

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



**“Comparación de la calidad de las aguas termales de
“Paucaryacu” y “Don Grimaldo” para uso recreacional en el
distrito de Sauce”**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Autor:

Luz María Burga Tarrillo

Asesor:

Mtro. Carmelino Almestar Villegas

Tarapoto, febrero del 2024

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo, Mtro. Carmelino Almestar Villegas, docente de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: **“COMPARACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS TERMALES DE “PAUCARYACU” Y “DON GRIMALDO” PARA USO RECREACIONAL EN EL DISTRITO DE SAUCE”** del autor Luz María Burga Tarrillo tiene un índice de similitud de 18 % verificable en el informe del programa Turnitin, y fue realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponde ante cualquier falsedad u omisión de los documentos como de la información aportada, firmo la presente declaración en la ciudad de Tarapoto, a los 9 días del mes de febrero del año 2024.

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'C. Almestar', written over a horizontal line.

Mtro. Carmelino Almestar Villegas

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En San Martín, Tarapoto, Morales, a. 09 día(s) del mes de Febrero del año 2024, siendo las 08:30 horas, se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión Campus Tarapoto, bajo la dirección del (de la) presidente(a): Mtra. Betsabeth Teresa Padilla Macedo, el (la) secretario(a): Ing. Ericka Nayda Perales Domínguez y los demás miembros: Dr. Víctor Hugo Muñoz Delgado

y el (la) asesor(a) Mtro. Carmelino Almestar Villegas con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulado: "Comparación de la calidad de las aguas termales de "Paucaryacu" y "Don Grimaldo" para uso recreacional en el distrito de Sauce"

del(los) bachiller/es: a) Luz María Burga Tarrillo

b) c)

conducente a la obtención del título profesional de:

Ingeniero Ambiental

(Denominación del Título Profesional)

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (a la) / a (los) (las) candidato(a)/s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por al (a la) / a (los) (las) candidato(a)/s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Bachiller-(a): Luz María Burga Tarrillo

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
Aprobada	17	B+	Muy Bueno	Sobresaliente

Bachiller -(b):

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

Bachiller -(c):

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

(*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al (a la) / a (los) (las) candidato(a)/s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

Presidente/a

Secretario/a

Asesor/a

Miembro

Miembro

Bachiller (a)

Bachiller (b)

Bachiller (c)

Resumen

El objetivo del estudio fue analizar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las aguas termales de dos balnearios "Don Grimaldo" y "Paucaryacu" ubicados en el distrito de Sauce. Las variables medidas fueron pH, Temperatura, Coliformes totales, Coliformes termotolerantes, *Escherichia coli*, Sólidos totales disueltos, Sulfuros y Metales totales. Los coliformes termotolerantes y *E. coli* en ambos balnearios fue menor a 1 UFC/100 mL, el mayor valor de pH (7,76) correspondió al balneario Don Grimaldo, la mayor Temperatura se registró en la estación termal de "Paucaryacu" con un promedio de 36,93 °C; la concentración de STD fue mayor en el balneario Paucaryacu con un valor de 6 150 mg/L; en los dos balnearios la concentración de metales cumplió el ECA del D.S. 004-2017-MINAM, Categoría 1, B1: aguas destinadas para recreación. Se concluye que los balnearios "Don Grimaldo" y "Paucaryacu" son salubres para los bañistas.

Palabras clave: Balnearios, piscinas, uso recreacional del agua.

Abstract

The objective of the study was to analyze the physicochemical and microbiological parameters of the thermal waters of two spas "Don Grimaldo" and "Paucaryacu" located in the Sauce district. The variables measured were pH, Temperature, Total coliforms, Thermotolerant coliforms, *Escherichia coli*, Total dissolved solids, sulfides, and total metals. The thermotolerant coliforms and *E. coli* in both spas was less than 1 CFU/100 mL, the highest pH value (7.76) corresponded to the Don Grimaldo spa, the highest temperature was recorded in the thermal station of "Paucaryacu" with an average of 36.93 °C; the concentration of STD was higher in the Paucaryacu spa with a value of 61500 g/L; in the two spas the concentration of metals met the ECA of the D.S. 004-2017-MINAM, Category 1, B1: waters intended for recreation. It is concluded that the "Don Grimaldo" and "Paucaryacu" spas are healthy for bathers.

Keywords: Spas, swimming pools, recreational use of water.

Introducción

Amboage et al. (2019) define a los baños termales como las fuentes de aguas minerales depositadas en el suelo subterráneo, ideales para fines medicinales por sus propiedades terapéuticas y recreacionales. Estas aguas emergen de las profundidades de la tierra, a temperaturas elevadas y son caracterizadas por la variedad en su composición mineral que poseen, debido a estos son denominadas aguas medicinales; de igual manera también se da un uso recreativo a estas aguas termales. Asimismo, las elevadas temperaturas y la composición de sales minerales en estas aguas no determinan que sean estériles, ya que estas pueden contener muchas bacterias patógenas que afectan a la salud Cangahuamin (2021)

De acuerdo con Centeno (2016) el Perú tiene una gran diversidad de aguas termales, para ser exactos 500 fuentes de aguas medicinales y minerales que otorgan una riqueza de beneficios para la población, a esto se les atribuye los beneficios de mejorar la salud, contrarrestar los efectos bronquiales, disminuir las consecuencias del reumatismo y otros como la relajación.

Actualmente la población ha tenido una gran acogida hacia las aguas termales debido a sus efectos saludables. No obstante, en muchos de estos centros recreacionales se ignora completamente el riesgo microbiológico y sanitario presentes en estas fuentes de agua, lo que puede significar un problema para la salud de los bañistas Mahaney et al. (2019). Asimismo, la concentración de *Escherichia Coli* en aguas recreacionales se utilizan como indicadores para evaluar el riesgo de enfermedades gastrointestinales que puedan sufrir los bañistas Sanchez et al. (2021)

Para el análisis de calidad de aguas direccionadas al uso recreacional, se considera principalmente el análisis fisicoquímico y microbiológico debido a que los usuarios tienen contacto directo con el agua Edquén (2021). Cada año en el distrito de Sauce se incrementa la demanda de turismo debido a las fuentes de agua que posee, dentro de estos están las aguas termales de “Don Grimaldo” y “Paucaryacu”. Los cuales son muy concurridos por la población; por ello es importante conocer las características de estas fuentes hídricas con la finalidad de eliminar los potenciales riesgos a la salud pública.

De lo anteriormente expuesto, en esta investigación se evaluó la calidad del agua de los balnearios “Don Grimaldo” y “Paucaryacu” para uso recreacional en el distrito de Sauce.

Materiales y métodos

Diseño

El diseño fue no experimental transversal, el tipo de investigación fue descriptivo comparativo. Estos estudios tienen el propósito de comparar dos grupos, en este caso se comparó los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de dos establecimientos de aguas termales “Don Grimaldo” y “Paucaryacu” Muggenburg & Pérez (2018).

Población y muestra

Los establecimientos de aguas termales “Don Grimaldo” y “Paucaryacu” se encuentran ubicados en el distrito de Sauce. De cada establecimiento se consideró tres fuentes, cuya ubicación se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Coordenadas UTM de los balnearios

Balneario	Fuente	Coordenadas	
		X (Este)	Y (Norte)
"Don Grimaldo"	F01	367372	9258805
	F02	367369	9258793
	F03	367395	9258804
"Paucaryacu"	F01	359473	9255979
	F02	359491	9255977
	F03	359480	9255961

Asimismo, la muestra estuvo constituida por 5 litros de agua en total recolectada de las tres fuentes de cada establecimiento, para analizar los siguientes parámetros: pH, Temperatura, Coliformes totales, Coliformes termotolerantes, *Escherichia Coli*, Sólidos Totales disueltos, Sulfuros y Metales totales.

Análisis estadístico

Se utilizó la Prueba t para muestras independientes. Esta prueba nos permite comparar el grado de contaminación de las aguas termales de los establecimientos en estudio. Sánchez y Turcios (2015). Asimismo, para la prueba de hipótesis se utilizó un intervalo al 95 % de confianza. Los datos fueron analizados en el programa SPSS 22. También se utilizó la aplicación Microsoft Excel.

Resultados

Calidad del agua del balneario Don Grimaldo

En la tabla 2 se muestra la calidad fisicoquímica y microbiológica del balneario Don Grimaldo. Los parámetros que cumplieron con el valor de referencia del D.S. 004-2017-MINAM, Categoría 1, B1: fueron los Coliformes termotolerantes también el pH, *Escherichia Coli* y el Sulfuro.

Tabla 2. Calidad fisicoquímica y microbiológica del balneario Don Grimaldo

Parámetro	Unidad	Fuente			Promedio	ECA
		1	2	3		
Coliformes termotolerantes	UFC/100mL	<1,0	< 1,0	< 1,0	<1,0	200
Coliformes totales	UFC/100mL	<1,0	<1,0	< 1,0	<1,0	-
Escherichia Coli	UFC/100mL	<1,0	<1,0	< 1,0	<1,0	0
pH	Unidad	8,14	7,42	7,73	7,76	6,0-9,0
Sólidos totales disueltos	mg/L	364	2 880	1 395	1 546	-
Sulfuro	mg/L	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,05
Temperatura	°C	22,8	28,1	27,6	26,17	-

Calidad del agua del balneario Paucaryacu

En la tabla 3 se muestra la calidad fisicoquímica y microbiológica del balneario Paucaryacu. Los parámetros que cumplieron con el valor de referencia del D.S. 004-2017-MINAM, Categoría 1, B1: aguas destinadas para recreación de contacto primario fueron los Coliformes termotolerantes, el pH, *Escherichia Coli* y el Sulfuro.

Tabla 3. Calidad fisicoquímica y microbiológica del balneario Paucaryacu.

Parámetro	Unidad	Fuente			Promedio	ECA
		1	2	3		
Coliformes termotolerantes	UFC/100mL	<1,0	< 1,0	< 1,0	<1,0	200
Coliformes totales	UFC/100mL	<1,0	<1,0	< 1,0	<1,0	-
Escherichia Coli	UFC/100mL	<1,0	<1,0	< 1,0	<1,0	0
pH	Unidad	6,63	6,72	6,74	6,70	6,0-9,0
Sólidos totales disueltos	mg/L	6 240	6 460	5 750	6 150	-
Sulfuro	mg/L	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,05
Temperatura	°C	37,5	38,8	34,5	36,93	-

Comparación de la concentración de metales de los balnearios Don Grimaldo y

Paucaryacu

En la tabla 4 se observa que según los valores obtenidos del análisis de calidad fisicoquímica y microbiológica de los balnearios Don Grimaldo y Paucaryacu. Los parámetros del establecimiento de Don Grimaldo que cumplieron con el valor de referencia del D.S. 004-2017-MINAM, Categoría 1, B1: aguas destinadas para recreación de contacto primario fueron antimonio, arsénico, bario, berilio, boro, cadmio, cobre, cromo y el fósforo;

por el contrario, el aluminio es el unico que excede. Asimismo, del balneario Paucaryacu los parámetros que cumplieron fueron aluminio, antimonio, arsénico, berilio, cadmio, cobre y cromo a excepción del bario, boro y el fósforo que excedieron los límites.

Tabla 4. Comparación de la concentración de metales (en mg/L) de balneario Don Grimaldo y Paucaryacu.

Parámetro	Don Grimaldo	Paucaryacu	ECA
Aluminio	0,590	<0,003	0,2
Antimonio	<0,0020	<0,0020	0,06
Arsenico	<0,0010	<0,0010	0,01
Bario	0,06950	1,58000	0,7
Berilio	<0,0003	<0,0003	0,04
Bismuto	<0,010	<0,010	-
Boro	0,1139	14,4860	0,5
Cadmio	<0,00020	<0,00020	0,01
Calcio	21,966	3,501,60	-
Cerio	<0,010	<0,010	-
Cesio	<0,0003	<0,0003	-
Cobalto	<0,0020	<0,0020	-
Cobre	<0,0002	<0,0002	2
Cromo	<0,0003	<0,0003	0,05
Erbio	<0,0003	<0,0003	-
Estaño	<0,0010	<0,0010	-
Estroncio	0,20040	220,1060	-
Europio	<0,0003	<0,0003	-
Fósforo	0,052	4,753	0,05

Prueba de hipótesis

Al realizar la prueba t para muestras independientes, se encontró un p-valor de 0.005; 0,007 y 0,007 para la comparación respectivamente de SDT, pH y temperatura entre los

balnearios Don Grimaldo y Paucaryacu; es decir no existe diferencia relevante; lo cual significa que existe una mayor concentración de sólidos totales en el balneario Paucaryacu; mientras que el mayor nivel de pH se encontró en el balneario Don Grimaldo.

Tabla 5. Prueba t para muestras independientes.

Establecimiento	N	Media	S	p-valor
SDT (mg/L)				
Don Grimaldo	3	1 546	1 533	0,005
Paucaryacu	3	6 150	3 634	
pH				
Don Grimaldo	3	7,8	0,36	0,007
Paucaryacu	3	6,7	0,06	
Temperatura (°C)				
Don Grimaldo	3	26,2	2,93	0,007
Paucaryacu	3	36,9	2,21	

Discusión

Contaminantes microbiológicos

Coliformes termotolerantes

En las tres fuentes de las dos estaciones termales de Don Grimaldo y Paucaryacu se encontró una cantidad de coliformes termotolerantes menor a 1 UFC/100mL, este valor cumple con el valor de referencia del D.S. 004-2017-MINAM, Categoría 1, B1: aguas destinadas para recreación de contacto primario (200 UFC/ 100mL). En la investigación de Mahaney et al. (2019) determinación de la calidad microbiológica de las aguas termales de Yura, los pozos estudiados no sobrepasan los límites según el D.S. 002-2008 -MINAM, por lo tanto son aptos para la recreación; también resalta que estos parámetros deben ser analizados con frecuencia ya que son inductores de enfermedades gastrointestinales ya sea por ingesta directa de agua o por grietas en la piel.

Gutierrez et al. (2019) de acuerdo con los resultados obtenidos del estudio de las aguas mesotermas de Musuy en Mérida se descarta su posible uso recreacional debido a la posible transmisión de enfermedades por coliformes totales entre 25 a 1600 UFC/mL y coliformes fecales de 15 a 200 UFC/mL, además se identificaron especies de *Pseudomonas*, *Aeromonas*, *Alcaligenes* y *Weekswilla*.

Si los coliformes totales excedieran el rango (300 UFC/ 100mL) según Andueza et al. (2020) esto significaría una falta de salubridad en el agua ya que está presente el afloramiento de patógenos y bacterias consideradas no aptas para el contacto humano.

Cangahuamin (2021) encontró que los parámetros coliformes totales y fecales, *Staphylococcus*, mohos y los resultados del estudio físicoquímico y químicos indican valores que cumplen con los límites máximos permisibles de la normativa ambiental

nacional, dando a conocer que el complejo turístico de Santa Catalina se encuentra en óptimas condiciones para su uso con fines recreativo.

Coliformes Totales

De igual manera en las tres fuentes de las dos estaciones termales de Don Grimaldo y Paucaryacu se encontró una cantidad de coliformes totales menor a 1 UFC/100mL. Niyoyitungiye (2020) mencionan que la concentración de coliformes totales en el rango de 9000 a 60000 UFC/100 mL puede representar un riesgo para la salud de los visitantes de los balnearios.

Gutiérrez et al. (2019) nos dice que los enterococos al igual que Coliformes Totales y Termotolerantes son indicadores de restos fecales, además que gran cantidad de estas especies sobreviven más tiempo y son más resistentes al cloro y desecación.

Escherichia Coli

El valor promedio obtenido para *Escherichia coli* en el presente estudio fue de <1 UFC/ 100 mL para las dos estaciones termales, este valor cumple con el ECA (0 UFC/ 100 mL) en conclusión se difiere que las aguas tienen un porcentaje mínimo de población bacteriana demostrando una calidad sanitaria aceptable.

Un resultado muy similar al estudio de las aguas termales del balneario de Pichincha-Ecuador donde Andueza et al. (2020) determinó la inexistencia de *Escherichia coli* en ese balneario.

En la investigación de Talavera et al. (2019) evaluaron la calidad microbiana del centro termal Cununyacu - Ecuador, donde demostraron la existencia de bacterias heterótrofas con un valor de $1,875 \times 10^3$ UFC/mL, entre estos bacilos Gram positivos, Gram negativos y cocos Gram positivos. Se concluye que los parametros fisicoquímicos se encuentran dentro de los limites permisibles por la norma ambiental de Ecuador para aguas recreacionales, mientras que en el análisis microbiológico respecto a *Escherichia coli* resultó una numerosa presencia microbiana que puede traer complicaciones serias en la salud de los visitantes.

Alturaifi et al. (2019) aislaron especies de patógenos potenciales de las piscinas y encontraron que los balnearios privados presentaron mayor contaminación microbiológica que los balnearios públicos. Siendo las especies *Klebsiella pneumoniae* y *Pseudomonas aeruginosa* con el 50% y el 43%, respectivamente, de todos los aislamientos.

Edquén (2021) evaluó la calidad de las aguas del balneario Chancay en Cajamarca, donde concluye que en el parámetro de *Escherichia coli*, dos estaciones de monitoreo fueron evaluadas, la estación EM1 cumple con los Estándares para aguas de subcategoría B1; sin embargo, para la segunda estación EM2 se obtuvo un valor maximo de 130,00 NMP/ 100 mL y recomienda que se les dé un tratamiento a las fuentes termales para mejorar la salubridad de estas.

Rahel et al. (2021) realizó un análisis general del riesgo en la salud de las personas que puede causar las aguas termales, desde el año 2010 hasta el 2020, concluyendo con esto que las personas contrajeron afecciones como meningoencefalitis amebiana, neumonía por *Legionella*, foliculitis, mastitis, queratitis microsporidial posteriormente al uso de estas aguas contaminadas con microorganismos patógenos. También recalca que las visitas periódicas, la edad y la comorbilidad son el punto de partida para estas enfermedades.

Parámetros fisicoquímicos

pH

En el promedio obtenido para pH en el balneario Don Grimaldo fue de 7,76 y en el balneario de Paucaryacu fue de 6,70. Estos valores se encuentran dentro de los límites establecidos de (6,0 – 9,0) en los Estándares de Calidad Ambiental para Agua. Según Andueza et al. (2020) estos niveles de pH permiten que ciertos microorganismos se reproduzcan en el agua, de estos datos se puede deducir que los balnearios estudiados comprenden un pH que reitera las condiciones para el afloramiento de bacterias beneficiosas.

En el estudio realizado por Cabrera & Pajares (2023) al evaluar la calidad de las aguas termales del balneario Aguas calientes, en San Marcos, se obtuvo como resultado de pH el valor de 7,60 en comparación a los valores obtenidos en los balnearios Don Grimaldo (7,76) y Paucaryacu (6,70); siendo estos resultados relativamente similares y están dentro de los límites permisibles de acuerdo con la norma establecida.

Temperatura

Para el parámetro de Temperatura se determinó un valor promedio en la estación termal Don Grimaldo de 26,17 °C a comparación de la estación termal de Paucaryacu donde se observa una mayor temperatura con 36,93 °C, resultados similares al del estudio de la calidad microbiana de los termales Cununyacu – Ecuador que osciló su temperatura a 22,3 °C Talavera et al. (2019). Se pueden clasificar las aguas de la primera estación termal como aguas Hipotermas y de la segunda estación como aguas Mesotermas, esto según Centeno (2019). Cabe resaltar que dentro del D.S. 004-2017-MINAM, Categoría 1, B1: aguas superficiales destinadas para recreación de contacto primario, no se encuentra establecido el parámetro de Temperatura.

Sólidos totales disueltos

De los resultados obtenidos del presente estudio para sólidos totales disueltos, se encontró en el balneario Don Grimaldo 1 546 mg/L y para el balneario Paucaryacu un valor de 6 150 mg/L.

Cangahuamin (2021) determinó la presencia de un porcentaje relevante de sólidos totales disueltos en las aguas termales del complejo turístico Santa Catalina teniendo un promedio de 1 390 mg/L, deduciendo que las aguas contienen porcentajes altos de sales, minerales además presencia de metales, considerando que estas aguas salen del subsuelo y están en contacto con las rocas. Las mismas referencias hace Gutierrez et al. (2019) al detectar

un valor de 1 505 mg/L donde menciona que es debido a la cantidad excesiva de sales minerales, el contacto con el suelo y las erosiones que se desvían a las aguas termales o las partículas disueltas de la roca madre.

Sulfuro

De los parámetros obtenidos también tenemos al sulfuro con un valor de <0,002 mg/L no mayor al valor referencial (0,005 mg/L) del D.S. 004-2017-MINAM, esto para ambos balnearios. Según Lozano (2022) estas aguas sulfuradas poseen materia orgánica en forma de algas y bacterias lo que repercute en su olor fétido, sin embargo estas aguas son ideales para el tratamiento de enfermedades reumáticas, dermatológicas y respiratorias.

Metales totales

Para el balneario Don Grimaldo los metales que cumplieron los Estándares de Calidad Ambiental del D.S. 004-2017-MINAM, Categoría 1, B1: aguas superficiales destinadas para recreación de contacto primario fueron aluminio con 0,590 mg/L, antimonio con <0,0020 mg/L, arsénico con <0,0010 mg/L, bario con 0,06950 mg/L de 0,7, berilio con <0,0003 mg/L, boro con 0,1139 mg/L, cadmio con 0,00020 mg/L, cobre <0,0002 mg/L, cromo con <0,0003 mg/L y el fósforo con 0,052 mg/L.

De igual manera en el balneario Paucaryacu los metales que cumplieron fueron el aluminio con <0,003 mg/L, antimonio con <0,0020 mg/L, arsénico con <0,0010 mg/L, berilio con <0,0003 mg/L, cadmio con <0,00020 mg/L, cobre con <0,0002 mg/L y cromo con <0,0003 mg/L. Sin embargo, los parámetros que excedieron son el bario con 1,580 mg/L, el boro con 14,486 mg/L y el fósforo con 4,753 mg/L.

Se puede decir que ninguno de los balnearios tiene un nivel elevado de toxicidad ya que la mayoría de los metales no exceden los valores referenciales del D.S. 004-2017-MINAM, Categoría 1, B1: aguas superficiales destinadas para recreación de contacto primario.

Rivera (2021) presenta un estudio de la concentración de metales en la Laguna Patón, Oyon – Perú donde los metales más representativos son (As, Pb y Zn) y nos dice que la concentración de metales se da por que pueden existir formaciones geológicas o también por la disolución de rocas, esto también asociado a su contacto directo con el suelo.

El fósforo es uno de los metales que excedió en el balneario de Paucaryacu con un valor de 4 753 mg/L, sin embargo Tirado & Valverde (2019) hacen referencia que pueden menorar las concentraciones de fósforo ya que puede ser absorbido rápidamente por los sedimentos de arcilla en el suelo y por qué tiene la propiedad de formar iones de baja solubilidad lo que facilita su absorción.

Conclusión

La mayor concentración de pH la tuvo el balneario Don Grimaldo con un valor de 7,76, a diferencia del balneario Paucaryacu que presentó un valor de 6,70. Estos valores se encuentran dentro de los límites establecidos de (6,0 – 9,0) en los Estándares de Calidad Ambiental para Agua. Además, estos niveles de pH permiten que ciertos microorganismos se reproduzcan en el agua y brinda las condiciones para el afloramiento de bacterias beneficiosas.

Se determino que las aguas termales de Don Grimaldo presentan una temperatura menor con un promedio de 26,17 °C y se clasifican como aguas Hipotermiales, mientras que las aguas termales de Paucaryacu tienen una temperatura mayor de 36,93 °C siendo estas Mesotermiales.

Para los parametros de Coliformes Totales y Termotolerantes de Don Grimaldo y Paucaryacu se encontró una cantidad menor de coliformes menor a 1 UFC/100 mL, este valor cumple con el valor de referencia del D.S. 004-2017-MINAM, Categoría 1, B1: aguas destinadas para recreación de contacto primario (200 UFC/ 100 mL).

Respecto a Solidos Totales Disueltos, tenemos en el balneario Don Grimaldo 1 546 mg/L y para el balneario Paucaryacu un valor de 6 150 mg/L. Estos valores resultan de los porcentajes altos de sales y minerales, considerando que estas aguas salen del subsuelo y estan en contacto con las rocas.

El valor promedio obtenido para *Escherichia Coli* fue de <1 UFC/ 100 m/L para las dos estaciones termales, este valor es menor a 1 UFC/100 mL, el cual cumple con el ECA del D.S. 004-2017-MINAM, demostrando una calidad sanitaria aceptable.

En los dos balnearios Don Grimaldo y Paucaryacu la concentración de metales cumplieron los Estándares de Calidad Ambiental del D.S. 004-2017-MINAM, Categoría 1, B1: aguas superficiales destinadas para recreación de contacto primario; es decir no representa un riesgo para la salud de los visitantes.

Referencias

- Alturaifi, F. H., Almomatin, A. A., Badger-Emeka, L., Emeka, P. M., & Islam, M. M. (2019). Assessment of Microbiological Content of Private and Public Recreational Water Facilities and Their Antimicrobial Susceptibility Pattern in Al-Ahsa. *Environmental Health Insights*, 13, 1178630219887393. <https://doi.org/10.1177/1178630219887393>
- Amboage, E. S., Fernández, V. A. M., Boga, O. J., & Fernández, M. M. R. (2019). Redes sociales y promoción de destinos turísticos termales de la Eurorregión Galicia-Norte de Portugal. *Observatorio (OBS*)*, 13(1), Article 1. <https://doi.org/10.15847/obsOBS13120191108>
- Andueza, F., Chaucala, S., Vinueza, R., Escobar, S., Medina-Ramírez, G., Araque, J., Andueza, F., Chaucala, S., Vinueza, R., Escobar, S., Medina-Ramírez, G., & Araque, J. (2020). Calidad microbiológica de las aguas termales del balneario “El Tingo”. Pichincha. Ecuador. *Ars Pharmaceutica (Internet)*, 61(1), 15-25. <https://doi.org/10.30827/ars.v61i1.8378>
- Cabrera, J. A. J., & Pajares, C. G. (2023). Caracterización Físico-Química De Las Aguas Termales Del Balneario Aguas Calientes – San Marcos 2021. *Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo*. <http://repositorio.upagu.edu.pe/handle/UPAGU/2640>
- Cangahuamin, S. R. (2021). *Calidad fisicoquímica y microbiológica de las aguas termales del “Complejo Turístico Santa Catalina”, ubicado en Papallacta, provincia de Napo. Ecuador* [BachelorThesis, Quito: UCE]. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/24373>
- Centeno, R. (2019). Evaluación de la calidad de las aguas termales del balneario de Cocalmayo distrito de Santa Teresa, La Convención—Cusco. *Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco*. <https://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/2657>
- Das, S., Roy, G., Sherpa, M. T., Najar, I. N., & Thakur, N. (2020). Chemical Ecology and Microbial Quality Assessment of Water of Recreational Hot Springs of Sikkim Himalayas. *Journal of Water and Environment Technology*, 18(6), 398-414. <https://doi.org/10.2965/jwet.20-056>
- Edquén, 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*. <http://repositorio.unach.edu.pe/handle/20.500.14142/183>
- Gutierrez, M., Andueza, F., Araque, J., LUGO, A., & Chacon Rueda, Z. (2019). *Aislamiento y caracterización de bacterias cultivables de las aguas mesotermales de La Musuy, municipio Rangel del estado Mérida, Venezuela*. 38, 27-32.
- Huanca, H. (2019). *Caracterización Fisicoquímica asociada a la calidad Bacteriológica de las aguas Termales Hatun Putina de Cuyo Cuyo, Juliaca, mayo – julio 2018*. <http://repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/3146>
- Lozano, C. E. (2022, diciembre 21). *¿Qué son las aguas termales?* SpaRelajarse. <https://www.sparelajarse.com/es/salud-bienestar/tipos-de-agua-temal-por-temperatura-y-composicion>
- Mahaney, M. V., Rivera, J. F., & Ramos, J. L. M. (2019). Determinación de la calidad microbiológica de las aguas termales de Yura durante los meses de Septiembre a Diciembre, 2017. *Veritas*, 20(1), Article 1. <https://doi.org/10.35286/veritas.v20i1.231>

Melo, X. F., Rosa, I. N. de la, Wenzel, M. T., Diaz, M. M., Melo, X. F., Rosa2, I. N. de la, Wenzel3, M. T., & Diaz2, M. M. (2019). Cianobacterias ácido-termófilas del complejo termal Copahue, Neuquén, Argentina. *Darwiniana, nueva serie*, 7(1), 39-56. <https://doi.org/10.14522/darwiniana.2019.71.834>

Müggenburg, M. C., & Pérez, I. (2018). Tipos de estudio en el enfoque de investigación cuantitativa. *Enfermería Universitaria*, 4(1). <https://doi.org/10.22201/eneo.23958421e.2007.1.469>

Rahel, C., Adriyani, R., & Nurfitri, H. A. (2021). Health Risk in Hot Springs: A Literature Review. *Journal of Health Science and Prevention*, 5(2), Article 2. <https://doi.org/10.29080/jhsp.v5i2.524>

Rivera, I. G. (2021). *Evaluación de la concentración de los metales pesados (arsénico, plomo y zinc) en las aguas superficiales de la Laguna Patón, (Oyón, Perú)* [Universidad Científica del Sur]. <https://doi.org/10.21142/tl.2021.2072>

Sanchez, J. J., Young, I., Heasley, C., Kelly, J., Habjan, A., Waterhouse, R., & Tustin, J. (2021). Environmental factors associated with freshwater recreational water quality in Niagara Region, Ontario, Canada: A path analysis. *Epidemiology and Infection*, 149, e217. <https://doi.org/10.1017/S0950268821002120>

Sánchez Turcios, R. A. (2015). t-Student: Usos y abusos. *Revista Mexicana de Cardiología*, 26(1), 59-61.

Talavera, A., Arciniegas, S., Parra, Y. D. J., Araque, J., & Andueza, F. (2019). *Calidad microbiana de las aguas termales del Balneario Cununyacu. Pichincha. Ecuador*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.36059.08483>

Tirado, P., & Valverde, L. (2019). "Determinación del pH y concentración de metales totales de las aguas del Río Chimín, distrito Cachachi - 2018 y 2019. <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/22012/Tirado%20R%C3%ADos%20Pool%20Herless%20-%20Valverde%20G%C3%B3mez%20Lenin.pdf?sequence=4>

Anexos

6.1 Evidencia de sumisión del artículo en una revista de prestigio

**MEDIO AMBIENTE**
REVISTA DE CIENCIAS AMBIENTALES Y TECNOLÓGICAS

**IMTA**
INSTITUTO MEXICANO DE INVESTIGACIONES TECNOLÓGICAS

**Tecnología y Ciencias del Agua**

Jiutepec, Morelos, a 29 de noviembre de 2023

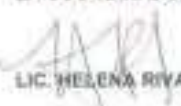
LUZ MARIA BURGA TARRILLO
UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN, PERÚ
P R E S E N T E

Con esta fecha recibimos en nuestra redacción su trabajo **Comparación de la calidad de aguas termales de "Paucaryacu" y "Don Grimaldo"** y la carta de originalidad respectiva.

Apreciamos su colaboración. De acuerdo con la Política Editorial de *Tecnología y ciencias del agua*, su texto será sometido a un proceso de revisión del cual le estaremos informando.

Sin más por el momento, le reitero nuestro agradecimiento por habernos distinguido con su confianza.

ATENTAMENTE
LA COORDINADORA EDITORIAL


LIC. HELENA RIVAS LÓPEZ

Revista Cuadernos EICC: Programa, CONACYT, México, Morelos, Toluca. Tel: (01) (777) 529 9652 ext. 522 y 525, fax: (01) (777) 529 9670 y 529 9681. Coordinación editorial y proceso de edición: coordinacion.editorial@unam.mx. Suscripciones: suscripciones@unam.mx. Registrada en Thomson Reuters Science Citation Index® (ISI) • Scopus® Thomson Reuters Research Alert® (ISI) • Índice de revistas mexicanas de investigación científica y tecnológica del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT, 2015,2018) • SRECC/Fondo Académico Proceso EICC: Geociencias, energía, medio ambiente, Oceanografía and Pesca y Acuicultura (Perucomar) • ProQuest (Cambridge Scientific Abstracts) • Science (Web of Science) • ProQuest Engineering, Fluid Mechanics, Oil Engineering • CAS Abstracts, CAS International • Latindex (Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal), Universidad Nacional Autónoma de México • Redalyc (Index de Revistas Latinoamericanas en Ciencias), Universidad Nacional Autónoma de México • Catálogo VIDA (Venezolana Latinoamericana), Universidad Nacional Autónoma de México • Aqualibris (Consorcio de CITA), Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas en Ciencias, Tecnología • Sistema de Información Científica Redalyc, Universidad Autónoma del Estado de México, Olan Sandoz. También puede consultarse en línea en Google académico.

Revista Cuadernos EICC: No. 5275, con Período: 01/01/2023, Jiutepec, Morelos.
Tel.: (777) 529 96 96 coordinacion.editorial@unam.mx

**2023 Francisco VIDA**

6.2 Copia de resolución de inscripción del perfil de proyecto de tesis en formato artículo aprobado por el consejo de la facultad correspondiente

"AÑO DEL FORTALECIMIENTO DE LA SOBERANÍA NACIONAL"

RESOLUCIÓN N° 0192-2022/UPeU-FIA-CF-T

Lima, Naña 01 de marzo de 2022

VISTO:

El expediente de **Luz María Burga Tarrillo**, identificado(a) con Código Universitario N° 201610857, de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión;

CONSIDERANDO:

Que la Universidad Peruana Unión tiene autonomía académica, administrativa y normativa, dentro del ámbito establecido por la Ley Universitaria N° 30220 y el Estatuto de la Universidad;

Que la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, mediante sus reglamentos académicos y administrativos, ha establecido las formas y procedimientos para la aprobación e inscripción del perfil de proyecto de tesis en formato artículo y la designación o nombramiento del asesor para la obtención del título profesional;

Que **Luz María Burga Tarrillo**, ha solicitado: la inscripción del perfil de proyecto de tesis titulado "Comparación de la calidad de las aguas termales de "Paucaryacu" y "Don Grimaldo" para uso recreacional en el distrito de Sauce." y la designación del Asesor, encargado de orientar y asesorar la ejecución del perfil de proyecto de tesis en formato artículo;

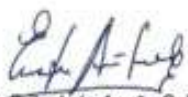
Estando a lo acordado en la sesión del Consejo de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, celebrada el 01 de marzo de 2022, y en aplicación del Estatuto y el Reglamento General de Investigación de la Universidad;

SE RESUELVE:

Aprobar el perfil de proyecto de tesis en formato artículo titulado "**Comparación de la calidad de las aguas termales de "Paucaryacu" y "Don Grimaldo" para uso recreacional en el distrito de Sauce.**" y disponer su inscripción en el registro correspondiente, designar al **Mtro. Carmelino Almestar Villegas** como ASESOR para que oriente y asesore la ejecución del perfil de proyecto de tesis en formato artículo el cual fue dictaminado por: **Dr. Victor Hugo Muñoz Delgado y Mtra. Kátherin Jina Luz Pinedo Gómez**, otorgándoles un plazo máximo de doce (12) meses para la ejecución.

Regístrese, comuníquese y archívese.




Dra. Erika Inés Acuña Salinas
DECANA




Santiago Ramírez López
SECRETARIO ACADÉMICO

CC:
-Interesado
-Asesor
Dirección General de Investigación
Archivo