observa la detección de *escherichia coli*, donde se muestra ausencia de este microorganismo en las dos fuentes principales de Chaquella y Chimur así también en el balneario de Chaquella, según el estudio de Galindo y Riveros (2022) el análisis de *escherichia coli* en las aguas termales de Huapa en los dos muestreos dieron un valor de ausencia cumpliendo lo mencionado en D.S N° 004-2017-MINAM ECA dicho estudio guarda relación con nuestros datos obtenidos de ambas fuentes termales(23).

por otro lado, se muestra los siguientes datos 17 NMP/100 mL y 21 NMP/100 mL para la salida de los balnearios de Chaquella y Chimur respectivamente. Esto afirma que existe contaminación directamente fecal por parte de los visitantes. En comparación con el estudio de Cuchuyrumi y Charalla (2024) en su estudio se muestra ausencia de esta bacteria para las tres fuentes principales y el balneario de Ccaylla cumpliendo lo establecido por la norma cubana para fuente bebible (28).*Escherichia coli* es una bacteria de origen fecal que se encuentra principalmente en las heces de humanos y animales. También puede estar presente en aguas residuales y suelos que han sido contaminados recientemente, ya sea por actividad humana, prácticas agrícolas o animales. La principal forma de contagio es a través de la ingestión, lo que puede provocar diarrea, gastroenteritis y vómitos severos (5) (6).

#### **4.7.5 *Pseudomona aeruginosa***

Ver tabla 29. Se muestra la detección de *Pseudomona aeruginosa* de las aguas termales de Chaquella y Chimur. De acuerdo a la Resolución Ministerial N° 527-2016/MINSA y Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM para aguas de recreación los cuales indican que respecto a la contaminación bacteriana por este microorganismo debe ser nula por cada muestra de 100mL. Como se observa ambas fuentes principales si cumplen con tal parámetro.



**Tabla N° 29:** *Pseudomona aeruginosa* de las aguas termales de Chaquella y Chimur.

Muestra	Valor promedio			Valor referencial
	Inicio	Medio	Final	
Agua termal de Chaquella	0	4	12	*Ausencia NMP/100 mL
Agua termal de Chimur	0	11	25	

\*Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM

NMP: Número más probable.

Nota: Adaptado a partir de datos recolectados del laboratorio de microbiológica de la UNSAAC ver anexo N°2.

Este microorganismo está presente en ambos balnearios y salidas analizados, esto se atribuye a su origen y además es un indicador de la presencia de cloro, ya que su resistencia al cloro es superior a la de otros microorganismos que se encuentran en el agua. Al realizar la comparación con otros autores Cuchuyrumi y Charalla (2024) evidencia la determinación de *Pseudomona aeruginosa* en el balneario de Uyurmiri (28).Siendo estos semejantes a los de este estudio. La amplia distribución de esta bacteria, hace que pueda derivar de diversos orígenes ambientales. Sobrevive en medio acuoso por reproducirse y sobrevivir en muy bajas concentraciones de nutrientes (3).

La presencia de este microorganismo, pone en riesgo la salud de los usuarios, especialmente inmunocomprometidos, provocándoles un rango de infecciones cutáneas y de las membranas mucosas del ojo, oído, nariz y garganta (6).

**4.7.6 *Salmonella spp* y *Shiguella***

Ver tabla N°30. Se muestra detección de *Salmonella spp* y *Shiguella* de las aguas termales de Chaquella y Chimur analizadas. De acuerdo a la Resolución Ministerial N° 527-2016/MINSA y al Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM para aguas de recreación, los cuales indican que respecto a *Salmonella spp* y *Shiguella* no debe existir presencia por cada /100mL. Como se observa ambas aguas termales de Chaquella y Chimur satisfacen en su totalidad con tal parámetro.

**Tabla N° 30:** *Salmonella spp* y *Shiguella* de las aguas termales de Chaquella y Chimur.

Muestra	Valor promedio			Valor referencial
	Inicio	Medio	Final	
Agua termal de Chaquella	0	0	0	*Ausencia por NMP/100 mL
Agua termal de Chimur	0	0	0	

\*Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM

NMP: Número más probable.

*Nota:* Adaptado a partir de datos recolectados del laboratorio de microbiológica de la UNSAAC ver anexo N°2.

Las aguas termales de Chaquella y Chimur, presentan ausencia por cada 100 mL de muestra en las fuentes termales, balnearios y salida para *Salmonella spp* y *Shiguella* . Realizando la comparación con otros estudios tenemos que Cuchuyrumi y Charalla (2024) en su estudio determino 0 presencia/100 mL de este microorganismo en sus 3 balnearios analizados Ccaylla, Marcani y Uyurmiri (28)datos que son semejantes con las muestras de este estudio.

Estos microorganismos de la familia enterobacteriácea, indudablemente de origen fecal humano y animal, típicamente es entero patógeno para el hombre, la vía oral es la principal vía de acceso de estas bacterias al hombre, causando trastornos de síndrome diarreico, con alta mortalidad en personas muy vulnerables (62).

#### **4.7.7 Hongos y levaduras**

Ver tabla N° 31. Se muestra el estudio de hongos y levaduras de las aguas termales de Chaquella y Chimur. De acuerdo a la Resolución Ministerial N° 527-2016/MINSA y al Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM para aguas de recreación, los cuales indican que respecto a hongos y levaduras debe existir ausencia total de ellos por cada muestra de 100mL. Se observa ambas fuentes principales de Chaquella y Chimur cumplen con el criterio.

**Tabla N° 31:** Hongos y levaduras de las aguas termales de Chaquella y Chimur.

Piscina /muestra	Valor promedio			Valor referencial
	Inicio	Medio	Final	*Ausencia por 100 mL
Agua termal de Chaquella	0	8	14	
Agua termal de Chimur	0	6	11	

*\*Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM.*

*Nota: Adaptado a partir datos recolectados del laboratorio de microbiológica de la UNSAAC ver anexo N°2.*

En el análisis de hongos y levaduras podemos apreciar una mayor presencia de levaduras principalmente en ambos balnearios y salida de estas aguas termales de Chaquella y Chimur. esto está ligado directamente a la presencia de bañistas con afecciones de tipo dermatológico; del mismo modo a el aseo personal de los usuarios. Realizando la comparación con otros estudios tenemos que Cuchuyrumi y Charalla (2024) en la determinación de hongos y levaduras detalla que las 3 fuentes principales no superan los límites admisibles, mientras que los balnearios analizados ninguno cumple con la normativa presentando contaminación de hongos y levaduras coincidiendo de algún modo con nuestros valores obtenidos(28).

**4.8 Análisis de la descripción de prácticas de los usuarios de las aguas termales en estudio.**

- Características Sociodemográficas**

Se realizaron 50 encuestas para las aguas termales de Chimur, 65 para las aguas termales de Chaquella, tanto a turistas nacionales y lugareños entre varones y mujeres que hicieron uso de las aguas termales, genero predominante el femenino. En cuanto a su procedencia para las aguas de Chimur y Chaquella los visitantes provenían en su mayoría de Cusco, siendo con más afluencia por los lugareños y también otros distritos de ambos lugares.

**Tabla N° 32:** Edad de los usuarios de las aguas termales.

Edad de los usuarios de las aguas termales		Baño Termal	
		Chaquella	Chimur
Edad	Juventud (20-24)	n = (7)	n =8
	%	10,0%	16,0%
	Adulthood (25-59)	n= (43)	n=36
	%	<b>86,0%</b>	<b>72,0%</b>
	Vejez (60 a más)	n = (2)	n=6
	%	4,0%	12,0%
Total, Recuento %		n=65	n=50
		100,0%	100,0%

*n: número de personas encuestadas.*

*Nota: Adaptado de datos recolectados del cuestionario ver Anexo 4.*

El 86% de los visitantes de las aguas termales de Chaquella están entre las edades de 25 a 59 años de edad. Mientras que el 72% de visitantes a las aguas termales de Chimur son adultos según el grupo etario de la OMS.

**Tabla N° 33:** Resultados de la encuesta de sexo de los usuarios de las aguas termales

Sexo de los usuarios de las aguas termales			Baño Termal	
			Chaquella	Chimur
Sexo	Masculino	Recuento	n=36	n=20
		%	<b>52,0%</b>	<b>40,0%</b>
	Femenino	Recuento	n=29	n=30
		%	<b>48,0%</b>	<b>60,0%</b>
Total		Recuento	n=65	50
		%	100,0%	100,0%

*n: número de personas encuestadas.*

*Nota: Adaptado de datos recolectados del cuestionario.*

En los baños termales de Chaquella el 52% son varones y 48% son mujeres, mientras que en Chimur del total de visitantes, el 60% son mujeres y el 40% son varones.

**Tabla N° 34:** Resultado de la ocupación de la encuesta de los usuarios de las aguas termales.

Ocupación de los usuarios de las aguas termales			Baño Termal	
			Chaquella	Chimur
Ocupación	Chofer	Recuento	n=2	n=0
		%	3,08%	0,0%
	Comerciante	Recuento	n=4	n=23
		%	6,15%	<b>46,0%</b>
	Estudiante	Recuento	n=18	n=5
		%	<b>27,69%</b>	10,0%
	Ganadero	Recuento	n=8	n=6
		%	12,31%	12,0%
	Ama de casa	Recuento	n=16	n=9
		%	24,62%	18,0%
	Agropecuario	Recuento	n=5	n=0
		%	7,69%	0,0%
	Obrero	Recuento	n=4	n=4
		%	6,15%	8,0%
	Profesional	Recuento	n=8	n=3
		%	12,31%	6,0%
Total		Recuento	n=65	n=50
		%	100,0%	100,0%

*n: número de personas encuestadas.*

*Nota: Adaptado a partir de datos recolectados del cuestionario.*

Los usuarios que visitan las aguas termales de Chaquella son 27,69% estudiantes en su mayoría respecto al 100% del total de visitantes, en las aguas termales de Chimur el 46% son comerciantes siendo el grupo mayoritaria respecto al 100% del total de visitantes.

- **Conocimiento**

**Tabla N° 35:** Resultados de la encuesta N°1, de los usuarios de las aguas termales en estudio.

¿Para qué problemas utiliza las aguas termales?			Baño Termal	
			Chaquella	Chimur
	Problemas Gástricos	Recuento	0	1
		%	0,0%	2,0%
	Problemas reumáticos	Recuento	47	46
		%	<b>72.31%</b>	<b>92,0%</b>
	Problemas dermatológicos	Recuento	2	3
		%	3.08%	6,0%
	Otros	Recuento	16	0
		%	24.62%	0,0%
	Total	Recuento	50	50
		%	100,0%	100,0%

*n= número de personas encuestadas.*

*Datos: Adaptado a partir de datos recolectados del cuestionario.*

En la pregunta 1, ver tabla 35, se destaca los problemas de salud para los que son utilizados las aguas termales, el 72,31% de problemas reumáticos son motivo de visitas a las aguas termales de Chaquella, mientras que a las aguas termales de Chimur el 92% visita por problemas reumatológicos.

**Tabla N° 36:** Resultados de la pregunta N°2, de los usuarios de las aguas termales en estudio.

¿Porque utiliza las aguas termales?			Baño Termal	
			Chaquella	Chimur
	Recreación	Recuento	n=24	n=12
		%	<b>38,0%</b>	<b>24,0%</b>
	Salud	Recuento	n=35	n=38
		%	<b>60,0%</b>	<b>76,0%</b>
	Otros	Recuento	n=6	n=0
		%	2,0%	0,0%
	Total	Recuento	65	50
		%	100,0%	100,0%

*n= número de personas encuestadas.*

*Nota: Adaptado a partir de datos recolectados del cuestionario.*

En la pregunta 2, ver tabla 36, se refiere el uso que se le da a las aguas termales, siendo la salud el motivo principal de porque los usuarios visitan las aguas termales de Chaquella y Chimur en un porcentaje de 60% y 76% del total de usuarios, seguidamente de 38% y 24% por recreación.

**Tabla N° 37:** Resultado de la pregunta N°3 de los usuarios de las aguas termales de Chaquella y Chimur.

¿Cómo utiliza las aguas termales?			Baño Termal	
			Chaquella	Chimur
	En baños	Recuento	n=56	n=50
		%	<b>92,0%</b>	<b>100,0%</b>
	En duchas	Recuento	n=12	n=0
		%	4,0%	0,0%
	Otros	Recuento	n=12	n=0
		%	4,0%	0,0%
Total		Recuento	n=65	n=50
		%	100,0%	100,0%

*n= número de personas encuestadas.*

*Fuente: Adaptado a partir de datos recolectados del cuestionario*

En la pregunta 3, ver tabla 37, el 92% de los usuarios de Chaquella y el 100% de los usuarios de Chimur utilizan las aguas termales en baños directos disponiendo las piscinas de ambos lugares.

**Tabla N° 38:** Resultados de la pregunta N° 4, de los usuarios de las aguas termales en estudio.

¿Con que frecuencia utiliza las aguas termales?			Baño Termal	
			Chaquella	Chimur
	una vez al año	Recuento	n=18	n=4
		%	26,0%	8,0%
	Dos a cinco veces al año	Recuento	n=27	n=42
		%	<b>44,0%</b>	<b>84,0%</b>
	Cinco a más veces al año	Recuento	n=20	n=4
		%	30,0%	8,0%
Total		Recuento	65	50
		%	100,0%	100,0%

*n= número de personas encuestadas.*

*Nota: Adaptado a partir de datos recolectados del cuestionario.*

En la pregunta 4, ver tabla 38, se destaca el uso de las aguas termales, las aguas termales de Chaquella es utilizada en 44% (dos a cinco veces al año) y un 30% (más de 5 veces al año), mientras que en las aguas termales de Chimur las personas concurren en 84% (dos a cinco veces al año) por lo cual se infiere que las personas que visitan las aguas termales de Chimur en su mayoría vuelven a hacer uso de los baños termales.

**Tabla N° 39:** Resultados de la pregunta N°5, de las aguas termales en estudio.

¿Alguna vez presento algún problema de salud al utilizar estas aguas termales, si la respuesta es SI que síntomas presento?			Baño Termal	
			Chaquella	Chimur
	sí "dolor de cabeza"	Recuento	10	4
		%	14,0%	8,0%
	no	Recuento	55	46
		%	86,0%	92,0%
	Total	Recuento	65	50
		%	100,0%	100,0%

*n= número de personas encuestadas.*

*Notas: Adaptado a partir de datos recolectados del cuestionario.*

En la pregunta 5, ver tabla 39, se consultó a los usuarios sobre los problemas de salud que presentaron al hacer uso de los baños termales de Chaquella y Chimur, en las aguas termales de Chaquella el 86% no presenta síntomas, mientras que el 14% si presenta síntomas en su totalidad dolores de cabeza, por otro lado, en las aguas termales de Chimur el 92% no presenta síntomas y el 8% si presenta síntomas como dolor de cabeza.

**Tabla N° 40:** Resultados de la pregunta N°6 de las aguas termales en estudio.

¿Cómo se enteró de la existencia de este lugar?			Baño Termal		
			Chaquella	Chimur	
	Internet	Recuento	15	5	
		%	20,0%	10,0%	
	Amigo o familiar	Recuento	41	45	
		%	72,0%	90,0%	
	Radio	Recuento	9	0	
		%	8,0%	0,0%	
	Total		Recuento	65	50
			%	100,0%	100,0%

*n= número de personas encuestadas.*

*Fuente: Adaptado a partir de datos recolectados del cuestionario.*



En la pregunta 6, ver tabla 40, respecto a cómo se enteraron los visitantes de estos baños termales, Chaquella 72% por recomendación de un amigo o familiar, Chimur 90% por recomendación de un amigo o familiar, ambos valores destacan la preferencia por las cualidades de ambas aguas termales por lo tanto revaloraría la publicidad por los diferentes medios de comunicación para que haya más presencia de visitantes.

## CONCLUSIONES

1. Se determinó que la fuente termal de Chimur presenta una temperatura de 47 °C, pH 8.1, conductividad eléctrica de 596  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y turbidez entre 0 y 10 UNT, lo que indica baja salinidad y mineralización moderada, con predominio de aniones bicarbonato. En contraste, la fuente termal de Chaquella registra condiciones más extremas, con 54 °C, pH 6.9, conductividad eléctrica de 34,460  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y turbidez de 3.20 UNT, evidenciando alta carga iónica y fuerte mineralización, posiblemente asociada a una mayor interacción hidrogeológica.
2. Se determinaron bacterias indicadoras de contaminación de las aguas termales en estudio tales como: *coliformes fecales*, *coliformes* totales, *staphylococcus aureus*, *escherichia coli*, *pseudomonas aeruginosa*, *salmonella-shiguella* y por último hongos y levaduras, confirmándose ausencia de estos microorganismos. Se determinó la presenciade *E. Coli* en la concentración aceptable siendo de un riesgo bajo para la salud de los usuarios.
3. Se identificaron y sistematizaron las probables propiedades medicinales de las aguas termales de Chimur y Chaquella según su composición química. Chimur se clasifica como hipertermal y bicarbonatada, con  $\text{HCO}_3^-$  de 439 mg/L, asociándose por su temperatura a efectos vasodilatadores que reducen la tensión y rigidez. Chaquella es termomineral de alta mineralización, clasificada como bicarbonatada, clorurada y sulfatada, con  $\text{CaCO}_3$  de 2,900 mg/L,  $\text{Cl}^-$  de 9,230 mg/L (no apta para consumo humano por la cantidad de cloruro) y  $\text{SO}_4^{2-}$  de 1,318 mg/L, presentando probables propiedades antiinflamatorias y analgésicas en afecciones locomotoras, reumatológicas, dermatológicas y queratoplásticas. En conjunto, ambas fuentes muestran probables propiedades terapéuticas, destacando Chaquella por su mayor riqueza mineral.
4. La encuesta mostró que la mayoría de usuarios tiene entre 25 y 59 años (86% en Chaquella y 72% en Chimur), con predominio del sexo femenino (52% y 60%, respectivamente). En Chaquella destacan los estudiantes (27,69%), mientras que en Chimur predominan los comerciantes (46%). Los usuarios lo utilizan, especialmente para problemas reumáticos (72,31% en Chaquella y 92% en Chimur) y por salud (60% y 76%). La forma de uso más común son los baños (92% y 100%), con una frecuencia de dos a cinco veces al año (44% y 84%). La mayoría no reportó reacciones adversas (86% y 92%) y los usuarios conocieron las aguas termales en estudio por recomendación de amigos o familiares (72% y 90%).

## RECOMENDACIONES

### Para el Ministerio de Salud y la Gerencia Regional de Salud Cusco

1. **Fortalecer un sistema integral de vigilancia sanitaria de aguas termales:** Establecer un plan de monitoreo periódico que incluya análisis microbiológicos y fisicoquímicos regulares de las aguas termales, en concordancia con la normativa vigente al fin de garantizar condiciones sanitarias para la población usuaria conforme a la normativa vigente.
2. **Revisar y actualizar estándares de calidad sanitaria de aguas termales:** Revisar y actualizar los límites permitidos de contaminantes en aguas termales, considerando las características específicas de cada fuente y las recomendaciones de organismos internacionales como la Organización Mundial de la Salud (OMS).
3. **Fortalecer las estrategias de promoción y educación sanitaria:** Desarrollar e implementar programas de educación sanitaria de aguas termales dirigidos a la población sobre el uso seguro de las aguas termales, higiene personal y mantenimiento de las instalaciones, contribuyendo a la reducción riesgos asociados a prácticas inadecuadas.

### Para las municipalidades distritales de Chaquella y Chimur

1. **Capacitar al personal operativo de las aguas termales:** Se recomienda implementar programas de capacitación continua para el personal operativo y administrativo, sobre el manejo adecuado de desinfectantes, control de calidad del agua y protocolos de higiene, en colaboración con instituciones especializadas.
2. **Implementar mecanismo de control de aforo y monitoreo operativo:** Establecer sistemas de control de protocolos de acceso a las instalaciones que incluyan registros de visitantes durante la operación de servicios de las aguas termales.
3. **Sistematizar y documentar acciones de control sanitario:** Mantener registros detallados de las actividades de monitoreo, desinfección, mantenimiento las cuales deben estar disponibles para las autoridades competentes.
4. **Difundir información sobre prácticas seguras:** Implementar estrategias de comunicación de riesgo mediante la difusión permanente y accesible sobre normas de uso, medidas de higiene, posibles riesgos utilizando señalización visible y material educativo ubicados en zonas estratégicas de las instalaciones termales.

**Otros investigadores:**

1. **Promover la Investigación continua de fuentes termales:** Fomentar y realizar estudios microbiológicos y fisicoquímicos periódicos en diversas fuentes termales de la región, identificando posibles focos de contaminación y proponiendo soluciones.
2. **Impulsar y desarrollar de métodos innovadores de tratamiento con aguas termales:** Investigar, promover tratamientos y técnicas de aplicación con aguas termales considerando criterios de eficacia y seguridad para el usuario.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Zapata Valle R. Aguas minerales del Perú (Primera Parte) - [Boletín D 1]. Inst Geológico Min Met - INGEMMET [Internet]. 1971 [citado 14 de marzo de 2024]; Disponible en: <https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/347>
2. Andueza Leal F, Araque J, Parra Y, Arciniegas S, Guaila R, Escobar Arrieta SN, et al. Diversidad bacteriana en aguas mineromedicinales del balneario "Urauco". Pichincha. Ecuador. An Real Acad Nac Farm. 2020;86(1):19-28.
3. Andueza-Leal FD, Araque-Rangel J, González-Escudero M, Sacoto D, León-Leal A, Gutiérrez MG, et al. Biodiversidad bacteriana en aguas de balnearios mineromedicinales de Ecuador y Venezuela. FIGEMPA Investig Desarro. junio de 2023;15(1):56-77.
4. Sarayasi E. Gestión Turístico Municipal y Desarrollo Rural Sostenible en la Provincia de Espinar -2017. Univ César Vallejo [Internet]. 2017 [citado 18 de marzo de 2024]; Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/20304>
5. López Morales M. Los Balnearios como Centros de Salud. Index Enferm. 2004;13(47):26-30.
6. Meijide Faílde R. Actualidad de la medicina termal. Boletín Soc Esp Hidrol Medica. 2020;35(1):17-32.
7. Turismo Leisure & Sport. Estrategia de turismo termal de Perú. Informe final. Lima, Perú: Tourism Leisure & Sport; diciembre 2012. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14152/4352>
8. Steinmüller K, Huamaní Huaccán A. Aguas termales y minerales en el centro del Perú - [Boletín D 21]. Infoeu-ReposemanticsopenAccess [Internet]. agosto de 1999 [citado 18 de marzo de 2024]; Disponible en: <https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/338>
9. Santa Cruz Castillo JN. Promoción turística para los baños termales y saunas medicinales en la región Lima, 2020. 2020.
10. Andueza F, Chaucala S, Vinueza R, Escobar S, Medina-Ramírez G, Araque J, et al. Calidad microbiológica de las aguas termales del balneario "El Tingo". Pichincha. Ecuador. Ars Pharm Internet. marzo de 2020;61(1):15-25.
11. Universidad de Antioquia, Ríos-Tobón S, Agudelo-Cadavid RM, Universidad de Antioquia, Gutiérrez-Builes LA, Universidad Pontificia Bolivariana. Patógenos e indicadores microbiológicos de calidad del agua para consumo humano. Rev Fac Nac Salud Pública. 10 de mayo de 2017;35(2):236-47.
12. Lagarto Parra A, Bernal Sologuren I. Utilización terapéutica de las aguas y fangos mineromedicinales. Rev Cuba Farm. abril de 2002;36(1):62-8.
13. Hernández Torres A, San Martín Bacaicoa J, Perea Horno M, Martínez Galán I, Meijide Faílde R, Ceballos Hernansanz Á, et al. Técnicas y tecnologías en hidrología médica e hidroterapia [Internet]. Madrid: Instituto de Salud Carlos III, Agencia de Evaluación de Tecnologías Sanitarias; 2006 [citado 18 Mar 2024]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12105/4994>

14. Castro FA. Vademécum de las aguas mineromedicinales de Galicia [Internet]. Universidad de Santiago de Compostela; 2017 [citado 18 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=694069>
15. Repositorio Digital UCE: Estadísticas [Internet]. [citado 18 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://www.dspace.uce.edu.ec/statistics/items/b3d54d94-9f3c-4ddc-9fef-05ea1bdbf2fa>
16. Vilades Juan E. Aguas minero-medicinales en La Rioja: composición, propiedades e historia de su uso en balnearios [Internet] [<http://purl.org/dc/dcmitype/Text>]. Universidad de La Rioja; 2021 [citado 18 de marzo de 2024]. p. 1. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=303083>
17. Dudik NH, Erceg YPD, Sáez GA, Soria EM, Herman C, Nuñez MB. Evaluación del agua minero-medicinal de Presidencia Roque Sáenz Peña, provincia del Chaco, Argentina. *Rev Colomb Cienc Quím-Farm*. 2021;50(2):406-22.
18. Garrido JMF, Rajo FJR, Brea JAF, Gesteira MG, Losada FP, Vázquez VR. Libro de actas del II Symposium Internacional de Termalismo y Calidad de Vida: Ourense (España), 20-21 de septiembre de 2017: [STCV-II] [Internet]. Universidade de Vigo; 2018 [citado 18 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=714908>
19. Cruz González A. Composición química de las aguas termales en el estado de México: implicaciones para sus usos. 5 de julio de 2017 [citado 18 de marzo de 2024]; Disponible en: <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/67989>
20. Mestanza Vera RCJ. Contaminación Fisicoquímica y Bacteriológica de las Aguas Termales de Churin, Picoy y Collpa, Lima - Perú. Univ Nac Federico Villarreal [Internet]. 2024 [citado 15 de agosto de 2025]; Disponible en: <https://repositorio.unfv.edu.pe/handle/20.500.13084/8922>
21. Cusi Calderon MM, Arizapana Castillon GF. Determinación fisicoquímica y potenciales propiedades medicinales del agua termal de Yauli, Junín. Univ Nac Mayor San Marcos [Internet]. 2023 [citado 19 de marzo de 2024]; Disponible en: <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/19466>
22. Garcia Villanueva MJ, Huaman Chavez LJ. Evaluación de la calidad bacteriológica y fisicoquímica de las aguas termales del balneario Pampalca, distrito de San Pedro de Coris, Huancavelica. 2023 [citado 19 de marzo de 2024]; Disponible en: <https://repositorio.usil.edu.pe/entities/publication/cc5d00b8-4384-4f54-b968-9a67bd8cc0c7>
23. Galindo Mucha YT, Riveros Belito MS. Análisis del nivel de contaminación por indicadores bacteriológicos en las aguas termales de la piscina Huapa en el distrito de Lircay, Huancavelica-2022. Univ Cont [Internet]. 2024 [citado 15 de agosto de 2025]; Disponible en: <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/15735>
24. Llahuilla QJ, Arroyo JA. Estudio químico del agua termal de San Antonio de Putina-Puno durante las estaciones del año. *Cienc E Investig*. 2019;22(2):3-8.
25. Gutierrez Supa FJ. Estudio hidrogeológico de los baños termales de La Raya, distrito de Marangani, provincia de Canchis, Cusco. 2023 [citado 19 de marzo de 2024]; Disponible en: <https://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/7694>

26. Ormachea C, Elena M. Caracterización geoenergética de las aguas termales de Ocobamba-Marangani-Canchis-Cusco, 2018. 2021 [citado 3 de agosto de 2025]; Disponible en: <http://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/6552685>
27. Tapia Peralta HJ. Flujo de turistas nacionales y calidad de servicios en los baños termales de Chimor, Paucartambo-Cusco 2017. Univ Andina Cusco [Internet]. 30 de noviembre de 2017 [citado 19 de marzo de 2024]; Disponible en: <http://repositorio.uandina.edu.pe/handle/20.500.12557/1317>
28. Cuchuyrumi Porroa B, Charalla Cutipa VB. Características fisicoquímicas y bacteriológicas de aguas termales Ccaylla, Marcani, Uyurmiri y descripción de las prácticas de los usuarios de la provincia de Canchis del departamento de Cusco. Univ Nac San Antonio Abad Cusco [Internet]. 2016 [citado 19 de marzo de 2024]; Disponible en: <https://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/1707>
29. Centeno Terán R. Evaluación de la calidad de las aguas termales del balneario de Cocalmayo distrito de Santa Teresa, La Convención - Cusco. Univ Nac San Antonio Abad Cusco [Internet]. 2016 [citado 19 de marzo de 2024]; Disponible en: <https://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/2657>
30. Chalco Quispe N, Villacorta Romero LG. El costo de explotación de las aguas minero medicinales de Marcani – Ccaylla y la recaudación de ingreso en la Municipalidad Distrital de San Pedro periodo 2016. Univ Andina Cusco [Internet]. 20 de febrero de 2018 [citado 19 de marzo de 2024]; Disponible en: <http://repositorio.uandina.edu.pe/handle/20.500.12557/1995>
31. Instituto Nacional de Investigaciones Geológico Mineras (INGEOMINAS), Aguirre C. A, Alfaro V. C, Bernal Cortés NF, Gokcen G, editores. Inventario de fuentes termales del departamento de Cundinamarca. Bogotá, Colombia: Instituto Nacional de Investigaciones Geológico Mineras (INGEOMINAS); 2003. 183 p.
32. Cacciapuoti S, Luciano MA, Megna M, Annunziata MC, Napolitano M, Patruno C, et al. The Role of Thermal Water in Chronic Skin Diseases Management: A Review of the Literature. J Clin Med. 22 de septiembre de 2020;9(9):3047.
33. Barroso Fernandez J. Aguas sulfuradas y dermatología. Boletín Soc Esp Hidrol Medica. 2017;32(2):177-86.
34. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater [Internet]. [citado 20 de marzo de 2024]. Standard Methods. Disponible en: <https://www.standardmethods.org/about/>
35. García Chumioque FG. El Turismo Termal en el Perú Según la Percepción del Turista Limeño. 16 de mayo de 2018 [citado 3 de agosto de 2025]; Disponible en: <http://repositorio.ulcb.edu.pe/handle/20.500.14546/28>
36. Vargas Rodríguez V. Las fuentes termales en el Perú, estado y uso actual. XV Congreso Peruano de Geología, Resúmenes Extendidos; 2010. p. 1175–1178 [Internet]. Lima (Perú): Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET); [citado 20 Mar 2024]. Disponible en: <https://app.ingemmet.gob.pe/biblioteca/pdf/CPG15-273.pdf>
37. Real Academia Española [Internet]. 2025 [citado 3 de enero de 2026]. Inicio. Disponible en: <https://www.rae.es/inicio>

38. Cáceres Lopez O. Desinfección del agua. En: Desinfección del agua [Internet]. 1990 [citado 19 de marzo de 2024]. p. 369-369. Disponible en: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/lil-97294>
39. Huamaní Huaccán A. Aguas termales y minerales en el suroriente del Perú (Dptos. Apurímac, Cusco, Madre de Dios y Puno) - [Boletín D 24]. Inst Geológico Min Met - INGEMMET [Internet]. 2001 [citado 19 de marzo de 2024]; Disponible en: <https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/337>
40. Castany G. Tratado práctico de las aguas subterráneas. Barcelona: Ediciones Omega; 1971. 672 p.
41. Reyes Secades G. Estudio en la caracterización físico-química y microbiológica de aguas y lodos de pozos termales existentes en el país: validación de resultados finales de la caracterización físico-química de seis termales colombianos para su uso terapéutico [Internet]. Informe final. Venezuela: FONTUR; Julio 2015 [citado 19 Mar 2024].
42. Moltó L. Tipos de aguas minero-medicinales en yacimientos arqueológicos de la Península Ibérica. Espac Tiempo Forma Ser II Hist Antig [Internet]. 1 de enero de 1992 [citado 18 de marzo de 2024];(5). Disponible en: <http://revistas.uned.es/index.php/ETFII/article/view/4191>
43. Urbani F. Geotermia en Venezuela. GEOS Rev Venez Cienc Tierra [Internet]. 1991 [citado 19 de marzo de 2024];(31). Disponible en: [http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev\\_geos/article/view/6809](http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_geos/article/view/6809)
44. Calidad sanitaria de un agua termal [Internet]. [citado 19 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://repositorio.escuelaing.edu.co/handle/001/859>
45. Eyzaguirre FM, Castro FA. Vademécum II de aguas mineromedicinales españolas [Internet]. Editorial Complutense; 2010 [citado 19 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=782371>
46. Armijo Valenzuela M. Mecanismos de acción de las aguas mineromedicinales en relación con la rehabilitación. Bol Soc Esp Hidrol Médica [Internet]. 1993 [citado 6 de agosto de 2025];8(3):135-42. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=10027297>
47. Martín Cordero JE. Rehabilitación: agentes físicos terapéuticos. Nuevo León, México: LA & GO Ediciones; 2013.
48. Diir Sanit. Uso seguro del agua y ambiente – Coperancauch [Internet]. 27 Ago 2015 [citado 7 Ene 2026]. Disponible en: [https://www.toxicologia.org.ar/wp-content/uploads/2016/03/20150827\\_dir\\_sanit\\_uso\\_seguro\\_agua-ambiente.pdf](https://www.toxicologia.org.ar/wp-content/uploads/2016/03/20150827_dir_sanit_uso_seguro_agua-ambiente.pdf)
49. López Rocha A, de Torres ML. El agua como medida terapéutica [Internet]. Revista Española de Nutrición Comunitaria. 2008;14(2):100-104 [citado 7 Ene 2026]. Disponible en: [https://www.renc.es/imagenes/auxiliar/files/4.\\_El\\_agua\\_como\\_medida.pdf](https://www.renc.es/imagenes/auxiliar/files/4._El_agua_como_medida.pdf)
50. Jiménez Espinosa R. Indicaciones y técnicas crenoterápicas de las aguas minero-medicinales. En: Presente y futuro de las aguas subterráneas en la provincia de Jaén. Madrid: Instituto Geológico y Minero de España (IGME); 2002. p. 247. ISBN: 84-7840-472-4.



51. Maraver Eyzaguirre F, Carbajo Espejo JM, Corvillo Martín I, Morer Liñán C, Vázquez Garranzo I, Fernández Torán MA, et al. Las aguas cloruradas de los balnearios españoles. Aplicaciones e indicaciones. *Med Natur.* 2018;12(2):51-6.
52. Maraver F, Carbajo Espejo JM, Vázquez Garranzo MI, Armijo F. El papel de los elementos minerales y otros componentes químicos utilizados en medicina termal el papel de los elementos minerales y otros componentes químicos utilizados en medicina termal: aguas mineromedicinales sulfuradas y cloruradas (nuevos mecanismos de acción) [Internet]. Asociación Internacional de Hidrogeólogos Grupo Español; 2018 [citado 19 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://digital.csic.es/handle/10261/277799>
53. Saz P, Gálvez JJ, Ortiz M, Saz S. Agua y salud. *Balneoterapia. Offarm.* 1 de diciembre de 2011;30(6):66-70.
54. León-Ruiz L, Hidalgo Tenorio C, Díaz-Ricomá N, Piédrola Maroto G, López Gómez M. Alcalosis metabólica severa por ingesta de bicarbonato. *An Med Interna [Internet].* julio de 2002 [citado 7 de enero de 2026];19(7):65-6. Disponible en: [https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0212-71992002000700019&lng=es&nrm=iso&tlng=es](https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0212-71992002000700019&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
55. San José Rodríguez JC. Aguas mineromedicinales argentinas. En: *El termalismo argentino*, 2008, ISBN 978-84-669-3065-9, págs 13-34 [Internet]. Universidad Complutense de Madrid; 2008 [citado 19 de marzo de 2024]. p. 13-34. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2741633>
56. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). Resumen de Salud Pública: Sulfuro de hidrógeno (Ácido sulfhídrico) | PHS | ATSDR [Internet]. Atlanta (GA): ATSDR; 2023 [citado 7 Ene 2026]. Disponible en: [https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es\\_phs114.html](https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs114.html)
57. Maraver F, Ródenas C, Martín-Megías AI, Corvillo I, Vázquez I, Armijo F. Las aguas radiactivas de los balnearios españoles. Aplicaciones e indicaciones. *Medicin Naturista.* 2018;12(1):15-22.
58. Delgado Tenorio CD. Caracterización morfológica y molecular de amebas de vida libre potencialmente patógenas aisladas de aguas termales en Cusco, Perú. 2022 [citado 19 de marzo de 2024]; Disponible en: <http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/10966>
59. Municipalidad Provincial de Espinar [Internet]. [citado 19 de marzo de 2024]. Gerencia de Desarrollo Social. Disponible en: <https://www.muniespinar.gob.pe/gerencia-de-desarrollo-social>
60. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias | SINIA [Internet]. [citado 20 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-estandares-calidad-ambiental-eca-agua-establecen-disposiciones>
61. Aguas Minerales y Termales [Internet]. [citado 1 de julio de 2024]. Legislación Autonómica. Disponible en: <https://aguasmineralesytermales.igme.es/legislacion/autonomica>
62. Ministerio del Ambiente [Internet]. [citado 1 de julio de 2024]. Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM. Disponible en: <https://www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-supremo-n-002-2008-minam/>

63. Restrepo JLA, Diaz YJR, Barraza HCO. Revista Tecnura. Tecnura. 30 de septiembre de 2023;27(77):121-40.
64. Guidelines for drinking-water quality. [incorporating] first addendum to the third edition, volume 1: recommendations. 3rd edition. Geneva: World Health Organization (WHO); 2006.
65. American Public Health Association — For science. For action. For health. [Internet]. [citado 20 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://www.apha.org/>
66. American Water Works Association [Internet]. [citado 20 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://www.awwa.org/>
67. Water Environment Federation (WEF). WEF – Water Environment Federation [Internet]. [citado 20 Mar 2024]. Disponible en: <https://www.wef.org/>
68. United States. Environmental Protection Agency (US EPA) Environmental Protection Agency [Internet]. 2013 [citado 20 Mar 2024]. Disponible en: <https://www.epa.gov/home>
69. Revista de educación bioquímica [Internet]. [citado 20 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://biblat.unam.mx/es/revista/reb-revista-de-educacion-bioquimica>
70. Clínica Universidad de Navarra. Condrolisis. Diccionario médico [Internet]. [citado 20 Mar 2024]. Disponible en: <https://www.cun.es/diccionario-medico/terminos/condrolisis>.
71. Collins Dictionary. KERATOPLASTY: definición y significado [Internet]. 2024 [citado 20 Mar 2024]. Disponible en: <https://www.collinsdictionary.com/es/diccionario/ingles/keratoplasty>
72. Gómez Ayala AE. Pitiriasis versicolor. Farm Prof. 1 de mayo de 2009;23(3):33-5.
73. Nieto RH, D RHNP. Instrumentos de Recolección de Datos en Ciencias Sociales y Ciencias Biomédicas: Validez y Confiabilidad. Diseño y Construcción. Normas y Formatos. Universidad de los Andes; 2011. 370 p.
74. APHA-AWWA-WPCF. Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales [Internet]. 1992 [citado 21 de abril de 2024]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=307542>
75. Ríos-Lugo MJ, Hernández-Mendoza H. Fundamentos teóricos de ICP-MS y su importancia en el análisis de elementos tóxicos en agua subterránea. Glosa, Revista de Divulgación. 2020;8(14):4-15.
76. Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales | sinia [Internet]. [citado 11 de septiembre de 2025]. Disponible en: <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/protocolo-nacional-monitoreo-calidad-recursos-hidricos-superficiales>
77. Silvestre M, Carolina D. Presencia de Salmonella, Shigella y parásitos en frutas y hortalizas comercializadas en los Mercados y Supermercados del Distrito de San Borja, Lima – Perú.
78. Ministerio del Ambiente [Internet]. [citado 3 de enero de 2026]. Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.-. Disponible en: <https://www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-supremo-n-004-2017-minam/>

79. Van Geen A, Bravo C, Gil V, Sherpa S, Jack D. Lead exposure from soil in Peruvian mining towns: a national assessment supported by two contrasting examples. *Bull World Health Organ* [Internet]. 1 de diciembre de 2012 [citado 3 de enero de 2026];90(12):878-86. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3524960/>
80. Huang A, Seité S, Adar T. The use of balneotherapy in dermatology. *Clin Dermatol* [Internet]. 1 de mayo de 2018 [citado 11 de septiembre de 2025];36(3):363-8. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0738081X18300464>

## ANEXOS

### **Anexo N°: 1 Formato para la determinación de datos para el análisis fisicoquímico.**

Fuente: Agua termal de Chaquella-Espinar			
Hora: 10:00 Am			
Fecha:14/02/2025			
Por su temperatura: Termominerales			
Por su mineralización: Bicarbonatadas-cloruradas y sulfatadas			
Por su composición: Sódica			
FORMATO PARA EL ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO			
Parámetro	Unidad de medida	Muestra	Valor referencial*
Olor:	-	suigéneris	suigéneris
Color:	-	Incoloro	Incoloro
Sabor:	-	Metálico, salado	Aceptable
Densidad:	(g/cm3)		
Turbidez:	UNT	3.2	≤ *5 UNT
pH:	-	6.9	6.5 – 8.5
Conductividad	uS(cm)	34460	-
Temperatura	(°C)	54	Aceptable
CATIONES	Unidad de medida	Muestra	
Na <sup>+</sup>	mg/L(ppm)	2691	
K <sup>+</sup>	mg/L(ppm)	507	
Cd <sup>2+</sup>	mg/L(ppm)	0.00	
Pb <sup>2+</sup>	mg/L(ppm)	0.00	
Fe <sup>2+</sup>	mg/L(ppm)	0.147	
Hg	mg/L(ppm)	0.00	
ANIONES	Unidad de medida	Muestra	
Cl <sup>-</sup>	mg/L(ppm)	9230	
HPO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	mg/L(ppm)	0.030	
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/L(ppm)	2.51	
CO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	mg/L(ppm)	0	
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/L(ppm)	2.51	
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	mg/L(ppm)	1318	
CaCO <sub>3</sub>	mg/L(ppm)	2900	

Fuente: Datos recolectados de agua termal de Chaquella-Espinar por QUIMICA LAB

\*DS 004- 2017 MINAN

Fuente: Agua termal de Chimur-Paucartambo			
Hora: 10:00 Am			
Fecha:17/02/2025			
Por su temperatura: Hipertermales			
Por su mineralización: Bicarbonatadas			
Por su composición: Sódica			
FORMATO PARA EL ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO			
Parámetro	Unidad de medida	Muestra N°1	Valor referencial*
Olor:	-	suigéneris	suigéneris
Color:	-	incoloro	Incoloro
Sabor:	-	Ligeramente salado metálico	Aceptable
Densidad:	(g/cm3)		
Turbidez:	UNT	0.10	≤ *5 UNT
pH:	-	8.1	6.5 – 8.5
Conductividad	uS(cm)	596	-
Temperatura	(°C)	47	Aceptable
CATIONES	Unidad de medida	Muestra	
Na <sup>+</sup>	mg/L(ppm)	5	
K <sup>+</sup>	mg/L(ppm)	1	
Cd <sup>2+</sup>	mg/L(ppm)	0.00	
Pb <sup>2+</sup>	mg/L(ppm)	0.00	
Fe <sup>2+</sup>	mg/L(ppm)	0.054	
Hg	mg/L(ppm)	0.00	
ANIONES	Unidad de medida	Muestra	
Cl <sup>-</sup>	mg/L(ppm)	9	
HPO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	mg/L(ppm)	0.073	
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/L(ppm)	439	
CO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	mg/L(ppm)	0	
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/L(ppm)	0.62	
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	mg/L(ppm)	4	
CaCO <sub>3</sub>	mg/L(ppm)	30	

Fuente: Datos recolectados de agua termal de Chimur-Paucartambo de QUIMICA LAB.

\*DS 004- 2017 MINAN

**Anexo N°: 2 Formato para la relación de datos obtenidos de los análisis microbiológicos de las fuentes termales.**

- **Informe de resultados obtenidos del análisis microbiológico de la fuente principal de las aguas termales de Chaquella y Chimur.**

Fecha:	14/02/2025 y 17/02/2024			
Lugar de investigación:	Aguas Termales de CHAQUELA Y CHIMUR			
Dirección:	CHAQUELLA - CHIMUR			
Laboratorio de microbiología de farmacia y bioquímica				
Muestra	Inicio o fuente principal	Hora	10:00 a. m.	
Análisis microbiológico	Método	Chaquilla	Chimur	Referencia*
Coliformes totales	APHA-AWWA-WPCF-Métodos	0 NMP/mL	0 NMP/mL	Ausencia por 100mL
Coliformes fecales	Normalizados para análisis de	0 NMP/mL	0 NMP/mL	Ausencia por 100mL
Staphylococcus aureus	agua potables y residuales	0 NMP/mL	0 NMP/mL	Ausencia por 100mL
Escherichia coli		0 NMP/mL	0 NMP/mL	Ausencia por 100mL
Pseudomona aeruginosa		0 UFC	0 UFC	Ausencia por 100mL
Salmonella Spp-Shiguella		0 UFC	0 UFC	Ausencia por 100mL
Hongos y levaduras		0	0	Ausencia

Fuente: Elaboración propia.

\*DS 004-MINAN 2017

- **Informe de resultados obtenidos del análisis microbiológico de la fuente o piscina de las aguas termales de Chaquella y Chimur.**

Fecha:	14/02/2025 y 17/02/2024			
Lugar de investigación:	Aguas Termales de CHAQUELA Y CHIMUR			
Dirección:	CHAQUELLA - CHIMUR			
Laboratorio de microbiología de farmacia y bioquímica				
Muestra	Piscina o fuente	Hora	10:00 a. m.	
Análisis microbiológico	Método	Chaquella	Chimur	Referencia*
Coliformes totales	APHA-AWWA-WPCF-Métodos Normalizados para análisis de agua potables y residuales	5 NMP/mL	14 NMP/mL	Ausencia por 100mL
Coliformes fecales		13 NMP/mL	16 NMP/mL	Ausencia por 100mL
Staphylococcus aureus		2 NMP/mL	5 NMP/mL	Ausencia por 100mL
Escherichia coli		0 NMP/mL	6 NMP/mL	Ausencia por 100mL
Pseudomona aeruginosa		4 UFC	11 UFC	Ausencia por 100mL
Salmonella spp		0 UFC	0 UFC	Ausencia por 100mL
Hongos y levaduras		8	6	Ausencia

Fuente: Elaboración propia.

\*DS 004-MINAN 2017

- **Informe de resultados obtenidos del análisis microbiológico de la salida de las aguas termales de Chaquella y Chimur.**

Fecha:		14/02/2025 y 17/02/2024		
Lugar de investigación:		Aguas Termales de CHAQUELA Y CHIMUR		
Dirección:		CHAQUELLA - CHIMUR		
Laboratorio de microbiología de farmacia y bioquímica				
Muestra	Salida	Hora	10:00 a. m.	
Análisis microbiológico	Método	Chaquella	Chimur	Referencia*
Coliformes totales	APHA-AWWA-WPCF-Métodos	18 NMP/mL	27 NMP/mL	Ausencia por 100mL
Coliformes fecales	Normalizados para análisis de agua	32 NMP/mL	30 NMP/mL	Ausencia por 100mL
Staphylococcus aureus	potables y residuales	6 NMP/mL	8 NMP/mL	Ausencia por 100mL
Escherichia coli		17 NMP/mL	21 NMP/mL	Ausencia por 100mL
Pseudomona aeruginosa		12 UFC	25 UFC	Ausencia por 100mL
Salmonella spp		0 UFC	0 UFC	Ausencia por 100mL
Hongos y levaduras		14	11	Ausencia

Fuente: Elaboración propia.

\*DS 004-MINAN 2017

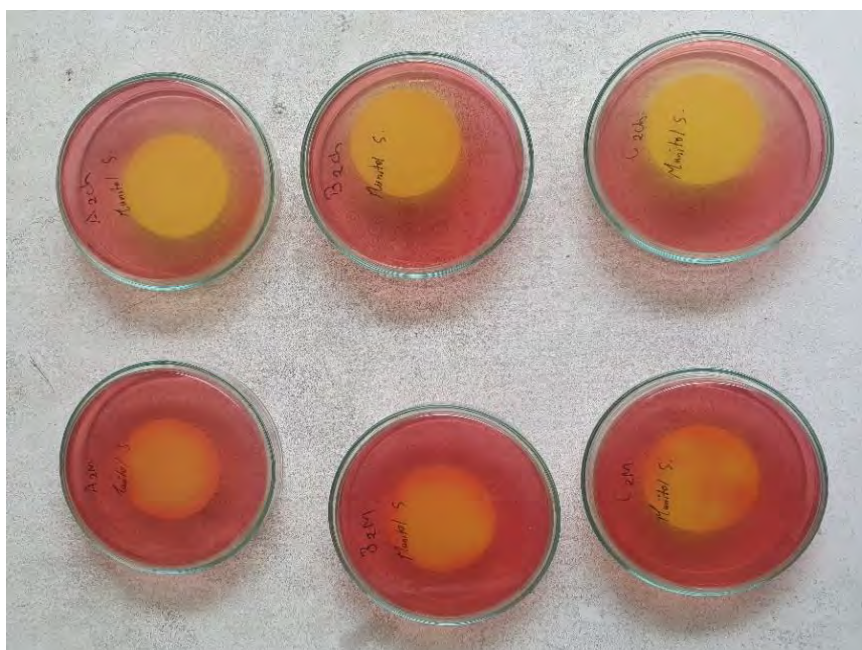


**Anexo N°: 3 Fotografías de la determinación de los análisis microbiológicos de las aguas termales de Chaquella y Chimur.**

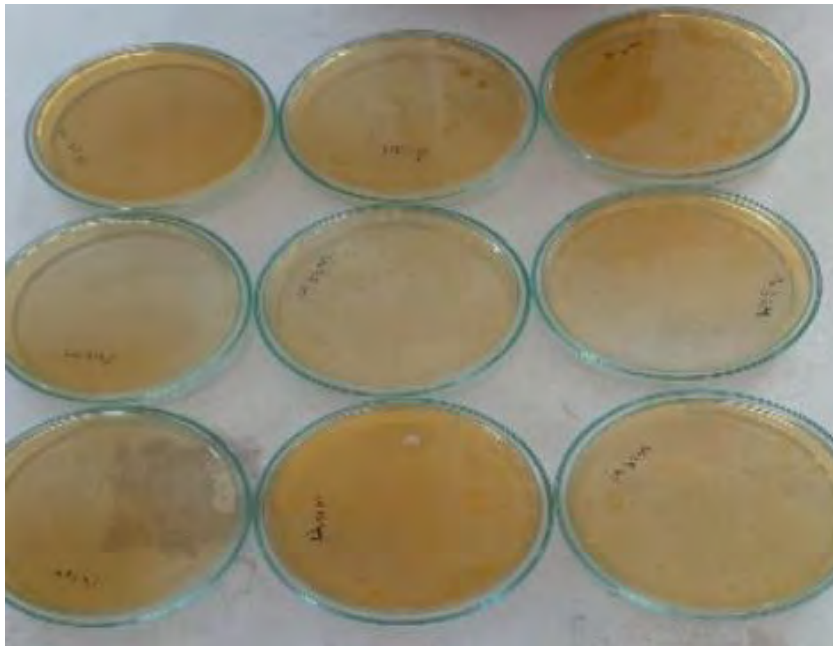
**Fotografía N° 1.** Resultado de medio selectivo agar cetrimida de Chaquella y Chimur.



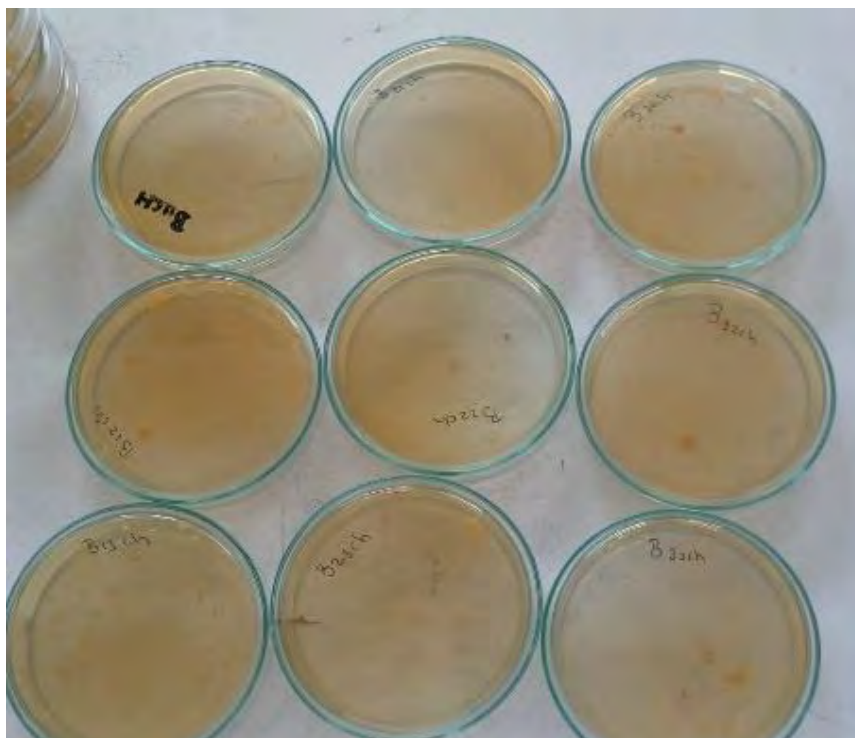
**Fotografía N° 2.** Resultado de medio selectivo agar manitol para *Salmonella spp* y *Shigella* de Chaquella y Chimur.



**Fotografía N° 3.** Resultado de identificación de hongos Chaquella.



**Fotografía N°4.** Resultado de identificación de hongos Chimur.



**Fotografía N°5.** Resultado positivo en la salida de la piscina para identificación de coliformes totales Chimur.





**Anexo N°: 4 Fotografías del procedimiento de la determinación de los análisis microbiológicos de las aguas termales de Chaquella y Chimur.**



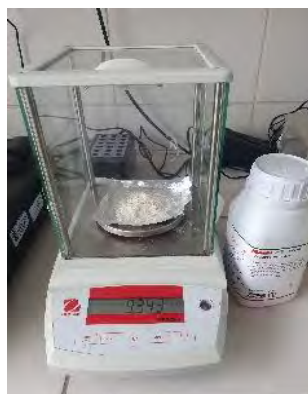
**Fotografía N° 1.** Uso de papel Kraft para esterilizar material de análisis microbiológico.



**Fotografía N° 2.** Todos los materiales son sometidos en autoclave a 121 °C.



**Fotografía N° 3.** Preparación de agua peptonada como medio nutritivo.



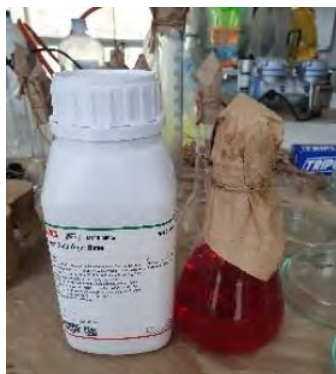
**Fotografía N° 4.** Medio selectivo agar ceftriaxona para para aislar la bacteria *Pseudomona aeruginosa*.



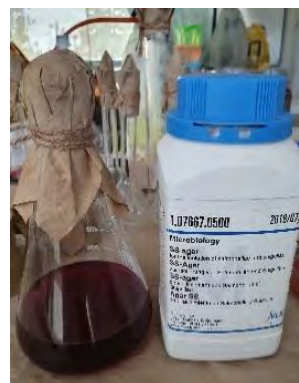
**Fotografía N° 5.** Medio de cultivo microbiológico para diferenciación de bacterias de los géneros *Salmonella* y *Shigella*.



**Fotografía N° 6.** El agar ceftriaxona disuelto en agua destilada con glicerol.



**Fotografía N° 7.** El agar manitol disuelto según las indicaciones del fabricante, listo para su esterilización en autoclave.



**Fotografía N° 8.** El agar Salmonella-Shigella disuelto según las indicaciones del fabricante, listo para su esterilización en autoclave



**Fotografía N° 9.** Distribución de los medios de cultivo en las placas de Petri.



**Fotografía N° 10.** Verificación de que no existan burbujas en las placas de Petri después de la distribución de los medios de cultivo.



**Fotografía N° 11.** Medios de cultivo distribuidos en placas de Petri previamente esterilizados para su posterior siembra.



**Fotografía N° 12.** Equipo de filtración al vacío listo para utilizar.



**Fotografía N° 13.** Inoculación de muestra en medio nutritivo.



**Fotografía N° 14.** Filtración al vacío y obtención de los discos de filtración con la muestra a sembrar.



**Anexo N°: 5 Fotografías de las aguas termales de Chaquella-Chimur.**



**Fotografía N°1:** Fuente principal de las aguas termales de Chaquella.



**Fotografía N° 2:** Recolección de muestra de la fuente principal.



**Fotografía N°4:** Medición de las propiedades fisicoquímicas.



**Fotografía N°5:** Para el análisis de fisicoquímico de recolección de muestra.



**Fotografía N°6:** Medición de las propiedades fisicoquímicas: Temperatura.



**Fotografía N°7:** Medición de las propiedades fisicoquímicas: pH metro.



**Fotografía N°8:** Medición de las propiedades fisicoquímicas: conductímetro.



**Fotografía N°9:** Recolección de muestra de las piscinas.



**Fotografía N° 12:** Encuesta a los usuarios de las aguas termales.



**Fotografía N° 13:** Encuesta a los usuarios de las aguas termales.



**Fotografía N°14:** Encuesta a los usuarios de las aguas termales.



**Fotografía N°15:** Encuesta a los usuarios de las aguas termales.





**Fotografía N°16:** Encuesta a los usuarios de las aguas termales.



**Fotografía N°17:** Encuesta a los usuarios de las aguas termales.



**Fotografía N°18:** Encuesta a los usuarios de las aguas termales.



**Fotografía N°19:** Encuesta a los usuarios de las aguas termales.

**Anexo N°: 6 Fotografías de las aguas termales de Chimur-Paucartambo.**



**Fotografía N°1:** Entrada a las aguas termales de Chimur.



**Fotografía N°2:** Aguas termales de Chimur.



**Fotografía N°3:** Medición de las propiedades fisicoquímicas.



**Fotografía N°4:** Para el análisis de fisicoquímico de recolección de muestra.





**Fotografía N° 5:** Medición de las propiedades fisicoquímicas: Temperatura.



**Fotografía N°6:** Encuesta a los usuarios de los baños termales.



**Fotografía N°7:** Termino de análisis fisicoquímicos y toma de muestra debidamente almacenada para pruebas microbiológicas.

## Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias

DECRETO SUPREMO  
N° 004-2017-MINAM

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, el numeral 22 del artículo 2 de la Constitución Política del Perú establece que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida;

Que, de acuerdo a lo establecido en el artículo 3 de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, en adelante la Ley, el Estado, a través de sus entidades y órganos correspondientes, diseña y aplica, entre otros, las normas que sean necesarias para garantizar el efectivo ejercicio de los derechos y el cumplimiento de las obligaciones y responsabilidades contenidas en la Ley;

Que, el numeral 31.1 del artículo 31 de la Ley, define al Estándar de Calidad Ambiental (ECA) como la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente; asimismo, el numeral 31.2 del artículo 31 de la Ley establece que el ECA es obligatorio en el diseño de las normas legales y las políticas públicas, así como un referente obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental;

Que, de acuerdo con lo establecido en el numeral 33.1 del artículo 33 de la Ley, la Autoridad Ambiental Nacional dirige el proceso de elaboración y revisión de ECA y Límites Máximos Permisibles (LMP) y, en coordinación con los sectores correspondientes, elabora o encarga las propuestas de ECA y LMP, los que serán remitidos a la Presidencia del Consejo de Ministros para su aprobación mediante Decreto Supremo;

Que, en virtud a lo dispuesto por el numeral 33.4 del artículo 33 de la Ley, en el proceso de revisión de los parámetros de contaminación ambiental, con la finalidad de determinar nuevos niveles de calidad, se aplica el principio de gradualidad, permitiendo ajustes progresivos a dichos niveles para las actividades en curso;

Que, de conformidad con lo establecido en el literal d) del artículo 7 del Decreto Legislativo N° 1013, Ley de Creación, Organización, y Funciones del Ministerio del Ambiente, este ministerio tiene como función específica elaborar los ECA y LMP, los cuales deberán contar con la opinión del sector correspondiente y ser aprobados mediante Decreto Supremo;

Que, mediante Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM se aprueban los ECA para Agua y, a través del Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM, se aprueban las disposiciones para su aplicación;

Que, asimismo, mediante Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM se modifican los ECA para Agua y se establecen disposiciones complementarias para su aplicación;

Que, mediante Resolución Ministerial N° 331-2016-MINAM se crea el Grupo de Trabajo encargado de establecer medidas para optimizar la calidad ambiental, estableciendo como una de sus funciones específicas, el analizar y proponer medidas para mejorar la calidad ambiental en el país;

Que, en mérito del análisis técnico realizado se ha identificado la necesidad de modificar, precisar y unificar la normatividad vigente que regula los ECA para agua;

Que, mediante Resolución Ministerial N° 072-2017-MINAM, se dispuso la prepublicación del proyecto normativo, en cumplimiento del Reglamento sobre Transparencia, Acceso a la Información Pública Ambiental y Participación y Consulta Ciudadana en Asuntos Ambientales, aprobado por Decreto Supremo N° 002-2009-MINAM, y el artículo 14 del Reglamento que establece disposiciones relativas a la publicidad,

publicación de Proyectos Normativos y difusión de Normas Legales de Carácter General, aprobado por Decreto Supremo N° 001-2009-JUS; en virtud de la cual se recibieron aportes y comentarios al mismo;

De conformidad con lo dispuesto en el numeral 8 del artículo 118 de la Constitución Política del Perú, así como el numeral 3 del artículo 11 de la Ley N° 29158, Ley Orgánica del Poder Ejecutivo;

DECRETA:

### Artículo 1.- Objeto de la norma

La presente norma tiene por objeto compilar las disposiciones aprobadas mediante el Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, el Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM y el Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM, que aprueban los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, quedando sujetos a lo establecido en el presente Decreto Supremo y el Anexo que forma parte integrante del mismo. Esta compilación normativa modifica y elimina algunos valores, parámetros, categorías y subcategorías de los ECA, y mantiene otros, que fueron aprobados por los referidos decretos supremos.

### Artículo 2.- Aprobación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua

Apruébase los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, que como Anexo forman parte integrante del presente Decreto Supremo.

### Artículo 3.- Categorías de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua

Para la aplicación de los ECA para Agua se debe considerar las siguientes precisiones sobre sus categorías:

#### 3.1 Categoría 1: Poblacional y recreacional

##### a) Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable

Entiéndase como aquellas aguas que, previo tratamiento, son destinadas para el abastecimiento de agua para consumo humano:

##### - A1. Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección

Entiéndase como aquellas aguas que, por sus características de calidad, reúnen las condiciones para ser destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano con simple desinfección, de conformidad con la normativa vigente.

##### - A2. Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano, sometidas a un tratamiento convencional, mediante dos o más de los siguientes procesos: Coagulación, floculación, decantación, sedimentación, y/o filtración o procesos equivalentes; incluyendo su desinfección, de conformidad con la normativa vigente.

##### - A3. Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano, sometidas a un tratamiento convencional que incluye procesos físicos y químicos avanzados como predioración, micro filtración, ultra filtración, nanofiltración, carbón activado, ósmosis inversa o procesos equivalentes establecidos por el sector competente.

##### b) Subcategoría B: Aguas superficiales destinadas para recreación

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al uso recreativo que se ubican en zonas marino costeras o continentales. La amplitud de las zonas marino costeras es variable y comprende la franja del mar entre el límite de la tierra hasta los 500 m de la línea paralela de baja marea. La amplitud de las zonas continentales es definida por la autoridad competente:



## Anexo N°: 8 Decreto supremo MINAM N° 015-2015.

569076

NORMAS LEGALES

Sábado 19 de diciembre de 2015 / El Peruano

### PODER EJECUTIVO

### AMBIENTE

#### **Modifican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua y establecen disposiciones complementarias para su aplicación**

**DECRETO SUPREMO  
N° 015-2015-MINAM**

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

#### CONSIDERANDO:

Que, el numeral 22 del artículo 2° de la Constitución Política del Perú establece que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida;

Que, según el artículo I del Título Preliminar de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida y el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como a sus componentes asegurando particularmente la salud de las personas en forma individual y colectiva, la conservación de la diversidad biológica, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y el desarrollo sostenible del país;

Que, el artículo 3° de la Ley N° 28611, referido al rol de Estado en materia ambiental, dispone que éste a través de sus entidades y órganos correspondientes diseña y aplica, entre otros, las normas que sean necesarias para garantizar el efectivo ejercicio de los derechos y el cumplimiento de las obligaciones y responsabilidades contenidas en dicha Ley;

Que, el artículo 31° de la Ley N° 28611, define al Estándar de Calidad Ambiental (ECA) como la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente;

Que, el numeral 33.4 del artículo 33 de la citada ley, dispone que en el proceso de revisión de los parámetros de contaminación ambiental, con la finalidad de determinar nuevos niveles de calidad, se aplica el principio de gradualidad, permitiendo ajustes progresivos a dichos niveles para las actividades en curso;

Que, de conformidad con el literal d) del artículo 7° del Decreto Legislativo N° 1013, que aprueba la Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente, este Ministerio tiene como función específica elaborar los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP), debiendo ser aprobados o modificados mediante Decreto Supremo;

Que, mediante Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM se aprobaron los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y, mediante Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM, se aprobaron las disposiciones para la implementación de dichos estándares;

Que, las referencias nacionales e internacionales de toxicidad consideradas en la aprobación los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua han sido modificadas, tal como lo acreditan los estudios de investigación y guías internacionales de la Organización Mundial de la Salud (OMS), de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de Norteamérica, de la Comunidad Europea, entre otros;

Que, asimismo, el Ministerio del Ambiente ha recibido diversas propuestas de instituciones públicas y privadas, con la finalidad de que se revisen las subcategorías, valores y parámetros de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua vigentes, por lo que, resulta necesario modificar los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, aprobados por Decreto Supremo N°

002-2008-MINAM y precisar determinadas disposiciones contenidas en el Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM;

Que, en el marco de lo dispuesto en el Reglamento sobre Transparencia, Acceso a la Información Pública Ambiental y Participación y Consulta Ciudadana en Asuntos Ambientales, aprobado por Decreto Supremo N° 002-2009-MINAM, la presente propuesta ha sido sometida a consulta y participación ciudadana, en virtud de la cual se recibieron aportes y comentarios;

De conformidad con lo dispuesto en la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, el Decreto Legislativo N° 1013, que aprueba la Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente y el artículo 118° de la Constitución Política del Perú.

#### DECRETA:

**Artículo 1.- Modificación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, aprobados por Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM.**

Modifíquese los parámetros y valores de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, aprobados por Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, detallados en el Anexo de la presente norma.

#### **Artículo 2.- ECA para Agua y políticas públicas**

Los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua son de cumplimiento obligatorio en la determinación de los usos de los cuerpos de agua, atendiendo a sus condiciones naturales o niveles de fondo, y en el diseño de normas legales y políticas públicas, de conformidad con lo dispuesto en la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente.

#### **Artículo 3.- ECA para Agua e instrumentos de gestión ambiental.**

3.1. Los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua son referente obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental

3.2. Los titulares de la actividad extractiva, productiva y de servicios deben prevenir y/o controlar los impactos que sus operaciones pueden generar en los parámetros y concentraciones aplicables a los cuerpos de agua dentro del área de influencia de sus operaciones, advirtiendo entre otras variables, las condiciones particulares de sus operaciones y los insumos empleados en el tratamiento de sus efluentes; dichas consideraciones deben ser incluidas como parte de los compromisos asumidos en su instrumento de gestión ambiental, siendo materia de fiscalización por parte de la autoridad competente

#### **Artículo 4.- Excepción de aplicación de los ECA para Agua.**

4.1. Las excepciones para la aplicación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua previstas en el Artículo 7° de las disposiciones para su implementación aprobadas por Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM se aplican de forma independiente.

4.2. El supuesto previsto en el literal b) del citado Artículo 7° constituye una excepción de carácter temporal que es aplicable para efectos del monitoreo de calidad ambiental y en el seguimiento de las obligaciones asumidas por el titular de la actividad.

#### **Artículo 5.- Revisión de los ECA para Agua.**

5.1. Conjuntamente con los límites máximos permisibles aplicables a una actividad, las entidades de fiscalización ambiental verifican la eficiencia del tratamiento de efluentes y las características ambientales particulares advertidas en los estudios de línea de base, o los niveles de fondo que caracterizan los cuerpos de agua dentro del área de influencia de la actividad sujeta a control.

5.2. Dicha información se sistematiza y remite al Ministerio del Ambiente, de conformidad con el artículo 9 de las disposiciones para la implementación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, aprobadas por Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM, para efectos de la revisión periódica del ECA para Agua.

#### **Artículo 6.- Actualización del Plan de Manejo Ambiental de las Actividades en Curso**

Para la actualización del Plan de Manejo Ambiental de las Actividades en Curso se observa los siguientes procedimientos:

**Anexo N°: 9 Matriz de Consistencia de la investigación.**

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables		Indicadores
¿Los controles microbiológico y fisicoquímico cumplirán con lo establecido en el DS N°004-2017 MINAN y cuáles serán las probables propiedades medicinales de las aguas termales de Chaquella -Espinar y Chimur -Paucartambo 2024?	<b>General</b> Evaluar las características microbiológicas, fisicoquímicas e identificar las probables propiedades medicinales de las aguas termales de Chaquella-Espinar y Chimur-Paucartambo 2024.	Las aguas termales de Chaquella y Chimur presentan probables propiedades medicinales según su composición fisicoquímica y cumplen con los estándares microbiológicos y fisicoquímicos según la subcategoría B: Aguas superficiales destinadas para recreación de decreto supremo N°004-2017 MINAN.	Variable I	Características fisicoquímicas de las aguas termales de Chaquella y Chimur.	Color, olor, sabor, solidos, sedimento, conductores iónicos, volumen, temperatura, alcalinidad, actividad de electrones, volumen de fluido. Cantidad de Carbonatos, bicarbonatos, sulfatos, cloruros, calcio, magnesio, sodio, potasio, carbonato, hierro, aluminio, boro, azufre, cobre, zinc, manganeso, silicio, plomo y temperatura.

	<b>Específicos</b>  1 Determinar las características fisicoquímicas de las aguas termales de Chaquella-Espinar y Chimur-Paucartambo 2024 según el DS N°004-2017 MINAN.  2 Determinar las características microbiológicas de las aguas termales de Chaquella-Espinar y Chimur-Paucartambo 2024 DS N°004-2017 MINAN.  3 Determinar las probables propiedades medicinales a partir de la composición química de las aguas termales de Chaquella-Espinar y Chimur-Paucartambo 2024.  4 Conocer las prácticas utilizadas por los usuarios de las aguas termales de Chaquella-Espinar y Chimur-Paucartambo 2024.			Características microbiológicas de las aguas termales de Chaquella y Chimur.	<i>Coliformes totales, Escherichia Coli, Pseudomona aeruginosa, Staphylococcus aureus, Salmonella, Shigella</i> y mohos y levaduras.
			Variable II	Probables propiedades medicinales según su composición química.	Cantidad de Carbonatos, bicarbonatos, sulfatos, cloruros, calcio, magnesio, sodio, potasio, carbonato, hierro.

*Nota: Elaboración propia.*

**Anexo N°: 10 Formato de encuesta para a calificación de uso de aguas mineromedicinales de Chaquella y Chimur.**

Ante todo, un cordial saludo a todos. Este cuestionario tiene como objetivo recopilar información necesaria para mi trabajo de pregrado. Cabe destacar que la información proporcionada será tratada de manera confidencial y no se utilizará para ningún otro fin. Marque la alternativa que considere correcta. ¡Muchas gracias!

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO  
FARMACIA Y BIOQUIMICA**

**ENCUESTA DE CALIFICACION DE USO DE AGUAS TERMALES**

**EDAD.....SEXO M ( ) , F ( )**

**LUGAR DE PROCEDENCIA: Departamento..... Provincia.....  
.....Distrito.....Ocupación .....**

1- ¿Para qué problemas utiliza las aguas  
termales?

- e) Problemas gástricos
- f) Problemas reumáticos
- g) Problemas dermatológicos  
(alergias, heridas, cicatrices etc.)
- h) Otros -----  
-----

- d) 1 vez al año.
- e) 2 a 5 veces al año.
- f) 5 a más veces al año.

5) alguna vez presento algún problema de salud al utilizar estas aguas termales, si la respuesta es SI que síntomas presento.

- d) Si
- e) No
- f) .....  
.....

2- ¿Por qué utiliza las aguas termales?

- d) Recreación
- e) Salud
- f) Otros  
.....

6) ¿cómo se enteró de la existencia de este lugar?

3- ¿Cómo utiliza las aguas termales?

- d) En baños
- e) En duchas
- f) Otros.....  
.....

- a) Internet (Tik Tok, YouTube, Facebook, Instagram).
- b) Por medio de amigos y familiares.
- c) A través de la radio.

4) ¿Con qué frecuencia utiliza las aguas  
termales?



## **Anexo N°: 11 Consentimiento informado para el cuestionario de la investigación.**

### **CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA CUESTIONARIO INVESTIGACIÓN**

**TÍTULO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN:** Evaluación microbiológica, fisicoquímica e identificación de probables propiedades medicinales de las aguas termales de Chaquella-Espinar y Chimur-Paucartambo 2024.

#### **INVESTIGADORES Y AFILIACIÓN**

<b>Investigadores</b>	Bach. Lizbeth Luz Alvarado Ccahuana y Bach. Ivan Ismael Sutta
<b>Principales</b>	: Ccorihuaman
<b>Asesor</b>	: Dr. Mario Jesús Urrunaga Ormachea
<b>Institución</b>	: Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC), Facultad de Ciencias de la Salud

#### **1. INVITACIÓN A PARTICIPAR Y PROPÓSITO DEL ESTUDIO**

Se le invita a participar en un estudio de investigación cuyo objetivo es **conocer la percepción y experiencia de los usuarios sobre el uso, la frecuencia de visita y las propiedades que se atribuyen a las aguas termales de Chaquella-Espinar y Chimur-Paucartambo.**

Su participación es crucial porque su experiencia como usuario nos proporcionará información valiosa para complementar los hallazgos microbiológicos y fisicoquímicos que forman parte de la Tesis para optar el Título Profesional de Químico Farmacéutico.

#### **2. PROCEDIMIENTO DE PARTICIPACIÓN**

Su participación consiste en responder un breve **cuestionario**. Se estima que el tiempo requerido para completar esta encuesta es de **5 a 10 minutos**. Las preguntas abordan temas relacionados con: frecuencia de uso, motivos de visita, percepciones sobre los efectos en la salud (propiedades medicinales) y datos sociodemográficos básicos.

#### **3. NATURALEZA VOLUNTARIA Y DERECHO A RETIRARSE**

Su participación en este estudio es completamente **VOLUNTARIA**.

- Usted tiene el derecho de negarse a participar o de dejar de contestar el cuestionario en cualquier momento, sin que esto implique una penalización, pérdida de beneficios o afectación en su relación con los investigadores.

- Si decide dejar de participar, la información que haya proporcionado hasta ese momento será eliminada y no se utilizará en el análisis final, si así lo solicita.

#### 4. CONFIDENCIALIDAD Y USO DE LA INFORMACIÓN

Su privacidad y la confidencialidad de sus respuestas están garantizadas:

- El cuestionario es **ANÓNIMO**. En ningún momento se le solicitará su nombre, documento de identidad, o cualquier dato que permita identificarle directamente.
- La información será manejada con la más estricta **CONFIDENCIALIDAD**. Los datos serán agrupados, analizados y presentados únicamente de forma colectiva (estadística), sin mencionar resultados individuales.
- Los datos se almacenarán de manera segura y solo serán accesibles por el equipo de investigación para fines de esta tesis.

#### 5. RIESGOS Y BENEFICIOS

- **Riesgos:** Los riesgos de participar en este cuestionario son **mínimos**, limitándose únicamente al tiempo que le tome contestar las preguntas.
- **Beneficios:** Usted no recibirá un beneficio económico directo. El principal beneficio es contribuir con el conocimiento científico y social sobre las aguas termales de la región, lo cual puede ser utilizado para mejorar la comprensión de sus propiedades y contribuir a su protección o promoción.

#### DECLARACIÓN DE CONSENTIMIENTO DEL PARTICIPANTE

He leído la información proporcionada en este formulario (o me ha sido leída y explicada) y he tenido la oportunidad de hacer preguntas. Entiendo el propósito de este cuestionario, los procedimientos que implica, y la naturaleza voluntaria de mi participación.

**Al firmar a continuación o al indicar que "Acepta" en un formulario físico, confirmo que deseo participar en este estudio.**

Opción de Consentimiento

- **ACEPTO** participar voluntariamente. **(SÍ)**
- **NO ACEPTO** participar. **(NO)**

## Anexo N°: 12 Ficha de calificación para la validación del instrumento de investigación por juicio de expertos.

### VALIDACION DE INSTRUMENTO

VARIABLE: "Factores de satisfacción general entre las personas que utilizan las aguas termales de Chaquella - Espinar y Chimur - Paucartambo, ubicado en el departamento de Cusco".

### INSTRUCCIONES

- Lea detenidamente la matriz de consistencia, la matriz de operacionalización de variables y las preguntas contenidas en el cuestionario que se adjunta.
- Analice cada pregunta según los criterios de validación indicados. Luego, asigne un puntaje a cada criterio evaluado y complete la matriz de validación según corresponda. Para ello, deberá colocar un check en el recuadro del puntaje asignado, teniendo en cuenta que la escala de valoración es del 1 al 5 donde: (1) Inaceptable, representa la puntuación más baja y (5) Excelente, corresponde al puntaje más alto.
- Repita el proceso para cada una de las preguntas.
- Finalmente, complete sus datos según lo indicado y firme todas las páginas en señal de conformidad.

#### \* Criterios de validación:

- **Relevancia:** La pregunta contribuye a alcanzar los objetivos de la investigación.
- **Coherencia:** La pregunta mide la dimensión de la variable.
- **Pertinencia:** Existe correspondencia entre la pregunta y su indicador.
- **Escala:** La pregunta puede ser respondida con las alternativas que se presentan.
- **Claridad:** El enunciado de la pregunta no genera confusión o contradicciones.
- **Adecuación:** La pregunta está redactada con los términos apropiados.

#### \* Escala de valoración

1	2	3	4	5
Inaceptable	Deficiente	Regular	Bueno	Excelente

### MATRIZ DE VALIDACIÓN

Cuestionario sobre factores de satisfacción general entre las personas que utilizan las aguas termales de Chaquella - Espinar y Chimur - Paucartambo, ubicado en el departamento de Cusco

Pregunta	Criterios de Validación																								
	Relevancia					Coherencia					Pertinencia					Escala					Claridad				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1 ¿Para qué problemas utiliza las aguas termales?				X						X					X					X					X
2 ¿Por qué utiliza las aguas termales?				X				X						X					X					X	
3 ¿Cómo utiliza las aguas termales?				X					X					X					X						X
4 ¿Con qué frecuencia utiliza las aguas termales?				X					X					X					X					X	
5 ¿Alguna vez presento algún problema de salud al utilizar estas aguas termales, si la respuesta es SI que síntomas presento.				X					X					X					X					X	
6 ¿cómo se enteró de la existencia de este lugar?				X					X					X					X					X	

#### Identificación del validador

Nombres y Apellidos:	Flor de María Ccari Cahuata
Título Profesional:	Químico Farmacéutico
Grado académico y mención:	Perito Químico Farmacéutico
Área de trabajo:	OFICINA - CUSCO
Tiempo de experiencia en el Área:	1 año

*FRS*  
 PERITO QUÍMICO FARMACÉUTICO  
 Flor de María Ccari Cahuata  
 C.O.F.P. 44200

## VALIDACION DE INSTRUMENTO

**VARIABLE:** "Factores de satisfacción general entre las personas que utilizan las aguas termales de Chaquella - Espinar y Chimur - Paucartambo, ubicado en el departamento de Cusco".

### INSTRUCCIONES

- Lea detenidamente la matriz de consistencia, la matriz de operacionalización de variables y las preguntas contenidas en el cuestionario que se adjunta.
- Analice cada pregunta según los criterios de validación indicados. Luego, asigne un puntaje a cada criterio evaluado y complete la matriz de validación según corresponda, para ello, deberá colocar un check en el recuadro del puntaje asignado, teniendo en cuenta que la escala de valoración es del 1 al 5 donde: (1) Inaceptable, representa la puntuación más baja y (5) Excelente, corresponde al puntaje más alto.
- Repita el proceso para cada una de las preguntas.
- Finalmente, complete sus datos según lo indicado y firme todas las páginas en señal de conformidad.

#### \* Criterios de validación:

- **Relevancia:** La pregunta contribuye a alcanzar los objetivos de la investigación.
- **Coherencia:** La pregunta mide la dimensión de la variable.
- **Pertinencia:** Existe correspondencia entre la pregunta y su indicador.
- **Escala:** La pregunta puede ser respondida con las alternativas que se presentan.
- **Claridad:** El enunciado de la pregunta no genera confusión o contradicciones.
- **Adecuación:** La pregunta está redactada con los términos apropiados.

#### \* Escala de valoración

1	2	3	4	5
Inaceptable	Deficiente	Regular	Bueno	Excelente

### MATRIZ DE VALIDACIÓN

Cuestionario sobre factores de satisfacción general entre las personas que utilizan las aguas termales de Chaquella - Espinar y Chimur - Paucartambo, ubicado en el departamento de Cusco

Pregunta	Criterios de Validación																			
	Relevancia					Coherencia					Pertinencia					Escala				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1 ¿Para qué problemas utiliza las aguas termales?				✓					✓					✓					✓	
2 ¿Por qué utiliza las aguas termales?				✓					✓					✓					✓	
3 ¿Cómo utiliza las aguas termales?				✓					✓					✓					✓	
4 ¿Con qué frecuencia utiliza las aguas termales?				✓					✓					✓					✓	
5 ¿Alguna vez presento algún problema de salud al utilizar estas aguas termales, si la respuesta es SI que síntomas presento.				✓					✓					✓					✓	
6 ¿cómo se enteró de la existencia de este lugar?				✓					✓					✓					✓	

#### Identificación del validador

<b>Nombres y Apellidos:</b> Alca Ocampo Huaycho
<b>Título Profesional:</b> Químico Farmacéutico
<b>Grado académico y mención:</b> Magister en Salud Pública
<b>Área de trabajo:</b> Dirección Técnica
<b>Tiempo de experiencia en el Área:</b> 6 años

  
Mg. Alca Ocampo Huaycho  
DIRECTOR TÉCNICO  
C.Q.F.P. 19218



## VALIDACION DE INSTRUMENTO

**VARIABLE:** "Factores de satisfacción general entre las personas que utilizan las aguas termales de Chaquella - Espinar y Chimur - Paucartambo, ubicado en el departamento de Cusco".

### INSTRUCCIONES

- Lea detenidamente la matriz de consistencia, la matriz de operacionalización de variables y las preguntas contenidas en el cuestionario que se adjunta.
- Analice cada pregunta según los criterios de validación indicados. Luego, asigne un puntaje a cada criterio evaluado y complete la matriz de validación según corresponda. Para ello, deberá colocar un check en el recuadro del puntaje asignado, teniendo en cuenta que la escala de valoración es del 1 al 5 donde: (1) Inaceptable, representa la puntuación más baja y (5) Excelente, corresponde al puntaje más alto.
- Repita el proceso para cada una de las preguntas.
- Finalmente, complete sus datos según lo indicado y firme todas las páginas en señal de conformidad.

#### \* Criterios de validación:

- **Relevancia:** La pregunta contribuye a alcanzar los objetivos de la investigación.
- **Coherencia:** La pregunta mide la dimensión de la variable.
- **Pertinencia:** Existe correspondencia entre la pregunta y su indicador.
- **Escala:** La pregunta puede ser respondida con las alternativas que se presentan.
- **Claridad:** El enunciado de la pregunta no genera confusión o contradicciones.
- **Adecuación:** La pregunta está redactada con los términos apropiados.

#### \* Escala de valoración

1	2	3	4	5
Inaceptable	Deficiente	Regular	Bueno	Excelente

### MATRIZ DE VALIDACIÓN

**Cuestionario sobre factores de satisfacción general entre las personas que utilizan las aguas termales de Chaquella - Espinar y Chimur - Paucartambo, ubicado en el departamento de Cusco**

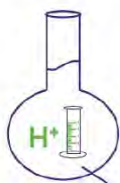
Pregunta	Criterios de Validación																								
	Relevancia					Coherencia					Pertinencia					Escala					Claridad				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1 ¿Para qué problemas utiliza las aguas termales?				X					X					X				X				X			X
2 ¿Por qué utiliza las aguas termales?				X					X					X				X				X			X
3 ¿Cómo utiliza las aguas termales?				X					X					X				X				X			X
4 ¿Con qué frecuencia utiliza las aguas termales?				X					X					X				X				X			X
5 ¿Alguna vez presentó algún problema de salud al utilizar estas aguas termales, si la respuesta es SI que síntomas presentó.				X					X					X				X				X			X
6 ¿cómo se enteró de la existencia de este lugar?				X					X					X				X				X			X

#### Identificación del validador

Nombres y Apellidos:	Richard Héctor Vilcahuamán Mejía
Título Profesional:	Químico Farmacéutico
Grado académico y mención:	Químico Farmacéutico
Área de trabajo:	Universidad Continental
Tiempo de experiencia en el Área:	02 Años

  
 Richard H. Vilcahuamán Mejía  
 QUÍMICO FARMACÉUTICO  
 C.O.F.F.P. N° 4201

**Anexo N°: 13 Informe de los resultados de análisis fisicoquímicos de las aguas termales de Chaquella y Chimur.**



**MC QUIMICALAB**

De: Ing. Gury Manuel Cumpa Gutiérrez  
LABORATORIO DE CIENCIAS NATURALES  
AGUAS, SUELOS, MINERALES Y MEDIO AMBIENTE  
RUC N° 10465897711 - COVIDUC A4 - SAN SEBASTIÁN Cel: 946887776 - 951562574

**INFORME N° LQ 0079-24**  
**ANÁLISIS FISICOQUÍMICO DE AGUA**

**SOLICITA :** LIZBETH LUZ ALVARADO CCAHUANA.

**PROYECTO :** "EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS Y DE LAS PROPIEDADES MEDICINALES DE LAS AGUAS MINEROMEDICINALES DE MARCANI – SICUANI 2024"

**MUESTRAS :** AGUAS TERMALES.

M<sub>1</sub>- CHAQUELLA.

M<sub>2</sub>- CHIMUR.

**DISTRITO :** PALLPATA - CHALLABAMBA.

**PROVINCIA :** ESPINAR - PAUCARTAMBO.

**DEPARTAMENTO :** CUSCO.

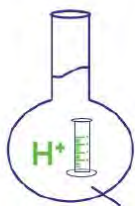
**FECHA DE INFORME :** 05/02/24

**RESULTADOS :**

DETERMINACIONES		UNIDAD	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>
Dureza Total	CaCO <sub>3</sub>	mg/L	2900	30
Bicarbonatos	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/L	358	439
Carbonatos	CO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/L	0	0
Cloruros	Cl <sup>-</sup>	mg/L	9230	9
Sulfatos	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	mg/L	1318	4
pH			6.9	8.1
Conductividad Eléctrica		μS/cm	34460	596
Turbiedad		NTU	3.2	0.1
Color		UCV	0	0
Densidad		g/cm <sup>3</sup>	1.053	1.031
Sólidos Totales		g/L	18.65	0.15
Sodio	Na <sup>+</sup>	mg/L	2691	5
Potasio	K <sup>+</sup>	mg/L	507	1
Nitratos	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/L	2.51	0.62
Fosfatos	HPO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	mg/L	0.030	0.073
Hierro Total		mg/L	0.147	0.054
Cadmio		mg/L	0.00	0.00
Plomo		mg/L	0.00	0.00
Mercurio		mg/L	0.000	0.000
Cromo total		mg/L	0.00	0.00

Página 1 de 2

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ  
CONSEJO DEPARTAMENTAL CUSCO  
Ing. Gury Manuel Cumpa Gutiérrez  
INGENIERO QUÍMICO  
CIP 234338



# MC QUIMICALAB

De: Ing. Gury Manuel Cumpa Gutiérrez  
LABORATORIO DE CIENCIAS NATURALES  
AGUAS, SUELOS, MINERALES Y MEDIO AMBIENTE  
RUC N° 10465897711 - COVIDUC A4 - SAN SEBASTIÁN Cel: 946887776 - 951562574

---

**MÉTODO DE ANÁLISIS:** Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales publicado conjuntamente por AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA), AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION (AWWA), WATER POLLUTION CONTROL FEDERATION (WPCF).

**NOTA:**

- Los resultados son válidos únicamente para las muestras analizadas.
- Las muestras fueron tomadas por el solicitante.

 COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ  
CONSEJO DEPARTAMENTAL CUSCO  
  
Ing. Gury Manuel Cumpa Gutiérrez  
INGENIERO QUÍMICO  
CIP 238338



**Anexo N°: 14 Solicitud para el ingreso de las aguas termales de Chimur-Paucartambo.**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD**  
**DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA**

---

Cusco, 14 de enero de 2025

Para : Sr. COSME ARRIAGA QUISPE  
PRESIDENTE DE LA COMUNIDAD DE CHIMUR

De : Dr. Q.F. MARIO JESÚS URRUNAGA ORMACHEA  
Docente del Área de Ciencias Clínicas Farmacéuticas de la  
Escuela profesional de Farmacia y Bioquímica UNSAAC.


Asunto : SOLICITO PERMISO PARA TESISISTAS PARA INGRESAR  
A LAS AGUAS TERMALES DE CHIMUR-PAUCARTAMBO,  
PARA REALIZAR UN TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.

Mediante la presente me dirijo a Ud. Con el fin de solicitarle la autorización de ingreso a los tesisistas Srta. Lizbeth Luz Alvarado Ccahuana y al Sr. Iván Ismael Sutta Ccorihuaman, a las instalaciones de las aguas termales de Chimur para realizar el muestreo correspondiente para el análisis fisicoquímico y microbiológico de la tesis titulada: **"EVALUACIÓN MICROBIOLÓGICA, FISICOQUÍMICA E IDENTIFICACIÓN DE PROBABLES PROPIEDADES MEDICINALES DE LAS AGUAS TERMALES DE CHAQUELLA-ESPINAR Y CHIMUR-PAUCARTAMBO 2024"**. En la fecha y hora indicada que se le informara a su persona.

Además, solicitarle, si fuera tan amable de brindarnos datos sobre el número total de usuarios que ingresan a las aguas termales del año 2024 para determinar el horario adecuado del muestreo.

Sin otro particular hago propicia la oportunidad para expresarle las muestras de mi mayor consideración.

Atentamente.

  
Dr. Mario Urrunaga Ormachea  
DNI 23975210  
E.P. Farmacia y Bioquímica

  
COMUNIDAD CAMPESINA DE CHIMUR  
DISTRITO CHELLABAMBA - PROVINCIA PAUCARTAMBO  
Cosme Arriaga Quispe  
DNI. 25140441  
PRESIDENTE



**Anexo N°: 15 Solicitud para el ingreso de las aguas termales de Chaquella-Espinar.**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD  
DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE FARMACIA Y BIOQUIMICA**

Cusco, 13 de enero de 2025

Para : Esteban Yaiki Titto  
Presidente de la Municipalidad de Pallpata

De : Dr. Q.F. MARIO JESÚS URRUNAGA ORMACHEA  
Docente del Área de Ciencias Clínicas Farmacéuticas de la  
Escuela profesional de Farmacia y Bioquímica UNSAAC.

Asunto : SOLICITO PERMISO PARA TESISTAS PARA INGRESAR  
A LAS AGUAS TERMALES DE CHAQUELLA ESPINAR.

Mediante la presente me dirijo a Ud. Con el fin de solicitarle la autorización de ingreso a los tesisistas Srta. Lizbeth Luz Alvarado Ccahuana y al Sr. Ivan Ismael Sutta Ccorihuaman, a las instalaciones de las aguas termales de Chaquella para realizar el muestreo correspondiente para el análisis fisicoquímico y microbiológico de la tesis titulada: **"EVALUACIÓN MICROBIOLÓGICA, FISICOQUÍMICA E IDENTIFICACIÓN DE PROBABLES PROPIEDADES MEDICINALES DE LAS AGUAS TERMALES DE CHAQUELLA-ESPINAR Y CHIMUR-PAUCARTAMBO 2024"**. En la fecha y hora indicada que se le informara a su persona.

Además, solicitarle, si fuera tan amable de brindarnos datos sobre el número total de usuarios que ingresan a las aguas termales del año 2024 para determinar el horario adecuado del muestreo.

Sin otro particular hago propicia la oportunidad para expresarle las muestras de mi mayor consideración.

Atentamente.



Dr. Q.F. Mario Jesús Urrunaga Ormachea  
Docente de la E.P. de Farmacia y Bioquímica