



Universidad César Vallejo

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**Calidad Ambiental del Agua Superficial Destinada para
Recreación de los Baños Termales de Machacancha en Cusco**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniera Ambiental

AUTOR:

Cuiro Soria, Adriel Branddy (orcid.org/0000-0001-5145-9063)

ASESOR:

M.Sc. Solórzano Acosta Richard Andi (orcid.org/0000-0003-3248-046X)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA

Desarrollo Sostenible y Adaptación al Cambio Climático

LIMA — PERÚ

2022

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres y hermana, por siempre bríndame su apoyo y su amor incondicional.

A las personas que forman y formaron parte de mi vida, por la compañía, consejos, motivación y ánimos brindados.

AGRADECIMIENTO

Agradecer en primera instancia a Dios por brindarme salud y permitirme concretar esta meta personal que trace para mi vida.

Agradecer a toda mi familia, en especial a mis padres y hermana, que durante todo este camino supieron comprenderme y tenerme mucha paciencia; a su amor incondicional, los cuales fueron de mucha ayuda para no rendirme hasta cumplir mis objetivos tanto personales como profesionales.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	iv
ÍNDICE DE TABLAS	v
RESUMEN	vi
ABSTRACT	vii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA	9
3.1. Tipo y diseño de investigación	9
3.2. Variables y operacionalización	9
3.3. Población, muestra y muestreo	12
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	12
3.5. Procedimientos	12
3.6. Método de análisis de datos	13
3.7. Aspectos éticos	14
IV. RESULTADOS	15
4.1. Características fisicoquímicas del agua de los baños termales de Machacancha	15
4.2. Características inorgánicas del agua de los baños termales de Machacancha	16
4.3. Características microbiológico y parasitológico del agua de los baños termales de Machacancha	18
V. DISCUSIÓN	20
VI. CONCLUSIONES	23
VII. RECOMENDACIONES	24
REFERENCIAS	25
ANEXOS	30

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de variables.....	10
Tabla 2. características fisicoquímicas del agua de los baños termales de Machacancha.....	15
Tabla 3. Características inorgánicas del agua de los baños termales de Machacancha.....	17
Tabla 4. Características inorgánicas no contemplados dentro del DS 004-2017 MINAM.....	18
Tabla 5. Características microbiológicas y parasitológicas del agua de los baños termales de Machacancha.....	19

RESUMEN

En Perú existen pocos trabajos relacionados con la calidad del agua de los baños termales, por lo que este trabajo ayuda a conocer la calidad y características de estas aguas. La presente tesis de investigación se desarrolló con la finalidad de determinar la calidad del agua de los baños termales de Machacancha en Cusco. El tipo de investigación del presente proyecto es básico porque, se analizó el agua y se determinaron sus características comparándolo con los parámetros establecidos según el reglamento peruano. Como resultados se obtuvieron que la demanda bioquímica de oxígeno y la demanda química de oxígeno hallados fueron 2.82 mg/L, 6.39 mg/L respectivamente y el oxígeno disuelto que es 5.73 mg/L, lo cual evidencia escasa presencia de materia orgánica y una adecuada oxigenación del agua, aceites y grasas 0.1 mg/L. La concentración de arsénico fue de 0.34908 mg/L que supera el 0.01 mg/L considerado en ECAs para aguas destinada a recreación. En coliformes fecales y totales se tuvo como resultado 17×10^2 NMP/100ml que superan los 1000 NMP/100ml, y *Escherichia coli* con una concentración de 33 NMP/ml. Estos resultados evidencian que las aguas termales representan un riesgo para la salud de los usuarios y necesitan medidas correctivas.

Palabras clave: Aguas termales, calidad del agua, arsénico, *Escherichia coli*, coliformes totales y fecales.

ABSTRACT

In Peru there are few works related to the quality of the water in thermal baths, so this work helps to know the quality and characteristics of these waters. This research thesis was developed with the purpose of determining the quality of the water in the thermal baths of Machacancha in Cusco. The type of research of this project is basic because the water was analyzed and its characteristics were determined by comparing it with the parameters established according to the Peruvian regulations. As results, it was obtained that the biochemical oxygen demand and the chemical oxygen demand found were 2.82 mg/L, 6.39 mg/L respectively and the dissolved oxygen that is 5.73 mg/L, which shows little presence of organic matter and an adequate oxygenation of water, oils and fats 0.1 mg/L. The arsenic concentration was 0.34908 mg/L, which exceeds the 0.01 mg/L considered in ECAs for water intended for recreation. In fecal and total coliforms, the result was 17×10^2 NMP/100ml, which exceed 1000 NMP/100ml, and *Escherichia coli* with a concentration of 33 NMP/ml. These results show that hot springs represent a risk to the health of users and need corrective measures.

.

Keywords: Hot springs, water quality, arsenic, *Escherichia coli*, total and fecal coliforms.

I. INTRODUCCIÓN

El recurso más importante para la vida es el agua (Fenner, 2017), tanto la que está presente en los ambientes naturales como aquella que es utilizada, reutilizada o reprocesada dentro de las actividades económicas e industriales que el hombre ha generado (Dery, 2019). Las aguas naturales representan dos de las terceras partes de la superficie del planeta (Pekel, 2016) mientras que las aguas dulces juegan un papel muy importante, pero son un recurso muy escaso ya solamente el 1% de la totalidad de agua dulce, agua continental o agua superficial es utilizable (Manju, 2017).

Esta agua superficial tiene diversos usos que van desde el consumo humano hasta el su uso para riego en los cultivos, actividades industriales y otros más (Cámara et al., 2015). Uno de los usos que destaca por su particular importancia es para la recreación del ser humano reconocida incluso dentro de la legislación peruana, cuya calidad se determina en base a ciertos parámetros buscando o pretendiendo que sea inocua para el ser humano cuando disfruta de estos espacios en la naturaleza (Mendoza, 2015).

El agua destinada para fines recreativos proviene de diversas fuentes (Federigi et al., 2019), y una de las más reconocidas o una de las de mayor interés son los baños termales porque adicionalmente a los beneficios recreacionales se le adjudican algunos otros beneficios que colindan con el terapéutico y medicinal (Cozzi et al., 2018), debido a su contenido en sales y minerales que acaban siendo beneficiosos para para la piel, para el tono muscular, afecciones óseas entre otros que han sido demostrados por algunos investigadores (Gianfaldoni et al., 2017).

Las aguas termales son producto del afloramiento del agua del subsuelo en fuentes y pozos donde existe actividad volcánica (Harjoko et al., 2020), que es la que acaba por calentar el agua en temperaturas que van por encima de las del ambiente, por lo general estas aguas están ubicadas en zonas dentro del cinturón orográfico o de cadenas montañosas (Mahajan et al., 2017); en particular el Perú es un lugar muy reconocido por sus baños termales (Rivas, 2020); sin embargo, como ya se expresó líneas antes estos baños termales debieran cumplir con ciertos parámetros

para que el disfrute del hombre tanto en sus propiedades recreacionales como medicinales sea el más adecuado (Mendoza, 2015).

En ese sentido, el Perú tiene dentro de su legislación el DECRETO SUPREMO N° 004-2017 (Delgado et al., 2017) donde quedan establecidos estos parámetros para este tipo de agua, en el que la subcategoría B1 considera que los parámetros que debieran ser evaluados son físicos químicos, inorgánicos, microbiológicos y parasitológicos (Eslamian et al., 2015) como medidas precisamente de esta calidad; sin embargo, estos baños no siempre cumplen con dicha calidad debido a la falta de monitoreo o por una deficiente gestión en el uso de esta agua que una vez expuesta a la superficie del suelo y actividades recreativas del hombre acaban por contaminarse (Walker et al., 2019) generando más problemas que bienestar.

En Perú uno de los departamentos más importantes debido su actividad turística, recreativa y riqueza de recursos naturales es el Cusco (Barbieri et al., 2020), que además cuenta con diversidad de baños termales que la gente viene a visitar por el uso recreacional y medicinal (Wilson, 2017) y no todos estos baños termales están sujetos a la evaluación dentro de los parámetros de calidad del agua. Entre todos los baños termales que existen en la ciudad de Cusco uno de los más importantes y que tiene mayor atractivo o de los que más afluencia turística posee son los baños termales de Machacancha que son importantes por estar dentro del reconocido valle sagrado de los incas (Gade, 2016) debido a su cercanía a la ciudad de la del Cusco, así como por estar en el trayecto de la actividad turística y cerca a varios santuarios y restos arqueológicos.

Desde hace algunos años, según reportes del establecimiento de salud de la provincia de Calca donde se encuentran los baños de Machacancha, existen casos donde se asocia el uso de estas aguas a posibles enfermedades de la piel, enfermedades oculares (conjuntivitis), afecciones al oído (otitis), efectos colaterales que no debieran existir en este tipo de aguas y dada la importancia de esto se requiere evaluar si existe algún tipo de parámetro disfuncional o que algún parámetro haya sido afectado por la actividad y uso del hombre lo que implicaría que su apropiado uso ya no sea el correcto ni tan beneficioso.

Por ello, en la presente investigación se planteó como problema de investigación:

¿Cuál es la calidad ambiental del agua superficial destinada para recreación de los baños termales de Machacancha en Cusco?

Bajo el objetivo de:

Determinar la calidad ambiental del agua superficial destinada para recreación de los baños termales de Machacancha en Cusco.

Y los objetivos específicos:

Determinar los parámetros fisicoquímicos de la calidad ambiental del agua superficial destinada para recreación de los baños termales de Machacancha en Cusco.

Determinar los parámetros inorgánicos de la calidad ambiental del agua superficial destinada para recreación de los baños termales de Machacancha en Cusco

Determinar los parámetros microbiológicos y parasitológicos de la calidad ambiental del agua superficial destinada para recreación de los baños termales de Machacancha en Cusco.

Esta investigación es importante y se justifica a nivel económico porque el recurso hídrico estudiado constituye uno de los principales del sector de Machacancha debido a que es un lugar en el cual el turismo es una de las principales actividades debido a que su ubicación geográfica, la altitud de la zona y la distancia al distrito de Calca, no permiten el desarrollo de otro tipo de actividades económicas por tanto esta actividad es importante para mejorar la afluencia de turistas nacionales así como extranjeros y para ello mantener la calidad del servicio a nivel social es importante porque el recurso que debiera servir para toda la sociedad siga manteniéndose estable para las generaciones venideras, así como para salvaguardar la salud de los usuarios y mejorar la calidad de las aguas termales. A nivel ambiental la investigación es de importancia porque con los resultados de la misma, bajo los lineamientos de la calidad del agua superficial de los baños termales según el D.S. N°004 2017 MINAM, sirve como un precedente de estudios sobre estas aguas ya que los estudios ambientales en aguas termales son mínimos en el país y las autoridades ambientales muchas veces parecen no tomar en cuenta estas fuentes de agua por su complejidad y procedencia.

II. MARCO TEÓRICO

Para esta investigación se hace referencia a estudios previos que se presentan como antecedentes y se detallan a continuación:

Lippai et al. (2020), determinaron la calidad microbiológica del agua de los baños termales de Hungría utilizando métodos de cultivo, reacciones en cadena de la polimerasa (PCR), PCR multiplex y secuenciación de ampliación de próxima generación. En sus resultados reportan las siguientes especies: *Pseudomonas aeruginosa*, *P. stutzeri*, *Acinetobacter johnsoni*, *Acinetobacter baumannii*, *Moraxella osloensis*, *Microbacterium paraoxydans*, *Legionella spp.*, *Stenotrophomonas maltophilia* y *Staphylococcus aureus*; además determinaron que en piscinas con carga y descarga existen recuentos (UFC) de *P.aeruginosa* y *S.aureus* más altos, por lo que concluyeron, que el tipo de operación de recirculación tiene mejor calidad del agua que la operación de piscina de carga y descarga desde el punto de vista higiénico.

Del mismo modo, Amala y Aleru (2016), estudiaron la calidad microbiológica del agua termal de piscinas en Port Harcourt Metrópolis. Evaluaron la calidad microbiana de diez (10) piscinas utilizando medios de cultivo específicos como mc conkey y otros con los cuales aislaron las siguientes cepas bacterianas (55%) fueron identificados como *Staphylococcus epidermidis*, (25%) *Bacillus cereus*, (16%) *Micrococcus* y (5%) *Staphylococcus aureus*. En las piscinas 2 y 9 no tenían los aislamientos de *Staphylococcus aureus* y *Micrococcus*, respectivamente. Concluyendo que según el estándar de la Organización Mundial de la Salud (OMS) para aguas recreativas, la ausencia de bacterias coliformes y coliformes fecales (*E. coli*) reveló que las diez (10) piscinas utilizadas para este estudio se consideran dentro de los límites aceptables para certificar la calidad microbiológica del agua.

Warton y Zdechlik (2021), evaluaron la calidad del agua de los baños termales “Chochołowskie Termy” en Polonia y el impacto ambiental de la descarga de estas aguas geotérmicas del complejo recreativo de sobre la calidad del agua de río. Los principales parámetros que evaluaron fueron: fósforo total, nitratos, cloruros,

alcalinidad, sólidos disueltos totales o dureza total, se tienen en cuenta junto con parámetros físicos (pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, turbidez), así como indicadores de materia orgánica (demanda biológica de oxígeno, demanda química de oxígeno) y llegaron a la conclusión de que la calidad del agua y los índices de contaminación por metales pesados así como los valores de los índices de contaminación del agua por peces calculados aguas arriba y aguas abajo de la descarga de agua geotérmica utilizada, no muestran diferencias significativas.

Szuróczki et al. (2016), estudiaron la comunidad microbiana natural de las aguas de pozos y piscinas en el baño termal de Gellért mediante el aislamiento de bacterias en medios definidos y medios sintéticos mínimos (con agua de baño) con agar-agar y goma gellan, encontrando en piscinas, dominancia de los géneros *Tistrella* y *Chelatococcus*; mientras que, el miembro más dominante en el agua de pozo era un nuevo taxón, asociado a *Hartmannibacter diazotrophicus* como pariente más cercano.

Robles et al. (2014), analizaron las características fisicoquímicas y microbiológicas de 4 baños termales. determinando once parámetros fisicoquímicos, coliformes totales, coliformes fecales y ameba de vida libre. Del total, el 83% de las muestras dieron positivo para amebas de vida libre y se aislaron 7 géneros; de estos *Naegleria* estuvo presente en todos los sitios muestreados. concluyeron lo siguiente, los manantiales presentaron mayor contaminación microbiológica en las piscinas que en los propios manantiales debido a la presencia de bañistas. La detección de coliformes totales y fecales y la presencia de amebas termófilas de los géneros *Acanthamoeba* y *Naegleria* en los manantiales representan un riesgo para la salud de los usuarios, según Criterios Ecológicos de Calidad del Agua, en agua dulce o agua de mar para uso recreativo con contacto directo.

Majlinda y Abazi (2017), estudiaron el contenido y las características del agua termal en Diber, Albania, los indicadores medidos y evaluados de la calidad del agua fueron: salinidad (electricidad conductividad), cationes y aniones (Ca, Mg, Na, bicarbonatos, sulfato, cloruros, nitrógeno, azufre, nitrógeno amónico, fosfato, potasio) y otros factores (acidez y remanente seco), así como el uso del agua termal

en riego. Se basaron en las muestras de aguas tomadas 2 veces por año durante 3 años. A partir del análisis, obtuvieron los siguientes resultados el nivel del elemento para el agua de riego, muestran que el contenido de Ca, bicarbonatos y sulfatos está por encima del nivel de las normas estándar, los bicarbonatos son aproximadamente 3 veces más que el nivel óptimo de contenido, Su uso también es significativo en tratamientos médicos.

Hendi et al. (2020), investigaron las aguas termales de Argelia, utilizando el método hidroquímico que requería el uso del diagrama triangular de Piper. Los resultados de los análisis químicos realizados en los manantiales hidrotermales del área que revelaron las especies químicas: bicarbonato de sodio, sulfato de calcio, cloruro de sodio y sulfato de sodio las cuales son de gran importancia porque aportan propiedades curativas para distintas enfermedades o dolencias. Los resultados de los análisis químicos realizados a las distintas fuentes hidrotermales en el área de estudio muestran la mineralización óptima y se encuentran dentro de los estándares de calidad para baños termales y como atractivo turístico y de utilidad para la población por sus propiedades curativas.

Aburto et al. (2020), analizaron el microbioma (calidad microbiológica) en una instalación de baños termales naturales australiana comercial. *Thiobacillus*, *Sphingobium* y *Agrobacterium* fueron los géneros predominantes en muestras del pozo. Los géneros predominantes cambiaron a *Sphingobium*, *Parvibaculum* y *Achromobacter* después del tratamiento con cloruro y *Azospira* reemplazó a *Achromobacter* una vez que el agua alcanzó la temperatura ambiente. La comunidad microbiana volvió a cambiar tras el uso por parte de los bañistas, dominada por *Pseudomonas*, aunque persistió *Sphingobium*. No se observaron coliformes totales o fecales en ninguna de las muestras excepto en el agua posterior al baño; incluso allí, su presencia fue en muy baja concentración (2,3 ufc/mL).

Caetano et al. (2017), realizaron un resumen de la evolución de las técnicas analíticas utilizadas en LAIST para la caracterización de Aguas minerales naturales portuguesas. Además, en Coimbra, Charles Lepierre desarrolló nuevos métodos de

análisis bacteriológicos y determinaciones de radiactividad, complementando la caracterización química. siendo pioneros en el uso y desarrollo de nuevas tecnologías y proporcionando respuestas rápidas a los requisitos de las nuevas legislaciones.

Por otro lado, respecto al marco teórico de la investigación, la calidad según Crosby (1996) está definido como el cumplimiento de normas y requerimientos precisos que, concretamente hablando sobre la calidad ambiental implica una calificación que refleja la influencia compuesta de diferentes determinantes (Sener et al., 2013), como precisa Oseke et al. (2021), sobre la calidad del agua, esta se logra mediante la evaluación de la influencia acumulativa de las actividades inducidas por el hombre y las que ocurren naturalmente en función de ciertos determinantes sobre las características hidrogeométricas de la muestra de agua, muchas de ellas dispuestas en alguna normatividad vigente.

En ese sentido, en el Perú el Ministerio del Ambiente (MINAM, 2017) aprobó los estándares de calidad ambiental para agua donde precisó que el estándar de calidad ambiental es legalmente la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos y están dados según el uso de cada cuerpo de agua teniendo entre ellos la calidad ambiental de agua superficial para uso de recreación.

Así, la calidad ambiental del agua superficial para uso recreacional según MINAM (2017), en la zona costera marina comprende la franja del mar entre el límite de la tierra hasta los 500 m de la línea paralela de baja marea y en las aguas continentales su amplitud es definida por la autoridad competente, las cuales deben cumplir con ciertos parámetros y valores que implican parámetros físico - químicos, parámetros inorgánicos y parámetros microbiológicos y parasitológicos.

Los parámetros fisicoquímicos según Katarzyna Wątor et al. (2020), afirman que, por lo general los principales parámetros químicos inorgánicos, como fósforo total, nitratos, cloruros, alcalinidad, sólidos disueltos totales o dureza total, se tienen en

cuenta junto con parámetros físicos (pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, turbidez), así como indicadores de materia orgánica (demanda biológica de oxígeno, demanda química de oxígeno).

Parámetros inorgánicos según Giri et al. (2014), es la concentración de metales pesados en las aguas superficiales y puede variar en función de múltiples factores, como el caudal de agua, la estación o la entrada de agua contaminada.

Parámetro microbiológico - parasitológico según Anett Lippai et al. (2020), estos métodos se centran en la contaminación fecal (p. ej., bacterias coliformes termotolerantes) y los microorganismos patógenos o patógenos facultativos no derivados de las heces (*Legionella* spp., *Pseudomonas* spp., *Staphylococcus aureus*) también (Vargha et al. 2015) afirma que en muchas piscinas termales, el sistema de tratamiento de agua del tipo carga-descarga se utiliza donde no se aplican desinfectantes, y las piscinas simplemente se cargan con agua fresca de pozo antes de bañarse.

Entre el agua superficial para uso recreacional se encuentran los baños termales, los baños termales son producto de manantiales donde el agua del subsuelo fluye hacia la superficie (Mahala, 2019). Se consideran aguas naturales de buena calidad porque antes de emerger a la superficie del suelo el agua ha recorrido varios kilómetros de roca, sedimento y suelo que actúan como filtros naturales para eliminar todo tipo de contaminantes y, en muchos casos, enriquecerla con minerales y sustancias necesarias para la humanidad (IMTA, 2014). Existen parámetros a tomar en cuenta en los baños termales que son los mismos antes mencionados y validados por el MINAM.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

La presente investigación según su finalidad es básica porque, se analizó el agua y se determinó las características de dicho elemento, comparando los valores obtenidos con los parámetros establecidos según el reglamento peruano. El alcance es transeccional porque los datos son tomados en un solo momento. La profundidad de la investigación es no experimental porque la variable no es manipulada de manera intencional en espacio ni tiempo, por ende solo se recolectan las muestras sin ninguna alteración, para ser posteriormente enviadas para su análisis (Hernández, 2014).

El carácter de medida es cuantitativo porque los datos recogidos de la investigación se representan en números con diseño de investigación descriptivo debido a que se mide y describe la información de los conceptos y variables sin ningún tipo de manipulación de estas de forma independiente (Hernández 2014).

3.2. Variables y operacionalización

Variable:

Calidad ambiental del agua superficial destinada para recreación: comprende los estándares nacionales de calidad ambiental para agua, según la CATEGORÍA 1–B aplicada a aguas superficiales destinadas al uso recreativo, haciendo alusión a aguas superficiales utilizadas en actividades recreativas realizadas en pozos, embalses, ríos, manantiales y parajes naturales de manera no consuntivo.

Tabla 1

Operacionalización de variables.

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicadores	Escala	Valor	Instrumento
Calidad ambiental del agua superficial destinada para recreación	Son las aguas superficiales destinadas al uso recreativo, que se refiere a la utilización del agua en actividades de ocio realizadas en embalses, ríos y parajes naturales de un modo no consuntivo, así como aquellas en las que el uso del agua se hace de forma indirecta, las cuales deben cumplir ciertos estándares de calidad ambiental	La calidad de agua superficial para uso recreacional comprende los estándares nacionales de calidad ambiental para agua según la CATEGORÍA 1-B	Parámetros físico - químico	Aceites y grasas	Numérico	mg/L	Absorción atómica
				Cianuro	Numérico	mg/L	Absorción atómica
				Cianuro wad	Numérico	mg/L	Absorción atómica
				Color	Nominal	color	Vista
				Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)	Numérico	mg/L	Colorimetría
				Demanda química de oxígeno (DQO)	Numérico	mg/L	Colorimetría
				Materiales flotantes	Nominal	Presencia	Vista
				Nitratos	Numérico	mg/L	Absorción atómica
				pH	Numérico	und	Potenciómetro
				Oxígeno disuelto	Numérico	mg/L	Absorción atómica
				Sulfuros	Numérico	mg/L	Absorción atómica
			Turbiedad	Numérico	UNT	Absorción atómica	
			Parámetros inorgánicos	Antimonio	Numérico	mg/L	Absorción atómica
				Arsénico	Numérico	mg/L	Absorción atómica
				Bario	Numérico	mg/L	Absorción atómica
				Berilio	Numérico	mg/L	Absorción atómica
				Boro	Numérico	mg/L	Absorción atómica
				Cadmio	Numérico	mg/L	Absorción atómica
				Cobre	Numérico	mg/L	Absorción atómica
				Cromo total	Numérico	mg/L	Absorción atómica
				Cromo VI	Numérico	mg/L	Absorción atómica
				Hierro	Numérico	mg/L	Absorción atómica
Manganeso	Numérico	mg/L		Absorción atómica			
Mercurio	Numérico	mg/L	Absorción atómica				
Níquel	Numérico	mg/L	Absorción atómica				

				Plomo	Numérico	mg/L	Absorción atómica
				Selenio	Numérico	mg/L	Absorción atómica
				Uranio	Numérico	mg/L	Absorción atómica
				vanadio	Numérico	mg/L	Absorción atómica
				Zinc	Numérico	mg/L	Absorción atómica
			Parámetro microbiológico - parasitológico	Coliformes totales	Numérico	NMP/ml	Dilución múltiple
				Coliformes termotolerantes	Numérico	NMP/ml	Dilución múltiple
				<i>Escherichia coli</i>	Numérico	E. coli/ml	Dilución múltiple
				Formas parasitarias	Numérico	N° org./L	Centrifugación
				<i>Salmonella sp.</i>	Numérico	UFC	Dilución múltiple
				<i>Vibrio cholerae.</i>	Numérico	UFC	Dilución múltiple

3.3. Población, muestra y muestreo

Población

La población para estudiar en este trabajo de investigación son los baños termales de Machacancha ubicados en el centro poblado de Machacancha, distrito de Calca, provincia Calca y región cusco.

Muestra

Para el desarrollo de la investigación la muestra está determinada por las aguas de los baños termales de Machacancha.

Muestreo

Se basa en el protocolo de monitoreo establecido por la Autoridad Nacional del Agua el cual está aprobada por resolución jefatural N° 010-2016-ANA.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Los datos se recolectaron siguiendo el protocolo de monitoreo establecido por la Autoridad Nacional del Agua que fue aprobado por resolución jefatural N° 010-2016-ANA o también denominado "Protocolo Nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales".

Los instrumentos utilizados con el propósito de recolectar datos fueron las fichas técnicas, en donde fueron consideradas las cadenas de custodia y la ficha de registro de monitoreo del agua siguiendo el protocolo establecido por la ANA. El método utilizado para el análisis de las muestras fue absorción atómica, dilución múltiple, y potenciómetro según el parámetro a determinar. Dichos métodos están validados y acreditados porque el laboratorio de referencia cuenta con la acreditación de INACAL.

3.5. Procedimientos

Determinación de la calidad ambiental del agua superficial destinada para recreación.

Las muestras se tomaron de los sitios donde aflora el agua de manantial y de las pozas que se alimentan del agua de manantial para obtener una muestra homogénea y tiene ciertas particularidades según el parámetro a analizar, así para parámetros físicos e inorgánicos, etc. Como se amplía a continuación:

Para la determinación de los parámetros fisicoquímicos e inorgánicos, Las muestras se recolectaron en frascos de plástico (debidamente etiquetados) de una capacidad de 1 litro, esterilizados y desprovistos de cualquier evidencia de suciedad o agente contaminante, con boca ancha. Al coleccionar las muestras, se enjuagó (curó) 3 veces el frasco con la misma muestra, posteriormente se sumergieron en los pozos y fuentes de agua termal, en sentido contrario a la corriente luego a 20 cm de profundidad y posteriormente en la superficie de los pozos. Luego se procederá a cerrar el frasco dentro del agua con el objetivo de no dejar burbujas de aire en su interior.

Para la Determinación de los parámetros microbiológicos y parasitológicos de las muestras se recolectaron en un frasco de plástico (debidamente rotulado) de 1000ml de capacidad, estéril y desprovisto de cualquier evidencia de suciedad o agente contaminante, que cuenta con boca ancha que no se destapó hasta antes de la recolección de muestras. Antes de iniciar la recolección de muestras, se enjuagó (curó) 3 veces el frasco con la misma muestra, seguidamente se sumergió a 20 cm de profundidad coleccionando 300 ml aproximadamente, dejando un margen de su capacidad con aire, esto para mantener la vida microbiológica hasta su análisis.

3.6. Método de análisis de datos

En el presente trabajo se optó por realizar un análisis comparativo para lograr nuestros objetivos, los cuales se desarrollaron al momento de recibir los resultados de los análisis enviados al laboratorio, con los cuales se hicieron una comparación con el D.S N°004-2017-MINAM que es el reglamento establecido por el Ministerio

del ambiente para poder analizar si los resultados obtenidos están dentro de estos parámetros. Se realizará una comparación de cada parámetro utilizando el análisis estadístico descriptivo tanto en parámetros fisicoquímicos, inorgánicos como microbiológicos para obtener resultados legítimos.

3.7. Aspectos éticos

Es importante recalcar que, para este trabajo de investigación se tuvo la debida transparencia, ética y formalidad al momento de recolectar la información puesto a que se encontraron en fuentes primarias y secundarias confiables. Además, no se manipuló ningún tipo de resultado ni muestra sobre los parámetros considerados para la evaluación de la calidad de agua para el uso recreativo, se mantuvieron tal cual se entregó hasta finalizar su análisis en el laboratorio.

IV. RESULTADOS

Se analizó en total 53 parámetros de las aguas de los baños termales de Machacancha los cuales se detallan a continuación:

4.1. Características fisicoquímicas del agua de los baños termales de Machacancha

Las características fisicoquímicas (Tabla 2), que se hallaron y fueron las más resaltantes en las aguas de los baños termales de Machacancha fueron que presenta un valor de DBO Y DQO de 2.82 mg/L y 6.39 mg/L respectivamente que son resultados bajos y junto con el resultado de oxígeno disuelto indican que son aguas con una disponibilidad buena de oxígeno es decir su sistema de oxigenación y recirculación no permiten que el agua no se estanque y se incrementen los parámetros de DBO y DQO y baje el oxígeno disuelto que es 5.73 mg/L además posee un pH relativamente neutro de 6.97, por otra parte presenta aceites y grasas lo cual podría generar problemas ya que están asociados con afecciones respiratorias y de la piel, cuando se efectúa el contacto directo (Rodríguez y Santana, 2017).

Tabla 2

Características fisicoquímicas del agua de los baños termales de Machacancha.

Dimensión	Indicadores	Resultado	Und.	D. S.	DS 004-2017
					ausencia de
	Aceites y grasas	0.1	mg/L	±0.86	película visible
Parámetros físico - químico	Cianuro	< 0.016	mg/L		0.022
	Cianuro wad	< 0.016	mg/L		0.08
	Color	5	Pt/Co		normal
	Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)	2.82	mg/L	±0.15	5

Demanda química de oxígeno (DQO)	6.39	mg/L	±0.21	30
Materiales flotantes	ausencia	presencia		ausencia
Nitratos	< 0.060	mg/L		10
pH	6.97	und. pH		6 - 9
Oxígeno disuelto	5.73	mg/L		≥5
Sulfuros	< 0.030	mg/L		0.05

4.2. Características inorgánicas del agua de los baños termales de Machacancha

Dentro de las características inorgánicas se hallaron los metales más predominantes que sobrepasan los ECAs contemplados dentro del DS 004-2017 MINAM (Tabla 3), fueron boro, hierro, manganeso y arsénico, teniendo este último una concentración de 0.34908 mg/ L que supera el 0.01mg/L que considera el ECA para aguas destinada a recreación y siendo considerado un metal pesado toxico para la salud humana que puede causar cáncer, lesiones cutáneas, enfermedades cardiovasculares, neurotoxicidad insuficiencia renal entre otras afecciones dependiendo del tiempo de exposición y la cantidad de ingesta (Cortes, 2022), además se sabe que este metal también puede ser adsorbido de manera cutánea con lo cual puede generar un mayor problema si el tiempo de exposición es mucho mayor.

Adicionalmente a los parámetros inorgánicos contemplados en el DS 004-2017 MINAM se hicieron otras pruebas contempladas internacionalmente (Tabla 4) donde se obtuvieron que los metales más predominantes fueron sodio (408 mg/L), calcio (368 mg/L), magnesio (75.4 mg/L), potasio (43 mg/L), estroncio (6.3051 mg/L) y litio (1.937 mg/L) de esto podemos decir que el sodio y calcio son las principales fuentes de sales que están compuestas estas aguas y son las que brindan las principales características pero adicionalmente se encontró estroncio y litio en concentraciones razonables. Como se puede apreciar en la Tabla 4 el estroncio al no tener un ECAs nacional pasa desapercibido, pero agencias internacionales como la Agency for Toxic Substances and Disease Registry

(ATSDR, 2004) establece un límite de 4000 ug/L el cual sería superado por el resultado obtenido e indican que este metal es mucho mas toxico y peligroso si se encuentra en su forma radiactiva pudiendo causar leucemias. Por otra parte, el litio es un metal del que aun no se tiene amplia información, pero como indica (Rico, 2018) a pesar de tener usos farmacológicos puede afectar las vías renales y causar intoxicaciones con sintomatología de ataxia, temblor, rigidez de manos, convulsiones y otros y puede llegar a causar neuropatías cuando se superan los 0,7 y 1,2 mEq/L.

Tabla 3

Características inorgánicas del agua de los baños termales de Machacancha.

Dimensión	Indicadores	Resultado	Und.	D. S.	DS 004-2017
	Aluminio	< 0.002	mg/L		0.2
	Antimonio	< 0.00002	mg/L		0.006
	Arsénico	0.34908	mg/L	±0.045380	0.01
	Bario	0.0317	mg/L	±0,00444	0.7
	Berilio	0.0046	mg/L	±0,000597	0.04
	Boro	6.76	mg/L	±1,284	0.5
	Cadmio	< 0.00001	mg/L		0.01
	Cobre	< 0.0003	mg/L		2
Parámetros inorgánicos (corrido de metales)	Cromo total	< 0.001	mg/L		0.05
	Cromo VI	< 0.008	mg/L		0.05
	Hierro	2.688	mg/L	±0,26878	0.3
	Manganeso	1.18	mg/L	±0,153401	0.1
	Mercurio	< 0.00007	mg/L		0.001
	Níquel	0.0018	mg/L	±0,00021	0.02
	Plata	<0.00006	mg/L		0.01
	Plomo	<0.00006	mg/L		0.01
	Selenio	< 0.00004	mg/L		0.01
	Uranio	< 0.00001	mg/L		0.02
	vanadio	< 0.006	mg/L		0.1
	Zinc	0.092	mg/L	±0,0156	3

Tabla 4*Características inorgánicas no contemplados dentro del DS 004-2017 MINAM.*

Dimensión	Indicadores	Resultado	Und.	D. S.	DS 004-2017
Parámetros inorgánicos (corrido de metales)	Bismuto	< 0.000001	mg/L		no contempla
	Calcio	368	mg/L	±51,5	no contempla
	Cerio	< 0.00001	mg/L		no contempla
	Cobalto	< 0.00003	mg/L		no contempla
	Estaño	<0.000004	mg/L		no contempla
	Estroncio	6.3051	mg/L	±1,07187	no contempla
	Fosforo	0.023	mg/L	±0,0038	no contempla
	Litio	1.937	mg/L	±0,21306	no contempla
	Magnesio	75.4	mg/L	±3,770	no contempla
	Molibdeno	<0.00003	mg/L		no contempla
	Potasio	43	mg/L	±5,60	no contempla
	Sodio	408	mg/L	±61,2	no contempla
	Talio	< 0.00001	mg/L		no contempla
	Titanio	< 0.0006	mg/L		no contempla
Torio	< 0.00001	mg/L		no contempla	
Wolframio	< 0.00002	mg/L		no contempla	

4.3. Características microbiológico y parasitológico del agua de los baños termales de Machacancha

En la tabla 5 se muestran los resultados de los análisis microbiológicos y parasitológicos que evidencian una contaminación por coliformes fecales y totales con un resultado de 17×10^2 que superan los 1000 NMP/100ml establecidos por el DS 004-2017 MINAM los cuales son un riesgo potencial para la salud de los usuarios ya que pueden causar enfermedades del tipo respiratorio, gastrointestinales, otorrinos y de las vías urinarias en mujeres. Según la organización mundial de la salud (OMS) el incremento de coliformes es provocado por los mismos usuarios ya que se pueden liberar de manera involuntaria partículas fecales de las zonas cercanas al ano por una mala limpieza y además otras fuentes

contenientes podrían ser la piel, mocos, saliva de los bañistas (Robles et al., 2014) ya que estas tienen una flora natural y al no haber un baño obligatorio previo al ingreso a las aguas termales estas terminan contaminándose de manera más rápida.

De igual manera en la tabla 5 los niveles de *Escherichia coli* superan los estándares establecidos en el DS 004-2017 con un 33 NMP/ml esta bacteria puede llegar a ser muy peligrosa ya que al ser esta una enterobacteria gran negativa que esta de manera natural en nuestro cuerpo, sueles tener cepas muy resistentes a diversos antibióticos haciendo que los enfermedades producidas sean difíciles de tratar además suele ser muy oportunista pudiendo así afectar a usuarios inmunocomprometidos, al poder atacar diversas partes del organismo humano es uno de los principales riesgos de los baños termales de Machacancha.

Tabla 5

Características microbiológicas y parasitológicas del agua de los baños termales de Machacancha.

Dimensión	Indicadores	Resultado	Und.	D. S.	DS 004-2017
	Coliformes totales	17x10²	NMP/100ml		1000
	Coliformes fecales	49	NMP/100ml		No contempla
Parámetro microbiológico	<i>Escherichia coli</i>	33	NMP/100ml		0
-	Formas parasitarias	0	org/L		0
	<i>Salmonella sp.</i>	ausencia	presencia/10ml		0
	<i>Vibrio cholerae</i>	ausencia	presencia/10ml		0

V. DISCUSION

Respecto al primer objetivo de la investigación determinar los parámetros fisicoquímicos de la calidad ambiental del agua superficial destinada para recreación de los baños termales de Machacancha en Cusco se demostró que la demanda bioquímica de oxígeno 2.82 mg/L y la demanda química de oxígeno 6.39 mg/L eran inferiores a lo establecido con los estándares de calidad ambiental para aguas recreativas y junto con el oxígeno disuelto de 5.73 mg/L demuestra que la cantidad de materia orgánica en la aguas de los baños termales es mínima y existe un buen sistema de aeración e ingreso de oxígeno estos resultados guardan relación con lo que sostienen Warton y Zdechlik (2021) quienes indican que uno de los principales indicadores calidad ambiental del agua son el oxígeno disponible y la cantidad de materia orgánica contenida en el agua los cuales pueden ser medidos e identificados por los análisis de demanda bioquímica de oxígenos, demanda química de oxígeno y oxígeno disuelto. Respecto a la concentración de aceites y grasas en la actualidad dentro del decreto supremo 004-2017 MINAM no se contempla un valor de concentración cuantitativo y solo se determina por percepción de una película visible el cual no sería un método seguro y confiable es por eso por lo que se decidió hacer una determinación cuantitativa donde el resultado del análisis fue de 0.1 mg/L este resultado comparado con Rodríguez y Santana (2017) quienes afirman que una de las principales causas de enfermedades en usuarios de aguas recreativas son las grasas y aceites porque su remoción de paredes y el cuerpo es más complicada por su estructura y su capacidad de adhesión estableciendo que incluso concentraciones menores a 0.5 mg/L pueden ser riesgosas para la salud de los usuarios esto es acorde con lo que es este estudio se halló y en otros estudios como de Rojas (2017).

Respecto al segundo objetivo de la investigación determinar los parámetros inorgánicos de la calidad ambiental del agua superficial destinada para recreación de los baños termales de Machacancha en Cusco según Peluso et al., (2009) la exposición a diversos metales en especial a los metales pesados puede estar asociados con enfermedades dependiendo de la cantidad de ingesta y el tiempo de exposición. Los resultados obtenidos en las pruebas de laboratorio muestran que las aguas de los baños termales de Machacancha presentan una concentración de

0.34908 mg/L esto evidencia un riesgo potencial para la salud de los usuarios como lo indican Peluso, et al. (2011) y Cortes (2022), quienes afirman que el arsénico es un peligro debido a su toxicidad teniendo en cuenta la cantidad de ingesta y el tiempo de exposición puede llegar a causar enfermedades, esto se puede incrementar en aguas recreacionales debido a que la ingesta accidental es muy común entre los usuarios así como el tiempo prologado del uso de las aguas debido a la temperatura cálida que presentan las aguas de los baños termales. Caso similar sucede con el caso del estroncio con una concentración de 6.3051 mg/L que según Hernández (2018) es uno de los oligoelementos encontrados que puede ser un riesgo para la salud en caso este en un estado inestable estos resultados guardan relación con el proyecto desarrollado sobre todo si supera los 4000 ug/L que establece la Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR, 2004).

Respecto al tercer objetivo de la investigación determinar los parámetros microbiológicos y parasitológicos de la calidad ambiental del agua superficial destinada para recreación de los baños termales de Machacancha en Cusco, los resultados del estudio evidencian contaminación con coliformes totales, fecales con un resultado de 17×10^2 NMP/100ml que superan los 1000 NMP/100ml y *Escherichia coli* 33 NMP/ml ambos superando lo establecido por el DS 004-2017 MINAM los cuales son considerados peligrosos para la salud de los usuarios como lo demuestran también Lippai et al. (2020), Amala y Aleru (2016) quienes afirman que estos organismos considerados patógenos son un riesgo potencial para la salud de los usuarios ya que pueden causar enfermedades del tipo respiratorio, gastrointestinales, otorrinos y de las vías urinarias, otros autores como Reynolds (2002), afirman que las aguas albergan microorganismos que causan enfermedades (patógenos) que incluyen virus, protozoos y bacterias estos pueden generar diarrea y gastroenteritis, cólera, disentería hepatitis entre otras, la contaminación de aguas son responsables de estas enfermedades que pueden generar hasta la muerte. Todo esto es acorde con lo que en este estudio hallo.

Finalmente, los resultados corroboran que debido a que no se asigna una categoría especial dentro de los estándares de calidad ambiental de agua para uso recreativo

estas aguas no pueden ser monitoreadas de manera adecuada y los estándares de calidad no pueden ser aplicados de manera adecuada.

VI. CONCLUSIONES

Los niveles de DBO y DQO, así como el oxígeno disuelto demuestran que la cantidad de materia orgánica en el agua no es mucha con lo que se puede concluir que la contaminación microbiológica es debido al mal aseo de los usuarios.

Existe una concentración alta de metales riesgosos como el arsénico, estroncio y litio para la salud humana que son un riesgo en caso se llegue a ingerir una dosis masiva o se tenga mucho tiempo de exposición.

Luego de haber realizado la evaluación de las aguas termales de los baños termales de Machacancha, se obtuvo como resultado que existe contaminación con coliformes totales, fecales, y *Echerichia coli* lo cual representa un riesgo para la salud de los usuarios.

La presencia de metales pesados como arsénico genera riesgo para los usuarios

Los ECA del DS 004-2017 no contemplan ciertos metales y parámetros como coliformes fecales que pueden poner en riesgo la salud de los usuarios.

VII. RECOMENDACIONES

Exigir un aseo previo de manera obligatoria a todos los usuarios de los baños termales de Machacancha para minimizar la contaminación microbiológica.

Mejorar el sistema de limpieza de las pozas de los baños termales usando algún desinfectante que no repercuta o modifique las características del agua de los baños termales.

Realizar el cambio de agua de las pozas de los baños termales de Machacancha de manera más frecuente.

Mejorar el sistema de drenaje de agua utilizada para mejorar el recirculamiento y evitar la proliferación de coliformes y E. coli.

Realizar una investigación de metales pesados y radioactivos en las aguas termales de los baños termales de Machacancha.

Utilizar señaléticas de prohibida de no ingerir el agua.

REFERENCIAS

- Dery, JL, Rock, CM, Goldstein, RR, Onumajuru, C., Brassill, N., Zozaya, S. y Suri, MR (2019). Comprender las percepciones y actitudes de los productores sobre el uso de fuentes de agua no tradicionales, incluida el agua recuperada o reciclada, en el suroeste semiárido de los Estados Unidos. *Investigación ambiental*, 170, 500-509.
- Pekel, JF, Cottam, A., Gorelick, N. y Belward, AS (2016). Mapeo de alta resolución del agua superficial global y sus cambios a largo plazo. *Naturaleza*, 540 (7633), 418-422.
- Manju, S., & Sagar, N. (2017). Renewable energy integrated desalination: A sustainable solution to overcome future fresh-water scarcity in India. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 73, 594-609.
- Camara, M., Jamil, N. R., & Abdullah, A. F. B. (2019). Impact of land uses on water quality in Malaysia: a review. *Ecological Processes*, 8(1), 1-10.
- Lara Mendoza, E. J. (2015). *Calidad del agua destinada para fines recreativos del estero maculillo cantón quevedo, provincia de los ríos* (Bachelor's thesis, Quevedo: UTEQ).
- Gianfaldoni, S., Tchernev, G., Wollina, U., Roccia, MG, Fioranelli, M., Gianfaldoni, R. y Lotti, T. (2017). Historia de los baños y medicina termal. *Revista macedonia de acceso abierto de ciencias médicas*, 5 (4), 566.

- Federigi, I., Verani, M., Donzelli, G., Cioni, L. y Carducci, A. (2019). La aplicación de la evaluación cuantitativa del riesgo microbiano a las aguas recreativas naturales: una revisión. *Boletín de contaminación marina* , 144 , 334-350.
- Cozzi, F., Ciprian, L., Carrara, M., Galozzi, P., Zanatta, E., Scanu, A., ... & Punzi, L. (2018). Balneoterapia en enfermedades reumáticas inflamatorias crónicas: una revisión narrativa. *Revista internacional de biometeorología* , 62 (12), 2065-2071.
- Harijoko, A., Juhri, S., Taguchi, S., Yonezu, K. y Watanabe, K. (2020). Indicación geoquímica de la afluencia de agua de formación a las aguas termales volcánicas del volcán Slamet, Indonesia. *Indonesian Journal on Geoscience* , 7 (1), 1-14.
- Mahajan, GB y Balachandran, L. (2017). Fuentes de antibióticos: Aguas termales. *Farmacología bioquímica* , 134 , 35-41.
- Rivas, A. (2020). Importancia económica, cultural, social y turística de las termas en la provincia de Pichincha. *593 Editorial Digital CEIT* , 5 (3), 133-153.
- Mahala, Carolina del Sur (2019). *Geología, Química y Génesis de las Aguas Termales de Odisha, India* . Publicaciones internacionales de Springer.
- Delgado, A., Vriclizar, D., & Medina, E. (2017, noviembre). Modelo de inteligencia artificial basado en sistemas grises para evaluar la calidad del agua de la cuenca del río Santa. En *2017 Congreso Electrónico (E-CON UNI)* (pp. 1-4). IEEE.
- Eslamian, S., Eslamian, F. y Eslamian, A. (2015). Directrices de reutilización del agua para la recreación. *Manual de reutilización de agua urbana* , 195 , 200.

- Walker, DB, Baumgartner, DJ, Gerba, CP y Fitzsimmons, K. (2019). Contaminación de aguas superficiales. En *Ciencias ambientales y de la contaminación* (págs. 261-292). Prensa Académica.
- Barbieri, C., Sotomayor, S. y Gil Arroyo, C. (2020). Prácticas de turismo sostenible en comunidades indígenas: El caso de los Andes peruanos. *Planificación y desarrollo turístico* , 17 (2), 207-224.
- Wilson, KH (2017). *El turismo espiritual como el nuevo colonialismo: el mantenimiento de la jerarquía colonial en Cusco, Perú* . Universidad de Missouri-Columbia.
- Gade, DW (2016). El Valle Sagrado como Zona de Productividad, Privilegio y Poder. En *Embrujo del Urubamba* (pp. 131-187). Springer, Cham.
- Lippai, A., Farkas, R., Szuróczki, S., Szabó, A., Felföldi, T., Toumi, M., & Tóth, E. (2020). Microbiological investigations of two thermal baths in Budapest, Hungary. Report: effect of bathing and pool operation type on water quality. *Journal of Water and Health*, 18(6), 1020-1032.
- Amala, S. E., & Aleru, C. P. (2016). Bacteriological quality of swimming pools water in Port Harcourt metropolis. *Natural Science*, 8(03), 79.
- Wątor, K., & Zdechlik, R. (2021). Application of water quality indices to the assessment of the effect of geothermal water discharge on river water quality—case study from the Podhale region (Southern Poland). *Ecological Indicators*, 121, 107098.

- Szuróczki, S., Kéki, Z., Káli, S., Lippai, A., Márialigeti, K., & Tóth, E. (2016). Microbiological investigations on the water of a thermal bath at Budapest. *Acta Microbiologica et Immunologica Hungarica*, 63(2), 229-241.
- Colmenares, M. C., Correia, A., & Sousa, C. (2008). Evaluación de la calidad fisicoquímica y bacteriológica en piscinas del estado Carabobo, Venezuela. *Boletín de Malariología y Salud Ambiental*, 48(1), 73-82.
- Esperanza, R. V., Elizabeth, R. F., Reynaldo, A. P., Blanca, M. R., de Guadalupe Sáinz, M. M., & Ángel, D. D. (2014). Physicochemical and Microbiological Study of Thermal Springs Used for Recreation. *Universal Journal of Environmental Research & Technology*, 4(5).
- Hoxha, M., & Abazi, U. The Characteristics and Content of Thermal Water and Their Impact in Dibër Area.
- Amina, H., Abdelkader, K., & Abdelkader, A. (2020). MAPPING AND QUALITATIVE EVALUATION OF THERMAL WATERS IN WESTERN ALGERIA. *International Journal*, 76(5/1).
- Aburto-Medina, A., Shamsavari, E., Cohen, M., Mantri, N., & Ball, A. S. (2020). Analysis of the microbiome (bathing biome) in geothermal waters from an Australian Balneotherapy Centre. *Water*, 12(6), 1705.
- Caetano, S., Alfaiate, B., Sarmiento, G., Dias, M., Baião, M., Macieira, F., ... & Rocha, C. S. (2017). Brief history of natural mineral water characterization by Laboratório de Análises of Instituto Superior Técnico-Portugal. *Procedia Earth and Planetary Science*, 17, 956-959.

Centeno Soto, C., & Quispe Crispin, M. L. (2021). COLIFORMES TOTALES Y TERMOTOLERANTES EN LAS AGUAS TERMALES DE LAS PISCINAS DEL BARRIO DE SAN CRISTÓBAL-HUANCAVELICA.

Rodríguez-Heredia, D., & Santana-Gómez, M. D. L. Á. (2017). Evaluación de la contaminación por grasas y aceites en balnearios de la bahía de Santiago de Cuba. *Tecnología Química*, 37(2), 339-348.

Cortes Cortes, L. D. (2022). *Revisión de alcance sobre el impacto ambiental, económico y de salud pública del arsénico, 2011 a 2021* (Doctoral dissertation, Universidad del Rosario).

Rojas Rojas, W. M. (2017). *Evaluación de la calidad de agua del estero salado para fines recreativos mediante contacto secundario, entre los puentes Zigzag y 5 de Junio* (Bachelor's thesis, Facultad de Ciencias Naturales. Universidad de Guayaquil).

Peluso, F., González Castelain, J., Othax, N., & Rodríguez, L. (2011). Riesgo sanitario por sustancias tóxicas en aguas superficiales de Tres Arroyos, Argentina. *Acta bioquímica clínica latinoamericana*, 45(2), 311-321.

Hernández Romero, J. A. (2018). *Calidad sanitaria de un agua termal* (Doctoral dissertation, Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito).

DECRETO SUPREMO N° 004-2017-MINAM. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias. 07 de junio de 2017 (Perú).

ANEXOS

ANEXO 1

Envases y cadena de frio de muestra de agua



ANEXO 2

Cadena de custodia de muestras de agua

ETIQUETA DE MUESTRAS

LABORATORIO LOUIS PASTEUR
a. Velasco Astivia D-188 Wanchaq

Fecha de muestreo: 18/05/2022

Nº de muestra: 1

Nombre del muestreador: M. Sánchez

Conservación de muestra: Sin Conservante

Tipos de conservación: H30,(G)
H30,(H)

Fecha de recepción en el laboratorio: 18/05/2022

LABORATORIO LOUIS PASTEUR S.A.S.

Velasco Astivia D-188 Wanchaq

Razón social: KEYTAPARCA S/RL

Dirección: Avenida Benavente Cerro Soria

Comunicación: 549782308

Muestreo realizado por: Personal del laboratorio

Fecha de toma de muestra: 09/05/2022

Cliente: Cliente Colaborador N.º 30

Nº	HORA	NOMBRE DE LA MUESTRA	MATRIZ	UBICACION	ANÁLISIS DE LABORATORIO
1	18:24	Salmonella SL	AM	Pozo	Salmonella SL
2	18:30	Salmonella SL	AM	Pozo	Salmonella SL
3	18:31	Yerba Chirivana	AM	Pozo	Yerba Chirivana
4	18:32	Yerba Chirivana	AM	Pozo	Yerba Chirivana
5	18:33	AYG	AM	Pozo	AYG
6	18:35	Ch. CT - Ecoti	AM	Pozo	Ch. CT - Ecoti
7	18:37	DBO	AM	Pozo	DBO
8	18:38	DBO	AM	Pozo	DBO
9	18:40	Hr. Ecoti	AM	Pozo	Hr. Ecoti
10	18:42	Crisa de Chirivana	AM	Pozo	Crisa de Chirivana

OBSERVACIONES EN EL MUESTREO:

PARÁMETROS IN SITU:

DATOS ADICIONALES:

NOMBRE DEL MUESTREO: _____

Condiciones de Traslado y Preservación de muestras a responsabilidad del muestreador hasta su ingreso al laboratorio. (Llenado en el laboratorio)

Temperatura ambiente	SI () NO ()
Refrigerado (Entre 0 -4 °C alimentos y ± 6°C aguas)	SI () NO ()
Temperatura de ingreso al laboratorio	SI () NO ()
Condición de Recepción de la Muestra (Para uso del laboratorio marca con una X)	SI () NO ()
En buen estado/cambiar adecuadamente	SI () NO ()
Recipiente apropiado	SI () NO ()
Preservadas:	SI () NO ()

Dentro del tiempo de conservación _____ Firma: _____

Nombre y apellido del cliente que entrega la muestra: _____ Firma: _____

Fecha y hora de entrega: _____

Nombre(s) y Apellido(s) del Responsable del muestreo: _____ Firma: _____

Fecha y hora de muestreo: _____

Personal que Recepciona las muestras: _____

ANEXO 3

Toma de muestra de aguas



ANEXO 4

Resultado de análisis inorgánico



N° de Referencia: A-22/055702	Registrada en: AGQ Perú	Cliente (*): LABORATORIO LOUIS PASTEUR S.R.LTDA
Análisis: PE01-00022102-B	Centro Análisis: AGQ Perú	Domicilio (*): MZA. D LOTE. B-18 URR. ALEJANDRO VELASCO ASTETE - WANCHAQ
Tipo Muestra: Agua Termal	Fecha Recepción: 11/05/2022	Contrato: QMT-PE220100135
Fecha Inicio: 13/05/2022	Fecha Fin: 17/05/2022	Cliente 3º(*): ADRIEL BRANDDY CUIRO SORIA
Descripción(*): TUBERIA DE LLENADO DE POZO		

Fecha/Hora: 09/05/2022 18:40	Muestreado por: *Cliente (*)
Muestreo:	
Lugar de Muestreo: COMUNIDAD DE MACHACANCHA-DISTRITO CALCA-PROVINCIA CALCA-CUSCO	
Punto de Muestreo: TUBERIA DE LLENADO DE POZO	

A continuación se exponen el Informe de Ensayo y Anexo Técnico asociados a la muestra, en los cuales se pueden consultar toda la información relacionada con los ensayos realizados.

Los Resultados emitidos en este informe, no han sido corregidos con factores de recuperación. Siguiendo el protocolo recogido en nuestro manual de calidad, AGQ guardará bajo condiciones controladas la muestra durante un periodo determinado después de la finalización del análisis. Una vez transcurrido este periodo, la muestra será eliminada. Si desea información adicional o cualquier aclaración, no dude en ponerse en contacto con nosotros.

Nora Yovanka Quispe Oncebay
CIP-264952

FECHA EMISIÓN: 18/05/2022

OBSERVACIONES (*):

ANEXO 5

Resultado de análisis inorgánico



INFORME DE ENSAYO LABORATORIO DE ENSAYO
ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE
ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-072



Registro N° LE - 072

N° de Referencia: A-22/055702	Tipo Muestra: Agua Termal
Descripción(*): TUBERIA DE LLENADO DE POZO	Fecha Fin: 17/05/2022

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Unidades	Incert	CMA
Metales Totales				
Aluminio Total	< 0,002	mg/L	-	
Antimonio Total	< 0,00002	mg/L	-	
Arsénico Total	0,34908	mg/L	±0,04538 0	
Bario Total	0,0317	mg/L	±0,00444	
Berilio Total	0,00460	mg/L	±0,00059 7	
¹¹³ Bismuto Total	< 0,00001	mg/L	-	
¹¹³ Boro Total	6,76	mg/L	±1,284	
Cadmio Total	< 0,00001	mg/L	-	
¹³³ Calcio Total	368	mg/L	±51,5	
¹³³ Cerio Total	< 0,00001	mg/L	-	
Cobalto Total	< 0,00003	mg/L	-	
Cobre Total	< 0,0003	mg/L	-	
Cromo Total	< 0,001	mg/L	-	
¹¹³ Estaño Total	< 0,00004	mg/L	-	
¹¹³ Estroncio Total	6,3051	mg/L	±1,07187	
¹³³ Fósforo Total	0,023	mg/L	±0,0038	
¹¹³ Hierro Total	2,688	mg/L	±0,26878	
¹¹³ Litio Total	1,937	mg/L	±0,21306	
¹¹³ Magnesio Total	75,4	mg/L	±3,770	
Manganeso Total	1,1800	mg/L	±0,15340 1	
Mercurio Total	< 0,00007	mg/L	-	
Molibdeno Total	< 0,00003	mg/L	-	
Níquel Total	0,0018	mg/L	±0,00021	
Plata Total	< 0,00006	mg/L	-	
Plomo Total	< 0,00006	mg/L	-	
¹³³ Potasio Total	43	mg/L	±5,60	
Selenio Total	< 0,00004	mg/L	-	
¹¹³ Sodio Total	408	mg/L	±61,2	
Talio Total	< 0,00001	mg/L	-	
¹¹³ Titanio Total	< 0,0006	mg/L	-	
Torio Total	< 0,00001	mg/L	-	
Uranio Total	< 0,00001	mg/L	-	
Vanadio Total	< 0,006	mg/L	-	
¹¹³ Wolframio Total	< 0,00002	mg/L	-	
Zinc Total	0,092	mg/L	±0,0156	

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres de los parámetros acreditados están calculadas y a disposición del cliente. AGQ no se hace responsable de la información proporcionada por el cliente, asociada a la toma de muestras y a otros datos descriptivos, marcados con (*). A: Ensayo subcontratado y acreditado, N: Ensayo subcontratado y no acreditado, RE: Recuento en placa estimado. La Incertidumbre aplicada al resultado no aplica para valores menores al Límite de Cuantificación (LC). La Incert Exp (U) ha sido reportada con un Factor de Cobertura $k=2$, para un nivel de confianza aprox del 95%.

(13) Ensayo cubierto por la Acreditación n° TL-502 emitida por IAS.

ANEXO 6

Resultado de análisis inorgánico



INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE ENSAYO
ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE
ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-072



Registro N° LE - 072

N° de Referencia:	A-22/055701	Registrada en:	AGQ Perú	Cliente (*):	LABORATORIO LOUIS PASTEUR S.R.LTDA
Análisis:	PE01-00022102-104	Centro Análisis:	AGQ Perú	Domicilio (*):	MZA. D LOTE. B-18 URB. ALEJANDRO VELASCO ASTETE - WANCHAQ
Tipo Muestra:	Agua Termal	Fecha Recepción:	11/05/2022	Contrato:	QMT-PE220100135
Fecha Inicio:	11/05/2022	Fecha Fin:	22/05/2022	Cliente 3(*):	ADRIEL BRANDDY CUIRO SORIA
Descripción(*):	AGUA DE POZA				

Fecha/Hora	09/05/2022 18:30	Muestreado por:	*Cliente (*)
Muestreo:			
Lugar de Muestreo:	COMUNIDAD DE MACHACANCHA-DISTRITO CALCA-PROVINCIA CALCA-CUSCO		
Punto de Muestreo:	AGUA DE POZA		

A continuación se exponen el Informe de Ensayo y Anexo Técnico asociados a la muestra, en los cuales se pueden consultar toda la información relacionada con los ensayos realizados.

Los Resultados emitidos en este informe, no han sido corregidos con factores de recuperación. Siguiendo el protocolo recogido en nuestro manual de calidad, AGQ guardará bajo condiciones controladas la muestra durante un periodo determinado después de la finalización del análisis. Una vez transcurrido este periodo, la muestra será eliminada. Si desea información adicional o cualquier aclaración, no dude en ponerse en contacto con nosotros.

Deysi Victoria Pablo Gala

Roberto Chuquimayo Arellano
CQP-779

FECHA EMISIÓN: 23/05/2022

OBSERVACIONES (*):

Los parámetros *Vibrio cholerae* y *Salmonella sp* se encuentra fuera del alcance de acreditación por no cumplir con el plazo técnico establecidos para el análisis.

AGQ PERU, S.A.C.

Av. Luis José de Orbegoso 350, San Luis - Lima, PERU

T: (511) 710 27 00

atencionalclienteperu@agqlabs.com

agqlabs.pe

1/4

ANEXO 7

Resultado de análisis inorgánico



INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE ENSAYO
ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE
ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-072



Registro N° LE - 072

N° de Referencia:	A-22/055701	Tipo Muestra:	Agua Termal
Descripción(*):	AGUA DE POZA	Fecha Fin:	22/05/2022

RESULTADOS ANALITICOS

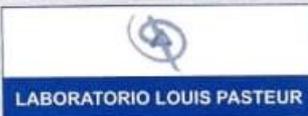
Parámetro	Resultado	Unidades	Incert	CMA
Parámetros Físico-Químicos				
Sulfuro	< 0,030	mg/L	-	
Aniones -				
Cloruro Total	< 0,016	mg/L	-	
Cloruro WAD	< 0,016	mg/L	-	
¹³ Nitratos	< 0,060	mg/L NO3	-	
Metales - Especiación				
Cromo Hexavalente (VI)	< 0,008	mg/L	-	
Microbiología				
* Detección Salmonella spp.	Ausencia	Salmonella spp./2 L	-	
* Detección Vibrio cholerae	Ausencia	Vibrio cholerae/2 L	-	

Nota: Los resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres de los parámetros acreditados están calculadas y a disposición del cliente. AGQ no se hace responsable de la información proporcionada por el cliente, asociada a la toma de muestras y a otros datos descriptivos, marcados con (*). A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. La Incertidumbre aplicada al resultado no aplica para valores menores al Límite de Cuantificación (LC). La Incert Exp (U) ha sido reportada con un factor de Cobertura k= 2, para un nivel de confianza aprox del 95%.

(13) Ensayo cubierto por la Acreditación n° TL-502 emitida por IAS.

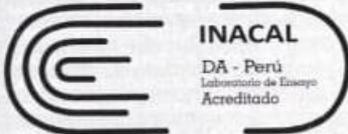
ANEXO 8

Resultado de análisis microbiológico y parasitológico



LABORATORIO LOUIS PASTEUR

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-042



INACAL
DA - Perú
Laboratorio de Ensayo
Acreditado

INFORME DE ENSAYO
LLP-1462-2022
SO-0383-2022

Registro N°LE - 042

Pág. 1 de 2

INFORMACIÓN DEL CLIENTE
Solicitante: Adriel Branddy Cuiro Soria
Dirección Legal: Kaytupampa s/n – Calca.

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA
Nombre del Producto: Agua de manantial
Matriz microbiológico: Agua de manantial
Fecha de Ingreso de Muestra: 2022/05/10
Fecha de Ensayo: 2022/05/10
Nro Cotización: 30-05-2022

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA (Datos declarados por el cliente):
Muestreo realizado por: Adriel Branddy Cuiro Soria
Fecha de muestreo: 2022/05/09
Hora de muestreo: 18:29
Procedencia de la Muestra: Agua de poza de la Comunidad de Machacancha – Distrito de Calca – Provincia de Calca – Departamento del Cusco
Cantidad y Descripción de la Muestra: 01 frasco de polietileno estéril de 250 ml y 04 frascos de polietileno de 1L, 01 frasco de vidrio de 1L y 04 frascos de polietileno de 200ml, transportado en cadena de frío.

REPORTE DE RESULTADOS
Fecha de Emisión de Informe de Ensayo: 2022/05/21

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió de acuerdo a los datos declarados por el cliente.

RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS

Ensayo(s)	Unidad	Resultado(s)
Coliformes Totales	NMP/100ml	17x10 ²
Coliformes Fecales	NMP/100ml	49
Escherichia coli (*)	NMP/100ml	33
Numeración de huevos y larvas de helmintos(*)	Org/L	0

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL – DA.

Métodos de Referencias:

Coliformes Fecales (NMP)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part. 9221 E-1, 23rd (2017)
Coliformes Totales (NMP)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part. 9221 B, 23rd (2017)
Escherichia coli	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part. 9221 F, Escherichia coli Procedure using fluorogenic substrate, 23rd (2017)
Numeración de huevos y larvas de Helmintos	Analysis of Wastewater for Use in Agriculture - A Laboratory Manual of Parasitological and Bacteriological Techniques Cap. 2 (1996)



B. Mercedes Inara Colape Flores
C.B. 4917
DIRECTOR DE SISTEMA DE CALIDAD



Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad de producto o una certificación del Sistema de Calidad de la entidad que lo produce. Este documento no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización del Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda. Los resultados solo se refieren a los ítems ensayados. El presente informe de ensayo se refiere únicamente a la muestra analizada.

LLP-MP17-F02 VER 10 MAYO 2021
Urb. Velasco Astete D-18-B Wanchaq - Cusco Telefax: 084-234727 - 771906 Cel. 975713500 - 974787151
laboratoriolouispasteur@yahoo.es www.lablouispasteur.pe

ANEXO 9

Resultado de análisis fisicoquímicos

Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda.

Urb. Velasco Astete D-18-B
Wanchaq - Cusco - Perú
Telefax: 084-234727
Celular: 975 713500 - 974787151
laboratorioulouispasteur@yahoo.es
www.lablouispasteur.pe

INFORME DE ENSAYO
LLP-1462-2022
SO-0383-2022



Pág. 2 de 2

INFORMACIÓN DEL CLIENTE

Solicitante: Adriel Brandy Cuero Soria
Dirección Legal: Kaytupampa s/n – Calca.

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

Nombre del Producto: Agua de manantial
Fecha de Ingreso de Muestra: 2022/05/10
Fecha de Ensayo: 2022/05/10
Nro Cotización: 30-05-2022

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA (Datos declarados por el cliente):

Muestreo realizado por: Adriel Brandy Cuero Soria
Fecha de muestreo: 2022/05/09
Hora de muestreo: 18:29
Procedencia de la Muestra: Agua de poza de la Comunidad de Machacancha – Distrito de Calca – Provincia de Calca – Departamento del Cusco.
Cantidad y Descripción de la Muestra: 01 frasco de polietileno estéril de 250 ml y 04 frascos de polietileno de 1L. 01 frasco de vidrio de 1L y 04 frascos de polietileno de 200ml, transportado en cadena de frío.

REPORTE DE RESULTADOS

Fecha de Emisión de Informe de Ensayo: 2022/05/21

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió de acuerdo a los datos declarados por el cliente.

RESULTADOS QUÍMICOS

Ensayo(s)	Unidad	Resultado(s)
pH	Unidades de pH	6,97
Color	UCV	5
Oxígeno disuelto	mg/L	5,73
DBO ₅	DBO ₅ mg/L	2,82 (± 0,15)
DQO	mg O ₂ /L	6,39 (± 0,21)
Aceites y grasas	mgAyG/L	0,10 (± 0,86)

Métodos de Referencias:

pH SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 23rd Ed. (2017)
Color 2017 Standard Method for the examination of Water and Wastewater APHA AWWA WEF 21st Edition, Part 2120 B Pág. 2-2 Color, Visual Comparison Method
Oxígeno disuelto (DO) 2017 Standard Methods for the examination of Water and Wastewater 23rd EDITION, Part 4500- O Oxygen (Dissolved) C, Azide Modification Pág. 4-139
Demanda Biológica de Oxígeno (DBO₅) SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. (2017)
Demanda Química de Oxígeno (DQO) SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 C, 23rd Ed. (2017)
Aceites y Grasas SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5520 D, 23rd Ed. (2017)


Ella Mercedes Malpica Olaspe Flores
C. B. P. 4917
DIRECTOR DE SISTEMA DE CALIDAD



Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad de producto o una certificación del Sistema de Calidad de la entidad que lo produce. Este documento no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización del Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda. Los resultados solo se refieren a los ítems ensayados. El presente informe de ensayo se refiere únicamente a la muestra analizada.