

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONIO GUILLERMO URRELO



Facultad de Ingeniería

Carrera Profesional de Ingeniería Ambiental y Prevención de Riesgos

**CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DE LAS AGUAS TERMALES
DEL BALNEARIO AGUAS CALIENTES – SAN MARCOS 2021**

Bach.

Cabrera Arroyo Juan Augusto Javier

Pajares Huamán Cristofer Grégori

Asesor:

Dr. Vera Zelada Persi

Cajamarca - Perú

2021

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONIO GUILLERMO URRELO



Facultad de Ingeniería

Carrera Profesional de Ingeniería Ambiental y Prevención de Riesgos

**CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DE LAS AGUAS TERMALES
DEL BALNEARIO AGUAS CALIENTES – SAN MARCOS 2021**

Tesis presentada en cumplimiento parcial de los requerimientos para optar el Título Profesional
de Ingeniero Ambiental y Prevencionista de Riesgos

Bach:

Cabrera Arroyo Juan Augusto Javier

Pajares Huamán Cristofer Grégori

Asesor:

Dr. Vera Zelada Persi

Cajamarca - Perú

2022

COPYRIGHT © 2021 by

(Nombre del Bachiller)

Todos los derechos reservados

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONIO GUILLERMO URRELO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y PREVENCIÓN DE
RIESGOS**

APROBACIÓN DE TESIS PARA OPTAR TÍTULO PROFESIONAL

CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DE LAS AGUAS TERMALES DEL BALNEARIO
AGUAS CALIENTES-SAN MARCOS, 2021

Presidente: _____

Secretario: _____

Vocal: _____

Asesor: _____

A:

Dios y mi familia por darme la vida, fortaleza, apoyo para seguir durante todo este proceso de culminación de mi carrera, guiando mis pasos constantemente.

AGRADECIMIENTO

A Dios por bendecirme y brindarme orientación durante mi vida y por darme fortalezas en los momentos duros.

A mis padres por impulsarme a cumplir mis sueños, por no dejar de creer en mí, y apoyarme durante todo este proceso. Al Dr. Vera Zelada Persi, por su comprensión y asesoría constante.

A la Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo por ser mi fuente de enseñanza y conocimiento para mi desarrollo profesional.

RESUMEN

En la presente investigación se planteó como objetivo general determinar las características físico-químicas de las aguas termales del balneario aguas calientes – San Marcos, 2021; la misma que se desarrolló de manera descriptiva, no experimental - longitudinal, de acuerdo a la prueba de normalidad se desarrolló la prueba paramétrica T de Student para muestras independientes, se determinó los siguientes datos: pH = 6,36 Und pH; temperatura = 43,40 °C; turbidez = 0,28 NTU; DBO = 2,6 mg/L; DQO = 6,75 mg/L; OD = 2,15 mg/L; nitratos = 2,63 mg/L; nitritos = 0,006 mg/L.

Al realizar el análisis estadístico se obtiene que la muestra que el valor calculado es -1,079 (-1,08) se ubica dentro del valor crítico es 2,160 (-2,160 y +2,160); es decir, que el valor calculado se ubica en la región de aceptación de la H1. Y para confirmar, al calcular el p-valor $> \alpha$ (0,299 $>$ 0,05) por lo que no es posible rechazar la H1, sino ACEPTARLA. Con lo que se puede afirmar que las aguas termales del balneario de Aguas Calientes – San Marcos, 2021 SI cumplen con lo establecido en la norma antes mencionada, sin embargo, el parámetro temperatura no se encuentra establecida en la normativa.

Palabras claves: agua termal, características físico-químicas, calidad de agua.

ABSTRACT

In the present investigation, the general objective was to determine the physical-chemical characteristics of the thermal waters of the Aguas Calientes spa - San Marcos, 2021; the same that was developed in a descriptive, non-experimental - longitudinal manner, according to the normality test, the parametric Student's T test was developed for independent samples, the following data was determined: pH = 6,36 Und pH; temperature = 43,40 °C; turbidity = 0,28 NTU; BOD = 2,6mg/L; COD = 6,75 mg/L; DO = 2,15 mg/L; nitrates = 2,63 mg/L; nitrites = 0,006 mg/L.

When performing the statistical analysis, it is obtained that the sample that the calculated value is -1.079 (-1.08) is located outside the critical value is 2.160 (-2.160 and +2.160); that is, the calculated value is located in the acceptance region of H₀. And to confirm, when calculating the p-value > α (0.299 > 0.05) so it is not possible to reject H₀, but to ACCEPT it. With which it can be affirmed that the thermal waters of the Aguas Calientes - San Marcos spa, 2021 do NOT comply with the provisions of the aforementioned standard, however, the temperature parameter is not established in the regulations.

Keywords: thermal water, physico-chemical characteristics, water quality.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTO	6
RESUMEN.....	7
ABSTRACT.....	8
ÍNDICE DE FIGURAS.....	11
ÍNDICE DE TABLAS.....	11
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	12
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	12
1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	13
1.3 OBJETIVOS	13
1.3.1 <i>Objetivo general</i>	13
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i>	13
1.4 JUSTIFICACIÓN.....	14
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	15
2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN	15
2.1 ANTECEDENTES TEÓRICOS	15
2.2 BASES TEÓRICAS	17
2.2.1 <i>Balneario Aguas Calientes-San Marcos</i>	17
2.2.2 <i>Agua</i>	19
2.2.3 <i>Agua termal</i>	20
2.2.6 <i>Aguas termales en el Perú</i>	23
2.2.7 <i>Estándares de calidad ambiental</i>	23
2.2.8 <i>Parámetros físico-químicos</i>	26
2.3 DISCUSIÓN TEÓRICA.....	27
2.4 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	28
2.4.1 <i>Agua termal</i>	28
2.4.2 <i>Parámetros físico-químicos</i>	28
2.4.3 <i>Decreto supremo 004-2017-MINAM</i>	28
2.4.4 <i>Estándares de Calidad Ambiental (ECAS)</i>	28
2.5 HIPÓTESIS	29

2.5.1	<i>Operacionalización de variables</i>	29
CAPÍTULO III: MÉTODO DE INVESTIGACIÓN		31
3.	ESTRATEGIAS METODOLÓGICAS	31
3.1	UNIDAD DE ANÁLISIS, UNIVERSO Y MUESTRA	31
3.1.1	<i>Unidad de Análisis</i>	31
3.1.2	<i>Universo</i>	31
3.1.3	<i>Muestra</i>	31
3.2	MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN	31
3.3	TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	32
3.4	INSTRUMENTOS	32
3.5	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE DATOS	33
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN		34
4.	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	34
4.1	PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS	34
4.2	INTERPRETACIÓN:	43
4.3	DISCUSIÓN:	44
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		47
5.1	CONCLUSIONES	47
5.2	SUGERENCIAS	48
REFERENCIAS		49

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 MAPA DE UBICACIÓN DEL DISTRITO EDUARDO VILLANUEVA.....	18
FIGURA 2 MAPA DE UBICACIÓN DEL BALNEARIO "AGUAS CALIENTES"	19
FIGURA 3 CLASIFICACIÓN SEGÚN SU ORIGEN.....	21
FIGURA 4 CLASIFICACIÓN SEGÚN SU TEMPERATURA	21
FIGURA 5 CLASIFICACIÓN POR SU CONTENIDO MINERAL	22
FIGURA 6 PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS PARA LA SUBCATEGORÍA B1: CONTACTO PRIMARIO	25
FIGURA 7 COMPARACIÓN DE LOS VALORES DE PH CON LOS ECA CATEGORÍA 1-SUBCATEGORÍA B-B1	35
FIGURA 8 COMPARACIÓN DE LOS VALORES DE DBO CON LOS ECA CATEGORÍA 1-SUBCATEGORÍA B-B1	36
FIGURA 9 COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE DQO CON LOS ECA CATEGORÍA 1-SUBCATEGORÍA B-B1	36
FIGURA 10 COMPARACIÓN DE VALORES DE OD CON LOS ECA CATEGORÍA 1-SUBCATEGORÍA B-B1	37
FIGURA 11 COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE NITRATOS CON LOS ECA CATEGORÍA 1-SUBCATEGORÍA B-B1	38
FIGURA 12 COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE NITRITOS CON LOS ECA CATEGORÍA 1-SUBCATEGORÍA B-B1.....	38
FIGURA 13 COMPARACIÓN DE VALORES DE TURBIDEZ CON LOS ECA CATEGORÍA 1-SUBCATEGORÍA B-B1	39

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 CATEGORÍA 1-SUBCATEGORÍA B: AGUAS SUPERFICIALES DESTINADAS PARA RECREACIÓN	24
TABLA 2 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	29
TABLA 3 RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE LAS MUESTRAS AA-001 Y AA-002... 34	
TABLA 4 RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE LAS MUESTRAS AA-001 Y AA-002... 40	
TABLA 5 RESUMEN DE DESCRIPTIVOS DE LAS MUESTRAS AA-001 Y AA-002.....	40
TABLA 6 PRUEBA DE NORMALIDAD DE LAS MUESTRAS AA-001 Y AA-002.	41

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1. Planteamiento Del Problema

1.1 Descripción de la realidad problemática

Las fuentes termales son un recurso natural, que viene siendo utilizado desde tiempos muy antiguos, pues forman un recurso invaluable para el sector ambiental, cultural, social, turístico y económico. Por ello, es importante que se realicen acciones que permitan su preservación y administración óptima.

Rojas (2020) y Edquén (2021), la definen como aquellas aguas minerales que emergen del suelo a 5°C más que la temperatura ambiente, ascendiendo hacia la superficie por medio de rupturas en las rocas.

A nivel mundial, existen gran variedad de fuentes termales de uso recreativo que han sido analizadas y comparadas con las normativas de calidad del agua establecidas por cada país, con el fin de determinar el estado en el que se encuentran y evitar que sean un foco de enfermedades para la población. Tal es el caso del estudio realizado por Cangahuamin (2021), quien encontró que las aguas termales del complejo turístico Santa Catalina, Ecuador, las cuales cumplen con la calidad fisicoquímica de límites máximos permitidos para las óptimas condiciones de uso recreativo.

En el Perú existen algo más de 500 fuentes termales, de las cuales en mayor cantidad se encuentran en las regiones de: Cajamarca, Lima y Áncash. Dentro de la ciudad de Cajamarca, se encuentran gran variedad de aguas termales, sin embargo, no se ha logrado

analizarlas en su totalidad por lo que pueden presentar un riesgo para la población que usa dichas fuentes como medio recreacional.

Por ello, para resolver la interrogante propuesta, la finalidad de la investigación es la identificación de las características físico-químicas de las aguas termales del balneario Aguas Calientes de San Marcos, con el objetivo de comparar dichos parámetros con los ya establecidos en el D.S 004-2017-MINAM.

1.2 Definición del Problema

¿Cuáles son las características físico-químicas de las aguas termales del balneario aguas calientes, San Marcos-2021?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Determinar las características físico-químicas de las aguas termales del balneario aguas calientes – San Marcos, 2021

1.3.2 Objetivos específicos

- Caracterizar los parámetros físico-químicos de las aguas termales del balneario aguas calientes – San Marcos, 2021
- Comparar los valores de los parámetros obtenidos con el D.S. 004-2017-MINAM, ECA categoría 1: poblacional y recreacional – subcategoría B: aguas superficiales destinadas para recreación – B1: contacto primario.

1.4 Justificación

El agua es un recurso vital para las actividades diarias del ser humano, para las cuales debe cumplir con ciertas exigencias impuestas por las leyes de cada país con el fin de presentar una buena calidad para sus diferentes usos.

Uno de los tipos de agua presente en el Perú son las aguas termales, contando con la presencia de más de 500 fuentes termales, son ricas en presencia de minerales y por ello a menudo son usadas como medicina por las personas, a treves de irrigaciones, baños termales, inhalaciones. Son muy pocos los complejos turísticos que llevan un control de calidad de dichas fuentes, ya que gracias a elevadas temperaturas y grandes concentraciones de sales minerales se suele considerar que dichas fuentes se encuentran libres de microorganismos, por lo cual es necesario realizar análisis tanto fisicoquímicos como microbiológicos para determinar su calidad de agua.

Siendo así que, ante tal problemática y siendo escasas las investigaciones dentro de la zona geográfica de la provincia de San Marcos, se plantea determinar las características físico-químicas de las aguas termales del balneario Aguas Calientes, con el fin de identificar e interpretar la calidad del agua para el uso recreativo de la población, para lo cual se usará los criterios de la normativa vigente D.S. 004-2017-MINAM, ECA categoría 1-subcategoría B-B1: contacto primario.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2. Fundamentos Teóricos de la Investigación

2.1 Antecedentes teóricos

Simon, et. al (2019), analizaron las características de las aguas termales en Hulu Langat Hot Spring y sus posibles beneficios para la salud, determinando parámetros físico – químicos y las concentraciones de oligoelementos. Obteniendo como resultados que el rango de valores de pH va de 6,83 a 8,71, clasificándose como neutras a alcalinas débiles; la temperatura más baja es 40,47 °C y la temperatura más alta 74,03 °C. Concluyendo que tiene potencial de desarrollo como sitios importantes para la industria de geoturismo de salud, debido a sus propiedades físico-químicas.

Vera y Garay (2019), realizaron análisis de calidad al agua termal del distrito de Cachicadán (La Libertad). Identificaron tres puntos de monitoreo, obteniendo como resultado que los coliformes totales superan de 3 a 12 UFC/100 ml los ECAS, además la conglomeración promedio de plomo es 0,023 mgL⁻¹ superando los ECA y LMP. Concluyendo, que existe riesgo de intoxicación en la población.

Sacoto, D. & Andueza, F. (2020), su objetivo de investigación fue estudiar la microbiología del agua termal del balneario Ilaló, ubicado en la provincia de Pichincha, Ecuador; donde los resultados obtenidos fueron: temperatura del agua termal 32,4 °C; salinidad de 0,8 %; pH de 7,39; conductividad eléctrica de 1675,53 μS/cm; oxígeno disuelto de 4,30 mg/L, sólidos totales disueltos de 1675,53 mg/L, bacterias heterótrofas 24,8 UFC/ml,

pseudomonas 0,40 UFC/ml y no hubo presencia de straphylococcus, esto indica que la calidad sanitaria de estas aguas es buena, y con propiedades biotecnológicas utilizables.

Andueza, F. et. al., (2020), tenían como propósito determinar la calidad microbiológica del agua termal del Balneario “El Tingo”, Pichincha – Ecuador, por lo cual realizaron 4 diferentes muestreos en diferentes momentos del año, la medición de parámetros físico químicos se realizó in situ y los análisis microbiológicos por medio de cultivos en el laboratorio. Los resultados físico químicos clasifican dicha agua con conductividad muy fuerte, excesiva mineralización, son aguas duras con muy poco oxígeno disuelto y un pH neutro e hipertermal; el promedio de bacterias heterótrofas fue de $2,10 \times 10^2$ UFC/mL, coliformes totales de $0,30 \times 10$ UFC/mL y hongos $1,00 \times 10$ UFC/mL, no se detectó la presencia de *Escherichia coli* en ninguna de las muestras analizadas. Concluyendo así que las aguas del Balneario contienen escasa población microbiana, lo que la convierte en aguas de buena calidad.

Cangahuamin, (2021), evaluó la calidad físico-química de las aguas termales del complejo turístico Santa Catalina, Ecuador; cuyos resultados indican una temperatura de $38,8$ °C, pH de 6,88 lo que indica aguas con pH neutro, una concentración de cloruros promedio de 282,25 mg Cl⁻/L, azufre total de 173,16 mg S/L, nitrógeno de 0,09 mg N/L y fósforo de 0,33 mg P/L. Concluyendo que las aguas termales del complejo turístico de Santa Catalina cumple con los límites máximos permisibles de la normativa ambiental nacional y se encuentra en óptimas condiciones para el uso con fines recreativos.

Montoya, L. (2021), tuvo como objetivo determinar la influencia de las características litológicas en la composición fisicoquímica de las aguas termales del Valle de Llangat – Celendín, para lo cual realizó análisis de los parámetros físico-químicos y microbiológicos de dos afloramientos termales de dicho valle, los resultados se compararon con los ECAs categoría 1-subcategoría B, clasificandolas así como aguas sulfatadas.

Edquén, (2021), determinó que: [...] las aguas termales Chancay Baños son meso termales según la temperatura promedio del agua. El pH osciló de 6,0 a 7,0 considerada agua neutra con baja tendencia ácida. Las muestras (EM1 Y EM2) mostraron un valor de oxígeno disuelto promedio de 2,57 mgL⁻¹ y 3,43 mgL⁻¹; no tuvieron presencia de DBO₅, aceites y grasas. [...] Concluyendo que, las concentraciones de los parámetros físico-químicos y bacteriológicos de las aguas termales de Chancay Baños de la EM1 cumplió con los estándares de calidad ambiental (ECAS) para aguas de subcategoría B1; sin embargo, la EM2 reveló parámetros bacteriológicos superiores o cercanos al límite máximo permisible para agua de uso recreativo.

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 Balneario Aguas Calientes-San Marcos

El Balneario de Aguas Calientes, se ubica en el distrito Eduardo Villanueva, provincia de San Marcos, su temperatura promedio es de 43° C y se encuentra a una altura de 1991 msnm con una distancia de 105 km (2h y 30m) del departamento de Cajamarca. Cuenta con 2 pozas de considerable tamaño y 8 más pequeños, sus aguas son sulfurosas y son recomendadas para personas con padecimientos cutáneos o

reumáticos. En la Figura N° 1 y 2 se muestran los mapas de ubicación tanto del distrito Eduardo Villanueva como del Balneario de Aguas Calientes respectivamente.

Figura 1

Mapa de Ubicación del Distrito Eduardo Villanueva

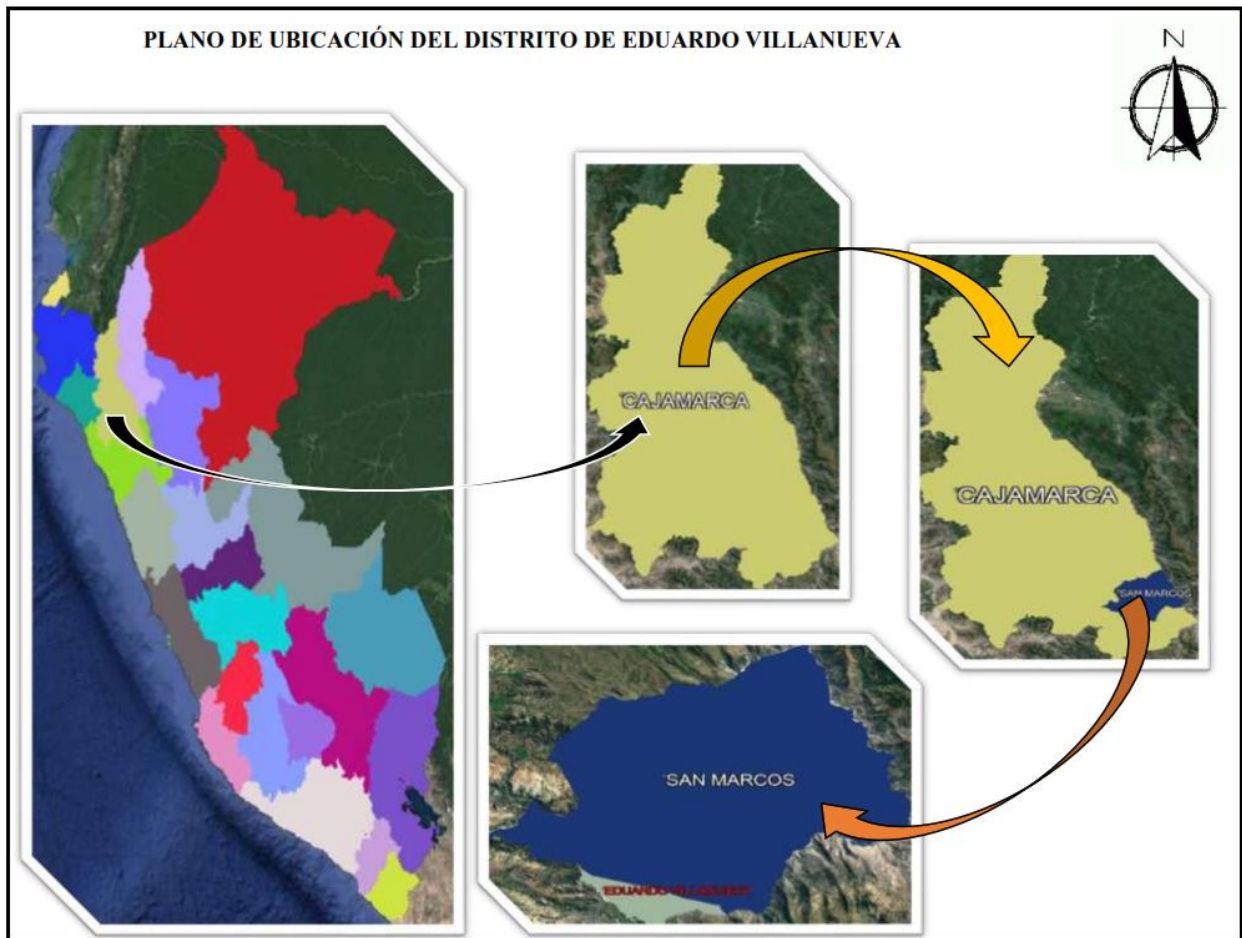


Figura 2

Mapa de ubicación del Balneario "Aguas Calientes"



2.2.2 Agua

Fuquene (2013, citado en Mamani, 2021) la define como un líquido conformado por oxígeno e hidrógeno, y es uno de los componente más importantes de la tierra pues cubre el 75% de la superficie terrestre del cual, el 97,5% es agua salada y solo el 2,5% es agua dulce.

Sustancia líquida carente de olor, sabor y color, presente en la naturaleza conformada por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno (H_2O), tienen una buena conductividad eléctrica y una elevada tensión superficial. (RSS, 2021)

2.2.3 Agua termal

Son aguas minerales que emergen del suelo a $5^{\circ} C$ más que la temperatura superficial, proceden de capas subterráneas que se hallan a mayor temperatura y son ricas en elementos minerales. (Rojas, 2020)

Aquellas que surgen de la Tierra de manera espontánea con un alto nivel de mineralización, por lo general su disposición se debe a la presencia geográfica de volcanes o zonas montañosas. (Nolasco & Vigilio, 2021)

Son aguas naturales, no afectadas por la actividad antropogénica, se originan por filtrarse en el subsuelo a través de la gravedad, hacia capas más profundas donde incrementan su temperatura y ascienden a la superficie a través de rupturas en las rocas. Sus parámetros físico químicas dependen del terreno del cual provienen por lo que las mismas son muy variables. (Edquén, 2021)

2.2.4 Clasificación de las aguas termales

Para Fagundo et al. (s.f.) estas aguas pueden ser clasificadas según su origen, temperatura, contenido mineral, entre otros. Los siguientes gráficos (1-3) muestran dicha clasificación.

Figura 3

Clasificación según su origen

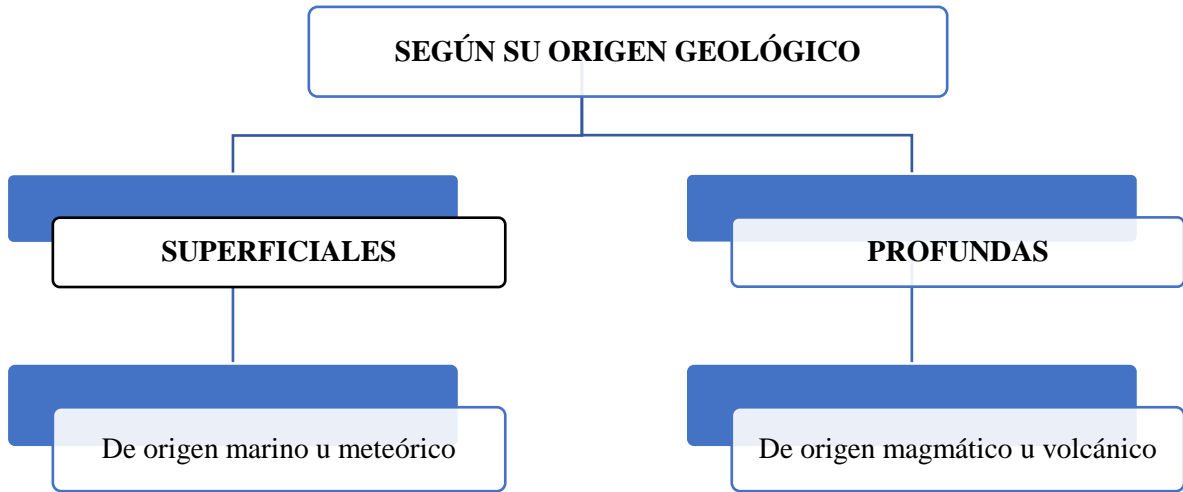


Figura 4

Clasificación según su temperatura

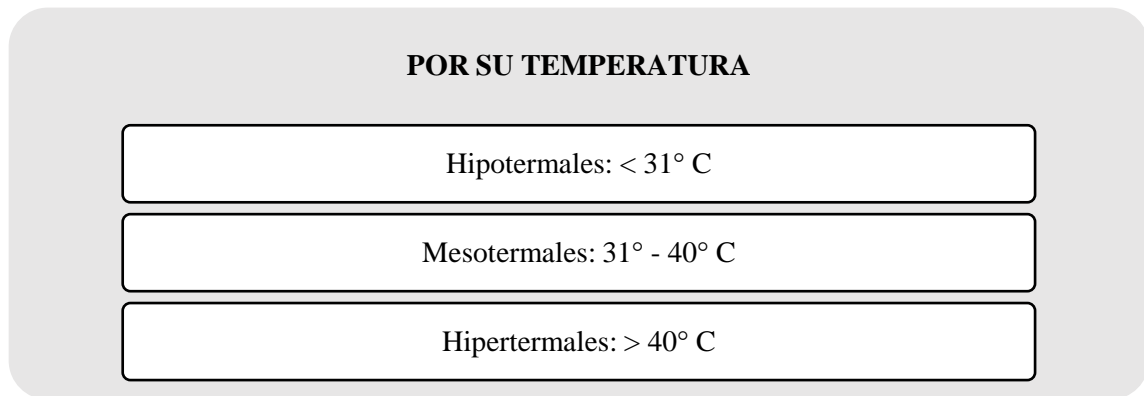
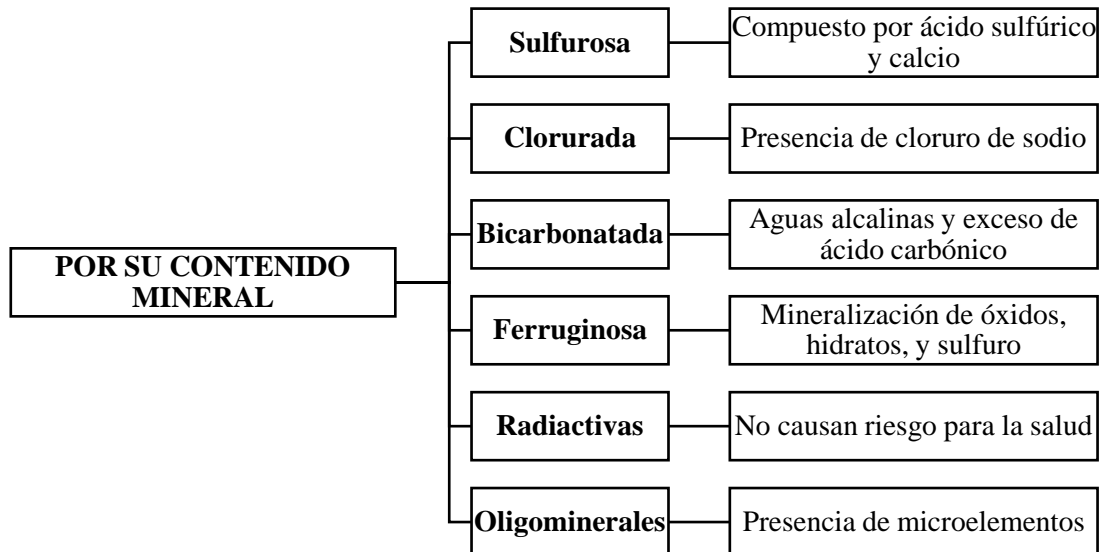


Figura 5*Clasificación por su contenido mineral*

2.2.5 Beneficios de las aguas termales

Contiene propiedades que ayudan a la limpieza de la sangre por medio del aumento de temperatura corporal, aumentando así la proliferación de oxigenación y circulación sanguínea, expele toxinas y regula la digestión. La Organización Mundial de la Salud la ha incorporado como parte de la medicina tradicional, lo que ha conllevado al desarrollo del termalismo social.

Cámara (2015, citado en Ochoa, 2020) sugiere diferentes usos para las aguas termales debido a su variedad de minerales:

- Calmar picazones del cuerpo
- Terapias
- Limpiezas faciales

- Elaboración de cosméticos
- Disminuye el dolor debido a la artrosis
- Rehabilitación

2.2.6 Aguas termales en el Perú

El Perú cuenta con una gran variedad de aguas termales, se evalúa que existen algo de 500 fuentes termales, las cuales se encuentran ubicadas en alturas mayores a 200 m.s.n.m. La mayor cantidad de fuentes termales se encuentran en las regiones de: Cajamarca, Lima y Áncash. (Edquén, 2021)

El Instituto Geológico Minero Metalúrgico actualmente ha examinado 228 fuentes que pueden encontrarse a disposición del público, las más reconocidas son:

- Los Perolitos – Baños del Inca, Cajamarca
- Jesús – Arequipa
- Monterrey, Chancos y Chapín – Áncash
- Churín, Picoy, Chilca y San Mateo – Lima

2.2.7 Estándares de calidad ambiental

El Estándar de Calidad Ambiental (ECA) es el nivel de concentración de elementos o sustancias físicas, químicas y biológicas, presentes en el aire, agua o suelo, el cual no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni para el medio ambiente. (Ministerio del Ambiente, 2017)

Para la presente investigación se usó el ECA categoría 1– subcategoría B– B1: contacto primario, el cual hace referencia a aquellas aguas destinadas al uso recreativo.

Categoría 1: poblacional y recreacional

a. Subcategoría B: aguas superficiales destinadas para recreación, son aquellas destinadas al uso recreativo y están ubicadas en zonas marino costeras o continentales.

- B1 contacto primario: son aquellas usadas para el desarrollo de actividades como natación, esquí acuático, el buceo libre, el surf, el canotaje, la navegación en tabla a vela, la moto acuática, la pesca submarina o similares.
- B2 contacto secundario: están destinadas para el desarrollo de deportes acuáticos con botes, lanchas o similares.

En la siguiente tabla se muestran los valores para los parámetros físico-químicos según el D.S. 004-2017-MINAM.

Tabla 1

Categoría 1-Subcategoría B: Aguas superficiales destinadas para recreación

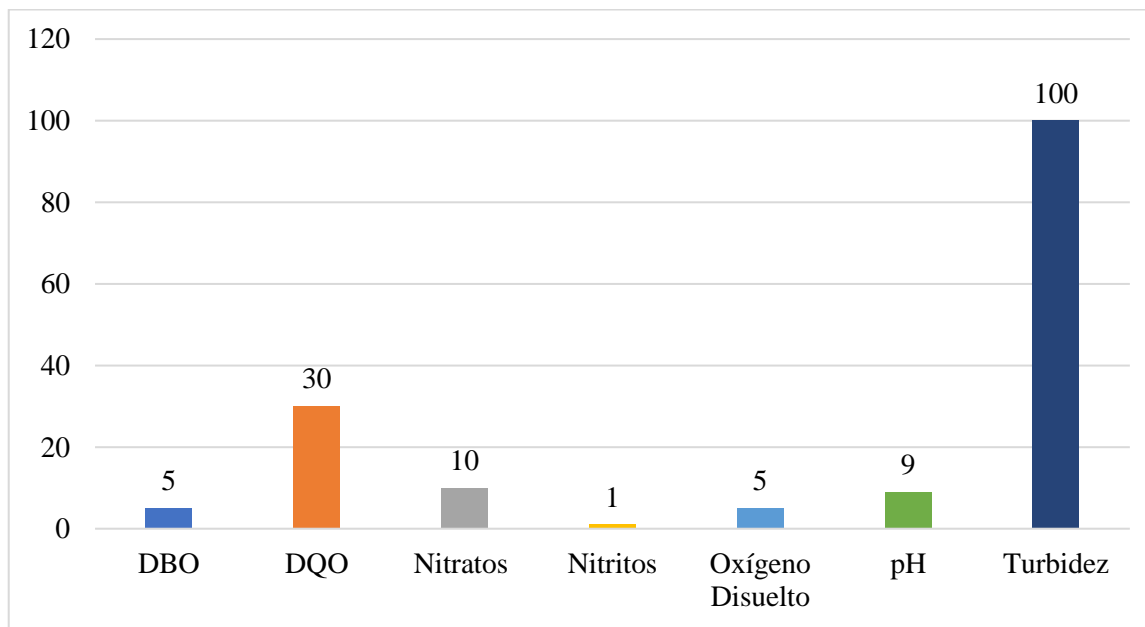
PARÁMETROS	UNIDAD DE MEDIDA	B1: CONTACTO PRIMARIO
Físico-Químicos		
DBO	mg/L	5
DQO	mg/L	30

Nitratos (NO ₃ ⁻ -N)	mg/L	10
Nitritos (NO ₂ ⁻ -N)	mg/L	1
Oxígeno Disuelto	mg/L	5
pH	Unidad de pH	6,0 – 9,0
Turbidez	UNT	100

Nota: UNT: Unidad Nefelométrica de Turbiedad. El símbolo ** dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría. Adaptado del cuadro de *Subcategoría B: Aguas superficiales destinadas para recreación* (p. 15), por Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, 2017.

Figura 6

Parámetros Físico-Químicos para la subcategoría B1: contacto primario



En la presente figura se muestran los parámetros físico-químicos obtenidos de la Tabla N° 1, para la categoría 1: poblacional y recreacional - subcategoría B: aguas superficiales destinadas para recreación - B1: contacto primario; establecido en el D.S N° 004-2017-MINAM, los cuales serán utilizados para realizar una comparación con los resultados de los ensayos del presente estudio.

2.2.8 Parámetros físico-químicos

- **Demanda bioquímica de oxígeno:** es la proporción de oxígeno que necesitan las bacterias para degradar la materia orgánica de una dilución en un definido lapso de tiempo. A menor valor de DBO, menor nivel de contaminación. (Cangahuamin, 2021)

- **Demanda química de oxígeno:** cantidad de oxígeno requerido para la oxidación química de la materia orgánica e inorgánica en el agua expresada en mg/L. (Cangahuamin, 2021)

- **Nitratos y Nitritos:** compuestos químicos inorgánicos derivados del nitrógeno presentes en la naturaleza, que generalmente se encuentran en alimentos y vegetales. (Vera & Garay, 2019)

- **Oxígeno disuelto:** su disposición se debe a la colaboración del oxígeno de la atmósfera y de la fotosíntesis en el volumen del agua, esto posibilita la supervivencia de organismos y sugiere el estado de contaminación de la fuente de agua. (Cangahuamin, 2021)

- **pH:** parámetro característico del agua, usado para medir el nivel de acidez o alcalinidad de la misma. Se obtiene por medio de una escala que va de 0 a 14, donde los valores de 0-7 son considerados sustancias ácidas, y los de 7-14 se los conoce como sustancias alcalinas. (Edquén, 2021)

- **Turbidez:** característica del agua la cual no permite transmitir la luz a través de ella debido a sólidos en suspensión, material orgánico, microorganismos, entre otros. Es utilizado como un parámetro para detectar la calidad del agua. (Rojas, 2020)

2.3 Discusión teórica

En la investigación se determinará las características físico-químicas de las aguas termales del Balneario “Aguas Calientes” – San Marcos, 2021. Estas son un recurso natural presente a lo largo de todo el Perú, sin embargo, no se ha realizado el estudio de todas las fuentes termales, lo que conlleva a un desconocimiento de sus características físico-químicas.

Edquén, 2021, afirma que la demanda de las aguas termales como destino turístico ha aumentado debido a que las personas consideran que contienen propiedades medicinales, sin embargo, no se toman en cuenta la calidad de dichas fuentes termales lo que puede provocar un riesgo para la salud. Coincidiendo con Cangahuamin, (2021) quien resalta el estudio de los aspectos físico-químicos de las aguas termales, ya que, a pesar de mostrar elevadas temperaturas, no es una fuente segura libre de microorganismos. También señala los pocos estudios que se han realizado entorno al tema provocando la desinformación de la población. Ambos autores han demostrado mediante sus resultados que las aguas termales cumplen con un estándar de calidad admisible para fines recreativos.

2.4 Definición de términos básicos

2.4.1 Agua termal

Son aquellas aguas minerales que emergen del suelo a 5°C más que la temperatura ambiente, ascendiendo hacia la superficie por medio de rupturas en las rocas. (Rojas, 2020; Edquén, 2021)

2.4.2 Parámetros físico-químicos

Son puntos de referencia que proporcionan información de las especies y propiedades químicas y físicas del agua. (Sacoto & Andueza, 2020)

2.4.3 Decreto supremo 004-2017-MINAM

Establece los niveles de concentración de elementos, sustancias, parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el agua, los cuales no causan peligro significativo para la salud humana y el medio ambiente. (Ministerio del Ambiente, 2017)

2.4.4 Estándares de Calidad Ambiental (ECAS)

Nivel de concentración de elementos o sustancias físicas, químicas y biológicas, presentes en el aire, agua o suelo, el cual no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni para el medio ambiente. (MINAM, 2017)

2.5 Hipótesis

H₁: Los valores de los parámetros físico-químicos de las aguas termales del balneario “Aguas Calientes”- San Marcos 2021, cumple con lo establecido en el decreto supremo 004-2017-MINAM, categoría 1: poblacional y recreacional – subcategoría B: aguas superficiales destinadas para recreación – B1: contacto primario.

H₀: Los valores de los parámetros físico-químicos de las aguas termales del balneario “Aguas Calientes”- San Marcos 2021, no cumplen con lo establecido en el decreto supremo 004-2017-MINAM, categoría 1: poblacional y recreacional – subcategoría B: aguas superficiales destinadas para recreación – B1: contacto primario.

2.5.1 Operacionalización de variables

Tabla 2

Operacionalización de Variables

VARIABLE	DEFINICIÓN	INDICADORES	INSTRUMENTOS
Dependiente			
Calidad de aguas termales del Balneario "Aguas Calientes"	Características del agua, en estado natural o luego del accionar humano.	Parámetros físico-químicos	D.S. N° 004-2017-MINAM (ECA categoría 1– subcategoría B: aguas superficiales destinadas para recreación – B1: contacto primario)
Independiente			

Características físico-químicas de las aguas termales	Son parámetros físico-químicos que brindan información sobre la naturaleza de las sustancias presentes en el agua	DBO y DQO	
		Nitritos	
		Nitratos	mg/L
		Oxígeno Disuelto	pH
		pH	UNT
		Turbidez	
		Temperatura	

CAPÍTULO III: MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

3. Estrategias Metodológicas

3.1 Unidad de análisis, universo y muestra

3.1.1 Unidad de Análisis

Caracterización de parámetros físico-químicos de las aguas termales del balneario “Aguas Calientes”.

3.1.2 Universo

Caracterización de parámetros físico-químicos del agua.

3.1.3 Muestra

Volumen de agua para la caracterización de parámetros físico-químicos de las aguas termales del balneario “Aguas Calientes”.

3.2 Métodos de investigación

La investigación es tipo no experimental, debido a que no se modificaron las variables, solo fueron analizadas con el fin de observar el efecto de la variable independiente (características físico-químicas de las aguas termales) sobre la variable dependiente (calidad de aguas termales del Balneario "Aguas Calientes").

Su diseño es descriptivo, por lo que se analizan parámetros ambientales en un determinado período y espacio, se usó los datos establecidos por el D.S 004-2017-MINAM

(categoría 1: poblacional y recreacional – subcategoría B: aguas superficiales destinadas para recreación – B1: contacto primario) para comparar y evaluar los resultados. (USMP, 2020)

3.3 Técnicas de recolección de datos

1. Delimitación del área de estudio, selección de puntos de muestreo.
2. Medición de parámetros físico-químicos in situ, haciendo uso de un multiparámetro calibrado y un balde limpio transparente para el control de la temperatura (°C) y pH.
3. Se realizaron ensayos de laboratorio de:
 - DBO
 - DQO
 - Nitratos
 - Nitritos
 - Oxígeno Disuelto
 - pH
 - Turbidez
4. Comparación entre los resultados de cada ensayo, y los parámetros físico-químicos del agua termal con los ECA – Decreto Supremo N°004-2017-MINAM, categoría 1: poblacional y recreacional – subcategoría B: aguas superficiales destinadas para recreación – B1: contacto primario.

3.4 Instrumentos

- a. Multiparámetro
- b. Cuaderno de registro de campo

- c. GPS
- d. Guantes
- e. Guardapolvo
- f. Cámara
- g. Cadena de custodia
- h. Envases de muestreo
- i. Computadora
- j. Materiales de oficina

3.5 Técnicas de análisis de datos

Se empleó el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, para revisar y comprobar que los resultados adquiridos de los análisis físico-químicos de las aguas termales del Balneario “Aguas Calientes” - San Marcos, cumplan con los estándares de calidad ambiental para la categoría 1: poblacional y recreacional – subcategoría B: aguas superficiales destinadas para recreación – B1: contacto primario.

Posteriormente el análisis estadístico se desarrolló mediante el software estadístico SPSS, con la prueba de t – Student.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4. Presentación de Resultados

El desarrollo de la investigación ameritó llevar a cabo mediciones de los parámetros físico-químicos, los cuales han sido comparados con lo establecido en los Estándares de Calidad Ambiental, categoría 1: poblacional y recreacional – subcategoría B: aguas superficiales destinadas para recreación – B1: contacto primario (D.S N°. 004-2017-MINAM).

4.1 Parámetros físico-químicos

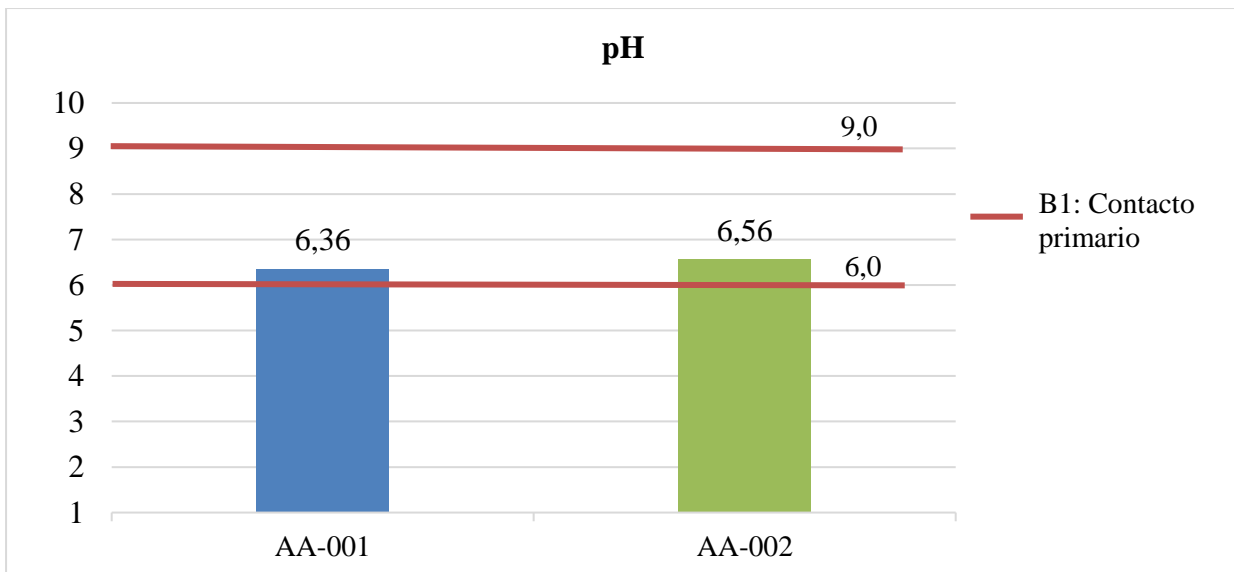
Tabla 3

Resultados de los parámetros físico-químicos de las muestras AA-001 y AA-002

Identificación De Muestra	AA-001	AA-002	ECA-1/B1: Aguas Superficiales Destinadas Para Recreación	
Fecha De Muestreo	31/01/2022	31/01/2022	B1: Contacto primario	
Hora	15:00:00	15:05:00		
Categoría	Agua Natural	Agua Natural		
Sub Categoría	Superficial	Superficial		
PARÁMETRO	UND	RESULTADO	RESULTADO	RESULTADO
Potencial de hidrógeno	pH	6,36	6,53	6,0 – 9,0
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	2,6	2,6	5
Demanda química de oxígeno	mg/L	4,5	9,0	30
Oxígeno disuelto	mg/L	2	2,3	5
Nitrato	mg/L	1,744	3,51	10
Nitrito	mg/L	0,006	0,006	1
Turbidez	NTU	0,27	0,28	100

Figura 7

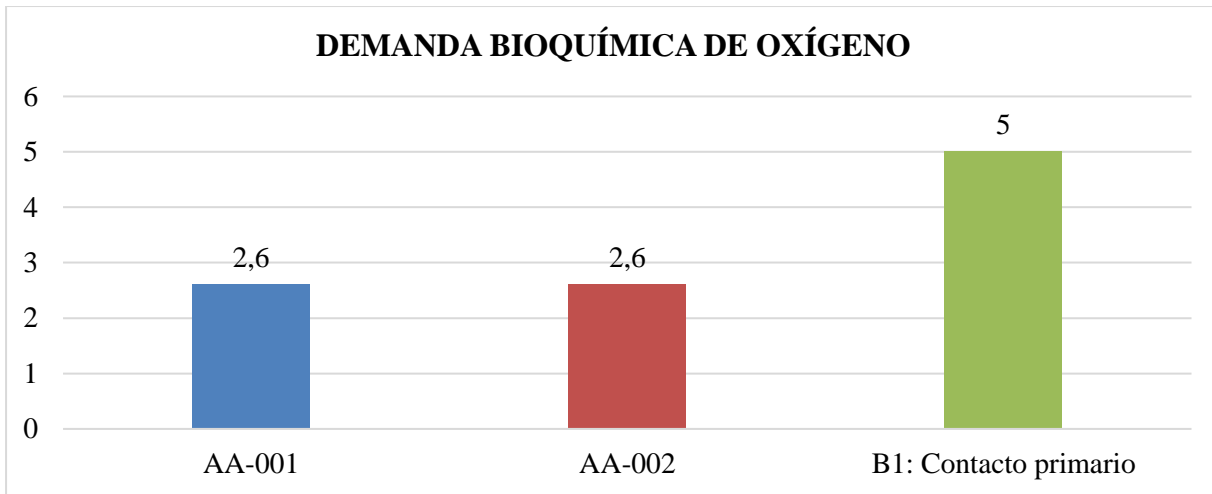
Comparación de los valores de pH con los ECA categoría 1-subcategoría B-B1



En la presente figura se muestran los resultados para pH presentados en la Tabla N° 3, se deduce que se encuentra dentro del rango de los ECA cumpliendo así con el D.S. N° 004-2017-MINAM para la categoría 1: poblacional y recreacional – subcategoría B: aguas superficiales destinadas para recreación – B1: contacto primario; teniendo como valor máximo 6,56 lo que indica un pH neutro.

Figura 8

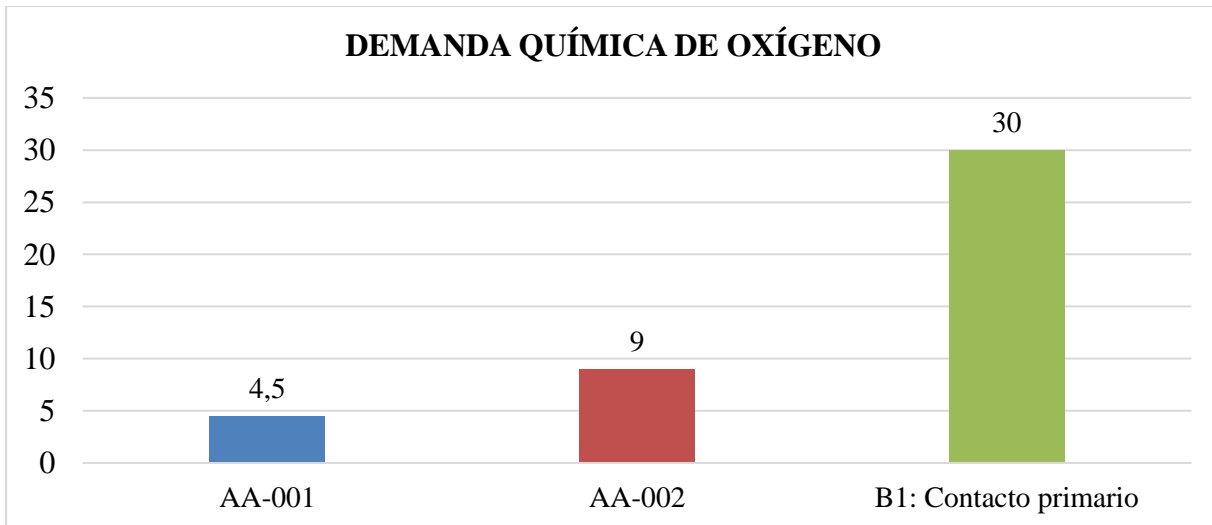
Comparación de los valores de DBO con los ECA categoría 1-subcategoría B-B1



En el figura N° 8 se presentan los valores obtenidos de la Tabla N° 3 para DBO, teniendo su máximo valor de 2,6 mg/L, encontrándose por debajo del valor de los ECA categoría 1: poblacional y recreacional – subcategoría B: aguas superficiales destinadas para recreación – B1: contacto primario, cumpliendo con el D.S. N° 004-2017-MINAM.

Figura 9

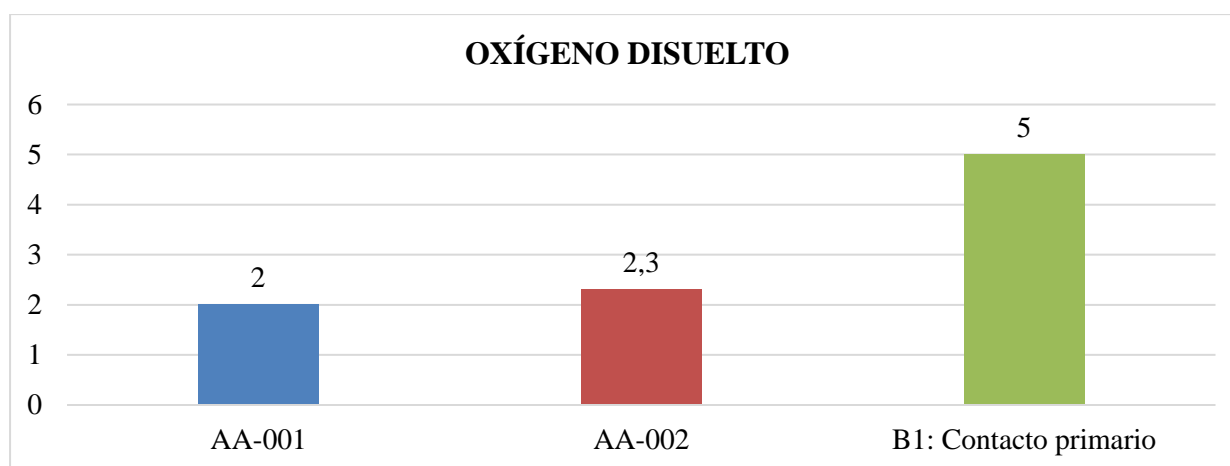
Comparación de resultados de DQO con los ECA categoría 1-subcategoría B-B1



La figura N° 9 presenta los valores obtenidos para DQO de la Tabla N° 3, siendo el valor máximo de 9,0 mg/L, cumpliendo con los ECA categoría 1: poblacional y recreacional – subcategoría B: aguas superficiales destinadas para recreación – B1: contacto primario, establecido en el D.S. N° 004-2017-MINAM.

Figura 10

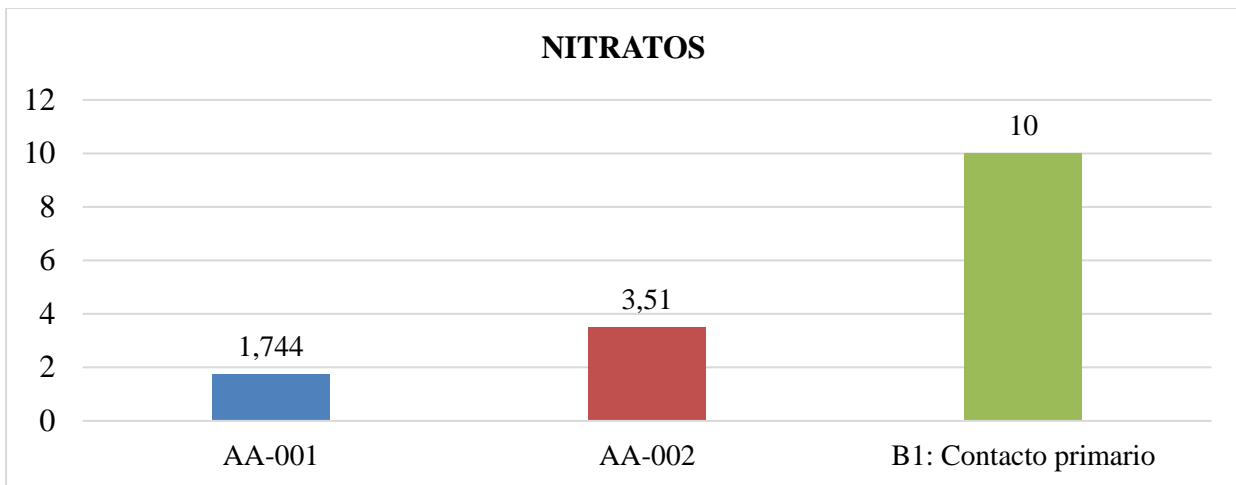
Comparación de valores de OD con los ECA categoría 1–subcategoría B–B1



La figura muestra los valores de Oxígeno Disuelto recogidos de la tabla N° 3, permitiendo la mejor visualización del cumplimiento de los ECA, categoría 1: poblacional y recreacional – subcategoría B: aguas superficiales destinadas para recreación – B1: contacto primario, de acuerdo al D.S. N° 004-2017-MINAM; siendo el máximo valor de 2,3 mg/L, esto se da debido a que mientras mayor sea la temperatura (43,57 °C) la concentración de oxígeno disuelto disminuirá. El agua de esta fuente termal puede ser usada para fines recreativos de contacto primario.

Figura 11

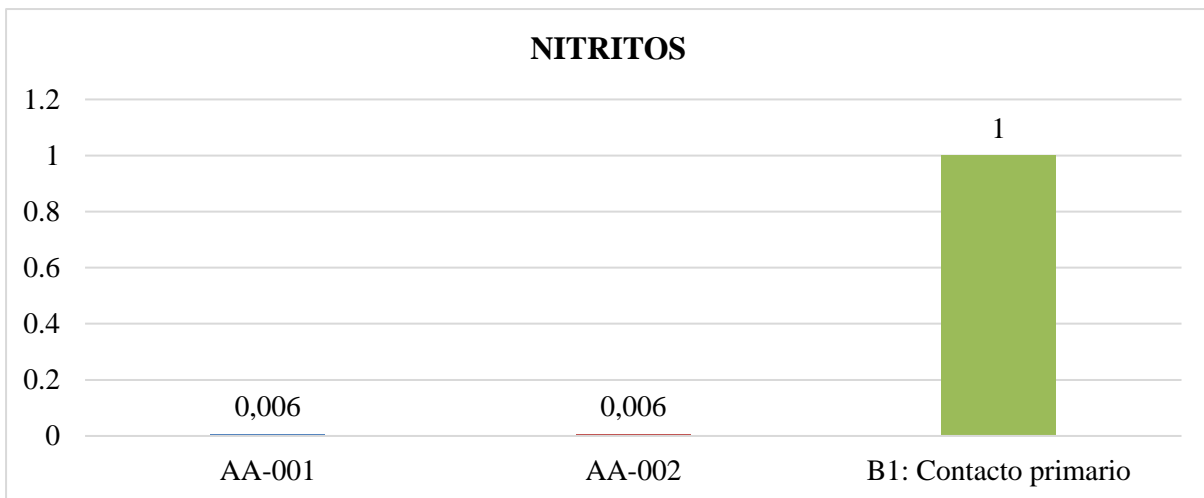
Comparación de resultados de Nitratos con los ECA categoría 1-subcategoría B-B1



En el figura N° 11 se observan los datos obtenidos para Nitratos de la Tabla N° 3, se deduce que dicho parámetro cumple los ECA categoría 1: poblacional y recreacional – subcategoría B: aguas superficiales destinadas para recreación – B1: contacto primario (D.S. N° 004-2017-MINAM), teniendo como valor máximo 3,51 mg/L.

Figura 12

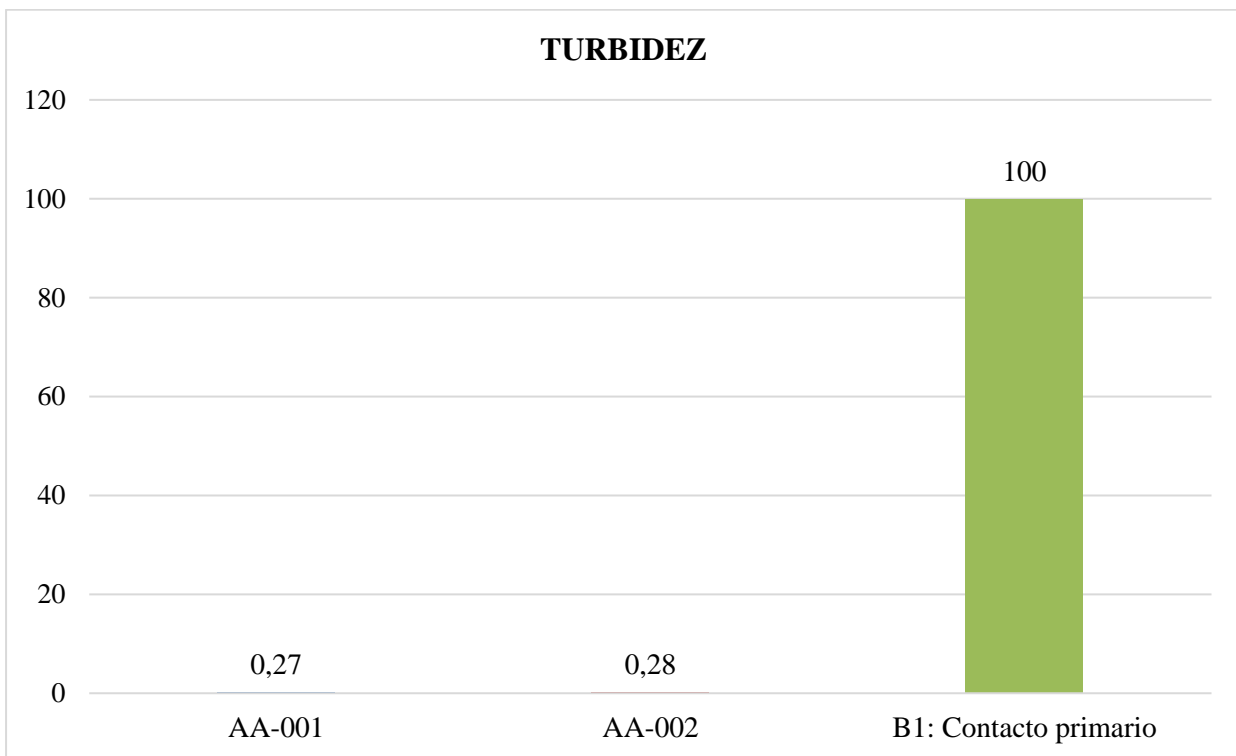
Comparación de resultados de Nitritos con los ECA categoría 1-subcategoría B-B1



En la figura se visualizan los datos obtenidos para Nitritos de la Tabla N° 3, del cual se deduce que el parámetro cumple con los estándares de calidad ambiental establecido en el D.S. N° 004-2017-MINAM en relación a la categoría 1: poblacional y recreacional – subcategoría B: aguas superficiales destinadas para recreación – B1: contacto primario; teniendo como valor máximo 0,006 mg/L.

Figura 13

Comparación de valores de Turbidez con los ECA categoría 1-subcategoría B-B1



En la figura N° 13 se presentan los datos obtenidos para Turbidez de la Tabla N° 3, del cual se puede deducir que el parámetro cumple lo implantado en el D.S. N° 004-2017-MINAM para los estándares de calidad ambiental en la categoría 1: poblacional y recreacional – subcategoría B: aguas superficiales destinadas para recreación – B1: contacto primario; teniendo como valor máximo 0,28 mg/L.

Tabla 4

Resultados de los parámetros físico-químicos de las muestras AA-001 y AA-002

	Resumen de procesamiento de casos					
	Casos					
	Válido		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
DIFERENCIA	7	100,0%	0	0,0%	7	100,0%
M1	7	100,0%	0	0,0%	7	100,0%
M2	7	100,0%	0	0,0%	7	100,0%

La tabla 4 nos indica que los casos válidos son el 100% tanto para las estaciones AA – 001 (exterior del complejo turístico) y AA – 002 (interior del complejo turístico), de las aguas termales del balneario Aguas Calientes-San Marcos, 2021; de tal manera que no hubo datos perdidos.

Tabla 5

Resumen de descriptivos de las muestras AA-001 y AA-002.

		Descriptivos	
		Estadístico	Error estándar
M1	Media	2,4966	,85815
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior Límite superior	,3967 4,5964
	Media recortada al 5%		2,4203
	Mediana		2,0000
	Varianza		5,155
	Desviación estándar		2,27046
	Mínimo		,01
	Máximo		6,36
	Rango		6,35
	Rango intercuartil		4,23
	Asimetría		,771
	Curtosis		-,091
M2	Media	3,5794	1,21902
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior Límite superior	,5966 6,5623
	Media recortada al 5%		3,4768

Mediana	3,5100	
Varianza	10,402	
Desviación estándar	3,22521	
Mínimo	,01	
Máximo	9,00	
Rango	8,99	
Rango intercuartil	6,08	
Asimetría	,676	,794
Curtosis	-,193	1,587

La tabla 5 nos indica que la mediana en la estación AA – 001 (M1 = 2,000) (exterior del complejo turístico) no es la misma que en la estación AB – 002 (M2 = 3,5100) (interior del complejo turístico), de las aguas termales del balneario Aguas Calientes - San Marcos, 2021; esto significa que la calidad del agua en el interior del complejo turístico es diferente que en el exterior del complejo turístico.

Tabla 6

Prueba de normalidad de las muestras AA-001 y AA-002.

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
M1	,196	7	,200*	,930	7	,548
M2	,212	7	,200*	,933	7	,575

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

La tabla 6 muestra que el grado de significancia (Sig.), es decir, el p valor es mayor que 0.05 ($p > 0.05$), lo que indica que siguen una distribución normal, por lo tanto, se tiene que aplicar pruebas paramétricas, y por el número de muestras (< de 50) se considera la prueba de Shapiro - Wilk.

Prueba de hipótesis T de Student para muestras independientes.

$$H_1: \mu_1 = \mu_2$$

$$H_0: \mu_1 \neq \mu_2$$

Promedio para los datos obtenidos (\bar{X}_1) y los valores de los ECA – B1 (\bar{X}_2).

$$\bar{X}_1 = 7,96$$

$$\bar{X}_2 = 22,64$$

Elementos de cada grupo de análisis:

$$n_1 = 8$$

$$n_2 = 7$$

Cálculo de varianzas:

$$S_c^2 = \frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}$$

Varianza de los datos obtenidos (S_1^2) y los valores de los ECA – B1 (S_2^2).

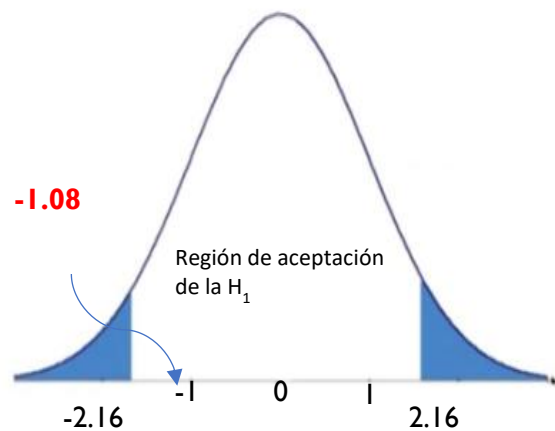
$$S_1^2 = 206.49$$

$$S_2^2 = 1253.06$$

Varianza común: $S_c^2 = 689,52$

Estadístico de prueba

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{S_c^2}{n_1} + \frac{S_c^2}{n_2}}}$$



$$t = -1,079$$

$$gl = (n_1 + n_2 - 2) = 13$$

Nivel de significancia (α)

$$\alpha = 0,05 = 5\%$$

Cálculo del valor crítico:

$$t_{\left(1-\frac{\alpha}{2}\right), (n_1+n_2-2)} = 2,160$$

Para comprobar lo anterior planteado, se obtiene el p-valor que es la probabilidad asignada al estadístico de prueba (-1,079), obteniendo:

$$p\text{-valor} = 0,299$$

Y por teoría si el p-valor $< \alpha \rightarrow$ se rechaza la H_0

Por lo tanto: $0,299 > 0,05$ por lo que no es posible rechazar la H_1 , sino ACEPTARLA.

4.2 Interpretación:

Se puede notar que el valor crítico es 2,160 tanto a la izquierda como a la derecha (-2,160 y +2,160) y el valor calculado es -1,079 (-1,08), que NO se encuentra en la zona o región sombreada de azul (zona opuesta a la región de aceptación de la H_1), es decir, que el valor calculado se ubica en la región de aceptación de la H_1 .

Además, al calcular el p-valor $> \alpha$ ($0,299 > 0,05$) por lo que no es posible rechazar la H_1 , sino ACEPTARLA.

Esto significa que para los propósitos de la presente investigación se **acepta la H_1** : *Los valores de los parámetros físico-químicos de las aguas termales del balneario “Aguas Calientes”- San Marcos 2021, si cumplen con lo establecido en el decreto supremo 004-2017-MINAM, categoría 1: poblacional y recreacional – subcategoría B: aguas superficiales destinadas para recreación – B1: contacto primario*; condición que nos permite **rechazar la H_0** : *Los valores de los parámetros físico-químicos de las aguas termales del balneario “Aguas Calientes”- San Marcos 2021, no cumplen con lo establecido en el decreto supremo 004-2017-MINAM, categoría 1: poblacional y recreacional – subcategoría B: aguas superficiales destinadas para recreación – B1: contacto primario.*

4.3 Discusión:

De acuerdo a los datos obtenidos en la presente investigación el valor del pH = 6,36 valor que se encuentra dentro del rango de lo establecido en los Estándares de Calidad Ambiental, categoría 1: poblacional y recreacional – subcategoría B: aguas superficiales destinadas para recreación – B1: contacto primario (D.S N°. 004-2017-MINAM); los mismos que se condicen con Simon, et. al (2019), quien caracterizó de las aguas termales en Hulu Langat Hot Spring y sus posibles beneficios para la salud, obteniendo como resultados que el rango de valores de pH va de 6,83 a 8,71, clasificándose como neutras a alcalinas débiles;

de igual manera Sacoto, D. & Andueza, F. (2020), en su investigación al estudiar la microbiología del agua termal del balneario Ilaló, ubicado en la provincia de Pichincha, Ecuador determinó el valor de $\text{pH} = 7,39$ y Edquén, (2021), determinó que: [...] las aguas termales Chancay Baños son meso termales según la temperatura promedio del agua. El pH osciló de 6,0 a 7,0, considerada agua neutra con baja tendencia ácida; además, Cangahuamin, (2021), quien evaluó la calidad físico-química de las aguas termales del complejo turístico Santa Catalina, Ecuador determinó $\text{pH} = 6,88$.

En relación a los parámetros de $\text{DBO} = 2,6$ y $\text{DQO} = 6,75$ en promedio, estos valores obtenidos se contradicen con Edquén (2021), quien en su investigación no encontró presencia de DBO_5 , aceites y grasas. Y de acuerdo a la temperatura determinada en el agua del balneario Aguas Calientes es de $43,4^\circ\text{C}$ en promedio, lo que coincide con lo determinado por Simon, et. al (2019), quien determinó la temperatura más baja es $40,47^\circ\text{C}$ y la temperatura más alta $74,03^\circ\text{C}$ y Cangahuamin, (2021), en su investigación determinó una temperatura de $38,8^\circ\text{C}$. Sin embargo, el parámetro temperatura no se encuentra establecido en los Estándares de Calidad Ambiental, categoría 1: poblacional y recreacional – subcategoría B: aguas superficiales destinadas para recreación – B1: contacto primario (D.S N°. 004-2017-MINAM).

Respecto al parámetro oxígeno disuelto (OD), en la presente investigación se determinó en promedio $2,15\text{ mg/L}$ lo que se condice con Andueza, F. et. al., (2020), quien concluyó en su investigación del agua termal del Balneario “El Tingo”, Pichincha – Ecuador que son aguas duras con muy poco oxígeno disuelto y un pH neutro e hipertermal.

Para los parámetros de nitratos = 2,23 mg/L y nitritos = 0,006 mg/L que se comportan como concentraciones mayores a lo determinado por Cangahuamin (2021), nitrógeno de 0.09 mg/L.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Se realizó la caracterización físico-químicas de las aguas termales del balneario Aguas Calientes – San Marcos 2021, logrando determinar que son aguas ligeramente ácidas y con alta temperatura y sin sistema de enfriamiento.
- Se determinó los valores de los siguientes parámetros en promedio: pH = 6,36 Und pH; temperatura = 43,40 °C; turbidez = 0,28 NTU; DBO = 2,6 mg/L; DQO = 6,75 mg/L; OD = 2,15 mg/L; nitratos = 2,63 mg/L; nitritos = 0,006 mg/L.
- El análisis estadístico de la comparación de los valores obtenidos de los parámetros fisicoquímicos con los valores establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental, categoría 1: poblacional y recreacional – subcategoría B: aguas superficiales destinadas para recreación – B1: contacto primario (D.S N°. 004-2017-MINAM), muestra que el valor calculado es -1,079 (-1,08) se ubica dentro del valor crítico es 2,160 (-2,160 y +2,160); es decir, que el valor calculado se ubica en la región de aceptación de la H_1 . Y para confirmar, al calcular el p-valor $> \alpha$ ($0,299 > 0,05$) por lo que no es posible rechazar la H_1 , sino ACEPTARLA. Con lo que se puede afirmar que las aguas termales del balneario de Aguas Calientes – San Marcos, 2021 SI cumplen con lo establecido en la norma antes mencionada, sin embargo, el parámetro temperatura no se encuentra establecida en la normativa.

5.2 Sugerencias

- Se sugiere a docentes investigadores, pregraduados y postgraduados continuar con las investigaciones sobre los demás parámetros de las aguas termales del balneario de Aguas Calientes de San Marcos.
- A las autoridades encargadas implementar un sistema de enfriamiento.

REFERENCIAS

- Cangahuamin, S. (2021). Calidad fisicoquímica y microbiológica de las aguas termales del "Complejo Turístico Santa Catalina", ubicado en Papallacta, Provincia de Napo. Ecuador. Quito, Napo, Ecuador.
- Chaucala, S., Vinuesa, R., Escobar, S., Medina, G., Araque, J., & Andueza, F. (2020). Calidad microbiológica de las aguas termales del Balneario "El Tingo". Pichincha. Ecuador. *Ars Pharmaceutica*, 61(1).
- Edquén Gavidia, R. L. (2021). Evaluación de parámetros físico-químicos y bacteriológicos para determinar la calidad de las aguas termales según sub categoría B1 "Chancay Baños" - Santa Cruz, 2020. Cajamarca, Santa Cruz, Perú.
- Fagundo, J., Cima, A. & González, P. (s. f). Revisión Bibliográfica sobre Clasificación de las Aguas Minerales y Mineromedicinales. Infomed de http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/rehabilitacion-bal/clasificacion_aguas_minerales.pdf
- Google Maps*. (s.f). Obtenido de <https://www.google.com/maps/place/Balneario+De+Aguas+Calientes/@-7.464685,-78.1363494,14.29z/data=!4m6!3m5!1s0x0:0x366232df036310a1!4b1!8m2!3d-7.4616499!4d-78.1116761?hl=es-419>
- Mamani, A. (2021). *Calidad del agua para uso recreativo de contacto directo de tres piscinas de la ciudad de Puno*. Universidad Nacional del Altiplano, Puno-Perú. Obtenido de http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/14822/Mamani_Nahuincha_Alex_Dayby.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Ministerio del Ambiente. (7 de junio de 2017). Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. *El Peruano*.

- Montoya, L. (2021). *Influencia de las características litológicas en la composición físicoquímica de las aguas termales del valle de Llangat - Distrito Celendín - Provincia Celendín, 2021*. Universidad Privada del Norte, Cajamarca - Perú.
- Nolasco, L., & Vigilio, P. (2021). *Centro de recreación de aguas termales para el desarrollo sostenible del caserío de San Juan de Agojirca y Distrito de Baños, Provincia de Lauricocha, Huánuco 2020*. Universidad Nacional Hermilio Valdizán, Huánuco - Perú.
- Ochoa, K. (2020). *EL APROVECHAMIENTO DE LAS AGUAS TERMALES COMO RECURSO TURÍSTICO PARA EL DESARROLLO DEL SECTOR DE ALUCHAN DEL CANTÓN PUJILÍ, PROVINCIA DE COTOPAXI*. Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga-Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/7252/1/MUTC-000745.pdf>
- Responsabilidad Social Empresarial y Sustentabilidad*. (1 de Diciembre de 2021). Obtenido de RSS: <https://www.responsabilidadsocial.net/agua-que-es-definicion-caracteristicas-e-importancia/>
- Rojas, M. (2020). *Estado del arte de Legionella Pneumophila en aguas termales*. Escuela Colombiana de Ingeniería "Julio Garavito", Bogotá-Colombia.
- Sacoto, D., & Andueza, F. (2020). Microbiología del agua termal del balneario Ilaló. Pichincha, Ecuador. *FIGEMPA: Investigación y Desarrollo*, 1(1), 18-25.
- Simon, N., Unjah, T., Yusry, M., & Dzulkaflī, M. (2019). *Physico-chemical Characterisation and Potential Health Benefit of the Hulu Langat Hot Spring in Selangor, Malaysia*. Sains Malaysiana, 48(11), 2451 – 2462. doi:<http://dx.doi.org/10.17576/jsm-2019-4811-15>
- USMP. (2020). *Metodología de la Investigación: Manual del estudiante*. Universidad de San Martín de Porres, Santa Anita. Obtenido de

<https://www.usmp.edu.pe/estudiosgenerales/pdf/2020->

[I/MANUALES/II%20CICLO/METODOLOGIA%20DE%20INVESTIGACION.pdf](#)

Vera, M., & Garay, L. (2019). Evaluación de los parámetros del agua termal para su consumo humano y mejora de su calidad - distrito de Cachicadán, 2019.