

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AMBIENTAL



T E S I S

**Evaluación de los parámetros físico-químicos e inorgánicos de las aguas
termales “La Calera” para uso recreacional ubicado en el distrito de
Huayllay, provincia de Pasco – 2023**

**Para optar el título profesional de:
Ingeniero Ambiental**

Autores:

Bach. Gressi Ceanid ALANIA CABELLO

Bach. Byby Thalia NOLASCO RICRA

Asesor:

Dr. Luis Alberto PACHECO PEÑA

Cerro de Pasco – Perú - 2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AMBIENTAL



T E S I S

**Evaluación de los parámetros físico-químicos e inorgánicos de las aguas
termales “La Calera” para uso recreacional ubicado en el distrito de
Huayllay, provincia de Pasco – 2023**

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Mg. Lucio ROJAS VITOR
PRESIDENTE

Mg. José Luis SOSA SANCHEZ
MIEMBRO

MSc. Edgar Walter PEREZ JUZCAMAYTA
MIEMBRO



Universidad Nacional Daniel Alcides
Carrión Facultad de Ingeniería
Unidad de Investigación

INFORME DE ORIGINALIDAD N° 269-2025-UNDAC/UIFI

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión en mérito al artículo 23° del Reglamento General de Grados Académicos y Títulos Profesionales aprobado en Consejo Universitario del 21 de abril del 2022, La Tesis ha sido evaluado por el software antiplagio Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Tesis:

Evaluación de los parámetros físico-químicos e inorgánicos de las aguas termales “La Calera” para uso recreacional ubicado en el distrito de Huayllay, provincia de Pasco – 2023

Apellidos y nombres de los tesisistas

Bach. Gressi Ceanid ALANIA CABELLO

Bach. Byby Thalia NOLASCO RICRA

Apellidos y nombres del Asesor:

Dr. PACHECO PEÑA, Luis Alberto

Escuela de Formación Profesional

Ingeniería Ambiental

Índice de Similitud

14 %

APROBADO

Se informa el Reporte de evaluación del software similitud para los fines pertinentes.

Cerro de Pasco, 13 de mayo del 2025



Firmado digitalmente por PALOMINO
ISIDRO Ruben Edgar FAU
20154605046 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 13.05.2025 18:36:35 -05:00

DEDICATORIA

Con profundo agradecimiento a mis padres, cuyo amor incondicional y enseñanzas sobre el esfuerzo y la perseverancia han sido pilares fundamentales en mi vida. Su apoyo constante ha sido esencial para alcanzar este logro.

A mi hermana, mi compañera de vida, que siempre ha estado a mi lado, brindándome ánimo en los momentos más difíciles.

A mis amigos, por las risas compartidas, el apoyo incondicional y la comprensión durante las ausencias a lo largo de este camino.

Y a todas aquellas personas que, de alguna manera, contribuyeron a la realización de este trabajo, ya sea con un gesto, una palabra de aliento, o simplemente estando presentes.

AGRADECIMIENTO

Deseo expresar mi más sincero agradecimiento a mis docentes: Dr. David Johnny Cuyubamba Zevallos, Dr. Héctor Oscanoa Salazar, Mg. Josué Herminio Diaz Lazo, Mg. Rosario Vásquez Garcia pertenecientes a la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad, quienes con su dedicación, conocimiento y apoyo han sido una fuente de inspiración y guía a lo largo de mi formación académica. Su compromiso con la enseñanza y su disposición para brindar su tiempo y sabiduría han sido fundamentales para mi crecimiento personal y profesional. Gracias por su paciencia, sus consejos y por motivarme a alcanzar mis metas.

RESUMEN

El objetivo del estudio es evaluar los parámetros físico-químicos e inorgánicos de las aguas termales "La Calera" para su uso recreacional, ubicado en el distrito de Huayllay, provincia de Pasco, región Pasco, conforme al Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM y sus Disposiciones Complementarias. Esta evaluación se realiza bajo la Categoría N° 01 Subcategoría B de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua. El conocimiento sobre la calidad del agua y el comportamiento hidrogeológico del área de estudio es limitado. No obstante, con base en la litología y observaciones de campo, se considera que las unidades geológicas que podrían contener aguas subterráneas que alimentan las fuentes termales incluyen el Grupo Pucará, el Grupo Goyllarisquizga y las rocas volcánicas del Cenozoico.

Las surgencias de agua están controladas por zonas permeables, fracturas y fallas con orientación andina y altoandina. La mayoría de las aguas en la región son sulfatadas y bicarbonatadas, con temperaturas que oscilan entre 40°C y 50°C y un pH aproximado de 8.2. Estas aguas probablemente provienen de fuentes subterráneas superficiales, principalmente de areniscas del Grupo Goyllarisquizga y rocas calcáreas del Grupo Pucará.

El estudio también concluye que, debido a la ausencia de campos termales y la predominancia de fuentes con temperaturas superficiales entre 40 y 50°C y temperaturas a mayor profundidad entre 50 y 70 °C, la región de las aguas termales de "La Calera" en el distrito de Huayllay no presenta un potencial geotérmico suficiente para la generación de electricidad ni para el suministro de agua caliente. Por lo tanto, se están aprovechando estas aguas principalmente para baños termales turísticos o locales, y para la producción de agua mineral.

Palabras claves: Agua termal, estudio fisicoquímico, baño termal turístico.

ABSTRACT

The objective of the study is to evaluate the physicochemical and inorganic parameters of the thermal waters “La Calera” for recreational use, located in the district of Huayllay, province of Pasco, region Pasco according to Supreme Decree No. 004-2017-MINAM and its Complementary Provisions. This assessment is performed under Category N° 01 Subcategory B of the Environmental Quality Standards (EQS) for Water.

Knowledge about water quality and hydrogeological behavior of the study area is limited. However, based on lithology and field observations, it is considered that the geologic units that could contain groundwater feeding the hot springs include the Pucará Group, the Goyllarisquizga Group, and Cenozoic volcanic rocks.

Water emergences are controlled by permeable zones, fractures and faults with Andean and high Andean orientation. Most of the water in the region is sulfate and bicarbonate, with temperatures ranging between 40°C and 50°C and a pH of approximately 8.2. These waters probably come from surface groundwater sources, mainly from sandstones of the Goyllarisquizga Group and calcareous rocks of the Pucará Group.

The study also concludes that, due to the absence of thermal fields and the predominance of springs with surface temperatures between 40 and 50°C and deeper temperatures between 50 and 70°C, the region of the “La Calera” hot springs in the Huayllay district does not have sufficient geothermal potential for electricity generation or hot water supply. Therefore, these waters are being used mainly for tourist or local thermal baths, and for the production of mineral water.

Key words: Thermal water, physicochemical study, tourist thermal bath.

INTRODUCCION

El presente estudio investiga la existencia de aguas termales y minerales en la zona de “La Calera” ubicado en el distrito de Huayllay, provincia de Pasco, región Pasco. El objetivo principal ha sido inventariar la fuente termal y minerales, analizar su composición físico-químicos e inorgánicos y evaluar su potencial de uso según su calidad, temperatura y ubicación. La metodología incluyó dos fases de trabajo de campo, durante las cuales se realizó el inventario y la toma de muestras de aguas.

El área de estudio se encuentra en las unidades geológicas en la región de estudio van del Proterozoico al Cenozoico. El Proterozoico está compuesto por rocas metamórficas polideformadas, mientras que el Paleozoico inferior incluye turbiditas del Ordovícico y Devónico, y el Paleozoico superior está representado por calizas, areniscas y lutitas marinas del Carbonífero, y conglomerados, areniscas y rocas volcánicas continentales del Pérmico. El Mesozoico contiene carbonatos y areniscas marinas del Triásico y Jurásico, lutitas y areniscas marinas del Cretácico inferior, y calizas marinas, conglomerados y areniscas continentales del Cretácico superior. El Cenozoico está constituido principalmente por rocas volcánicas continentales del Paleógeno y Neógeno, así como depósitos glaciares, fluvio-glaciares y aluviales del Cuaternario. La estructura geológica está dominada por lineamientos con orientación noroeste-sureste (dirección andina) y, en menor medida, por grandes fallas transversales con orientación suroeste-noreste (dirección antiandina)

El conocimiento hidrogeológico del área de estudio es limitado. Sin embargo, con base en la litología y observaciones de campo, se considera que las siguientes unidades geológicas pueden contener aguas subterráneas que alimenten las fuentes termales:

el Grupo Pucará y los Grupos Goyllarisquizga y las rocas volcánicas del Cenozoico. Las surgencias están controladas por zonas permeables, fracturas y fallas con

orientación andina y antiandina. La mayoría de las aguas en la región son sulfatadas y bicarbonatadas, con temperaturas de 40 a 70°C y pH entre 8.2. Estas aguas probablemente provienen de fuentes subterráneas superficiales, principalmente de areniscas del Grupo Goyllarisquizga y rocas calcáreas del Grupo Pucará. El calentamiento de las aguas se atribuye a intrusiones plutónicas y/o subvolcánicas.

El estudio concluye que, dada la ausencia de campos termales y el predominio de fuentes con temperaturas superficiales entre 50 y 70°C y temperaturas de profundidad entre 80 y 130°C, la región no ofrece suficiente potencial geotérmico para la generación de electricidad ni para el suministro de agua caliente. Por lo tanto, se exploran otras posibilidades de aprovechamiento, especialmente su uso como baños termales turísticos o locales y para la producción de agua mineral.

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCION

ÍNDICE

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema.....	1
1.2. Delimitación de la investigación.....	5
1.3. Formulación del problema	6
1.3.1. Problema general.....	6
1.3.2. Problemas específicos	7
1.4. Formulación de objetivos.....	7
1.4.1. Objetivo general	7
1.4.2. Objetivos específicos	7
1.5. Justificación de la investigación	8
1.5.1. Justificación ambiental.....	8
1.5.2. Justificación social	8
1.5.3. Justificación económica	9
1.6. Limitaciones de la investigación.....	9

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio.....	11
-----------------------------------	----

2.1.1.	Antecedentes a nivel internacional.....	11
2.1.2.	Antecedente a nivel nacional	15
2.1.3.	Antecedentes a nivel local.....	20
2.2.	Bases teóricas – científicas	21
2.2.1.	Aguas termales	21
2.2.2.	Las aguas termales como patrimonio natural y cultural.....	21
2.2.3.	Formación de las aguas termales.....	23
2.2.4.	Tipos de aguas termales	23
2.2.5.	Composición	24
2.2.6.	Declaración de Agua Termal	24
2.2.7.	Turismo de aguas termales.....	25
2.2.8.	Hidrogeoquímica de aguas Termales en el Perú.....	26
2.2.9.	Hidrogeoquímica de las aguas termales y minerales en el norte y centro del Perú	27
2.2.10.	Turismo de aguas termales.....	28
2.2.11.	Temas legales en materia de baños termales.....	30
2.2.12.	Los parámetros físico-químicos del agua.....	32
2.2.13.	Parámetros químicos	34
2.3.	Definición de términos básicos	38
2.4.	Formulación de hipótesis	40
2.4.1.	Hipótesis general	40
2.4.2.	Hipótesis específicas	40
2.5.	Identificación de variables	40
2.5.1.	Variable independiente.....	40
2.5.2.	Variable dependiente.....	41

2.6. Definición operacional de variables e indicadores	42
--	----

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de Investigación.....	43
3.2. Nivel de Investigación	43
3.3. Métodos de la investigación.....	44
3.3.1. Identificación el Área de Estudio	44
3.3.2. Monitoreo y Análisis de Agua	44
3.4. Diseño de investigación	44
3.5. Población y muestra	44
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	45
3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación	46
3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	46
3.9. Tratamiento estadístico	47
3.10. Orientación ética, filosófica y epistémica	47

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo	49
4.1.1. Descripción de las Aguas Termales de “La Calera”	49
4.1.2. Instrucciones Simplificadas para la Toma de Muestras de Agua para Análisis Físico-Químicos e Inorgánico.....	52
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados.	54
4.3. Prueba de hipótesis.....	62
4.4. Discusión de resultados.....	63

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1. FOTO SATELITAL DE UBICACIÓN DE LAS AGUAS TERMALES LA CALERA – HUAYLLAY.....	6
ILUSTRACIÓN 2. AGUA TERMAL LA CALERA.....	44
ILUSTRACIÓN 3. POZAS PARA BAÑO PERSONALIZADO PARA LAS FAMILIAS.....	50
ILUSTRACIÓN 4. PISCINA AL AIRE LIBRE.....	50
ILUSTRACIÓN 5. PISCINA DENTRO DE UN AMBIENTE CERRADO.....	51
ILUSTRACIÓN 6. HOTEL Y EL ÁREA DE SERVICIO DE LAS AGUAS TERMALES “LA CALERA”	51
ILUSTRACIÓN 7. PUNTOS DE MONITOREO, DE LAS AGUAS TERMALES “LA CALERA”	52
ILUSTRACIÓN 8. MONITOREO DE LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS EN LA PISCINA DE LOS BAÑOS TERMALES” LA CALERA”	53
ILUSTRACIÓN 9. EN LOS AMBIENTES DE LAS POZAS DE BAÑO FAMILIAR, EN LOS BAÑOS TERMALES “LA CALERA”.....	53

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. MATRIZ OPERACIONAL DE VARIABLES	42
TABLA 2. PUNTOS DE MUESTREO.....	45
TABLA 3. MEDICIONES DE LA TEMPERATURA oC EN LAS ESTACIONES DE MONITOREO ...	54
TABLA 4. RESULTADOS DE LAS MEDICIONES DEL pH EN LAS ESTACIONES DE MONITOREO	56
TABLA 5. MEDICIONES DE LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA EN LAS ESTACIONES DE MONITOREO	57
TABLA 6. MEDICIONES DE LA TURBIDEZ EN LAS ESTACIONES DE MONITOREO.....	58
TABLA 7. MEDICIONES SOLIDOS TOTALES DISUELTOS EN LAS ESTACIONES DE MONITOREO	59
TABLA 8. MEDICIONES DE LOS METALES EN LAS ESTACIONES DE MONITOREO	61

ÍNDICE DE DIAGRAMAS

DIAGRAMA 1. VARIACIÓN DE LA TEMPERATURA.....	55
DIAGRAMA 2. PH.....	56
DIAGRAMA 3. CONDUCTIVIDAD.....	57
DIAGRAMA 4. TURBIDEZ.....	59
DIAGRAMA 5. TDS	60
DIAGRAMA 6. RESULTADO DEL MONITOREO DE METALES	61

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema

El termalismo, aunque muchas veces se confunde con la balneoterapia, en realidad es algo más amplio. No solo se refiere a los tratamientos con aguas termales, sino también al aspecto económico que rodea a los balnearios y centros termales, incluyendo cómo se promocionan y venden estos servicios a través del marketing. Por eso, podemos hablar de un termalismo tradicional, que es el enfoque más clásico, y de un termalismo moderno, que incorpora nuevas estrategias y enfoques.

La expansión de la infraestructura y el transporte ha impulsado el aumento de la actividad turística en diversas regiones del Perú. Esto ha llevado a un incremento en la movilidad de las personas hacia áreas fuera de las grandes ciudades, a menudo sin considerar la capacidad de recepción de estos destinos. Esto genera tanto impactos positivos como negativos. Para identificar estos impactos sociales, económicos y ambientales, es crucial analizar de manera

realista las alteraciones que podrían resultar de las actividades turísticas en los destinos.

La identificación de riesgos y oportunidades se basa en los principios del desarrollo local o territorial, el desarrollo sostenible y el turismo sostenible.

A. Enfoque del desarrollo local o territorial

Los conceptos de desarrollo local son dinámicos Albuquerque y Dini (2008) argumentaron que, en el proceso de desarrollo, la unidad de actuación es el territorio, no solo la empresa o sector aislado. El territorio se entiende como un agente de transformación social, no simplemente como un espacio físico. En la última década, diversas aproximaciones conceptuales han enriquecido este enfoque, incluyendo estudios sobre descentralización, desarrollo local endógeno, distritos industriales italianos, sistemas productivos locales, clústeres y cadenas productivas.

Albuquerque (2014) redefine el desarrollo territorial, destacando la incorporación de actores locales como protagonistas activos. Mientras que otros enfoques se centran en la competitividad de las empresas, el desarrollo territorial propone una visión integradora que considera también la influencia de gobiernos territoriales, organizaciones laborales, el sector del conocimiento y la sociedad civil en general. Se busca aportar soluciones inclusivas y multidimensionales: social, humana, sostenible, institucional, política, cultural y económica.

B. Enfoque del desarrollo sostenible

Este enfoque busca mejorar la calidad de vida para todos, incluidas las futuras generaciones, equilibrando el crecimiento económico, el desarrollo social y la protección ambiental (UNESCO, 2012). En 1992, se conceptualizó el

desarrollo sostenible en tres dimensiones: ecológica, económica y social, con el objetivo de mejorar la relación entre el bienestar social, el medio ambiente y la prosperidad económica (Barber & Zapata, 2009).

El desarrollo sostenible debe considerar cuatro dimensiones: medio ambiente, sociedad, cultura y economía (UNESCO, 2012). La ONU (2012) destaca que mejorar la calidad de vida globalmente sin aumentar el uso de recursos naturales es esencial, aunque puede requerir medidas específicas en diferentes regiones.

C. Turismo Sostenible

El turismo ha sido identificado como una actividad económica con un potencial significativo para el crecimiento, pero también puede tener impactos negativos ambientales, sociales y culturales (Chávez, 2005). La CEPAL (2012) señala que el turismo puede desempeñar un papel positivo en el desarrollo socioeconómico y político, fomentando el intercambio cultural y la conciencia de la diversidad.

El turismo sostenible promueve un uso responsable de los recursos naturales y culturales, y una mayor conciencia sobre la conservación del patrimonio entre la población local y los turistas. Este tipo de turismo puede impulsar el desarrollo sostenible, ofreciendo variables que mejoran la apreciación de los procesos de desarrollo centrados en las personas (Archer & Ruhanen, 2005). La OMT, basada en la Cumbre de Río ECO 92, define el turismo sostenible como una actividad que satisface las necesidades de los turistas y las regiones receptoras, mientras protege e incrementa las oportunidades futuras (OMT, 1995). El turismo sostenible debe ser ecológicamente viable,

económicamente viable y socialmente equitativo para las comunidades locales, asegurando la durabilidad de los recursos naturales y culturales.

En el Perú, el MINCETUR (2011) elaboró un Plan Institucional de Ecoeficiencia, basado en principios de ecoeficiencia, para guiar el uso eficiente de recursos y la gestión de residuos. Schulte (2003) afirma que el turismo es sostenible cuando satisface las necesidades de la población local, protege el medio ambiente, cumple con la demanda turística actual y mantiene la atracción y calidad ambiental del lugar. La eficiencia económica es crucial para alcanzar estos objetivos.

En el uso del agua termal en “La Calera” de Huayllay, la infraestructura y el transporte han impulsado el turismo, generando impactos diversos. Identificar estos impactos y desarrollar un turismo sostenible y territorialmente integrado es esencial para asegurar beneficios duraderos y equitativos para todas las partes involucradas. Las aguas lo son todo en los centros termales. Son el elemento principal y el más genuino y natural de que disponen. La física de cada una de ellas, sus cualidades químicas y la temperatura a la que manan desde las entrañas de la tierra, les proporcionan una identidad única y una firma irrepetible con las que nuestros balnearios nos ofrecen salud, bienestar y relax” (López-Macías, 2019).

Los análisis químicos muestran que las aguas de manantial contienen una alta concentración de compuestos disueltos, resultado de su paso a través de las rocas. Al incrementarse su temperatura, el agua mejora su capacidad para disolver ciertos minerales (Villalba María, 2019).

En la actualidad las aguas termales “La Calera” se desconoce la calidad de agua y específicamente de los parámetros físico – químicos e inorgánicos de

las aguas termales, estos baños termales están en uso por la población y está ubicado en el distrito de Huayllay de la provincia de Pasco, con fines de recreación poblacional. Por ello la finalidad de investigación de que calidad estamos en contacto los pobladores visitantes a este baño termal.

Se ha demostrado que disponer de un manantial de agua termal puede ser una gran riqueza para un municipio y la comunidad campesina, no obstante, no toda el agua que surge a más de 20 grados puede considerarse terapéutica. Para los geólogos, quienes estudian este recurso, el agua subterránea se regula según la Ley de Minas, similar al carbón o la pizarra. Para ellos, el agua es mineromedicinal a partir de temperaturas relativamente bajas, es decir, 4 grados por encima de la temperatura ambiente. Sin embargo, los terapeutas consideran que el agua no es verdaderamente termal a menos que supere la temperatura corporal, es decir, los 37 grados (Remtavares, 2004).

1.2. Delimitación de la investigación

A. Delimitación espacial

La presente investigación se desarrolló en los Baños Termales La Calera, ubicados en el distrito de Huayllay, provincia y región Pasco, Perú. Este espacio turístico y natural constituye el área de estudio debido a su importancia recreativa, cultural y potencial para el desarrollo económico local, además de su relación con la salud y el bienestar de los visitantes.

B. Delimitación temporal

El estudio se llevó a cabo durante el periodo comprendido entre los meses de enero a junio del 2023, considerando tanto la temporada de mayor afluencia turística como los periodos de menor concurrencia, con el fin de obtener una visión integral de la situación.

C. Delimitación teórica

La investigación se sustenta en los enfoques de:

- Turismo sostenible y comunitario, que busca aprovechar los recursos naturales sin comprometer su conservación.
- Gestión ambiental y recursos hídricos, que permite analizar la calidad, el uso responsable y la conservación de las aguas termales.
- Bienestar y salud pública, considerando los beneficios terapéuticos y recreativos de las aguas termales.

Ilustración 1. Foto satelital de ubicación de las aguas termales la Calera – Huayllay.



1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Cuál es la calidad de las aguas termales “La Calera” para uso recreacional ubicado en el distrito de Huayllay, provincia de Pasco – 2023?

1.3.2. Problemas específicos

- a. ¿Cuál es la calidad físico - químicos de las aguas termales “La Calera” para uso recreacional ubicado en el distrito de Huayllay, provincia de Pasco– 2023?
- b. ¿Cuál es la calidad inorgánica de las aguas termales “La Calera” para uso recreacional ubicado en el distrito de Huayllay, provincia de Pasco– 2023?
- c. ¿Cómo está distribuida las actividades recreacionales en los baños termales “La Calera” para uso recreacional ubicado en el distrito de Huayllay, provincia de Pasco, región Pasco – 2023?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo general

Determinar la calidad de las aguas termales “La Calera” para uso recreacional ubicado en el distrito de Huayllay, provincia de Pasco, región Pasco – 2023.

1.4.2. Objetivos específicos

- a. Evaluar la calidad físico - químicos de las aguas termales La Calera ubicado para uso recreacional ubicado en el distrito de Huayllay, provincia de Pasco – 2023.
- b. Evaluar la calidad inorgánica de las aguas termales “La Calera” ubicado para uso recreacional ubicado en el distrito de Huayllay, provincia de Pasco– 2023.
- c. Verificar la distribución de las actividades recreacional en los baños termales “La Calera” para uso recreacional ubicado en el distrito de Huayllay, provincia de Pasco– 2023.

1.5. Justificación de la investigación

Las aguas termales de “La Calera” aportan beneficios significativos en términos sociales, económicos y ambientales. Estos beneficios no solo mejoran la calidad de vida de la comunidad local, sino que también contribuyen al desarrollo económico sostenible y la conservación del medio ambiente.

1.5.1. Justificación ambiental

- a. **Uso Sostenible de Recursos Naturales:** La gestión adecuada de las aguas termales asegura que este recurso natural sea utilizado de manera sostenible, evitando su agotamiento y garantizando su disponibilidad para las futuras generaciones.
- b. **Conservación del Medio Ambiente:** Las aguas termales y sus alrededores pueden ser protegidos como áreas naturales, preservando la biodiversidad y los ecosistemas locales. La presencia de una atracción turística sostenible puede servir como un incentivo para la conservación ambiental.
- c. **Educación Ambiental:** Las instalaciones de “La Calera” pueden servir como centros para la educación ambiental, donde se enseña a los visitantes sobre la importancia de proteger y conservar los recursos naturales y el medio ambiente en general.

1.5.2. Justificación social

- a. **Salud y Bienestar:** Las aguas termales son conocidas por sus propiedades terapéuticas, ayudando a aliviar dolores musculares y articulares, mejorar la circulación y reducir el estrés. Esto contribuye al bienestar general de la comunidad y los visitantes.

- b. Recreación y Turismo: “La Calera” ofrece un espacio recreativo y de esparcimiento, proporcionando un lugar donde las personas pueden relajarse y disfrutar de la naturaleza. Esto mejora la calidad de vida de los residentes locales y ofrece una actividad atractiva para los turistas.
- c. Educación y Conciencia Ambiental: Las instalaciones pueden ser utilizadas para educar a la población y a los visitantes sobre la importancia de las aguas termales y su conservación, fomentando un mayor respeto por los recursos naturales.

1.5.3. Justificación económica

- a. Turismo: “La Calera” es un importante atractivo turístico que genera ingresos significativos para la economía local. La llegada de turistas impulsa la economía a través del gasto en entradas, alojamiento, transporte, alimentación y otros servicios.
- b. Empleo: El desarrollo y la operación de las instalaciones termales crean empleos directos e indirectos para la comunidad local. Desde trabajos en las propias instalaciones hasta oportunidades en sectores relacionados como el comercio y los servicios.
- c. Desarrollo Local: Los ingresos generados por el turismo pueden ser reinvertidos en infraestructura y servicios locales, mejorando la calidad de vida de la comunidad y promoviendo el desarrollo sostenible.

1.6. Limitaciones de la investigación

Limitaciones que se tuvieron en el desarrollo de la investigación y que se considera en la aplicación a este caso:

- **Limitaciones de tiempo:** El tiempo disponible para realizar el trabajo de campo fue reducido, lo que afectó la profundidad del análisis.
- **Limitaciones presupuestarias:** Los recursos económicos disponibles para la investigación fueron limitados, restringiendo el acceso a ciertas herramientas o servicios (como transporte, equipos o personal de apoyo).
- **Limitaciones de acceso a documentación:** Algunos documentos históricos, técnicos o legales sobre los baños termales no estuvieron disponibles o no fueron facilitados por las autoridades locales.
- **Limitaciones climáticas o geográficas:** Las condiciones climáticas o la dificultad del terreno en la zona pudieron dificultar la visita a ciertos espacios.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

2.1.1. Antecedentes a nivel internacional

Benítez, Mostue, López (2015) realizaron un estudio fisicoquímico e isotópico de 10 fuentes termales en el municipio Libertador del estado Sucre, Venezuela. En estas fuentes, se midieron in situ varios parámetros y se tomaron muestras de agua para análisis químico posterior. Las temperaturas de las aguas termales variaron entre 33,7°C y 57,5°C, clasificándolas como hipertermales, mesotermales e hipertermales. El pH osciló entre 6,07 y 6,49, lo que indica que son ligeramente ácidas. La conductividad varió entre 9,36 y 14,16 mS/cm y los sólidos totales disueltos entre 3,14 y 4,06 g/L, señalando una alta mineralización.

Entre los iones mayoritarios, el sodio (Na^+) y el cloro (Cl^-) fueron predominantes, con concentraciones de hasta 2,9658 g/L y 1,9766 g/L respectivamente, clasificando estas aguas como cloruradas sódicas. La secuencia de cationes predominantes fue $\text{Na}^+ > \text{K}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+}$ y la de aniones $\text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-}$

> HCO^{3-} . Los iones minoritarios se encontraron mayormente por debajo de 1 mg/L.

El diagrama de Gibbs y el análisis de isótopos estables (^{18}O y ^2H) indicaron que estas aguas son resultado de procesos de evaporación. Las aguas termales estudiadas tienen potencial para usos recreativos y de esparcimiento, lo que podría promover el desarrollo económico y social de las áreas donde se encuentran.

Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional (2017), entre el 13 y el 15 de noviembre de 2017, el personal del Instituto Geofísico IG-EPN realizó el muestreo y análisis de las aguas termales en el complejo volcánico Chiles - Cerro Negro. Se evaluaron las fuentes termales Aguas Negras, Aguas Hediondas, Potrerillos, El Artesón, Monte Lodo y la fuente de Lagunas Verdes, midiendo parámetros como pH, temperatura y conductividad del agua. También se recolectaron muestras para análisis de laboratorio. Durante estos meses, no se han detectado cambios en las temperaturas de las fuentes medidas.

Además, se realizó el mantenimiento e instalación de nuevos cenizómetros en la zona. Estos dispositivos, diseñados para recolectar muestras de ceniza volcánica, permiten monitorear la dispersión y el volumen de ceniza emitida por los volcanes. Las muestras de ceniza se analizan en el laboratorio para evaluar el estado de los volcanes en erupción. En todas las actividades de muestreo estuvo presente Pablo Paspuel, vigía del complejo volcánico Cerro Negro y Chiles, quien posee un profundo conocimiento de la zona.

Chalise, y otros, 2023) mencionan que Las fuentes termales son lugares donde la temperatura del agua es superior a la temperatura ambiente. Se utilizan mucho para la generación de energía, los balnearios de agua caliente, la

balneoterapia, la agricultura, el lavado de ropa y la acuicultura. En Nepal se conocen muchas fuentes termales, pero los conocimientos científicos sobre la calidad del agua y la hidrogeoquímica de las fuentes son muy limitados. En este estudio, se midieron un total de 28 parámetros físico-químicos en muestras de agua recogidas en 12 manantiales termales de la provincia de Gandaki, Nepal. Se utilizaron matrices de correlación y análisis estadísticos multivariantes, como el análisis de componentes principales (ACP) y el análisis de conglomerados, para comprender la calidad del agua y la hidrogeoquímica de las fuentes termales. El pH, la temperatura, la conductividad eléctrica, el total de sólidos disueltos y la turbidez de los manantiales de agua caliente oscilaron entre 7,3 y 8,8, 31,6-64,3 °C, 206-16270 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 115-6637 mg/L y 0,21-63,7 NTU, respectivamente. El orden de dominancia de los principales aniones y cationes fue: $\text{Cl}^- > \text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{NO}_3^- > \text{F}^-$ y $\text{Na}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{K}^+ > \text{Mg}^{2+}$; respectivamente. La comparación de los parámetros de calidad del agua con las normas de calidad del agua nacionales y de la OMS indicó que la mayoría de los parámetros estaban dentro de los límites de seguridad. De los 9 metales pesados y oligoelementos analizados, Zn^{2+} , Ni^{2+} , Cr^{3+} , Cd^{2+} , Hg (total) y Pb^{2+} se hallaron por debajo del límite de seguridad, pero Fe (total), As (total) y Cu (total) se hallaron por encima del límite de seguridad de la OMS en un total de 3, 5 y 1 puntos de muestreo, respectivamente. El índice de calidad del agua (WQI), el índice de absorción de sodio (SAR) y el índice de riesgo de magnesio (MH) en los manantiales de agua caliente oscilaron entre 40,9 y 573, 2,2-49,3 y 7,1-70,8, respectivamente. El resultado del análisis PCA mostró que se requieren cuatro componentes principales para explicar la hidrogeoquímica. El análisis de conglomerados sugirió que los lugares de muestreo pueden agruparse en tres conglomerados

distintos basados en el total de sólidos disueltos. Curiosamente, la clasificación de las facies hidroquímicas mediante un diagrama de Piper sugirió que 7 de las 12 fuentes termales tienen agua de tipo Na-Cl. Por último, se ofrece una perspectiva sobre la idoneidad de las fuentes termales para balnearios de agua caliente y balneoterapia, así como recomendaciones políticas.

Hamzah, Abd Rani, & Saat, (2013) Las zonas termales son lugares atractivos para lugareños y extranjeros, ya sea para hacer excursiones o con fines médicos, como la curación de diversos tipos de enfermedades. Esto se debe a que se cree que el agua termal es rica en sal, azufre y sulfato en la masa de agua. Durante muchos miles de años, la gente ha utilizado el agua termal tanto para baños acogedores como para terapia. La balneoterapia es el término utilizado donde los pacientes se sumergían en baños de agua mineral caliente surgió como un tratamiento importante en Europa alrededor de 1800. En vista de este hecho, se realizó un estudio del agua termal con el objetivo de determinar la concentración de Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , S, SO_4^{2-} y Cl^- en el agua termal alrededor del Estado de Selangor, Malasia. Para medir las concentraciones de Na^+ , K^+ , Ca^{2+} y S se utilizó la espectrometría de fluorescencia de rayos X por dispersión de energía (EDXRF), mientras que para el anión SO_4^{2-} y Cl^- se utilizó la cromatografía iónica (CI). La concentración de Na^+ obtenida para las muestras filtradas y no filtradas osciló entre 33,68 y 80,95 y entre 37,03 y 81,91 ppm respectivamente. Por su parte, las concentraciones correspondientes de K^+ oscilaron entre 1,47 y 45,72 y entre 1,70 y 56,81 ppm. Las concentraciones de Ca^{2+} oscilaron entre 2,44 y 18,45 y entre 3,75 y 19,77 ppm. La concentración de S obtenida para las muestras filtradas y no filtradas osciló entre 1,87 y 12,41 y entre 6,25 y 12,86 ppm. Las concentraciones de SO_4^{2-} y Cl^- obtenidas oscilaron

entre 0,15 y 1,51 ppm y entre 7,06 y 20,66 ppm para las muestras filtradas. Los datos indicaban una mayor concentración de sal y otros nutrientes importantes en el agua termal.

Karimi (2007) La temperatura media de los manantiales termales del sur de Zagros es de unos 40°C y contienen cantidades apreciables de materiales solubles y sulfuro de hidrógeno (H₂S). Sobre la base de las mediciones y la evaluación de los análisis químicos y la comparación con el agua dulce y los pozos de la zona de estudio, así como las evaluaciones del balance hídrico, se concluye que el origen de estos manantiales es meteórico. Según estas investigaciones, se cree que el calentamiento de los manantiales se debe principalmente al efecto del gradiente geotérmico en la circulación regional profunda del agua a través de juntas, fracturas y fallas. Debido a la circulación profunda, el agua se contamina con las evaporitas de la serie Hormoz y las salmueras de los yacimientos petrolíferos, lo que provoca un aumento del contenido de iones disueltos.

2.1.2. Antecedente a nivel nacional

Edquén (2020) El estudio "Evaluación de parámetros físico-químicos y bacteriológicos para determinar la calidad de las aguas termales según subcategoría B1 'Chancay Baños' – Santa Cruz, 2020" tuvo como objetivo evaluar la calidad de las aguas termales en la zona de Chancay Baños, Santa Cruz. Se realizaron muestreos cada 15 días desde el 7 de enero hasta el 25 de marzo de 2021 en dos puntos: uno que abastece a las piscinas termales (EM₁) y otro que suministra a las pozas termales antiguas (EM₂). Los parámetros medidos in situ incluyeron pH y temperatura, utilizando un equipo multiparámetro HANNA, mientras que otros análisis, como oxígeno disuelto, aceites y grasas, DBO₅,

coliformes termo tolerantes y *Escherichia coli*, se realizaron en el Laboratorio Regional de Cajamarca.

Las aguas termales de Chancay Baños se clasificaron como mesotermiales según su temperatura promedio. El pH varió entre 6,00 y 7,00, indicativo de aguas neutras con una ligera tendencia ácida. El oxígeno disuelto promedió 2,57 mg/l en EM₁ y 3,43 mg/l en EM₂, sin presencia de DBO₅, aceites y grasas en ambas estaciones. En cuanto a la calidad bacteriológica, el agua de EM₁ no presentó concentración bacteriológica detectable, mientras que el agua de EM₂ mostró concentraciones promedio de coliformes termotolerantes y *Escherichia coli* de 107,50 y 76,67 NMP/100 ml, respectivamente.

El estudio concluyó que las aguas termales de EM₁ cumplen con los estándares de calidad ambiental (ECAS) para aguas de subcategoría B₁, destinadas a usos recreativos. Sin embargo, la calidad bacteriológica del agua en EM₂ mostró valores superiores o cercanos al límite máximo permisible para su uso recreativo, lo que indica la necesidad de tomar medidas correctivas en esta estación.

Maxe (2015) El estudio se centró en la calidad físico-química y mineromedicinal del agua termal de los Baños del Inca, ubicados en Cajamarca, un importante balneario conocido por sus propiedades terapéuticas. El agua emerge a temperaturas entre 70 y 75°C desde rocas volcánicas subterráneas, lo que indica un origen volcánico del calor.

El objetivo fue determinar las propiedades físicas, la composición química y las posibles propiedades terapéuticas del agua. Se realizaron análisis fisicoquímicos estándar, incluyendo temperatura, pH, sólidos disueltos totales, conductividad eléctrica, salinidad, bicarbonatos, cloruros, sulfatos, sulfuros,

sodio, dureza total, dureza de calcio, así como la presencia de metales fijos y disueltos. Los métodos utilizados fueron reconocidos internacionalmente, tales como los de la APHA, AWWA y WPCF.

Los resultados indicaron que el agua tiene una temperatura promedio de 72,1°C, clasificándola como hipertermal. Presenta una mineralización oligomineral de mediana intensidad, con una variedad significativa de iones. El anión predominante es el sulfato, seguido por bicarbonatos y sodio. Se concluyó que el agua no es adecuada para uso en alimentación y agricultura, pero es recomendable para tratamientos medicinales, especialmente para afecciones reumáticas y rehabilitación del aparato locomotor mediante hidroterapia, además de tener efectos relajantes y sedantes para uso recreativo.

En términos de calidad ambiental, el estudio confirmó que el balneario de Cocalmayo cumple con los estándares nacionales para uso recreativo de contacto primario y secundario según los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua. Además, se demostró la ausencia de metales pesados como mercurio, cadmio y plomo en la fuente termal, lo que refuerza su seguridad e idoneidad para el uso humano.

Jurado Falconi, Azáldegui Moscol, & Benavides Cavero (2014) El estudio destacó tanto los impactos positivos del turismo en la economía local como los desafíos ambientales y sociales que deben ser gestionados para asegurar la sostenibilidad a largo plazo de los recursos termales y el bienestar de la comunidad en Churín.

El objetivo de este estudio fue analizar los efectos ambientales, sociales y las oportunidades económicas derivadas del turismo en el uso y consumo de aguas termales en Churín hasta el año 2013. Para ello, se entrevistó a líderes y dirigentes

clave en la toma de decisiones del sector turístico local, además de realizar encuestas a los propietarios de negocios. También se recolectaron muestras de agua de cinco pozas en los baños de Churín para análisis de laboratorio.

En el monitoreo de la calidad del agua, se encontró que los niveles de conductividad, salinidad y sólidos totales disueltos (TDS) indican una salinidad moderada que no representa riesgos significativos para los organismos y son características comunes de aguas subterráneas. Los niveles de oxígeno disuelto fueron aceptables en todas las estaciones, lo cual sugiere una baja presencia de materia orgánica.

Entre los principales riesgos asociados al turismo se identificaron la sobreexplotación de las aguas termales, el aumento del riesgo de contaminación en las áreas circundantes a las pozas, cambios en las costumbres locales y un incremento en elementos que afectan la seguridad ciudadana. Aunque el turismo impulsa la economía del distrito, se observa una conexión moderada entre este sector y el desarrollo de otras actividades económicas.

García Villanueva & Huaman Chavez (2023) Las aguas termales del balneario Pampalca en San Pedro de Coris, Huancavelica, cumplen con los parámetros de calidad bacteriológica y fisicoquímica necesarios para su uso recreativo y terapéutico. No obstante, se recomienda seguir un Plan de Calidad Ambiental y Sanitaria que incluya monitoreos trimestrales del agua, la adquisición de contenedores para residuos sólidos y la capacitación del personal administrativo del balneario, para garantizar su mantenimiento y sostenibilidad a largo plazo.

En San Pedro de Coris, Huancavelica, se encuentran las aguas termales del balneario de Pampalca, conocidas por sus propiedades terapéuticas y

recreativas. Estas aguas subterráneas emergen de un manantial con componentes minerales y temperaturas superiores a la media ambiental, utilizadas para baños, inhalaciones, irrigaciones y calefacción. Sin embargo, el uso inadecuado y excesivo puede provocar cambios fisicoquímicos y microbiológicos, afectando el ambiente y la salud a largo plazo.

El objetivo principal de esta investigación fue evaluar la calidad bacteriológica y fisicoquímica de las aguas termales del balneario Pampalca en San Pedro de Coris, Huancavelica. Se planteó la hipótesis de que estas aguas no cumplían con los estándares respectivos de calidad bacteriológica y fisicoquímica. El estudio adoptó un enfoque cuantitativo deductivo, de nivel descriptivo, observacional, longitudinal y prospectivo.

La metodología incluyó el muestreo y análisis de aguas termales en cuatro puntos de monitoreo dentro de las pozas o piscinas del balneario, en dos períodos diferentes. Los resultados mostraron que las aguas termales de Pampalca se clasifican como hipotermas, con una temperatura media de 32.6°C, y como aguas cloruradas y/o sulfatadas sódicas según el Diagrama de Hill-Piper. El Índice de Calidad del Agua (ICA) obtuvo un valor de 54.18, clasificado como buena y aceptable. Estas aguas cumplieron con los Estándares de Calidad Ambiental para agua de contacto primario, con excepción del oxígeno disuelto y el níquel, que presentaron valores medios de 2.92 mg/l y 0.039 mg/l respectivamente.

Según el Índice de Calificación Sanitaria de las Piscinas (ICSPS), se clasificó como aguas regularmente saludables con un valor de 0.50, y se determinó que no presentaban contaminación microbiológica significativa, con un valor medio de menos de 1.8 NMP/100ml para coliformes fecales y totales.

2.1.3. Antecedentes a nivel local

Loyola (2018) en su investigación titulada: “Complejo termal, comercial y turístico como desarrollo de la arquitectura rural sostenible en la comunidad campesina San Juan Baños de Rabí, distrito de Yanahuanca, provincia Daniel Alcides Carrión - Pasco 2017”, En el resumen se destaca que la arquitectura rural o vernácula se considera crucial para el desarrollo comunitario y como una herramienta para mejorar la calidad de vida y fomentar el turismo. El proyecto del complejo termal, comercial y turístico está diseñado específicamente para satisfacer las necesidades y la realidad de la comunidad campesina San Juan Baños de Rabí, ubicada en el distrito de Yanahuanca. Las fuentes termales son un recurso fundamental para atraer turistas y promover el comercio local.

Se enfatiza en la importancia de un uso adecuado de los recursos naturales, con el objetivo de lograr una arquitectura sostenible. En el contexto peruano, existe la carencia de espacios públicos saludables e higiénicos, además de un desconocimiento sobre cómo aprovechar las aguas termales con fines medicinales, dado que la mayoría de los baños termales están orientados principalmente hacia la recreación.

El proyecto busca integrar diferentes espacios, como el uso del agua termal para la salud, áreas recreativas para el turismo activo, así como la producción y servicios comerciales. El objetivo principal es diseñar arquitectónicamente un complejo que no solo promueva el turismo, sino que también contribuya al desarrollo sostenible de la arquitectura rural en la comunidad de San Juan Baños de Rabí.

Metodológicamente, el estudio se caracteriza como descriptivo aplicativo, siendo de tipo no experimental, utilizando métodos de recolección de datos tanto

de campo como bibliográficos. Los resultados sugieren que el complejo termal, comercial y turístico podría servir como un modelo para la población local y el desarrollo rural, debido a la aceptación positiva por parte de los turistas del estilo de arquitectura rural propuesto. Esto podría atraer más visitantes y, al mismo tiempo, promover la adopción de este estilo arquitectónico para preservar la identidad cultural de la comunidad.

2.2. Bases teóricas – científicas

2.2.1. Aguas termales

Según Zarza (2019), las aguas termales son aquellas que emergen del subsuelo a una temperatura al menos 4°C superior al promedio anual del lugar donde se localizan. Este calentamiento se debe a procesos geológicos subterráneos, donde las formaciones rocosas alcanzan temperaturas mayores que las del ambiente superficial.

2.2.2. Las aguas termales como patrimonio natural y cultural

La relación entre cultura y patrimonio surge de procesos históricos y sociales que se intensificaron entre los siglos XIX y XX, marcados por la formación de los Estados modernos, el desarrollo del sistema económico global y el avance de la globalización, lo cual llevó a una homogeneización cultural que obligó a los países a definir los elementos que los identificaban y diferenciaban (Ariño, 2012).

Ariño (2012) señala que de este contexto nace la idea de “mirada patrimonial”, entendida como el proceso de reconocer ciertos objetos y prácticas como testimonios colectivos del pasado, cargados de valor social y simbólico, que deben ser preservados para mantener la cohesión social y la continuidad histórica. Bolfy (2001) explica que el patrimonio cultural abarca los bienes

tangibles e intangibles de valor excepcional para una comunidad, fundamentales para su identidad cultural. Gonçalves (2005) añade que el patrimonio cultural es clave en la vida social, porque articula los significados compartidos por las colectividades humanas. Prats (1998), Tugores y Planas (2006) y Ariño (2012) coinciden en que el patrimonio es una construcción social dinámica, que depende de las interpretaciones de cada sociedad en un contexto y tiempo determinados.

Cuando hablamos de las aguas, no solo nos referimos a su dimensión física, sino también a su historia, simbolismo y valor social. Quintela (1999) resalta que las aguas termales son patrimonio natural y cultural porque forman parte del territorio, las identidades locales y los imaginarios sociales. Estas aguas han sido apreciadas históricamente por sus supuestas propiedades curativas, su uso ritual y su papel recreativo, constituyendo lo que se conoce como “cultura termal” (Quintela, 1999).

En sus estudios etnográficos en Portugal y Brasil, Quintela (1999) muestra cómo los usuarios de las termas jerarquizan las aguas según su historia y autenticidad, y cómo el turismo termal genera vínculos entre visitantes y comunidades locales. Las funciones atribuidas a las aguas termales varían según el momento del año, el día de la semana y los rituales sociales, reflejando su carácter dinámico.

Finalmente, Wallingre (2011a, 2011b) señala que, en muchos lugares del mundo, incluyendo localidades argentinas como Villa Elisa (desde 1999) y San José (desde 2004), las aguas termales no solo son buscadas por salud y bienestar, sino que también han impulsado el turismo y reforzado la identidad cultural local, convirtiendo a estas ciudades en destinos termales destacados.

2.2.3. Formación de las aguas termales

Zarza (2019) Las aguas termales se introducen a través de las líneas de fallas terrestres, mayormente derivadas del agua de lluvia o nieve. Al alcanzar cierta profundidad y no poder seguir filtrándose debido a capas impermeables, se calientan por las altas temperaturas y emergen de nuevo en forma de vapor o agua caliente. La temperatura a la que emergen varía según la profundidad alcanzada antes de llegar a la superficie. Según estas temperaturas, las aguas termales se clasifican en frías (menos de 20°C), hipotermas (20-35°C), mesotermas (35-40°C), hipertermas (45-100°C) y supertermas (100-150°C).

Desde el punto de vista geológico, existen dos tipos principales de aguas termales. Las magmáticas surgen de filones metálicos o eruptivos y pueden alcanzar temperaturas de hasta 50°C. Por otro lado, las aguas telúricas son más filtradas y pueden surgir en cualquier ubicación.

2.2.4. Tipos de aguas termales

Zarza (2019) existen diferentes tipos de aguas termales según su temperatura y origen:

- **Según su temperatura:**
 - ✓ Frías: menos de 20°C.
 - ✓ Hipotermas: entre 21 y 35°C.
 - ✓ Mesotermas: entre 35 y 45°C.
 - ✓ Hipertermas: más de 45°C.
- **Según su origen:**
 - ✓ Telúricas: el caudal varía según la época del año, pues depende de la infiltración. Por lo general, poseen menor cantidad de mineralización.

- ✓ Magmáticas: el caudal es constante en composición y temperatura, con superiores a 50°C.

2.2.5. Composición

Zarza (2019) “La mineralización de las aguas termales depende siempre de la composición del terreno por el que circulan o se acumulan. En general contienen flúor, hierro, bromo, boro, yodo, cromo, sodio, fósforo, arsénico y silicio carbónico entre los minerales más destacados”.

Atendiendo a la composición química (basada al contenido aniónico, catiónico y especial):

- Aguas con más de 1 g/l de sustancia mineralizante (cloruradas, sulfatadas y bicarbonatadas).
- Con factores mineralizantes especiales (sulfuradas, ferruginosas, radiactivas y Carbo gaseosas).
- Con mineralización inferior a 1 g/l.

2.2.6. Declaración de Agua Termal

El procedimiento para declarar la condición termal de un agua está descrito en la Ley de Minas (22/1973, del 21 de julio) y en el Reglamento General para el Régimen de la Minería (RD 2857/1978, del 25 de agosto). A continuación, se presenta un resumen de los pasos clave del proceso:

- Definición de agua termal: Se considera agua termal aquella cuya temperatura de surgencia sea superior en al menos cuatro grados centígrados a la media anual del lugar de surgencia. Si el agua se destina a usos industriales, la producción calorífica máxima debe ser inferior a quinientas termias por hora.

- Solicitud del expediente: El procedimiento de declaración es un requisito previo para la autorización de su aprovechamiento. La solicitud puede iniciarse de oficio o a petición de un interesado.
- Iniciación del expediente:
 - La solicitud se presenta ante la autoridad minera de la Comunidad Autónoma correspondiente.
 - Se publica en el Boletín Oficial del Estado y en los Boletines Oficiales de la Comunidad Autónoma y provincial correspondiente, indicando si el expediente ha sido iniciado de oficio o a solicitud de un interesado, así como las características del acuífero o manantial.
 - Si se inicia a solicitud de una parte interesada, se deben publicar los datos personales del solicitante.
 - Se notifica al propietario del manantial según el artículo 80 de la ley de Procedimiento Administrativo, permitiendo su participación en el expediente.
 - Toma de temperaturas:

La Delegación Territorial notifica a las partes interesadas el lugar y la fecha para la toma de temperaturas, cuyo costo asume el peticionario.

Se realizan tres mediciones de temperatura, separadas al menos dos horas, en presencia de los interesados. Se levanta un acta que debe ser firmada por todos los presentes, quienes reciben una copia.

Informes y propuesta:

2.2.7. Turismo de aguas termales

Zarza (2019) Aunque la actividad termal ha existido desde tiempos antiguos, debido a la percepción de que las aguas termales son beneficiosas para

el bienestar, en los últimos años ha surgido un mercado turístico y terapéutico significativo en torno a ellas. Los balnearios y termas, ya sea como destinos de ocio o vacacionales, han experimentado un crecimiento considerable, impulsado por la renovada valoración de lo natural como promotor de la salud.

2.2.8. Hidrogeoquímica de aguas Termales en el Perú

El estudio clasificó las aguas termales según su temperatura, contenido de iones en solución y composición química. Se consideran aguas termales aquellas con temperaturas superiores a 20°C, y se denominan minerales aquellas que contienen más de 1000 mg/l de iones en solución. La clasificación química se basó en la presencia de iones en porcentajes mayores al 20%, siguiendo un orden decreciente de aniones a cationes.

Se identificaron tres familias principales de aguas termales: bicarbonatadas, cloruradas y sulfatadas. En el norte del país predominan las aguas cloruradas, mientras que en el centro predominan las sulfatadas y bicarbonatadas. Las aguas con temperaturas elevadas, alto contenido de cloruro y pH neutro a ligeramente ácido se interpretan como aguas profundas de origen meteórico, con temperaturas que alcanzan hasta los 89°C.

Las aguas cloruradas se considera que han sido influenciadas por aguas subterráneas superficiales, posiblemente relacionadas con aguas marinas y domos salinos, especialmente en el norte y nororiente del país. Las aguas sulfatadas y bicarbonatadas se interpretan como emergentes de rocas calcáreas, que han diluido carbonato de calcio y sulfato de calcio en su trayecto hacia la superficie.

Se aplicó geotermometría para estimar las temperaturas de reservorio de las aguas, obteniéndose valores de 85°C y 102°C respectivamente para el norte y el centro. Estos datos indican una tendencia decreciente hacia el norte de las

temperaturas de reservorio, sugiriendo la influencia de intrusiones plutónicas y subvolcánicas, y posiblemente la acción diferencial de la Placa de Nazca en el territorio peruano.

El estudio también reveló que las precipitaciones químicas (sínters) de las fuentes termales mostraron altos valores de elementos como As, Hg, Mn, Al y Ba, y concentraciones bajas de metales base, con la excepción de la fuente termal de Aquilina que presentó altos contenidos de Pb, Zn y Cu. Comparando estos resultados con estudios previos en el sur del país, se observó una disminución general de las concentraciones de metales en dirección al norte.

2.2.9. Hidrogeoquímica de las aguas termales y minerales en el norte y centro del Perú

El inventario nacional de fuentes termales y minerales realizado por el INGEMMET como parte del Proyecto Hidrotermalismo en el Perú ha identificado hasta la fecha 345 de estas fuentes en diversas regiones del país, abarcando el sur, centro y norte. Este estudio incluye la elaboración de mapas hidrogeoquímicos e hidrotérmicos que muestran las manifestaciones y tendencias de estas aguas termales y minerales en diferentes áreas.

Según los mapas elaborados, las aguas cloruradas encontradas en Huancavelica, Jauja y Huaraz tienen una alta probabilidad de ser aguas típicas profundas de terrenos volcánicos intermedios a ácidos, similar a lo observado en el sur del Perú. Por otro lado, en áreas como Pomabamba y Cajamarca, se observan evidencias similares pero mezcladas con aguas subterráneas superficiales. Las restantes aguas termales emergen a través de rocas permeables, fracturas y fallas, calentadas por intrusiones plutónicas y/o subvolcánicas.

A nivel nacional, se ha observado que las temperaturas en profundidad de las fuentes termales, según la geotermometría de SiO₂, disminuyen de sur a norte. En promedio, en el sur las temperaturas alcanzan los 142°C, en el centro alrededor de 102°C, y en el norte aproximadamente 85°C. Esta variación geotérmica indica que las fuentes termales en el centro y norte del país tienen potencial para ser utilizadas y desarrolladas como centros balnearios.

Los análisis hidrogeoquímicos realizados hasta el momento indican que la mayoría de las aguas cumplen con los estándares nacionales e internacionales, como la Ley General de Aguas (LGA) y las directrices de la Organización Mundial de la Salud (OMS). Sin embargo, es importante destacar que a nivel mundial no existen estándares específicos para normalizar las aguas termales, por lo que su uso suele basarse en tradiciones y prácticas empíricas.

Este estudio representa un primer paso hacia un análisis más profundo y comparativo basado en estándares existentes, y destaca la necesidad de desarrollar investigaciones más completas en colaboración con diversas disciplinas. Se ha identificado la presencia de elementos químicos en algunas fuentes termales que podrían ser perjudiciales para la salud humana, como el arsénico (As) y el litio (Li), este último potencialmente afectando a personas con psoriasis. Por lo tanto, antes de su uso, es crucial realizar un análisis adecuado de estas aguas para mitigar cualquier efecto negativo que puedan causar (Huamani & Klaus STEINMÜLLER, S/f).

2.2.10. Turismo de aguas termales

El turismo de aguas termales es una industria en crecimiento tanto en España como en el resto de Perú, ofreciendo no solo una experiencia de relax y bienestar, sino también tratamientos naturales para diversas dolencias. En nuestro

país, existen más de 20 balnearios en funcionamiento, y con bastante acogida ubicados en Arequipa y Cusco.

Es crucial distinguir entre balnearios y spas: los balnearios están enfocados en la rehabilitación y curación de enfermedades mediante aguas termales o minerales, mientras que los spas ofrecen tratamientos relajantes sin utilizar aguas medicinales, aprovechando propiedades térmicas y mecánicas para mejorar el bienestar físico y emocional.

El turismo termal ha mostrado un crecimiento significativo, incluso antes de la pandemia de COVID-19, con un aumento del 20% en 2018. Los turistas termales, tanto nacionales como extranjeros, han generado un gasto considerable, contribuyendo positivamente al sector turístico peruano.

Posteriormente a la pandemia, se espera una recuperación sólida para el turismo de salud, con el turismo termal en una posición ventajosa debido a su capacidad para ofrecer experiencias enriquecedoras que promueven el bienestar y la salud. La digitalización y la implementación de sistemas de gestión eficientes son fundamentales para mejorar la experiencia del usuario y aumentar las reservas.

El turismo termal se distingue por su capacidad para desestacionalizar la demanda turística, siendo viable durante todo el año. Además, puede combinarse con otros tipos de turismo como el rural, gastronómico y sostenible, atrayendo a una amplia gama de huéspedes.

Un balneario debe contar con un manantial certificado para utilizar aguas con propiedades medicinales. Estos establecimientos suelen ubicarse en zonas rurales pintorescas, proporcionando un entorno tranquilo que complementa la experiencia de los visitantes.

2.2.11. Temas legales en materia de baños termales

Categoría N° 01 Subcategoría B de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, según D.S. N° Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM y Disposiciones Complementarias.

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:

Tabla N° 1: Aguas superficiales destinadas para recreación**Subcategoría B: Aguas superficiales destinadas para recreación**

Parámetros	Unidad de medida	B1	B2
		Contacto primario	Contacto secundario
FÍSICOS- QUÍMICOS			
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
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	5	10
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	30	50
Detergentes (SAAM)	mg/L	0,5	Ausencia de espuma persistente
Materiales Flotantes de Origen Antropogénico		Ausencia de material flotante	Ausencia de material flotante
Nitratos (NO ₃ -N)-	mg/L	10	**
Nitritos (NO ⁻ -N) ₂	mg/L	1	**
Olor	Factor de dilución a 25° C	Aceptable	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 5	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,0 a 9,0	**
Sulfuros	mg/L	0,05	**
Turbiedad	UNT	100	**
INORGÁNICOS			
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	**

Fuente: ECA de Agua

2.2.12. Los parámetros físico-químicos del agua

Son indicadores fundamentales de su calidad y pueden tener implicaciones significativas en el ecosistema acuático y en su idoneidad para el consumo humano y usos industriales. A continuación, se detallan los principales parámetros físicos:

A. Color

El color del agua proviene de la presencia de materiales vegetales como ácidos húmicos, turba, plancton, y ciertos metales (hierro, manganeso, cobre, cromo). Es un aspecto estético importante y puede afectar la vida acuática al reducir la transparencia del agua. Esto disminuye la penetración de la luz solar, reduciendo los procesos fotosintéticos en el fitoplancton y restringiendo el crecimiento de plantas acuáticas.

B. Olor

El olor puede ser causado por fenoles, ácido sulfhídrico, entre otros. Aunque la percepción del olor es subjetiva y no mide directamente la calidad del agua,

puede indicar una alta actividad de compuestos químicos. El agua que se usa en las instalaciones de los baños termales el olor debe evaluarse para ver de qué compuesto se trata, o a que se debe su olor, muchas veces tener olor perceptible, tanto al momento de la toma de la muestra como después de 10 días en un recipiente cerrado a 20°C.

C. Turbidez

La turbidez mide la dispersión de la luz causada por materiales suspendidos coloidales y particulados en el agua. La presencia de estas partículas puede señalar contaminación a la presencia de sustancias inorgánicas (arena, fango, arcilla) y materiales orgánicos. La turbidez afecta la fotosíntesis al reducir la penetración de la luz, afectando la producción de fitoplancton y la dinámica del ecosistema. Además, interfiere con el uso recreativo del agua y su aspecto estético.

D. Sólidos en suspensión

Incluyen todas las sustancias que están suspendidas en el agua y no decantan de manera natural.

E. Temperatura

La temperatura del agua influye en la solubilidad del oxígeno, afectando las tasas de metabolismo, difusión y reacciones químicas y bioquímicas. La temperatura afecta la solubilidad de gases y sales, y temperaturas elevadas aceleran la putrefacción, aumentando la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) y disminuyendo el oxígeno disuelto.

F. Densidad

Es importante en aguas de alta salinidad para convertir medidas de volumen en peso. Aunque ppm y mg/L son idénticos solo cuando la densidad es 1, en

muchas muestras se acepta el pequeño error de considerar 1 ppm igual a 1 mg/l.

G. Sólidos

Se dividen en disueltos y en suspensión. Los sólidos disueltos totales (TDS) indican la cantidad de sustancias disueltas en el agua y la calidad química. Los principales aniones disueltos incluyen carbonatos, bicarbonatos, cloruros, sulfatos, fosfatos y nitratos; los cationes incluyen calcio, magnesio, sodio, potasio y amonio. Los sólidos en suspensión describen la materia orgánica e inorgánica particulada y contribuyen a la turbidez y el color del agua, mientras que los sólidos disueltos determinan la salinidad y conductividad. La determinación de sólidos volátiles mide aproximadamente la materia orgánica, siendo el carbonato magnésico el único compuesto inorgánico que se descompone a la temperatura del método analítico.

H. Conductividad

La conductividad eléctrica mide la capacidad del agua para transportar corriente eléctrica, indicando la concentración de especies iónicas presentes. No está directamente relacionada con el número total de iones debido a las diferentes contribuciones de cada especie iónica y la dependencia de la temperatura.

2.2.13. Parámetros químicos

Metales en el Agua

Los compuestos metálicos en el agua pueden tener características y efectos variados dependiendo del metal en cuestión. Los compuestos de mercurio y cadmio son particularmente importantes debido a su toxicidad y capacidad de bioacumulación.

A. Mercurio

Formas y Solubilidad: El mercurio puede formar varias especies químicas con diferentes solubilidades. Algunas especies son bastante solubles en agua, mientras que otras son insolubles.

- Presencia en el Agua: La concentración de mercurio en medios acuosos suele ser baja, con el mercurio comúnmente unido a partículas y sedimentos.
- Toxicidad: El mercurio es altamente tóxico, especialmente debido a su capacidad de bioacumulación. Esto significa que puede concentrarse en organismos vivos, aumentando su toxicidad a medida que se mueve a través de la cadena alimentaria.

B. Cadmio

Formas en el Agua: En aguas naturales, el cadmio se encuentra normalmente en su forma divalente (Cd^{2+}), formando tanto compuestos orgánicos como inorgánicos. Las formas comunes incluyen ión libre, cloruros y carbonatos.

- Solubilidad: Los carbonatos, sulfuros e hidróxidos de cadmio tienen baja solubilidad en agua. La solubilidad del ión cadmio disminuye con el aumento del pH debido a la formación del hidróxido de cadmio ($\text{Cd}(\text{OH})_2$)
- Toxicidad: El cadmio es altamente tóxico y tiene un efecto acumulativo en los organismos vivos, lo que significa que su toxicidad puede aumentar con el tiempo y la exposición continua.

C. Plomo

Las aguas termales, conocidas por sus propiedades curativas, pueden ser una fuente de exposición a metales pesados si están contaminadas. Es esencial

determinar la presencia y concentración de plomo y otros metales pesados en estas aguas para asegurar su seguridad y beneficios para la salud.

El plomo, al igual que otros metales pesados como el mercurio, es un elemento tóxico que se acumula en el cuerpo humano a través de la inhalación o ingestión, ya sea por aire, alimentos o agua. Aunque el plomo es relativamente raro en la corteza terrestre, constituyendo solo alrededor del 0.00002 %, se encuentra concentrado en depósitos de galena (PbS), los cuales se utilizan como fuentes para obtener este metal.

D. Cobre

El cobre es un mineral esencial que juega un papel importante en diversas funciones biológicas. Aunque nuestra dieta requiere alrededor de 1,000 microgramos (1 miligramo) de cobre diariamente para mantener una salud óptima, es importante tener en cuenta que niveles elevados de este metal pueden ser dañinos.

La Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los Estados Unidos ha establecido un estándar para la cantidad máxima de cobre que se puede encontrar en el agua potable. Este estándar se llama Nivel Máximo de Contaminantes (MCL, por sus siglas en inglés) y es de 1.3 miligramos por litro (mg/L), que también se puede expresar como 1.3 partes por millón (ppm).

El MCL es un valor de referencia que indica la cantidad de cobre que se considera segura para el consumo humano a lo largo de una vida. Según la EPA, si el agua contiene hasta 1.3 mg/L de cobre, se espera que una persona pueda beber esta agua todos los días sin que aumenten los riesgos para la salud. Este nivel se ha establecido para proteger a las personas de los efectos

adversos que podrían ocurrir por la exposición prolongada a niveles altos de cobre.

E. Hierro

El hierro es un mineral esencial para el buen funcionamiento de nuestro organismo. Es crucial para la producción de hemoglobina, una proteína que transporta oxígeno a todas las células del cuerpo. Una dieta baja en hierro puede llevar a fatiga o anemia debido a la falta de oxígeno en los tejidos. En estos casos, las aguas ferruginosas, que contienen más de 1 miligramo de hierro por litro, son especialmente beneficiosas. Estas aguas no solo ayudan a suplir la deficiencia de hierro, sino que también son recomendadas para tratar problemas hepáticos y de la piel.

F. Manganeso

El manganeso es un elemento químico metálico, quebradizo, de color blanco grisáceo, similar al hierro, pero más duro. Su número atómico es 25. Es un metal de transición que se usa para hacer aleaciones con otros metales, especialmente aceros inoxidables, mejorando su resistencia, maleabilidad y durabilidad. El óxido de manganeso se emplea como oxidante y como aditivo en la producción de caucho, vidrio, fertilizantes y cerámica. Además, el sulfato de manganeso se utiliza como fungicida.

La concentración de manganeso en el agua suele ser menor que la del hierro. En promedio, en las aguas de pozo, se encuentra aproximadamente 0.06 mg/l de manganeso. Sin embargo, es posible encontrar concentraciones mayores dependiendo de las condiciones del agua, como la presencia de bacterias activas o condiciones reductoras. El manganeso generalmente se encuentra junto al hierro.

En el agua dulce, las concentraciones de manganeso varían entre 0.0001 y 0.2 mg/l, aunque en aguas subterráneas ácidas se han reportado niveles de hasta 10 mg/l, y concentraciones aún más altas en aguas aerobias, usualmente debido a la contaminación industrial.

2.3. Definición de términos básicos

A. Agua

El agua es un recurso natural renovable, esencial para la vida, vulnerable y estratégico para el desarrollo sostenible. Es crucial para el mantenimiento de los sistemas y ciclos naturales que la sustentan, así como para la seguridad de la Nación (Minam, 2012).

B. Agua mineromedicinal

Las aguas que, por su composición química, física o físico-química, poseen propiedades terapéuticas y han sido declaradas de Utilidad Pública por el Estado. Las aguas termales son un tipo de aguas mineromedicinales, pero no todas las aguas mineromedicinales son termales; solo lo son aquellas que emergen a una temperatura superior a la del lugar donde afloran (Evadium, 2006).

C. Agua termal

Las aguas minerales que emergen de manantiales subterráneos a una temperatura superior a la del entorno superficial y que, debido a sus numerosas propiedades terapéuticas, son altamente beneficiosas para el organismo (Evadium, 2006).

D. Agua Subterránea

Se consideran aguas subterráneas aquellas que, como parte del ciclo hidrológico, se encuentran en la fase de circulación o almacenadas bajo la

superficie del terreno. Estas aguas se localizan dentro de medios porosos, fracturas de rocas u otras formaciones geológicas, y para su extracción y utilización es necesario realizar obras específicas. (Minam, 2016).

E. Autorización de vertimiento

Es el otorgamiento de una autorización a través de la certificación ambiental por parte del organismo correspondiente, cumpliendo con los Límites Máximos Permisibles (LMP) y la implementación progresiva de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA). Esta autorización abarca el sistema de tratamiento de aguas residuales y el impacto del vertimiento en el cuerpo receptor, estando sujeta a un pago basado en la cantidad y calidad del efluente en cuestión (Minam, 2016).

F. Calidad del efluente

El agua es una sustancia muy particular y anómala en casi todas sus propiedades físico-químicas, y posiblemente una de las más complejas entre todas las que están constituidas por un único compuesto químico (Aquamarket 2020).

G. Lodos

También conocidos como barros o peloides, estos se forman a partir de la mezcla de un sustrato sólido, ya sea orgánico o mineral, con aguas mineromedicinales. El resultado es un producto con un alto poder calorífico y propiedades curativas muy efectivas para tratar afecciones inflamatorias de tipo reumático, contracturas, y algunos problemas dermatológicos (Evadium, 2006).

2.4. Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

La calidad de las aguas termales “La Calera” para uso recreacional ubicado en el distrito de Huayllay, provincia de Pasco, región Pasco cumple Categoría N° 01 Subcategoría B de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua.

2.4.2. Hipótesis específicas

- a. La calidad físico - químicos de las aguas termales “La Calera” para uso recreacional ubicado en el distrito de Huayllay, provincia de Pasco, región Pasco cumple Categoría N° 01 Subcategoría B de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua.
- b. La calidad inorgánica de las aguas termales “La Calera” para uso recreacional ubicado en el distrito de Huayllay, provincia de Pasco, región Pasco cumple Categoría N° 01 Subcategoría B de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua.
- c. La distribución de las actividades recreacional en los baños termales “La Calera” para uso recreacional ubicado en el distrito de Huayllay, provincia de Pasco, región Pasco está comprendido por piscinas multifamiliar, baños personales y baños familiares.

2.5. Identificación de variables

2.5.1. Variable independiente

Calidad de las aguas termales – ECA de agua: Categoría N° 1: Subcategoría B: Aguas superficiales destinadas para recreación Fines de recreación poblacional

2.5.2. Variable dependiente

Evaluación de los parámetros físico-químicos e inorgánicos de las aguas termales “La Calera”

2.6. Definición operacional de variables e indicadores

Tabla 1. Matriz operacional de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES E INDICADORES	INDICADORES	TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACION
<p>Variable Independiente</p> <p>Calidad de las aguas termales – ECA de agua</p> <p>Variable Dependiente</p> <p>Evaluación de la calidad de las aguas termales La Calera</p>	<p>(Evadium, 2006). Agua termal con fines recreacional.</p> <p>“Aguas minerales que brotan de manantiales subterráneos a una temperatura superior a la que hay en la superficie donde afloran, y que son muy beneficiosas para el organismo por gozar de numerosas propiedades terapéuticas”</p> <p>Aquamarket (2020) Calidad del efluente “El agua sustancia muy particular, anómala en casi todas sus propiedades físico-químicas, y posiblemente una de la más compleja de todas las que están constituidas por un único compuesto químico”,</p>	<ul style="list-style-type: none"> Mediante el monitoreo y análisis se determinará la calidad física-química e inorganica del agua. 	<p>Dimensiones Independiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> Evaluación si las aguas termales cumplen para uso recreacionales. <p>Dimensiones Dependiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> Cumplimiento de la categoría N° 01 Subcategoría B de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua. 	<ul style="list-style-type: none"> Parámetros físicos <ul style="list-style-type: none"> pH Temperatura Conductividad Parámetros Químicos <ul style="list-style-type: none"> Metales Totales Aniones, Cationes 	<p>Tipo de investigación</p> <p>El presente estudio es de tipo descriptivo donde se evaluará los parámetros físicos-químicos e inorganicos, en cumplimiento de los estándares de calidad ambiental de agua para categoría 1 Subcategoría B, según D.S. N° Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.</p> <p>Diseño</p> <p>La investigación será no experimental, transeccional ya que se realizará el monitoreo, análisis e interpretación datos en un solo tiempo.</p>

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de Investigación

El presente estudio es de tipo exploratorio, en el cual se evaluó los parámetros físicos – químicos e inorgánicos y se verifica el cumplimiento de los estándares de calidad ambiental del agua para la categoría 1, subcategoría B, de acuerdo con lo establecido en el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM

3.2. Nivel de Investigación

La presente investigación se clasifica como de nivel descriptivo-correlacional, ya que combina dos enfoques complementarios: por un lado, realiza una descripción detallada del estado actual de la calidad del agua termal de la Calera, considerando aspectos físicos y químicos; por otro lado, explora la relación existente entre estos parámetros y la calidad y continuidad del suministro de agua termal destinado a la zona recreacional La Calera. Esta relación se analiza comparando los datos obtenidos en el monitoreo con los Límites Máximos Permisibles, establecidos a nivel nacional, lo que permite evaluar su impacto potencial en la efectividad del tratamiento del agua y en la salud pública.

3.3. Métodos de la investigación

El estudio se desarrollará mediante el siguiente procedimiento:

3.3.1. Identificación el Área de Estudio

- Descripción de los procesos
- Identificación de puntos de monitoreo

3.3.2. Monitoreo y Análisis de Agua

- Se realizará con un laboratorio acreditado por INACAL a fin de tener resultados que garanticen la calidad de agua.

3.4. Diseño de investigación

La investigación fue no experimental, las variables no son manipuladas ni controladas. El investigador se limita a observar los hechos en su entorno natural, obteniendo los datos directamente y analizándolos después, y transeccional ya que se realizó el monitoreo, análisis e interpretación datos en un solo tiempo.

3.5. Población y muestra

A. Población

Nuestra población estuvo compuesta por el total de las aguas termales “La Calera” ubicado en el distrito de Huayllay de la Provincia de Pasco, región Pasco.

Ilustración 2. Agua termal La Calera



B. Muestra

La muestra está figurada por dos puntos de monitoreo: una muestra antes de la entrada a las piscinas de recreación y la segunda muestra a la salida de las piscinas de recreación. En los meses de enero del 2023 a junio del 2023.

Tabla 2. Puntos de Muestreo

PUNTO N° E1 (BOCA DE AGUA)	
ALTURA	4232
DISTANCIA	4.2 m
UTM UPS 18L	0353105
	8785436
PUNTO N° E2 (ENTRADA N° 1)	
ALTURA	4220
DISTANCIA	11.9 m
UTM UPS 18L	0352961
	8785478
PUNTO N° E3 (SAUNA)	
ALTURA	4227
DISTANCIA	0.4 m
UTM UPS 18L	0352955
	8785492
PUNTO N° E4 (SAUNA DE LA PISCINA)	
ALTURA	4226
DISTANCIA	1.4 m
UTM UPS 18L	0352955
	8785492

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para la recolección de datos se empleó la técnica de observación directa sistemática, realizada a través de monitoreos en campo utilizando equipos multiparámetro y análisis microbiológicos certificados. Como instrumento principal se utilizó una ficha de monitoreo especialmente elaborada para registrar valores de parámetros físico - químicos como: pH, turbidez, conductividad eléctrica y otros; y concentración de metales pesados. La información obtenida permitió verificar si los resultados cumplen con los Límites Máximos Permisibles

(LMP) definidos por la normativa nacional vigente. A continuación, se detalla las técnicas e instrumentos:

A. Técnicas

- Ubicación de puntos de monitoreo.
- Monitoreo de Agua: Toma de muestras en los cuatro (4) puntos de monitoreo.

B. Instrumentos

- Formatos de Recolección de datos
- Equipo multiparámetro para el análisis fisicoquímico.
- Equipo Espectrofotometría adsorción Atómica para los metales
- Cámara Fotográfica
- Libreta de Campo.
- GPS

3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación

La elección del instrumento se realizó considerando su capacidad para captar datos provenientes de fuentes oficiales y estandarizadas, como registros técnicos o reportes institucionales. La validez del instrumento se sustenta en la acreditación de dichas fuentes, asegurando que la información recolectada sea legítima y pertinente. Asimismo, la confiabilidad se garantiza mediante el cumplimiento de estándares técnicos nacionales aplicados en la medición de las variables, lo que asegura que los resultados sean consistentes, reproducibles y reflejen adecuadamente el fenómeno estudiado.

3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Los datos recolectados fueron organizados y codificados en matrices de datos para facilitar su procesamiento. Posteriormente, se aplicaron técnicas de

análisis estadístico descriptivo, tales como promedios, con el fin de identificar patrones, tendencias y variaciones en las variables estudiadas. Para garantizar la calidad del análisis, se utilizaron programas especializados como Excel, que permitieron validar la consistencia interna de los datos y comparar los resultados obtenidos con los estándares establecidos en la normativa vigente. Finalmente, los resultados fueron interpretados considerando el contexto local y los objetivos de la investigación, permitiendo extraer conclusiones relevantes y fundamentadas.

3.9. Tratamiento estadístico

Para analizar la relación entre las concentraciones de los parámetros fisicoquímicos y metales pesados y los distintos puntos de monitoreo realizado en el agua termal “La Calera”, se aplicó la comparación con los LMP para aguas termales. Este método permitió comprobar la hipótesis de que ciertos sectores presentan un mayor riesgo de incumplir los límites normativos, lo que tendrá implicancias directas en el uso del agua y en la sostenibilidad del servicio. Un valor alto y positivo indicara una correlación directa entre los niveles de contaminación y áreas críticas de captación, ayudando a identificar zonas prioritarias de intervención.

3.10. Orientación ética, filosófica y epistémica

La investigación se llevó a cabo bajo principios éticos que garantizan el manejo responsable de la información, el respeto a las fuentes consultadas y el cumplimiento de los estándares de rigor científico. En el plano filosófico, el estudio se basa en el positivismo, priorizando la observación directa, la comprobación empírica y el análisis cuantitativo para explicar los fenómenos relacionados con la calidad del agua. Desde la perspectiva epistémica, se sitúa

dentro del paradigma empírico-analítico, partiendo del supuesto de que solo mediante datos verificables y replicables es posible formular conclusiones sólidas que aporten a la gestión ambiental y a la salud pública en la región Pasco.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

El conocimiento sobre la calidad del agua y el comportamiento hidrogeológico del área de estudio es limitado. Sin embargo, basándonos en la litología y las observaciones de campo, se establece que las siguientes unidades geológicas pueden contener aguas subterráneas que alimentan las fuentes termales: el Grupo Pucará, el Grupo Goyllarisquizga y las rocas volcánicas del Cenozoico.

Las surgencias están controladas por zonas permeables, así como por fracturas y fallas con orientación andina y altoandina. La mayoría de las aguas en la región son sulfatadas y bicarbonatadas, con temperaturas que varían entre 40°C y 50°C y un pH de aproximadamente 7.2. Es probable que estas aguas provengan de fuentes subterráneas superficiales, principalmente de las areniscas del Grupo Goyllarisquizga y las rocas calcáreas del Grupo Pucará.

4.1.1. Descripción de las Aguas Termales de “La Calera”

Situada a una altitud de 4150 metros sobre el nivel del mar, los baños termales de “La Calera” se encuentran en el extremo suroeste del geoparque, entre

Canchacucho y Huayllay, estas aguas termales se originan a partir de emanaciones volcánicas, contienen una variedad de minerales, entre ellos calcio, potasio, magnesio, sodio, bicarbonatos y otras sustancias. Su temperatura oscila entre los 40 °C y 50 °C. Al visitar “La Calera”, no solo se podrá disfrutar de un momento de relajación, sino que también tienen la oportunidad de curar alguna dolencia que padezcan o, en su defecto, prevenirlas.

En esta área se han construido piscinas, baños o pozas individuales y un hotel-restaurante, lo que la convierte en un importante espacio de esparcimiento y aumenta su valor agregado. Actualmente, la comunidad campesina de Huayllay administra esta zona.

Ilustración 3. Pozas para baño personalizado para las familias



Ilustración 4. Piscina al aire libre

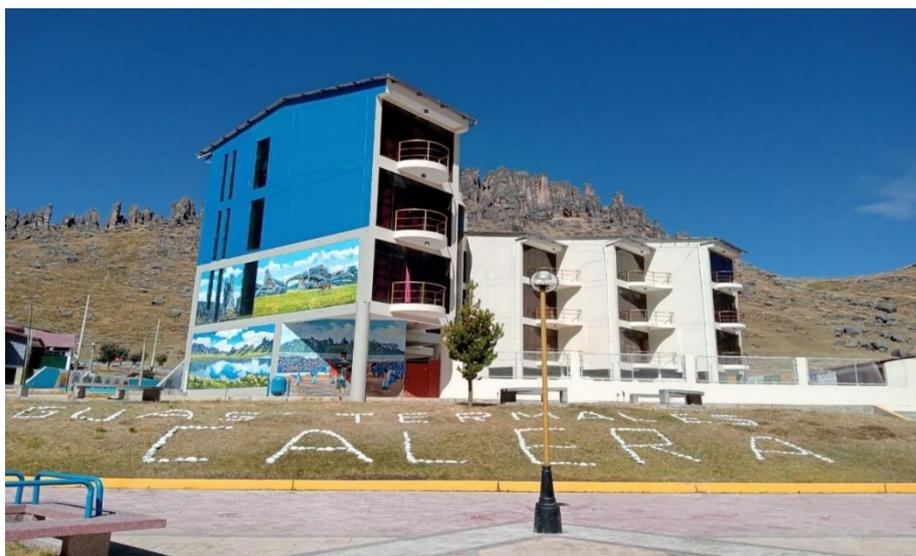


Ilustración 5. Piscina dentro de un ambiente cerrado



La oferta geo turística de la zona, que incluye aspectos naturales y culturales, requiere de servicios turísticos que satisfagan la demanda de los visitantes, permitiéndoles quedarse varios días para disfrutar de los paisajes y la geodiversidad del lugar. En los últimos años, tanto la gestión municipal de Huayllay como la empresa privada han incrementado la capacidad hotelera y mejorado los servicios que anteriormente eran exclusivos para los trabajadores mineros.

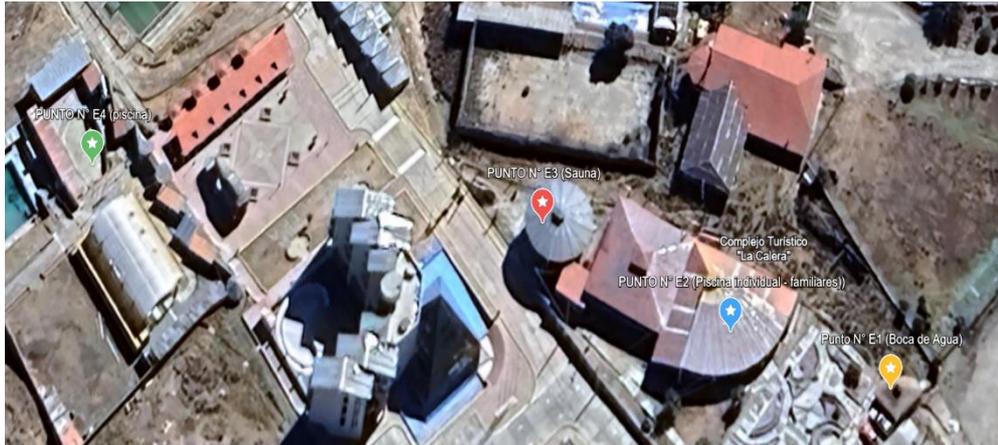
Ilustración 6. Hotel y el área de servicio de las aguas termales “La Calera”



4.1.2. Instrucciones Simplificadas para la Toma de Muestras de Agua para Análisis Físico-Químicos e Inorgánico.

Sobre los puntos de la toma de muestras a continuación se detalla en la siguiente ilustración:

Ilustración 7. Puntos de monitoreo, de las aguas termales “La Calera”



A. Calidad de la Muestra:

La muestra debe ser homogénea y representativa del agua que se desea analizar. No se deben alterar las propiedades del agua durante la extracción.

B. Cantidad y Recipiente:

Se necesitan 1 litro de agua para el análisis, en cada punto de monitoreo, se usó el envase de plástico para los análisis de los elementos metálicos, con sus respectivos preservantes.

C. Manipulación y Envío de la Muestra:

Llenar completamente el envase y taparlo de inmediato sin dejar aire dentro. Rotular el envase con información relevante: nombre del muestreador, remitente, solicitante, fecha, lugar, tipo de análisis, y detalles de la fuente de agua.

D. Identificación y Transporte:

Identificar correctamente la muestra con una etiqueta que incluya toda la información relevante.

Transportar la muestra en el cooler o a temperatura baja para evitar cambios en sus parámetros debido al calor.

E. Importancia del Tiempo:

Cuanto más rápido se envíe la muestra al laboratorio después de la toma, más precisos serán los resultados del análisis.

Ilustración 8. Monitoreo de los parámetros físico-químicos en la piscina de los baños termales "la Calera"



Ilustración 9. En los ambientes de las pozas de baño familiar, en los baños termales "la Calera"



4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados.

Resultados del análisis físico-químico e inorgánico de las aguas de los pozos termales de “La Calera” de Huayllay en los meses de enero a junio del 2023, se realizaron mediciones in situ de temperatura, pH, conductividad eléctrica y turbidez en las aguas termales. Las siguientes tablas y gráficos presentan las características fisicoquímicas obtenidas.

A. Temperatura

La temperatura varía significativamente en cada punto de muestreo. La muestra E1 tiene una temperatura máxima de 50.34 °C, mientras que la muestra E4 registra una temperatura mínima de 29.56 °C, debido a la confluencia que sufre en el trayecto de su uso como por las bajas temperaturas del medio ambiente en Huayllay, las cuales terminan al ser vertidas al río San José. El afloramiento del agua termal ocurre en el punto donde se tomó la muestra M1. El agua caliente transfiere calor al agua fría, buscando alcanzar un equilibrio termodinámico.

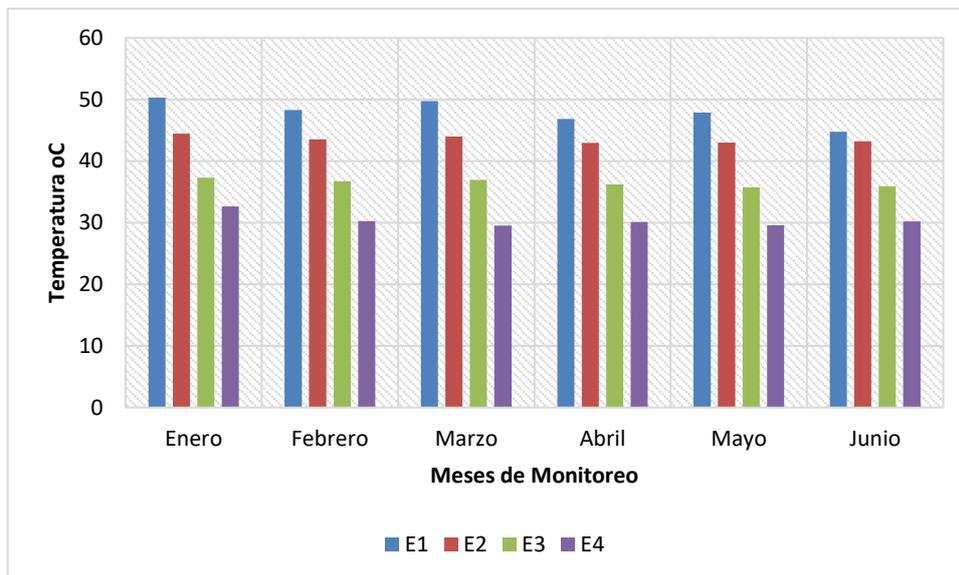
Tabla 3. Mediciones de la temperatura oC en las estaciones de monitoreo

MESES	Temperatura en °C			
	E1	E2	E3	E4
Enero	50.34	44.46	37.32	32.65
Febrero	48.32	43.53	36.76	30.28
Marzo	49.74	44.02	36.94	29.56
Abril	46.87	42.98	36.24	30.09
Mayo	47.89	43	35.78	29.58
Junio	44.75	43.2	35.89	30.2

Con respecto, a la temperatura debemos mencionar que no existe un parámetro de límite de la Categoría N° 1: Subcategoría B de los Estándares

de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, según D.S. N° Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM y Disposiciones Complementarias, para aguas termales.

Diagrama 1. Variación de la Temperatura



B. Potencial de Hidrogeno (pH)

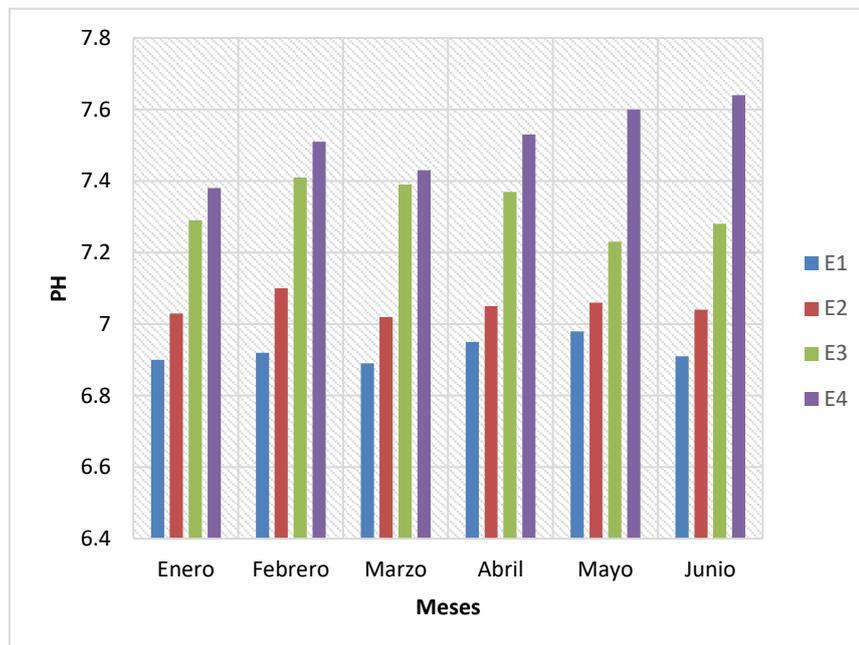
El pH de la muestra E1 es ligeramente ácido, en cambio de las muestras E2, E3 y E4 son ligeramente básicas. Esto se debe a que el pH disminuye cuando la temperatura del agua aumenta su temperatura y ligeramente el pH es ácido cuando la temperatura disminuye. La razón detrás de este fenómeno es que, a medida que la temperatura sube, las moléculas de agua tienden a descomponerse en hidrógeno y oxígeno. Con el aumento de la temperatura, una mayor proporción de moléculas de agua se rompen, liberando más iones de hidrógeno, lo que resulta en un pH más bajo.

Tabla 4. Resultados de las mediciones del pH en las estaciones de monitoreo

MESES	Ph			
	E1	E2	E3	E4
Enero	6.9	7.03	7.29	7.38
Febrero	6.92	7.1	7.41	7.51
Marzo	6.89	7.02	7.39	7.43
Abril	6.95	7.05	7.37	7.53
Mayo	6.98	7.06	7.23	7.6
Junio	6.91	7.04	7.28	7.64

El parámetro límite para el potencial de hidrogeno es de 6 a 9, en la Categoría N° 1: Subcategoría B de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, según el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, en el caso de uso recreativo, por lo que se puede concluir que no existe inconvenientes en el cumplimiento en este parámetro en la calidad del agua.

Diagrama 2. pH



C. Conductividad Eléctrica

La conductividad eléctrica varía entre 3425 y 1230 $\mu\text{S}/\text{cm}$, siendo la muestra E1 la que presenta el valor más alto. Esto se debe principalmente a su mayor

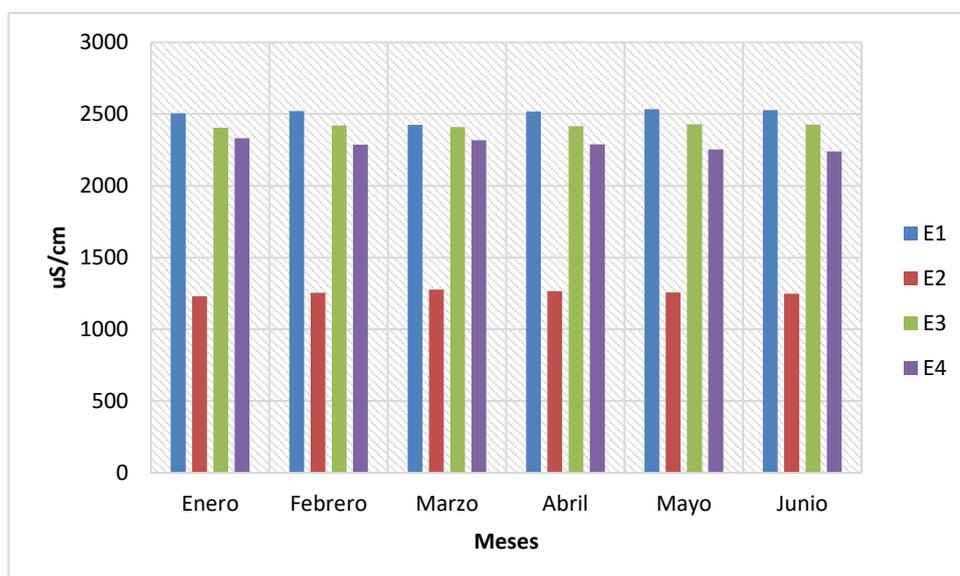
contenido de $(SO_4)^{2-}$ en comparación con las otras muestras. Sin embargo, las muestras E3 y E4 tienen un menor contenido de $(SO_4)^{2-}$ en comparación con la muestra E2, que presenta una conductividad más baja.

Tabla 5. Mediciones de la conductividad eléctrica en las estaciones de monitoreo

MESES	Conductividad Eléctrica ($\mu S/cm$)			
	E1	E2	E3	E4
Enero	2506	1230	2406	2331
Febrero	2520	1254	2420	2287
Marzo	2425	1278	2410	2319
Abril	2518	1265	2416	2289
Mayo	2534	1256	2430	2254
Junio	2428	1248	2427	2240

La conductividad eléctrica del agua se midió y se encontraron valores máximos que oscilan entre 2520 y 1230 $\mu S/cm$. Estos niveles elevados probablemente se deben a la presencia de sales (Carbonatos de Calcio y Magnesio) y metales disueltos en el agua. Cabe destacar que no existe un parámetro límite establecido para la Categoría N° 1: Subcategoría B de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Disposiciones Complementarias en lo que respecta a las aguas termales.

Diagrama 3. Conductividad



D. Turbidez

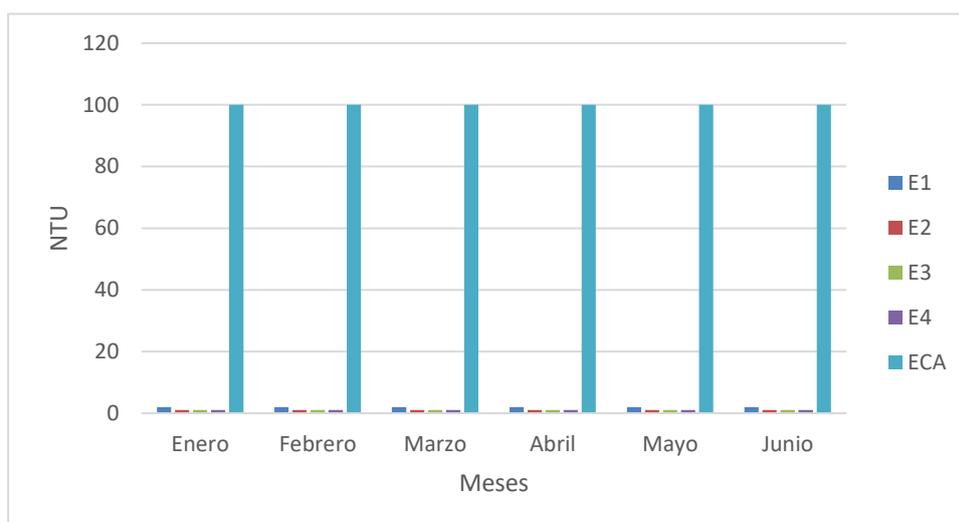
La turbidez mide la claridad del agua a través de la dispersión de la luz, usando Unidades Nefelométricas de Turbidez (NTU). Un valor alto de NTU indica más sólidos en suspensión. La OMS recomienda un máximo de 5 NTU, y las muestras analizadas están por debajo de este límite. La turbidez en aguas naturales no afecta negativamente al ecosistema ni a la fotosíntesis, que depende de la penetración de la luz.

Tabla 6. Mediciones de la turbidez en las estaciones de monitoreo

MESES	TURBIEDAD (NTU)			
	E1	E2	E3	E4
Enero	2	1	1	1
Febrero	2	1	1	1
Marzo	2	1	1	1
Abril	2	1	1	1
Mayo	2	1	1	1
Junio	2	1	1	1

Se midió la turbidez del agua, encontrando valores que varían entre 2 y 1 NTU. Estos niveles se atribuyen a la presencia de sales, metales disueltos, sedimentos y otros. Es importante mencionar que el límite para la Categoría N° 1: Subcategoría B de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Disposiciones Complementarias en aguas termales es de 100 NTU.

Diagrama 4. Turbidez



E. Sólidos Totales Disueltos (STD)

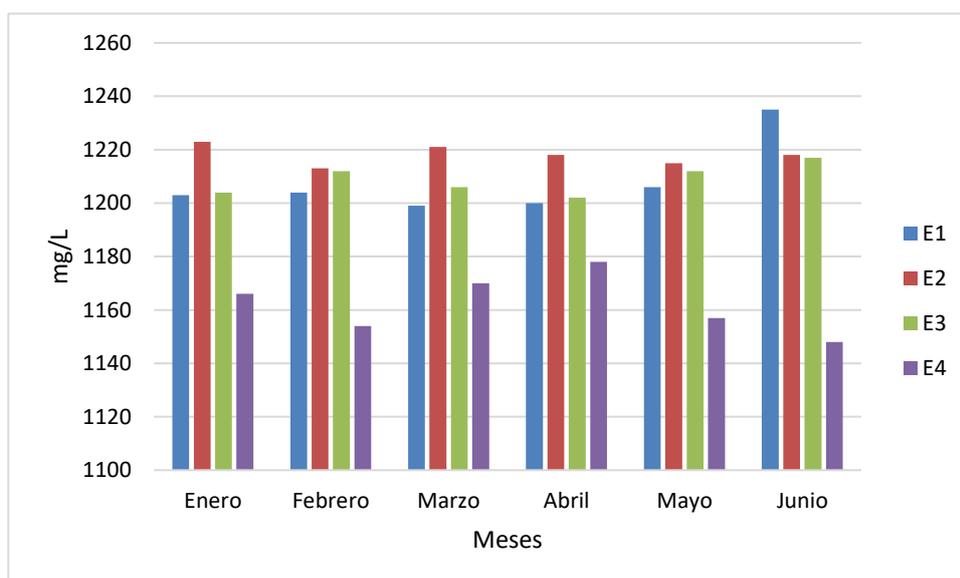
Los sólidos disueltos totales (SDT o TDS) son el residuo que queda tras evaporar una muestra de agua filtrada a través de un filtro de fibra de vidrio de 1.5 micras y secada a 180°C, reportado en mg/L. Incluyen sales, minerales, metales y otros compuestos disueltos. Los TDS pueden provenir de diversas fuentes, como aguas subterráneas, superficiales, residuales, efluentes urbanos y agrícolas, Las concentraciones de TDS varían dependiendo de la solubilidad mineral de la zona. En nuestro estudio se puede ver que las muestras de E1, E2 y E3, tiene la mayor concentración de sólidos totales disueltos. En la muestra E4 la menor concentración.

Tabla 7. Mediciones Solidos totales disueltos en las estaciones de monitoreo

MESES	Solidos Totales disueltos (mg/L)			
	E1	E2	E3	E4
Enero	1203	1223	1204	1166
Febrero	1204	1213	1212	1154
Marzo	1199	1221	1206	1170
Abril	1200	1218	1202	1178
Mayo	1206	1215	1212	1157
Junio	1235	1218	1217	1148

Se midieron los sólidos disueltos totales en el agua, encontrando valores máximos entre 1235 y 1148 mg/l. Estos niveles elevados se deben probablemente a la presencia de sales como carbonatos, nitritos, nitratos, sulfatos y metales disueltos. Es importante señalar que no hay un límite establecido para la Categoría N° 1: Subcategoría B de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA).

Diagrama 5. TDS



F. Análisis inorgánico (Metales)

Los minerales presentes en las aguas termales son los que proporcionan los numerosos beneficios para la salud asociados con los baños en manantiales y balnearios. La mineralización del agua, es decir, la cantidad y variedad de minerales que contiene, depende de diversos factores, como el tipo de suelo del que proviene el manantial, el tiempo que el agua permanece subterránea antes de emerger, y la temperatura a la que surge.

En estos casos, las aguas termales de “La Calera” son consideradas como ferruginosas son especialmente beneficiosas, ya que ayudan a compensar la deficiencia de hierro y también son recomendadas para problemas hepáticos

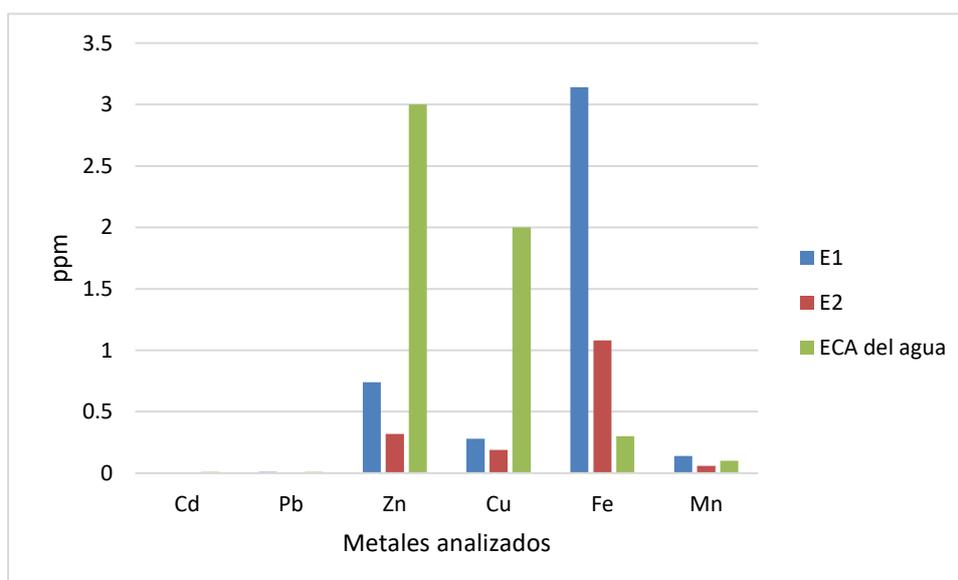
y de la piel. Se consideran aguas ferruginosas aquellas que contienen más de 1 miligramo de hierro por litro de agua.

Tabla 8. Mediciones de los metales en las estaciones de monitoreo

METALES	Puntos de Monitoreo		
	E1	E2	ECA de agua
Cadmio	0.00018	0.00004	0.01
Plomo	0.01	0.005	0.01
Zinc	0.74	0.32	3
Cobre	0.28	0.19	2
Hierro	3.14	1.08	0.3
Manganeso	0.14	0.06	0.1

Se analizaron los metales en el agua termal de “La calera” de Huayllay, específicamente cadmio, plomo, zinc, cobre y hierro. Los valores máximos encontrados fueron de hierro, entre 3.14 y 1.08 mg/l, y manganeso, entre 0.14 y 0.06 mg/l. Estos niveles exceden los límites establecidos para la Categoría N° 1: Subcategoría B de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Disposiciones Complementarias para aguas termales.

Diagrama 6. Resultado del monitoreo de metales



4.3. Prueba de hipótesis

Se planteo la hipótesis general y específicas sobre la calidad de las aguas termales La Calera para uso recreacional ubicado en el distrito de Huayllay, provincia de Pasco, región Pasco cumple Categoría N° 01 Subcategoría B de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA)

Al respecto El Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM establece que el pH del agua para uso recreativo debe estar entre 6 y 9, lo cual se cumple en las muestras analizadas. La conductividad eléctrica varía entre 3425 y 1230 $\mu\text{S}/\text{cm}$, con los valores más altos en la muestra E1 debido a su mayor contenido de sulfatos $(\text{SO}_4)^{2-}$. No hay un límite de conductividad para la Categoría N° 1: Subcategoría B del ECA para aguas termales. La turbidez del agua, medida en Unidades Nefelométricas de Turbidez (NTU), varía entre 2 y 1 NTU, estando por debajo del límite de 100 NTU para aguas termales y del límite recomendado por la OMS de 5 NTU. Los sólidos disueltos totales (TDS), que incluyen sales, minerales y metales, se encontraron en valores máximos entre 1235 y 1148 mg/L, sin un límite establecido para esta categoría. Las aguas termales de La Calera son ferruginosas, con más de 1 mg/l de hierro, y son beneficiosas para la deficiencia de hierro y problemas hepáticos y de la piel. En “La Calera” de Huayllay, los niveles de hierro (3.14 a 1.08 mg/L) y manganeso (0.14 a 0.06 mg/L) superan los límites establecidos para la Categoría N° 1: Subcategoría B del ECA.

El turismo impulsa la inversión y el desarrollo económico en zonas con atractivos turísticos. Un buen ejemplo es “La Calera”, administrado por la comunidad de Huayllay famosa por sus aguas termales que superan los 50°C y atraen a entusiastas del turismo rural y de aventura. El distrito de Huayllay se beneficia considerablemente de la actividad turística.

4.4. Discusión de resultados

El análisis físico-químico preliminar del agua termal “La Calera” de Huayllay muestra características que permiten ubicarla dentro del patrón observado en otras fuentes termales a nivel internacional, nacional y local. Las temperaturas registradas, que oscilan entre mesotermiales e incluso zonas hipotermiales, son comparables con las reportadas por Benítez et al. (2015) en Venezuela, quienes clasificaron sus aguas entre 33,7°C y 57,5°C, y por Maxe (2015) en los Baños del Inca, donde alcanzan hasta 72°C. Esto confirma que La Calera presenta un potencial significativo para uso recreativo, medicinal y turístico, como lo indican varios autores al evaluar balnearios similares.

En cuanto al pH, los estudios locales e internacionales muestran variabilidad: Benítez et al. reportan aguas ligeramente ácidas (pH 6,07–6,49), mientras que Chalise et al. (2023) en Nepal encuentran un rango alcalino (7,3–8,8). Si el agua de La Calera se sitúa entre pH 6 y 7, como los registros nacionales de Edquén (2020) en Chancay Baños, podemos considerarla neutra con tendencia ligeramente ácida, adecuada para baños termales sin riesgos significativos para la piel, aunque esto requeriría un monitoreo constante para evitar fluctuaciones.

Respecto a la mineralización, es clave observar que los sólidos totales disueltos (TDS) en La Calera tienden a estar dentro de los rangos moderados, como en las aguas cloruradas sódicas reportadas por Benítez et al. y García Villanueva & Huamán Chávez (2023) en Huancavelica. El predominio de cationes como Na^+ , Ca^{2+} y K^+ , y aniones como Cl^- y SO_4^{2-} , según los análisis de Hamzah et al. (2013), puede estar presente en La Calera si confirmamos su origen geotérmico y su circulación profunda, como señala Karimi (2007) para Zagros. Esto sería un indicio de que las aguas tienen potencial mineromedicinal,

particularmente para afecciones musculares y reumáticas, alineado con las propiedades terapéuticas identificadas en Baños del Inca y Pampalca.

El origen geológico e hidrogeoquímico de La Calera debe evaluarse también en términos de su recarga y circulación. Si se confirma que su origen es meteórico con recalentamiento por gradiente geotérmico, como sugiere Karimi, esto implicaría no solo una mineralización natural sino también una vulnerabilidad frente a contaminantes externos, por lo que sería esencial aplicar un plan de calidad ambiental y sanitaria similar al recomendado por García Villanueva & Huamán Chávez (2023), incluyendo monitoreos regulares.

En términos de uso turístico y desarrollo local, los estudios de Jurado Falconi et al. (2014) y Loyola (2018) destacan el papel crucial de las aguas termales como motor económico y social. La Calera podría seguir este modelo, promoviendo no solo balnearios recreativos sino también espacios de salud y bienestar. Sin embargo, es imprescindible prevenir riesgos asociados como la sobreexplotación, la contaminación bacteriológica (como mostró Edquén en EM2) y la alteración del equilibrio social-comunitario.

En nuestra región Pasco, se puede impulsar a visitantes de otras regiones, a disfrutar de la riqueza cultural y natural que puede ser aprovechada para el turismo, un motor clave para el desarrollo de las comunidades y la generación de empleo. No obstante, es esencial que los atractivos turísticos sean gestionados de manera responsable para evitar daños al medio ambiente y al ecosistema.

El turismo fomenta la inversión y el crecimiento económico en las áreas con atractivos turísticos. Un ejemplo es “La Calera” ubicado en el distrito de Huayllay, conocido por sus aguas termales a más de 50°C, que atraen a los

amantes del turismo rural y de aventura. La comunidad de Huayllay, se ven beneficiados significativamente por el turismo.

En estos casos, las aguas termales de “La Calera”, son reconocidas por su alto contenido de hierro, son especialmente beneficiosas. Ayudan a tratar la deficiencia de hierro y son recomendadas para problemas hepáticos y de la piel. Las aguas se clasifican como ferruginosas cuando contienen más de 1 miligramo de hierro por litro. Con importantes concentraciones de manganeso, cobre, zinc y otros elementos importantes para la salud de las personas.

Huayllay, también muestra los imponentes bosques de piedras, que viene hacer su riqueza natural y cultural, es importante para la provincia de Pasco, aunque hay muchos lugares poco conocidos que podrían revitalizarse a través del turismo, impulsando así el desarrollo local. El rápido crecimiento del turismo obliga a las comunidades a participar en actividades turísticas para mejorar su economía.

El sector de “La Calera”, con sus aguas termales desconocidas para muchos, se encuentra en la comunidad de Huayllay. Es crucial desarrollar proyectos para mejorar la oferta turística con el apoyo de los gobiernos locales y regionales. Actualmente, la falta de infraestructura y gestión impide a la comunidad aprovechar plenamente sus recursos naturales.

El desconocimiento del potencial turístico de los bosques de piedra como las aguas termales “La Calera” y el deterioro de sus instalaciones actuales son desafíos. Promover la actividad turística podrá a traer desarrollo económico y social a la región. Es necesario que el Ministerio de Turismo, el Ministerio de Ambiente, el Gobierno Provincial y Regional de Pasco, implementen estrategias

para dar a conocer a las aguas termales “La Calera” y capacitar a la comunidad en la preservación del medio ambiente.

Finalmente, el potencial de aprovechamiento energético de las aguas, mencionado por Chalise et al., aunque menos desarrollado en Perú, podría explorarse como línea futura para diversificar su impacto económico, siempre que los índices de calidad del agua, como WQI, SAR y MH, estén dentro de rangos seguros.

CONCLUSIONES

1. El análisis de las aguas termales muestra que los parámetros de pH cumplen con los estándares de calidad ambiental para uso recreativo, el rango de pH es de 6 a 9.
2. La conductividad eléctrica y los sólidos disueltos totales son elevados, sin límites específicos para esta categoría.
3. La turbidez, se evaluó la turbidez del agua, encontrando valores entre 2 y 1 NTU. Estos niveles se deben a la presencia de sales, metales disueltos, sedimentos y otras partículas. Cabe destacar que el límite establecido para la Categoría N° 1: Subcategoría B de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Disposiciones Complementarias en aguas termales es de 100 NTU y la OMS no debe ser > 5 NTU.
4. Los niveles de hierro y manganeso en las aguas termales de “La Calera” y Huayllay presentan ciertos excesos sobre los estándares permitidos, destacando sobre todo en los beneficios de las aguas ferruginosas para la salud.
5. La concentración media total de los componentes químicos en el agua termal so existe diferencias significativas en las concentraciones químicas entre las diferentes estaciones del año.
6. La región de Pasco, con su riqueza cultural y natural, tiene un gran potencial para el turismo, que es crucial para el desarrollo local y la creación de empleo. Sin embargo, es fundamental gestionar los atractivos turísticos de manera responsable para proteger el medio ambiente. Un ejemplo es “La Calera” en Huayllay, conocida por sus aguas termales a más de 50°C, que atrae a turistas interesados en el turismo rural y de aventura, beneficiando significativamente a la comunidad local.

RECOMENDACIONES

1. Realizar un desarrollo comunitario, a través de la Capacitación Local: Ofrecer formación a los habitantes locales en áreas como: hospitalidad, guianza turística y gestión de negocios. También fomentar las artesanías y la cultura al Promover la venta de artesanías locales y eventos culturales que celebren la herencia de Huayllay.
2. Servicios de calidad como: Alojamientos y Restaurantes: Mejorar la calidad y variedad de opciones de alojamiento y restauración para atraer a distintos tipos de turistas. Seguridad y Salud: Asegurar la disponibilidad de servicios médicos y medidas de seguridad para una experiencia segura y agradable.
3. Sostenibilidad y Conservación, con prácticas Ecológicas: Implementar prácticas sostenibles para proteger el entorno natural y promover el ecoturismo.
4. Educación Ambiental: Crear programas educativos para turistas y locales sobre la importancia de conservar los recursos naturales.
5. Es crucial que el Ministerio de Turismo, el Ministerio de Ambiente y los gobiernos Provincial y Regional de Pasco desarrollen estrategias para promover las aguas termales de La Calera y brinden capacitación a la comunidad en técnicas de conservación ambiental.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alburquerque, F. (2014). Evolución del desarrollo territorial; Situación actual, crisis y perspectivas. Oficina Técnica de Estrategias para el Desarrollo Económico. Área de Desarrollo Económico Local.*
- Alburquerque, F., & Dini, M. (2008). Guía de aprendizaje sobre integración productiva y desarrollo económico territorial. Instituto de Desarrollo Regional. Fundación Universitaria.*
- Archer, C., & Ruhanen. (2005). Los impactos positivos y negativos del turismo. Citado por Andaryego (2007). Turismo sostenible, turismo sustentable sostenibilidad.*
- Barber, C. M., & Zapata, M. (2009). ¿Sostenibilidad o sustentabilidad? III Simposium en Investigación Aplicada a los Negocios (Memorias). Mexico.*
- Benítez José, Mostue Maj, López Mariceli (2015) “Estudio fisicoquímico e isotópico de aguas termales del municipio libertador del estado Sucre, Venezuela.*
- Centeno Terán, Rolando (2016) “Evaluación de la calidad de las aguas termales del balneario de Cocalmayo distrito de Santa Teresa.*
- Chiavenato, I. (2009). Introducción a la teoría general de la administración (7ª ed.). McGraw-Hill.*
- Catalina Moreno., Chaparro Ávila, E. (2008). Conceptos básicos para entender la legislación ambiental aplicable a la industria minera en los países andinos. Chile.*
- Chalise, B., Paudyal, P., Bahadur Kunwar, B., Bishwakarma, K., Thapa, B., Raj Pant, R., & Bhakta Neupane, B. (2023). Calidad del agua y evaluaciones hidroquímicas de manantiales termales, provincia de Gandaki, Nepal. Heliyon, 1-15.*

- Chávez, J. (2005). *Coordinación de políticas públicas para el desarrollo sostenible del sector turismo en el Perú. División de desarrollo sostenible y asentamientos humanos.*
- Claire Selltiz. (1980). *Métodos de investigación. España.*
- Edquén, Roxana (2020) “Evaluación de parámetros físico-químicos y bacteriológicos para determinar la calidad de las aguas termales según sub categoría B1 “Chancay Baños” – Santa Cruz, 2020.
- Fidias Arias. (2006). *Proyectos Educativos CR. Venezuela.*
- García Villanueva, M. J., & Huaman Chavez, L. J. (2023). *Evaluación de la calidad bacteriológica y fisicoquímica de las aguas termales del balneario Pampalca, distrito de San Pedro de Coris, Huancavelica. Lima: USIL.*
- García, M. A., & Torres, F. R. (2022). *Estudio geotérmico de las aguas termales andinas. Revista Peruana de Geociencias, 18(2), 45–60.*
<https://doi.org/10.1234/rpg.2022.18.2.45>
- Hamzah, Z., Abd Rani, N. L., & Saat, A. (2013). *Determinación de la calidad fisicoquímica del agua termal potencialmente utilizable para balneoterapia. Malaysian Journal of Analytical Science, 436-444.*
- Huamani, A., & Klaus Steinmüller, K. (S/f). *Hidrogeoquímica de las aguas termales y minerales en el norte y centro del Perú. Lima: ingemmet.*
- Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional (2017) “Medidas de parámetros físico-químicos de las fuentes termales e instalación de cenizómetros en la zona del complejo volcánico Chiles - Cerro Negro.
- Julio Menéndez., Sócrates Muñoz. (2021). *Contaminación del agua y suelo por los relaves mineros. Revista de la Universidad Ricardo Palma, 1.*

- Jurado Falconi, E., Azáldegui Moscol, A., & Benavides Cavero, O. (2014). Turismo, riesgos y oportunidades sobre el uso y consumo de las aguas termales. Caso: Valle de Churín 2013. Cátedra Villarreal , 55-73 .*
- Karimi, H. (2007). Características fisicoquímicas de las fuentes termales del sur de Irán. Geothermics, 217-221.*
- Laura F. Zarza (2019) “Las aguas termales son aquellas que emanan a la superficie terrestre con una temperatura.*
- Loyola, Iván Mijaíl (2018) en su investigación titulada: “Complejo termal, comercial y turístico como desarrollo de la arquitectura rural sostenible en la comunidad campesina San Juan Baños de Rabí, distrito de Yanahuanca, provincia Daniel Alcides Carrion - Pasco 2017.*
- López-Macías. (2019). Las aguas termales.*
- Ministerio del Ambiente (2012) Glosario de términos.*
- Maxe María (2015) “Estudio de la calidad físico-química y mineromedicinal del agua termal de los Baños del Inca.*
- MINCETUR (2011). Plan de ecoeficiencia. Ministerio de Comercio Exterior y Turismo.*
- Naisma Hernández,J., Mayda Ulloa,C.,Yuri Almaguer, C.,Yiezenia Rosario, F. (2013). Evaluación ambiental asociada a la explotación del yacimiento de materiales de construcción la Inagua, Guantánamo, Cuba. Luna Azu, 1-13.*
- OEFA. (2021). Propuesta metodológica para el muestreo de lixiviados en rellenos sanitarios operativos. Perú.*
- Schulte, S. (2003). Guía conceptual y metodológica para el desarrollo y la planificación del sector turismo. Santiago de Chile. Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social.*
- Villalba María. (2019). Aguas manataiales.*

Robbins, S. P., & Judge, T. A. (2013). Comportamiento organizacional (15ª ed.). Pearson.

Remtavares. (2004). Aguas termales

Whetten, D. A., & Cameron, K. S. (2011). Desarrollo de habilidades directivas (8ª ed.). Pearson Educación.

Kinicki, A., & Kreitner, R. (2013). Comportamiento organizacional (10ª ed.). McGraw-Hill.

Páginas de Internet

Hidrogeoquímica de aguas Termales en el Perú peru<https://sisbib.unmsm.edu.pe> (2018)

extraído de: *peru<https://sisbib.unmsm.edu.pe> (2018)*

Cómo estructurar una tesis extraído de
<http://blog.udlap.mx/blog/2014/10/comoestructurarunatesis/>

Manual para la Elaboración de Tesis Universitaria extraído de
<https://es.slideshare.net/apinilloss03/manual-para-elaboracion-tesis-universitaria-12552399>

ANEXOS

Instrumentos de Recolección de Datos

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología



ANALISIS ESPECIAL



SOLICITANTE	ALANIA CABELLO, Gressal Ceanid - NOLASCO RICRA, Byby Thalia	FECHA DE MUESTREO	11/03/2024
PROCEDENCIA	CALERA - HUAYLAY - PASCO	RECIBO N°	38746
MUESTREADO POR	EL SOLICITANTE	TIPO DE MUESTRA	AGUA

RESULTADOS DEL ENSAYO SOLICITADO

DATOS DE LA MUESTRA		RESULTADOS					
Código	Referencia	CADMIO (ppm)	PLOMO (ppm)	ZINC (ppm)	COBRE (ppm)	HIERRO (ppm)	MANGANEBO (ppm)
E406	M1	VND	0.010	0.740	0.280	3.140	0.140
E407	M2	VND	0.005	0.320	0.190	1.080	0.060

Los Resultados presentados son válidos únicamente para las muestras ensayadas. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del LASAE.
Los Resultados no pueden ser usados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

TINGO MARIA 15 DE MARZO 2024



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María

VND: VALOR NO DETECTADO - MENOR AL LIMITE DE DETECCIÓN



Dr. HUGO ALFREDO HUAMANI YUPANQUI
Jefe Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología



Carretera Central Km 1.21 - Tingo María

analisisdesuelosuas@hotmail.com

CELULAR 944407531

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Evaluación de los parámetros físico - químicos e inorgánicos de las aguas termales “La Calera” para uso recreacional ubicado en el distrito de Huayllay, provincia de Pasco, región Pasco – 2023		
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General
¿Cuál es la calidad de las aguas termales “La Calera” para uso recreacional ubicado en el distrito de Huayllay, provincia de Pasco, región Pasco – 2023?	Determinar la calidad de las aguas termales “La Calera” para uso recreacional ubicado en el distrito de Huayllay, provincia de Pasco, región Pasco – 2023.	La calidad de las aguas termales “La Calera” para uso recreacional ubicado en el distrito de Huayllay, provincia de Pasco, región Pasco cumple Categoría N° 01 Subcategoría B de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua.
Problema Especifico	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas
<ol style="list-style-type: none"> 1. ¿Cuál es la calidad físico - químicos de las aguas termales “La Calera” para uso recreacional ubicado en el distrito de Huayllay, provincia de Pasco, región Pasco – 2023? 2. ¿Cuál es la calidad inorgánica de las aguas termales La Calera para uso recreacional ubicado en el distrito de Huayllay, provincia de Pasco – 2023? 3. ¿Cómo está distribuida las actividades recreacionales en los baños termales “La Calera” para uso recreacional ubicado en el distrito de Huayllay, provincia de Pasco, región Pasco – 2023? 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Evaluar la calidad físico - químicos de las aguas termales “La Calera” ubicado para uso recreacional ubicado en el distrito de Huayllay, provincia de Pasco, región Pasco – 2023. 2. Evaluar la calidad inorgánica de las aguas termales La Calera ubicado para uso recreacional ubicado en el distrito de Huayllay, provincia de Pasco, región Pasco – 2023. 3. Verificar la distribución de las actividades recreacional en los baños termales “La Calera” para uso recreacional ubicado en el distrito de Huayllay, provincia de Pasco, región Pasco – 2023. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. La calidad físico - químicos de las aguas termales La Calera para uso recreacional ubicado en el distrito de Huayllay, provincia de Pasco, región Pasco cumple Categoría N° 01 Subcategoría B de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua. 2. La calidad inorgánica de las aguas termales La Calera para uso recreacional ubicado en el distrito de Huayllay, provincia de Pasco, región Pasco cumple Categoría N° 01 Subcategoría B de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua. 3. La distribución de las actividades recreacional en los baños termales “La Calera” para uso recreacional ubicado en el distrito de Huayllay, provincia de Pasco, región Pasco está comprendido por piscinas multifamiliar, baños personales y baños familiares.

Panel Fotográfico

Fotografía 1: El portón de ingreso al centro de aguas termales “La Calera” – Huayllay.



Fotografía 2: Juegos recreativos para niños “La Calera” - Huayllay



Fotografía 3: Baños termales de “La Calera” -Huayllay



Fotografía 4: Campo deportivo de “La Calera”- Huayllay



Fotografía 5: Zona para realizar el cambio de rota y poder ingresar a la piscina de las aguas termales de “La Calera” - Huayllay



Fotografía 6: Zona para ingresar a la piscina de las aguas termales de “La Calera” - Huayllay



Fotografía 7: Zona baño familiar en Tinas de las aguas termales de “La Calera” - Huayllay



Fotografía 8: Zona de alojamiento y restaurante de “La Calera” - Huayllay



Fotografía 9: Equipo de Absorción Atómica para realizar la medición de metales de las aguas termales de “La Calera” - Huayllay

