

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



**CALIDAD DE AGUA SUPERFICIAL DESTINADAS PARA RECREACIÓN EN
TRES BALNEARIOS DE LA PROVINCIA DE LEONCIO PRADO, HUÁNUCO**

Tesis

Para optar el título de:

INGENIERO AMBIENTAL

PRESENTADO POR:

JAIR PACHECO SILVA

Tingo María – Perú

2023



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María- Perú
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES



ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS N° 087-2023-FRNR-UNAS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 08 de setiembre del 2023, a horas 9:00 a.m. de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Recursos Naturales Renovables para calificar la tesis titulada:

**“CALIDAD DE AGUA SUPERFICIAL DESTINADAS PARA RECREACIÓN
EN TRES BALNEARIOS DE LA PROVINCIA DE LEONCIO PRADO,
HUÁNUCO”.**

Presentado por el Bachiller: **PACHECO SILVA, Jair**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara **APROBADO** con el calificativo de **“MUY BUENA”**.

En consecuencia, el sustentante queda apto para optar el Título Profesional de **INGENIERO AMBIENTAL** que será aprobado por el Consejo de Facultad, Tramitándolo al Consejo Universitario para el otorgamiento del Título Correspondiente.

Tingo María, 03 de octubre de 2023

Dr. EDILBERTO CHUQUILIN BUSTAMANTE
PRESIDENTE

Dr. LUIS EDUARDO ORÉ CIERTO
MIEMBRO



Ing. M. Sc. SANDRA LORENA ZAVALA GUERRERO
MIEMBRO

M. Sc. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ ROMERO
ASESOR



"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 279- 2023 - CS-RIDUNAS

El Director de la Dirección de Gestión de Investigación de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, quien suscribe,

CERTIFICA QUE:

El Trabajo de Investigación; aprobó el proceso de revisión a través del software TURNITIN, evidenciándose en el informe de originalidad un índice de similitud no mayor del 25% (Art. 3° - Resolución N° 466-2019-CU-R-UNAS).

Programa de Estudio:

Ingeniería Ambiental

Tipo de documento:

Tesis	X	Trabajo de investigación	
-------	---	--------------------------	--

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE DE SIMILITUD
CALIDAD DE AGUA SUPERFICIAL DESTINADAS PARA RECREACIÓN EN TRES BALNEARIOS DE LA PROVINCIA DE LEONCIO PRADO, HUÁNUCO	JAIR PACHECO SILVA	22 % Veintidós

Tingo María, 13 de octubre de 2023


UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
DIRECCIÓN DE GESTIÓN DE LA INVESTIGACIÓN
Dr. Tomas Menacho Mallqui
DIRECTOR

C.C. Archivo

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



CALIDAD DE AGUA SUPERFICIAL DESTINADAS PARA RECREACIÓN EN TRES BALNEARIOS DE LA PROVINCIA DE LEONCIO PRADO, HUÁNUCO

Autor	: Jair Pacheco Silva
Asesor (es)	: Mtblgo. MSc. Luis Alberto Sánchez Romero
Escuela profesional	: Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental
Programa	: Microbiología
Línea de investigación	: Biodiversidad
Eje temático	: Determinar los microorganismos para mejorar la calidad de suelo, agua y aire.
Lugar de ejecución	: Balneario Cueva de las Pavas, Aguas Sulfurosas, Alcantarilla y Laboratorio de Microbiología.
Duración del trabajo	: 06 meses
Financiamiento	: 2872,65 soles Propio: sí

Tingo María - Perú

2023

DEDICATORIA

A Dios por darme la vida, salud y sabiduría permitiéndome llegar a este momento especial de mi vida, por los triunfos y momentos difíciles que me enseñaron a ser perseverante y fuerte cada día para lograr con mis metas trazadas.

A mi madre con mucho amor Norma Silva, por ser mi motor y mayor inspiración, por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, paciencia y motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien.

A mi hermano Eddy Pacheco, por ser un ejemplo de perseverancia, y lucha ante las adversidades, por su confianza y apoyo moral.

A mis abuelitos Yldefonsa de Silva y Ramon Silva que están en el cielo, por ser como padres y darme todo el apoyo incondicional en el trayecto de mi formación profesional y encaminarme en los caminos de Dios.

AGRADECIMIENTOS

A DIOS por guiarme y cuidarme durante todo el trayecto recorrido y darme las fuerzas para continuar a pesar de las adversidades siempre estuvo a mi lado ayudándome a superar mis miedos.

A mi madre y hermano por siempre brindarme el apoyo incondicional en mi formación personal y profesional.

A La Universidad Nacional Agraria de La Selva, en especial a la Facultad De Recursos Naturales y la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental que contribuyeron en mi formación profesional.

A mi asesor Mtblgo. M. Sc. Luis Alberto Sanches Romero, por su valiosa colaboración y conocimientos compartidos.

A mis jurados, Dr. Edilberto Chuquilin Bustamante, Dr. Luis Eduardo Ore Cierzo y Ing. MSc. Sandra Lorena Zavala Guerrero por las correcciones, recomendaciones y sugerencias brindadas en esta investigación.

Al Ing. Richard Sias Rodriguez, por brindarme su apoyo incondicional durante toda la ejecución de este trabajo de investigación.

Al Dr. Sc. Bioing. Btblgo. Mtblgo. Cesar Samuel López López, por la oportunidad y autorización de efectuar la investigación en el Laboratorio de Microbiología.

A todos mis amigos y colegas que me apoyaron directa e indirectamente en la culminación de la presente investigación.

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivos.....	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Antecedentes.....	3
2.1.1. Antecedentes internacionales	3
2.1.2. Antecedentes nacionales.....	4
2.1.3. Antecedentes locales	5
2.2. Marco conceptual	6
2.2.1. El turismo	6
2.2.2. Turismo en Tingo María.....	7
2.2.3. Calidad de agua	8
2.2.4. Parámetros fisicoquímicos	8
2.2.5. Aspectos microbiológicos de la calidad de agua.....	8
2.2.6. El uso recreacional del agua.....	10
III. MATERIALES Y MÉTODOS	11
3.1. Lugar de ejecución.....	11
3.1.1. Localización geográfica.....	11
3.1.2. Localización política	11
3.1.3. Características climáticas	12
3.2. Materiales y equipos.....	12
3.2.1. Materiales	12
3.2.2. Medios de cultivo	12
3.2.3. Equipos	12
3.3. Criterio de investigación.....	12
3.4. Metodología.....	15
3.4.1. Evaluación de los parámetros físicoquímicos del agua superficial destinadas para recreación en tres balnearios de la provincia de Leoncio Prado.....	15

3.4.2.	Evaluación de los parámetros microbiológicos del agua superficial destinadas para recreación en tres balnearios de la provincia de Leoncio Prado.....	17
3.4.3.	Determinación de la calidad del agua superficial destinadas para recreación en tres balnearios de la provincia de Leoncio Prado.....	18
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	19
4.1.	Evaluación de los parámetros físicoquímicos del agua superficial destinadas para recreación en tres balnearios de la provincia de Leoncio Prado, Huánuco	19
4.1.1.	Temperatura del agua en tres balnearios de la provincia de Leoncio Prado.....	19
4.1.2.	Oxígeno disuelto del agua en tres balnearios de la provincia de Leoncio Prado.....	21
4.1.3.	El pH del agua en tres balnearios de la provincia de Leoncio Prado.....	23
4.1.4.	Conductividad eléctrica del agua en tres balnearios de la provincia de Leoncio Prado.....	25
4.1.5.	Sólidos totales del agua en tres balnearios de la provincia de Leoncio Prado.....	27
4.1.6.	Dureza del agua en tres balnearios de la provincia de Leoncio Prado.....	29
4.1.7.	Turbiedad del agua en tres balnearios de la provincia de Leoncio Prado.....	30
4.1.8.	DBO ₅ del agua en tres balnearios de la provincia de Leoncio Prado.....	32
4.2.	Evaluación de los parámetros microbiológicos del agua superficial destinadas para recreación en tres balnearios de la provincia de Leoncio Prado, Huánuco	35
4.2.1.	Coliformes totales.....	35
4.2.2.	Microorganismos aerobios viables	37
4.2.3.	Mohos y levaduras.....	38
4.2.4.	Otros parámetros biológicos.....	39

4.3. Determinación de la calidad del agua superficial destinadas para recreación en tres balnearios de la provincia de Leoncio Prado.....	41
V. CONCLUSIONES	42
VI. PROPUESTAS A FUTURO.....	43
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	44
Anexo	49

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. Parámetros microbiológicos establecidos en los países de referencia para playas sumergidas.....	4
2. Operacionalización de variables.....	14
3. Temperatura del agua (°C) en tres balnearios destinadas a recreación.	19
4. Oxígeno disuelto del agua (ppm) en tres balnearios destinadas a recreación.	22
5. Nivel de pH del agua en tres balnearios destinadas a recreación.....	23
6. Conductividad eléctrica del agua ($\mu\text{S}/\text{cm}$) en tres balnearios destinadas a recreación.	25
7. Sólidos totales (mg/L) en el agua en tres balnearios destinadas a recreación.	27
8. Dureza del agua (ppm) en tres balnearios destinadas a recreación.	29
9. Turbiedad del agua (NTU) en tres balnearios destinadas a recreación.	31
10. DBO ₅ del agua (ppm) en tres balnearios destinadas a recreación.....	33
11. Coliformes totales (NMP/100ml) en el agua de tres balnearios destinadas a recreación.	35
12. Microorganismos aerobios viables del agua (UFC/100ml) en tres balnearios destinadas a recreación.	37
13. Mohos y levaduras del agua (UFC/100ml) en tres balnearios destinadas a recreación.	38
14. Coliformes termotolerantes y <i>Escherichia coli</i> , <i>Salmonella</i> , <i>Estafilococos</i> y <i>Vibrio cholerae</i> del agua en tres balnearios destinadas a recreación.	39
15. Categorización de Dinius (1987) para las aguas de los balnearios empleados con fines de recreación.....	41
16. Datos correspondientes a la temperatura, oxígeno disuelto y pH de tres balnearios de la provincia de Leoncio Prado.....	51
17. Datos correspondientes a la conductividad eléctrica, sólidos totales y dureza de tres balnearios de la provincia de Leoncio Prado.	52
18. Datos correspondientes a los nitratos, fosfatos, turbiedad y DBO ₅ de tres balnearios de la provincia de Leoncio Prado.....	53

19.	Datos correspondientes a los coliformes totales, coliformes termotolerantes y Escherichia de tres balnearios de la provincia de Leoncio Prado.....	54
20.	Datos correspondientes a salmonella, estafilococos y vibrio cholerae de tres balnearios de la provincia de Leoncio Prado.....	55
21.	Datos correspondientes a los microorganismos aerobias viables y mohos y levaduras de tres balnearios de la provincia de Leoncio Prado.....	56

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Esquema del diseño panel adaptado de Hernández et al. (2014).	13
2. Esquema del muestreo de las tres zonas turísticas.	14
3. Temperatura del agua en tres balnearios destinadas a recreación.	20
4. Oxígeno disuelto del agua en tres balnearios destinadas a recreación.	22
5. Nivel de pH del agua en tres balnearios destinadas a recreación.	24
6. Conductividad eléctrica del agua en tres balnearios destinadas a recreación.	26
7. Sólidos totales en el agua en tres balnearios destinadas a recreación.	28
8. Dureza del agua en tres balnearios destinadas a recreación.	30
9. Turbiedad del agua en tres balnearios destinadas a recreación.	31
10. DBO ₅ del agua en tres balnearios destinadas a recreación.	33
11. Coliformes totales en el agua de tres balnearios destinadas a recreación.	35
12. Microorganismos aerobios viables del agua en tres balnearios destinadas a recreación.	37
13. Mohos y levaduras del agua en tres balnearios destinadas a recreación.	38
14. Constancia de ejecución en el laboratorio de Microbiología.	57
15. Toma de coordenadas UTM del balneario Las Cuevas de las Pavas.	58
16. Recolección de muestras en el punto 1 del balneario Las Cuevas de las Pavas.	58
17. Medición de parámetros fisicoquímicos en el punto 1 de las Cuevas de las Pavas.	59
18. Medición de parámetros fisicoquímicos en el punto 2 de la Alcantarilla.	59
19. Medición de parámetros fisicoquímicos en el punto 2 de las Aguas Sulfurosas.	60
20. Lectura del Oxígeno Disuelto después de 5 días de incubación.	60
21. Lectura de las muestras de agua en el turbidímetro HACL TL2300.	61
22. Lectura de la muestra de Nitratos.	61
23. Preparación de caldos <i>E.coli</i> y Brilla en tubos de ensayo.	62
24. Siembra de muestras para análisis microbiológicos.	62

RESUMEN

Con la finalidad de determinar el índice de calidad del agua superficial destinadas para recreación en tres balnearios de la provincia de Leoncio Prado, Huánuco, se realizó la evaluación del agua en los balnearios Cueva de las Pavas (CLP), Aguas Sulfurosas (AS) y Las Alcantarillas (LA). Se hizo el muestreo, así como la determinación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en el punto de ingreso y salida del agua donde utilizan los bañistas, tanto en periodos de estiaje y avenida. Para el análisis de los datos se utilizó la estadística descriptiva. En los resultados se reporta que la temperatura promedio del agua no superaron los 25,44 °C en época de estiaje, el oxígeno disuelto es 7,07 ppm, el pH registra hasta 8,21, con conductividad eléctrica elevada en AS, los sólidos totales alcanzo 116,50 mg/l en época de estiaje, mayor dureza del agua posee AS, con bajos niveles de turbiedad y la DBO₅ fue elevado en la época de estiaje para CLP y LA. Hubo registro de mayor presencia de coliformes totales en los balnearios para la época de avenida, los microorganismos aerobios fueron más numerosos en la época de estiaje, hubo más variación de mohos y levaduras en la época de estiaje, además se encontró presencia en algunas repeticiones de coliformes termotolerantes y *Salmonella* sp. en época de estiaje para AS. Se concluye que, el agua de los balnearios analizados puede utilizarse para recreación, sugiriendo continuar su monitoreo debido a la variabilidad de los resultados.

Palabras clave: estiaje, avenida, *Coliformes*, *Salmonella*, DBO₅.

ABSTRACT

With the purpose of determining the quality index of the surface water designated for recreational [use] at three locations in the Leoncio Prado province of Huánuco, [Peru], an evaluation of the water from the locations of Cueva de las Pavas (CLP – acronym in Spanish), Aguas Sulfurosas (AS – acronym in Spanish), and Las Alcantarillas (LA – acronym in Spanish) was done. Sampling, as well as the determination of the physicochemical and microbiological parameters were done at the points bathers used to enter and exit the water; as much during dry season, as during wet season. For the data analysis, the descriptive statistic was used. For the results, it was reported that the average temperature of the water did not surpass 25.44°C during the dry season; the dissolved oxygen was 7.07 ppm; the pH registered up to 8.21, with an elevated conductivity at AS; the total solids reached 116.50 mg/l during the dry season; the AS had the hardest water, with low turbidity levels; and the DBO₅ was elevated during the dry season for the CLP and the LA. A greater presence of total coliforms was registered for the locations during the rainy season; the aerobic microorganisms were more numerous during the dry season; there was a greater variation of mold and yeast during the dry season; and moreover, the presence of some repetitions of thermotolerant coliforms and *Salmonella* sp. was found during the dry season for AS. It was concluded that the water at the locations analyzed can be used for recreational [purposes], [with the] suggestion of continual monitoring due to the variability of the results.

Keywords: dry season, wet season, coliforms, *Salmonella* sp., DBO₅

I. INTRODUCCIÓN

La actividad turística en muchos países del Mundo corresponde a una parte primordial de su economía debido a que incluye una amplia gama de actividades variables. La ciudad de Tingo María no es ajena a la actividad turística debido a que presenta muchas fuentes de agua que son aprovechados por los visitantes.

El agua, que entra en contacto con los visitantes al utilizar un medio acuático como parte de la recreación, puede transportar bacterias patógenas, que en muchos casos constituyen un peligro sanitario (OPS, 2001), existiendo una gran variedad de dichos microorganismos como *Salmonella*, *Citrobacter*, *Shigella*, *Escherichia*, *Klebsiella*, *Enterovirus*, *Pseudomonas*, *Vibrio*, *Aeromonas* y protozoarios, entre otros (Prats, 2005).

La provincia de Leoncio Prado se caracteriza por presentar varios balnearios que se ubican a diferentes distancias desde la ciudad de Tingo María siendo uno de sus factores determinantes sobre las cantidades de visitantes a dichos lugares, entre los lugares más visitados por parte de los bañistas se tiene a tres medios con mayor acogida como son Las Alcantarillas que posee una piscina artificial y la Cueva de las Pavas con varios espacios para que puedan bañarse, siendo una particularidad entre ambos que poseen ingreso libre, a esto se suma el balneario de Aguas Sulfurosas se caracteriza porque el agua sale entre las rocas y son contenidas en una piscina artificial que las personas visitantes entran en contacto directo con fines recreacionales hasta medicinales, siendo carente de información continua sobre la calidad del agua que presentan dichos medios recreativos.

Los balnearios dentro de la provincia de Leoncio Prado por lo general no se encuentran ubicados en medios donde no haya intervención humana, más aún se observan viviendas aledañas que en muchos casos evacuan sus aguas residuales a las fuentes de agua, terrenos de agricultores que con fines de no perder su producción optan en utilizar productos químicos y en algunos casos hasta se observan la crianza de animales menores, estas actividades hacen que se generen reportes de algunos contaminantes en el agua de los ríos y quebradas de la provincia como la presencia de coliformes en río Oro y la quebrada Quinceañera (Aucalla, 2019) y elevados valores de nitritos reportados en el río Huallaga (Dimas, 2011), por lo expuesto y no contando con información actualizada debido a que hay reportes muy antiguos como es el caso del Balneario La Alcantarilla donde indicaban la peligrosidad del uso de esta agua para recreación y consumo humano, existiendo a la fecha limitada información sobre la calidad física, química, bacteriológica y micológica que

podieran afectar de alguna manera a las personas que se bañan en las zonas en estudio, surge la interrogante ¿Cuál es la calidad del agua superficial destinadas para recreación en tres balnearios de la provincia de Leoncio Prado, Huánuco?

Al ejecutar el estudio se obtuvo información que esclareció los valores de la calidad del agua de los balnearios, ya que se entiende que las aguas residuales domésticas degradan el ambiente y pudieran ocasionarles enfermedad a los visitantes (Valadão y Araújo, 2012), debido a que en los lugares en estudio se encuentran factores que afectan la balneabilidad de un cuerpo hídrico (Aureliano, 2000). Se rechaza la hipótesis planteada concerniente a que, la calidad del agua superficial destinadas para recreación es mala en tres balnearios de la provincia de Leoncio Prado, Huánuco.

1.1. Objetivos

Objetivo general

- Determinar la calidad del agua superficial destinadas para recreación en tres balnearios de la provincia de Leoncio Prado, Huánuco.

Objetivos específicos

- Evaluar los parámetros fisicoquímicos del agua superficial destinadas para recreación en tres balnearios de la provincia de Leoncio Prado, Huánuco.
- Evaluar los parámetros microbiológicos del agua superficial destinadas para recreación en tres balnearios de la provincia de Leoncio Prado, Huánuco.
- Determinar la calidad del agua superficial destinadas para recreación en tres balnearios de la provincia de Leoncio Prado.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes internacionales

Escobar et al. (2021) en la laguna Colta de Ecuador registró valores elevados de conductividad eléctrica, encontrando un rango desde 903 hasta 1253 $\mu\text{s/cm}$, siendo la media de 1085 $\mu\text{s/cm}$ que lo califica a dicha agua con mineralización alta.

En la provincia de Córdoba, Nadal et al. (2017) realizaron un estudio del arroyo Chicamtoltina que pasa por la ciudad de Alta Gracia, posteriormente recibe los efluentes de la estación depuradora de agua residual (EDAR) y a 7,0 km más aguas abajo suele desembocar al río Anisacate que en temporada de estiaje es utilizada para recreación. Modelaron cuatro tramos del arroyo empleando el programa RIOS IV, encontrando que, la demanda biológica de oxígeno y el oxígeno disuelto muestran que dicho arroyo no logra autodepurarse posterior a la descarga de EDAR, permaneciendo la condición de hipoxia todo el tramo hasta que desemboca al río Anisacate afectando la vida que hay en dicho arroyo.

En Argentina, López et al. (2016) indican que, no existen leyes ni estándares que regulen en forma completa y segura la calidad del agua destinada a actividades recreativas. En junio de 2016 el grupo de autores realizaron un relevamiento de la calidad del agua de la laguna artificial ubicada en terrenos de la Agrupación de Ingenieros 601 en Campo de Mayo (Ejército Argentino), encontrando que el Coliformes totales hubo en 64 NMP /100 mL, siendo inferior al límite que considera 1000 NMP/100 mL para aguas recreativas, mientras que los Mesófilos Aerobios totales sobrepasaron al límite considerado como máximos para estos tipos de aguas.

En la Playa Manzanillo de México, Dimas et al. (2016) realizaron un estudio exploratorio visual macroscópico, fisicoquímico y bacteriológico, para evaluar la calidad del agua de mar. Encontraron que hubo abundantes residuos sólidos (basura), el agua de mar presentó altas concentraciones de Grasas y Aceites, Sólidos Suspendidos Totales y Enterococos que sobrepasan los Límites Máximos Permitidos de las Normas Oficiales Mexicanas.

En la ciudad de Cumaná (Venezuela), Martínez y Albarado (2013) recolectaron muestras de agua en 1 piscina pública y 4 privadas, codificadas de la A hasta la E; se contó los aerobios mesófilos en placas, el Número Más Probable (NMP) para coliformes totales (CT) y fecales (CF) e identificaron las bacterias por métodos convencionales. Las

bacterias Gramnegativas predominaron, en E (84,21%) y B (71.92%), *Klebsiella pneumoniae*, *Escherichia coli* y *Pseudomonas aeruginosa*. A presentó mayor número de *Staphylococcus epidermidis* y *Enterococcus faecalis*.

Hurtado et al. (2009) realizó un listado de parámetros ambientales para playas sumergidas en base a revisión de normas en cinco países (Tabla 1).

Tabla 1. Parámetros microbiológicos establecidos en los países de referencia para playas sumergidas.

Parámetros	Colombia	México	Cuba	Uruguay	Italia
Coliformes fecales	X	X	X	X	X
Coliformes totales	X		X		X
Estreptococos	X				X
<i>E. coli</i>					X
Enterococos		X			X

Fuente: Hurtado et al. (2009).

En tres municipios del estado de Carabobo, Colmenares et al. (2008) determinaron la presencia de microorganismos patógenos (*Pseudomonas aeruginosa* y coliformes totales y fecales) de ciertas piscinas. Las piscinas clasificadas como aptas para el uso por parte de los bañistas corresponden a una del Municipio Valencia y una del Municipio Naguanagua. Asimismo, se clasificaron como no aptas siete piscinas del Municipio Valencia, tres del Municipio San Diego y una del Municipio de Naguanagua.

En la playa la Boquita (México), Silva et al. (2007) realizaron 14 muestreos en cuatro estaciones a lo largo de dicha playa para evaluar la calidad bacteriológica del agua durante el periodo de máxima afluencia turística. Concluyeron que, la calidad bacteriológica del agua fue limpia sin riesgo sanitario antes del periodo de mayor afluencia turística, disminuyendo drásticamente hasta de riesgo sanitario durante la temporada vacacional.

2.1.2. Antecedentes nacionales

En la quebrada Simuy, Pinedo (2017) evaluó la calidad de agua en base al uso recreacional. De los dos parámetros microbiológicos estudiados como son el coliformes termotolerantes y *Escherichia coli*, ninguno cumplió el estándar de calidad ambiental para aguas superficiales con fines recreacionales con la cual ratificó el grado de contaminación de dicho recurso hídrico.

2.1.3. Antecedentes locales

Romero (2022) determinó la calidad del agua de la fuente de agua que se ubica cerca al centro poblado Capitán Arellano del distrito Luyando, evaluó en las épocas de estiaje y avenida. Utilizó ciertos parámetros de la fuente de agua, con los estándares de calidad ambiental del DS N° 004-2017- MINAM. Como resultado reporta que, la conductividad eléctrica fue de alta de Montaña, sólidos totales y el cloro se incrementó en el último mes de evaluación, pH recomendado, temperatura variable en los meses, Coliformes Totales y Coliformes Termotolerantes fueron observados en la toma de captación y las bacterias heterótrofas presentan valores que se encuentran aptas para su ingestión. Los coliformes totales y coliformes termotolerantes solo se encontraron en la toma de captación excediendo los valores del ECA, las bacterias heterótrofas son inferiores al estándar establecido en la normativa vigente.

Tolentino (2022) evaluó la calidad del agua para uso recreacional en el río Barranco, obtuvo 24 muestras de agua distribuidos en tres meses, dos veces por día y cuatro días por mes, luego se determinó los indicadores fisicoquímicos y microbiológicos del agua. Reporta que, la DBO₅, pH, oxígeno disuelto, turbiedad y temperatura, registran promedios de 4,33 ppm, 7,98, 7,71 ppm, 63,01 UNT y 27,42 °C, respectivamente; en el caso de coliformes totales, coliformes termotolerantes y *E. coli* registró promedios de 43,54 NMP/ 100 ml, 27,84 NMP/ 100 ml y 16,54 NMP/ 100 ml, mientras que, enterococos intestinales, *Cryptosporidium* sp y *Naegleria* sp. fueron ausentes, en 4 muestras de 24 obtenidas hubo presencia de *Salmonella* sp., y en 2 muestras se evidenció *Vibrio cholerae*, condición que sugiere no cumple con lo exigido en el ECA, sin embargo, el ICA alcanzó un valor promedio de 66,45 con la cual se clasifica de aceptable para el uso recreacional.

Luciani (2022) identificó cinco estaciones de muestreo en la quebrada Pérez en la microcuenca Santa Carmen del distrito de Mariano Dámaso Beraún, obtuvo muestras de agua para determinar los parámetros fisicoquímicos. Reportó que la temperatura, sólidos totales, turbidez, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto y demanda bioquímica de oxígeno fueron variable entre puntos de muestreo y también entre épocas de muestreo (junio y octubre).

En el río Tres de Mayo del Parque Nacional Tingo María, Medina et al. (2021) determinaron la calidad del agua en cuatro estaciones de muestreo y registraron valores de los parámetros fisicoquímicos como el pH (desde 7,6 hasta 9,9), oxígeno disuelto (desde 75 hasta 88%), DBO₅ (desde 0,72 hasta 2,58 ppm), SST (desde 165 hasta 270 ppm), turbidez (desde 0,7 hasta 1,8 NTU) y coliformes fecales (desde 22 hasta 110 Col/ 100 ml).

Suarez et al. (2021) evaluaron la calidad del agua mediante el índice de calidad del agua (ICA) a las quebradas Naranjal, Cocheros y Córdova, reportaron que en base a la norma del ECAs y el LMP su calificación viene a ser “Bueno” para que pueda ser consumido por las personas; además resalta variabilidad de los datos respecto a los indicadores fisicoquímicos en las temporadas de muestreo y las quebradas evaluadas.

Dionisio (2021) en la quebrada Cocheros registró valores promedios de dureza donde fluctuó desde 51,65 ppm en la temporada de estiaje hasta de 116,20 ppm para la temporada de avenida. El agua de la quebrada Asunción Saldaña, Linares (2013) encontró que los coliformes y *E. coli* están fuera del límite permisible para consumo directo, no hay parásitos, *Neogleria* y *Cryptosporidium*; y los parámetros físico-químicos están dentro de los límites.

En Tingo María, Villacorta (2009) estudió las aguas del balneario la Alcantarilla. Encontró coliformes fecales en un promedio de 541,52 m.o/ml, un 100 % en la presencia de salmonella, un 60% en presencia de *Naegleria* sp., 10% en presencia de *Cryptosporidium* sp, microorganismos mesófilos aerobios viables ($68,32 \times 10^3/\text{mL}$), estafilococos ($55,82 \times 10^3/\text{mL}$), estreptococos fecales ($44,8 \times 10^3/\text{mL}$) y fungi ($2,52 \times 10^3/\text{mL}$), concluyendo, la peligrosidad del uso de esta agua para recreación y consumo humano.

2.2. Marco conceptual

2.2.1. El turismo

El turismo aporta más de 10% del PBI mundial y genera cerca de 115 millones de puestos de trabajo. A nivel global es un sector en expansión, con 1.133 millones de llegadas internacionales registradas en 2014 por la Organización Mundial del Turismo (OMT), cuya estimación para 2030 eleva a los 1.800 millones (Were Are Water, 2017).

2.2.1.1. Impacto ambiental del turismo

En el sector turístico no todo es positivo. En un estudio de la Universidad de Sídney, la huella ecológica del sector ha superado los 4.500 millones de toneladas métricas en 2013, cuatro veces más de lo previsto, representando el 8% de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero. Si esta tendencia se mantiene, la huella de carbono del turismo mundial aumentará hasta un 40% antes de 2025, cuando alcanzará los 6.500 millones de toneladas métricas de CO₂, si no se cambian las políticas y los hábitos, según la misma investigación (Lenzen et al., 2008).

2.2.1.2. Turismo sostenible

El turismo sostenible ha pasado por una evolución en cuanto a su conceptualización, sin dejar de lado las tres esferas básicas de la sostenibilidad que lo han

acompañado de alguna manera en sus diferentes interpretaciones desde que surgió el primer concepto (Cardoso, 2006), estas esferas son: la sostenibilidad económica, la sostenibilidad ambiental y la sostenibilidad social-cultural.

2.2.2. Turismo en Tingo María

Tingo María es uno de los principales puntos turísticos del lugar gracias a que presenta una gran riqueza natural, además de un amplio número de parques nacionales, caídas de agua y escenarios rurales ideales para la práctica de deportes de aventura. A continuación, se describen los lugares donde se ejecutará el estudio:

2.2.2.1. Balneario Cueva de las Pavas

La Micro Cuenca Cueva de las Pavas, es un hermoso balneario turístico ubicada en la región Selva Alta a 8,5 Km. Al sureste de la ciudad de Tingo María a 712 msnm. Contrariamente a lo que indica su nombre este atractivo es una quebrada de aguas cristalinas en cuyas riberas crecen muchos árboles con frondosas copas que le dan aspecto de cueva; el verdadero nombre de esta quebrada es “Luconyupe” o micro cuenca de las Pavas y se comenta que en el lugar habitaban numerosas pavas silvestres y de allí proviene la denominación de “Cueva de las Pavas” (MPLP, 2019).

Al margen derecho de la quebrada el lugar cuenta con un sendero empedrado con miradores y escalinatas de acceso a las pozas, están protegidos por barandas y pasamanos para el cual se puede realizar el recorrido y disfrutar de los tranquilos remansos de agua que invitan a tomar un baño y refrescarse del intenso calor; asimismo en una de las pozas se observa una formación natural en roca de los glúteos y piernas de una hermosa mujer del cual se teje una leyenda muy sugestiva con el título “La Diosa del Agua”.

2.2.2.2. Balneario de Aguas Sulfurosas

Se encuentra en la Región de la Selva Alta, a 4.12 Km. al sureste de la ciudad de Tingo María, en la comunidad de Jacintillo a 675 m.s.n.m. y de fácil acceso, pues en encuentra a 20 metros de la carretera afirmada Tingo María - Monzón. Nace de la fisura de una roca gigante en la base del cerro Coto Mono formando una hermosa poza con características de piscina natural. La temperatura promedio del agua es de 18 °C durante el año. La calidad de agua es buena y fresca con propiedades curativas (para las infecciones ulcerosas de la piel y enfermedades estomacales), por tener concentración alta de azufre en su composición, razón por la que son bien concurridos los fines de semana (MPLP, 2019).

2.2.2.3. Balneario Las Alcantarillas

Se encuentra ubicado a una distancia de 5 kilómetros desde la ciudad de Tingo María, se enmarca en la margen derecha de la carretera central, dicho

balneario es muy concurrido por chicos y jóvenes, durante todos los días de la semana. Es un lugar muy pintoresco y hermoso (MPLP, 2019).

2.2.3. Calidad de agua

De acuerdo al Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, en su Artículo 3.- Categorías de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua señala que para la aplicación de los ECA para agua se debe considerar las precisiones sobre su categoría 1 categorizado como “Poblacional y recreacional”, en donde enmarca la siguiente subcategoría:

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

B1. Contacto primario. Son aguas destinadas al uso recreativo de contacto primario por la Autoridad de Salud, para el desarrollo de actividades como la natación, el esquí acuático, el buceo libre, el surf, el canotaje, la navegación en tabla a vela, la moto acuática, la pesca submarina o similares.

2.2.4. Parámetros fisicoquímicos

2.2.4.1. Oxígeno disuelto

Peña (2007) señala que el oxígeno disuelto fluctúa entre 0 a 18 ppm, siendo requerido en los ríos valores superiores a 5 ppm y en el caso de que el valor sea inferior a 3 ppm se dañan a la fauna ictiológica, mientras que al descender a valores inferiores a 2 o 1 ppm hay mortalidad de los peces.

2.2.5. Aspectos microbiológicos de la calidad de agua

2.2.5.1. Coliformes

Los organismos patógenos forman parte de los coliformes, pero no todos los coliformes son patógenos, por lo que la presencia de coliformes en una muestra de agua no necesariamente indica la presencia de organismos causantes de enfermedad, pero, para considerar un agua segura para beber o para actividades en las cuales el hombre tiene contacto íntimo con el agua, debe estar libre de organismos coliformes (Rocha, 2010).

2.2.5.2. Coliformes totales

Las bacterias coliformes se toman como indicadores de contaminación del agua porque provienen del tracto intestinal y materia fecal del hombre y los animales, sobreviven largo tiempo en el agua y son fáciles de detectar (López et al., 2016.).

2.2.5.3. Mesófilos aerobios totales

Los microorganismos mesófilos totales rara vez constituyen un peligro por sí mismos, su presencia indica posible contacto del agua con fuentes contaminadas o falta de higiene de los reservorios y tanques de almacenamiento (López et al., 2016).

2.2.5.4. Coliformes termotolerantes

De acuerdo con la American Public Health Association (APHA, 2005), el grupo Coliforme está formado por todas las bacterias aerobias y anaerobias facultativas gram-negativas, que no forman esporas y tienen forma de bastón. Los coliformes termotolerantes constituyen un subgrupo del mismo, que tiene como características la presencia de la enzima β -galactosidasa y la capacidad de fermentar la lactosa con producción de gas en 24 horas a la temperatura de 44-45°C, en medios que contienen sales biliares u otros agentes tenso-activos con propiedad inhibidora semejante (CONAMA, 2000).

Este subgrupo se diferencia de los demás por soportar temperaturas más elevadas, y por esta razón son denominados termotolerantes, los cuales según Ceballos (2000), están formados principalmente por *Escherichia coli* y, con menor representatividad por otras enterobacterias que forman el grupo de coliformes: *Klebsiella*, *Citrobacter* y *Enterobacter*.

2.2.5.5. *Escherichia coli*

Pertenece a la familia enterobacteriaceae, siendo caracterizada, de acuerdo con la resolución N° 274 del CONAMA, por la presencia de las enzimas β -galactosidasa y β -glucosidasa. Se desarrolla en medios complejos a la temperatura de 44-45 °C, fermenta la lactosa y manitol, produciendo ácido y gas, y produce indol a partir del ácido triptófano (CONAMA, 2000).

Bacteria presente en las heces humanas y de animales, siendo encontrada en aguas residuales domésticas, aguas naturales y suelos que recibieron contaminación fecal reciente. *E. coli* es el único Coliforme exclusivo de las heces animales homeotérmicos (hombre, animales silvestres, domésticos y de granja, mamíferos y aves), se compone de 109 bacterias/g de heces aprox. (Ceballos, 2000). Para Von Sperling (2005), el agua utilizada para la recreación por contacto primario, debe estar libre de sustancias químicas y organismos perjudiciales a la salud, y con bajo contenido de sólidos en suspensión y aceites y grasas.

2.2.5.6. *Vibrio cholerae*

Fernandez y Alonso (2009) luego de realizar un artículo de revisión determinan que, la transmisión del Cólera se produce predominantemente a través de

agua o alimentos contaminados con materia fecal. Además, *V. cholerae* viene a ser una especie muy definida sobre las bases de los ensayos bioquímicos, recalando que la especie no es homogénea refiriéndose a su potencial patógeno, ya que por la presencia de antígenos somáticos termoestables O, determinaron más de 200 serogrupos de *V. cholerae*, de los cuales, solo O₁ y el O₁₃₉ ocasionaron epidemias de Cólera.

Los autores mencionados añaden que, *V. cholerae* permanecen viables en medios acuáticos, siendo capaz de transformarse al estado cultivable al encontrar condiciones favorables, registrándose reportes donde aclaran que pueden adherirse a la quitina de los caparzones de ciertos crustáceos, repoblando la parte superficial de las algas, raíces de plantas acuáticas, copépodos y fitoplancton; estos organismos sobre el plancton se encuentran en estado "viable no cultivable" siendo una manera de que sobrevivan en el ambiente y luego de que se inoculen a personas voluntarias les ocasiona una acumulación de abundante fluido y diarrea.

De acuerdo a una ficha de seguridad de patógenos publicado por la Agencia de Salud Pública de Canadá (PHAC, 2010), añaden que, el serogrupo O₇₅ con el gen de la toxina del cólera fue aislado de personas que presentaban diarrea grave, y en el caso del serogrupo O₁₄₁ fue encontrado en una persona que presentaba diarrea esporádica parecido al cólera e infecciones del torrente sanguíneo. El cólera puede sobrevivir fuera del huésped desde un día hasta 35 días en el caso que una hortaliza haya tocado agua contaminada y se haya guardado en hielo.

2.2.6. El uso recreacional del agua

Es la calidad del agua que será utilizada para la recreación de contacto primario, siendo esta entendida como un contacto directo y prolongado con el agua (deportes acuáticos), donde se tiene la posibilidad de ingerir cantidades apreciables de la misma (Cetesb, 2007 y Ramalho, 2009).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

3.1.1. Localización geográfica

La recolección de los datos para el presente estudio se ejecutó en tres lugares turísticos ubicados en la provincia de Leoncio Prado, geográficamente se encuentran en las coordenadas siguientes:

- Balneario Cueva de las Pavas
Este : 392 874,40
Norte : 8 964 012,00
Altitud : 711 msnm
- Balneario Aguas Sulfurosas
Este : 387 203,90
Norte : 8 969 153,20
Altitud : 684 msnm
- Balneario Las Alcantarillas
Este : 392 517,00
Norte : 8 966 172,80
Altitud : 707 msnm

3.1.2. Localización política

Políticamente los balnearios se encuentran enmarcadas en:

- Balneario Cueva de las Pavas
Departamento : Huánuco
Provincia : Leoncio Prado
Distrito : Mariano Damaso Beraun
- Balneario Aguas Sulfurosas
Departamento : Huánuco
Provincia : Leoncio Prado
Distrito : Mariano Damaso Beraun
- Balneario Las Alcantarillas
Departamento : Huánuco
Provincia : Leoncio Prado
Distrito : Mariano Damaso Beraun

3.1.3. Características climáticas

El clima de manera general correspondiente a dicha provincia es tropical, con temperaturas medias anuales que oscilan alrededor de los 24,5 °C, llegando hasta máximas de los 31,0 °C que se registran en los meses de agosto y hasta los 18 °C correspondientes a los meses con presencia seguida en los meses de lluvia. De acuerdo al diagrama bioclimático de Holdridge, el Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA, 1995) considera en el mapa ecológico que, dichos lugares turísticos corresponden al bosque muy húmedo Pre montano Tropical (bmh - PT).

3.2. Materiales y equipos

3.2.1. Materiales

Para recolectar las muestras se necesitaron guantes quirúrgicos, mascarilla quirúrgica, gorro, envases de vidrio con capacidad volumétrica de 500 mL, libreta de campo, plumón indeleble, etiquetas y una caja de tecnopor. Para el caso del laboratorio, se utilizó matraz Erlenmeyer, gradillas para tubos de ensayos, tubos de ensayo, pipetas, mechero Bunsen, placas Petri, asa de siembra, embudo de vidrio, vasos precipitados, rotuladores, papel mantequilla, parafina, piceta y algodón.

3.2.2. Medios de cultivo

Se consideró medios de cultivos como: Agar Sabouraud, Agar Plate Count, Agar salmonella shigella (SS), Agar Lisina Hierra (LIA), Agar tiosulfato Citrato Bilis sacarosa (TCBS), Agar agar y Agar Manitol Salado. Además, se utilizarán caldos como: Caldo peptonado 0,1%, caldo selenite cistina, caldo *E. coli*, caldo tetrionato, caldo nutritivo con NaCl y caldo Verde Brillante-Bilis Lactosa (BRILLA).

3.2.3. Equipos

Se utilizó la estufa, balanza analítica, baño maría, autoclave de laboratorio 1925X, medidor multiparámetro Hanna HI98194, cámara fotográfica, turbidímetro HACH TL 2300 y el receptor GPSMAP 64sx - Garmin.

3.3. Criterio de investigación

El tipo de estudio. Según Ñaupas et al. (2014) y lo explicado por Supo (2012), la tesis ejecutada fue de tipo longitudinal debido a que se realizó más de una medición de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos en un mismo punto de muestreo determinado por el tiempo de la temporada anual que es muy marcada en la zona de estudio.

Diseño de estudio. Según Hernández et al. (2014), el diseño del estudio empleado fue no experimental de tipo panel (Figura 1), debido a que se realizaron las mediciones en dos momentos como son las temporadas del año (longitudinal) y también en

ambas mediciones se realizaron a los mismos balnearios y en los mismos puntos de muestreo como fueron la entrada y salida del agua (panel).

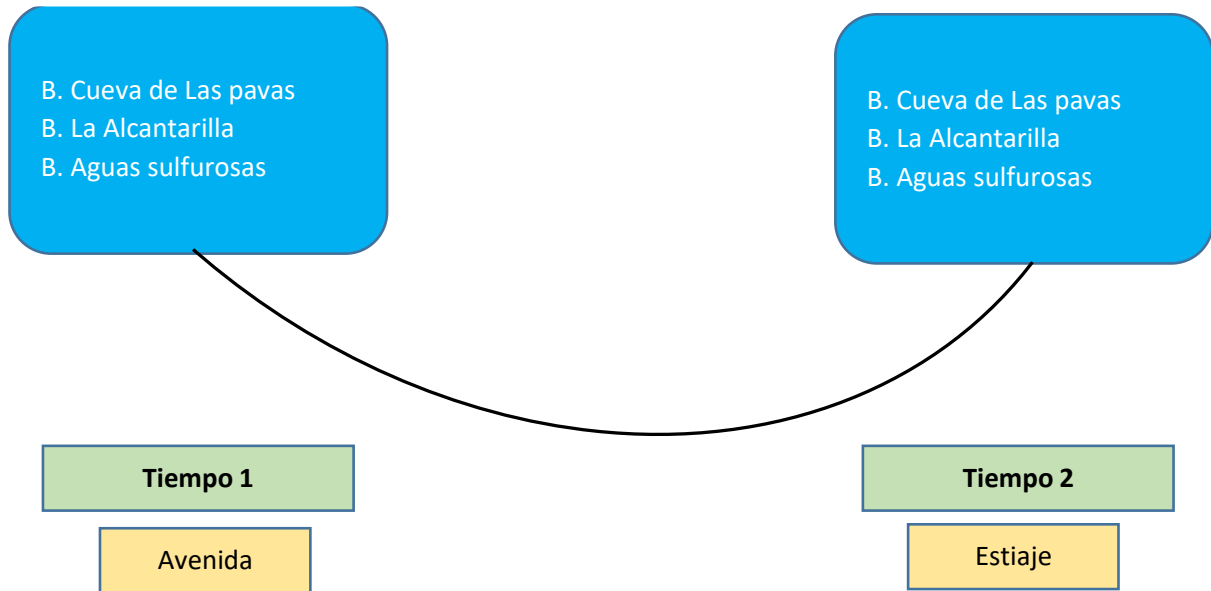


Figura 1. Esquema del diseño panel adaptado de Hernández et al. (2014).

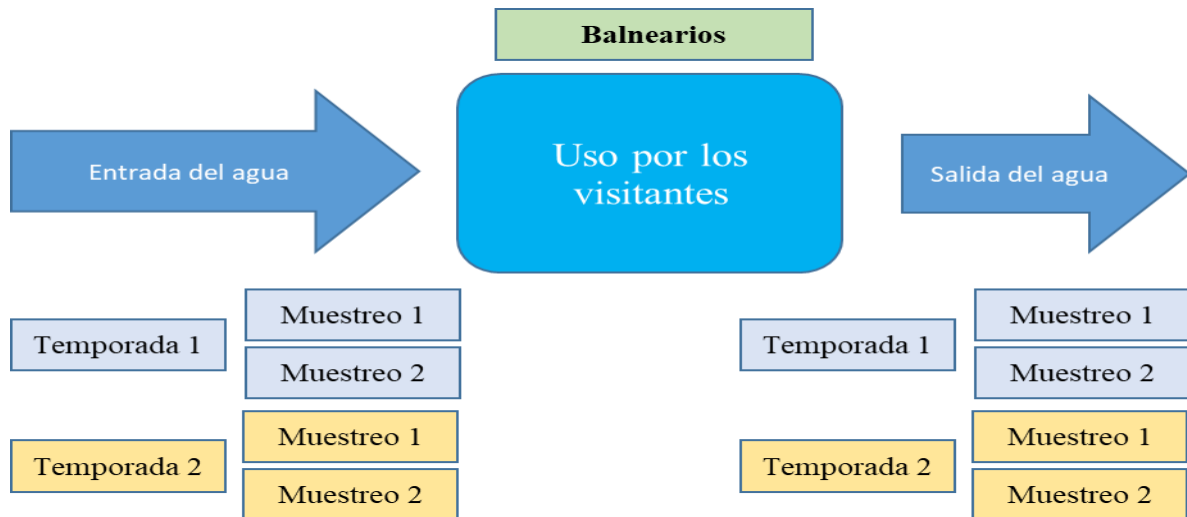
Nivel de estudio. Fue de nivel descriptivo (Ñaupás et al., 2014) debido a que se los resultados poseen características que fueron analizadas mediante el uso de la estadística descriptiva concerniente a la obtención del promedio y el coeficiente de variación, dicho de otra manera, este nivel de estudio determina e informa los modos de ser de los objetos.

Población. Estuvieron representados por todos los balnearios que se encuentran en la provincia de Leoncio Prado, debido a que según Ñaupás et al. (2014), la población puede ser definida como el total de las unidades de estudio, que contienen las características requeridas (para el caso del presente estudio tienen que ser balnearios), para ser consideradas como tales.

Muestra. Corresponden los tres balnearios (Alarcón y Ñique, 2016) donde se colectó 500 mL de agua de los puntos de muestreo (Figura 2).

Unidad de estudio. Son los tres lugares turísticos, ya que de acuerdo a Supo (2019) la unidad de estudio contiene a la variable de estudio.

Unidad de análisis. Las unidades de análisis corresponden a las muestras de agua (500mL) que se llevaron al laboratorio, debido a que Supo (2019) señala que, es la mínima cantidad de sustancia requerida para obtener el dato, esta cantidad es definida por el tesista para realizar sus mediciones.



Temporada 1: estiaje (julio y agosto). Temporada 2: avenida (noviembre y febrero)

Figura 2. Esquema del muestreo de las tres zonas turísticas.

Variables estudiadas. Se consideró a las siguientes:

- Variable de interés : Tres balnearios
- Variable de caracterización : Calidad de agua superficial
- Variable interviniente : Distrito Mariano Damaso Beraun

Tabla 2. Operacionalización de variables.

Variables	Dimensión	Definición operacional	Indicadores
Variable de caracterización: Calidad de agua superficial	Dy ₁ : Parámetros fisicoquímicos	Características medibles que posean magnitudes físicas y materia homogénea cuya composición es fija así como químicamente definida.	Temperatura Oxígeno disuelto pH CE Sólidos totales Dureza Turbiedad Nitrato Fosfato DBO ₅
	Dy ₂ : Parámetro microbiológico	Características de los microorganismos, seres vivos diminutos no visibles al ojo humano medibles que posean magnitudes físicas	Coliformes totales Microorganismos aerobios viables Mohos y levaduras Coliformes termotolerantes y <i>Escherichia coli</i> Salmonella Estafilococos <i>Vibrio cholerae</i>
Variable de interés: Balnearios	Dx ₁ : Los balnearios	Lugar que se encuentra junto a la quebrada o arroyo, que funciona como medio recreacional.	Cueva de Las Pavas La Alcantarilla Aguas Sulfurosas

Análisis de datos. Se realizó el cálculo del valor central de un conjunto de números mediante el promedio aritmético, procediendo a través de una suma de todos los valores (dos repeticiones por cada punto de análisis) y luego se tuvo que dividir esta suma por la cantidad de valores en el conjunto (dos).

Otro de los estadísticos calculados fue el coeficiente con la cual se expresó la variabilidad relativa de un conjunto de datos (dos datos por cada punto de muestreo) en términos porcentuales. Su cálculo se realizó dividiendo la desviación estándar de los datos entre su promedio y luego se realizó una multiplicación por 100 con la finalidad de que se obtenga el resultado en forma de porcentaje.

El valor del coeficiente de variación bajo fue indicativo de que la dispersión relativa de los datos fue pequeña en comparación con el promedio, mientras que un coeficiente de variación alto fue indicativo de que la dispersión relativa fue grande en relación con el promedio.

Además, se añadió figuras donde fueron elaboradas en base a los promedios obtenidos y para algunos indicadores se le añadió los valores de los límites considerados de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua (DS N° 004-2017-MINAM, 2017).

3.4. Metodología

3.4.1. Evaluación de los parámetros fisicoquímicos del agua superficial destinadas para recreación en tres balnearios de la provincia de Leoncio Prado

Se realizaron mediciones en el mismo lugar como el pH, temperatura y oxígeno disuelto, mientras que para los demás indicadores se recolectaron muestras en los tres balnearios: la Cueva de las Pavas (10:00 am), Las Alcantarillas (11:00 am) y las Aguas Sulfurosas (12:00 pm). La actividad del muestreo se ejecutó teniendo en consideración el método publicado por la Asociación Americana de Salud Pública (APHA, 2017); dicho procedimiento consistió en utilizar un frasco de vidrio esterilizado de boca ancha con tapa, una capacidad de 500 mL debidamente limpias y esos se encontraron debidamente rotuladas. Además, para identificar el punto de la toma de muestras se evitó realizar actividades en áreas de turbulencia excesiva, considerando la profundidad y velocidad de la corriente (ANA, 2016).

Los frascos con las muestras de agua fueron colocados para su conservación en una caja térmica (tecnopor) a temperatura de 4 °C que se logró con el acondicionado hielo entre los frascos de las muestras, posteriormente dichas cajas bien rotuladas fueron transportadas hacia el laboratorio de microbiología para sus respectivos

análisis que no tuvieron que ser posterior a las 24 horas. Una vez las muestras en el laboratorio, se utilizaron diversos métodos enmarcados para la determinación de los parámetros del agua, siendo estos los siguientes:

- Determinación del pH. Obtenido mediante el método electrométrico utilizando un potenciómetro HANNA HI 8424 (APHA, 2017).
- Determinación de temperatura. Se utilizó un termómetro digital.
- Determinación del oxígeno disuelto (OD). Se prosiguió el método electrométrico (APHA, 2017).
- Determinación de la DBO₅. Se determinó utilizando el oxímetro de membrana, consiguiente al método de dilución (APHA, 2017).
- Determinación de turbiedad. Se usó turbidímetro HACH 2100P (APHA, 2017).
- Determinación de la conductividad. Se prosiguió el método APHA 2510 A (APHA, 2017).
- Determinación de sólidos totales. Se determinó por el método N° 2540 APHA (2017), que estuvo basado en la técnica de diferencia de pesos sobre papel filtro, siendo la fórmula utilizada la siguiente:

$$ST(mg/L) = \frac{A - B}{\text{Volumen de la muestra (L)}} \times 1000 \dots\dots\dots (1)$$

Donde:

A= Peso del papel filtro + residuo seco (g), peso final

B= Peso del papel filtro (g), peso inicial

- Determinación de dureza. Se determinó mediante titulación con EDTA prosiguiendo el método 2340 C (APHA, 2017).
- Determinación de nitratos y fosfatos. Se determinó mediante el equipo de prueba de nitrato HANNA HI 3874.

Una vez obtenido los valores promedios de cada parámetro evaluado, se procedió a realizar una comparación con los límites enmarcados en el DS N° 004-2017-MINAM (2017), específicamente en la categoría B que refiere a las Aguas superficiales destinadas para recreación y el acápite B1, que corresponde al uso de contacto primario, siendo los límites siguientes:

- Oxígeno disuelto donde se le considera que el valor debe ser superior o igual a 5,0 ppm.

- Nivel de pH donde se le considera que el valor debe encontrarse en el rango entre 6,0 hasta 9,0.
- Turbiedad considera como límite a 100 NTU.
- Demanda bioquímica de oxígeno determinado como límite permisible a 5 ppm.

3.4.2. Evaluación de los parámetros microbiológicos del agua superficial destinadas para recreación en tres balnearios de la provincia de Leoncio Prado

De las muestras colectadas de agua se les analizó los siguientes:

- Coliformes totales. Se prosiguió el protocolo de prácticas de Microbiología Ambiental presentado por López (2012). Se determinó el índice NMP de la tabla y se calculó el NMP por 100 ml mediante la fórmula siguiente:

$$\text{NMP}/100 \text{ ml} = (\text{Índice NMP (Tabla)} \times \text{dilución intermedia}) / 100 \dots\dots (2)$$

- Enumeración de coliformes termotolerantes y *Escherichia coli*. Similar al anterior indicador, se prosiguió el protocolo descrito por López (2012). Se calculó el NMP de la fórmula siguiente:

$$\text{NMP}/100 \text{ ml} = (\text{Índice NMP (Tabla)} \times \text{dilución intermedia}) / 100 \dots\dots\dots (3)$$

- Determinación de salmonella. Se determinó prosiguiendo el protocolo descrito por López (2012).
- Determinación de Estafilococos. Se determinó prosiguiendo el protocolo descrito por López (2012).
- Determinación de Vibrio Cholerae. Se determinó prosiguiendo el protocolo descrito por López (2012).
- Enumeración de microorganismos aerobios viables. De la muestra orgánica se sacó 10 ml y se depositó en un matraz de 90 ml de caldo peptonado al 0,1% que va ser la dilución, se llevó a placas vacías esterilizadas un inculo de 1 ml, luego se adicionó 20 ml de Agar Plate Count dejándolo solidificar las placas con el medio Plate Count, luego se llevó a incubación las placas de agar Plate Count a incubar a temperatura ambiente de 24 a 72 horas. Finalmente se verificó la presencia y se calculó el número de microorganismos aerobios viables aplicando la fórmula siguiente:

$$\text{NMAV} = \text{N}^\circ \text{ colonias} \times \text{inculo de siembra} \times \text{Factor de dilución} \dots\dots (4)$$

- Enumeración de mohos y levaduras. De la muestra orgánica se sacó 10 ml y se depositó en un matraz de 90 ml de caldo peptonado al 0,1 % que va ser la

dilución 10^{-1} , luego se sacó 1 ml y se llevó a un tubo con caldo peptonado con 9 ml que fue la dilución 10^{-2} de manera similar para las diluciones 10^{-3} y 10^{-4} , de la última dilución se llevó a placas vacías esterilizadas un inóculo de 1 ml, luego se adicionó 20 ml de Agar Sabouraud glucosado al 4% dejándolo solidificar las placas con el medio Sabouraud, luego se llevó a incubación las placas de agar Sabouraud a temperatura ambiente de 24 a 72 horas. Posteriormente se verificó la presencia de colonias fungí y se calculó el número de fungí mediante:

$$M.o \text{ fungí} = N^{\circ} \text{ colonias} \times \text{inóculo de siembra} \times \text{Factor de dilución} \dots\dots (5)$$

3.4.3. Determinación de la calidad del agua superficial destinadas para recreación en tres balnearios de la provincia de Leoncio Prado

Para determinar el índice de calidad del agua, se procesaron los datos y se tuvieron que comparar con los límites considerados en el DS N° 004-2017-MINAM (B: Aguas superficiales destinadas para recreación y el acápite B1. Contacto primario). Con la finalidad de clasificar la calidad del agua de los balnearios en estudio se calculó el ICA de Dinius (1987), en donde la fórmula utilizada presentó la forma de:

$$ICA = \prod_{i=1}^5 [Q_i^{W_i}] = (Q_1^{W_1})(Q_2^{W_2})(Q_3^{W_3})(Q_4^{W_4})(Q_5^{W_5})$$

Siendo:

- Q_i : Calidad del parámetro i
- W_1 : Peso o porcentaje asignado al oxígeno disuelto
- W_2 : Peso o porcentaje asignado al pH
- W_3 : Peso o porcentaje asignado a la turbiedad
- W_4 : Peso o porcentaje asignado a la DBO₅.
- W_5 : Peso o porcentaje asignado al coliformes totales

Las categorías de la calidad estuvieron representadas por:

- Excelente (70% a 100%)
- Aceptable (60% a 70%)
- Levemente contaminado (50% a 60%)
- Contaminado (40% a 50%)
- Fuertemente contaminado (30% a 40%)
- Extremadamente contaminado (0% a 30%)

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Evaluación de los parámetros fisicoquímicos del agua superficial destinadas para recreación en tres balnearios de la provincia de Leoncio Prado, Huánuco

4.1.1. Temperatura del agua en tres balnearios de la provincia de Leoncio Prado

Las condiciones de temperatura del agua en los dos periodos de muestreo fueron diferentes con reportes superiores de los promedios de 23,95 °C en estiaje y 22,67 °C en avenida para el balneario Cueva de Las Pavas, con 24,31 °C en estiaje y 23,34 °C en avenida para el balneario La Alcantarilla, con 25,44 °C en estiaje y 24,45 °C en avenida para el balneario Aguas Sulfurosas; además, se registró ligera variación de los valores de la temperatura entre la entrada del agua hacia el balneario y en la salida posterior al área donde las personas entran en contacto primario (Tabla 3 y Figura 3).

Menores fueron los valores de la temperatura del agua en la temporada de avenida con promedios que fluctuaron desde los 22,65 °C hasta los 24,45 °C en los balnearios en estudio (Tabla 3 y Figura 3); este comportamiento también se vio reflejada en el estudio llevado a cabo por Luciani (2022) considerando cinco estaciones de muestreo en la quebrada Pérez en la microcuenca Santa Carmen del distrito de Mariano Dámaso Beraún, siendo los valores elevados en el mes de junio (24,5 °C) en comparación a la evaluación realizada en el mes de octubre (21,5 °C) la cual está estrechamente vinculada a la presencia de lluvias y la nubosidad que hacen disminuir la temperatura del medio así como del agua, además, se observan variaciones de temperatura en los puntos de muestreo, siendo menor en la parte más alta y se va incrementando hacia la parte más baja, que es consecuencia debido a que hubieron área intervenidas en el recorrido de la quebrada que lo dejaron sin árboles aledaños y los rayos solares incrementan el valor de la temperatura.

Tabla 3. Temperatura del agua (°C) en tres balnearios destinadas a recreación.

Balneario	Estiaje				Avenida			
	Entrada		Salida		Entrada		Salida	
	Media	CV (%)	Media	CV (%)	Media	CV (%)	Media	CV (%)
CLP	23,95	5,75	23,85	5,43	22,67	4,55	22,65	4,37
LA	24,31	5,83	23,86	5,14	23,34	6,21	23,32	5,83
AS	25,44	7,02	25,13	5,49	24,45	8,81	24,41	7,20

CLP: Cueva de Las Pavas; LA: La Alcantarilla; AS: Aguas Sulfurosas

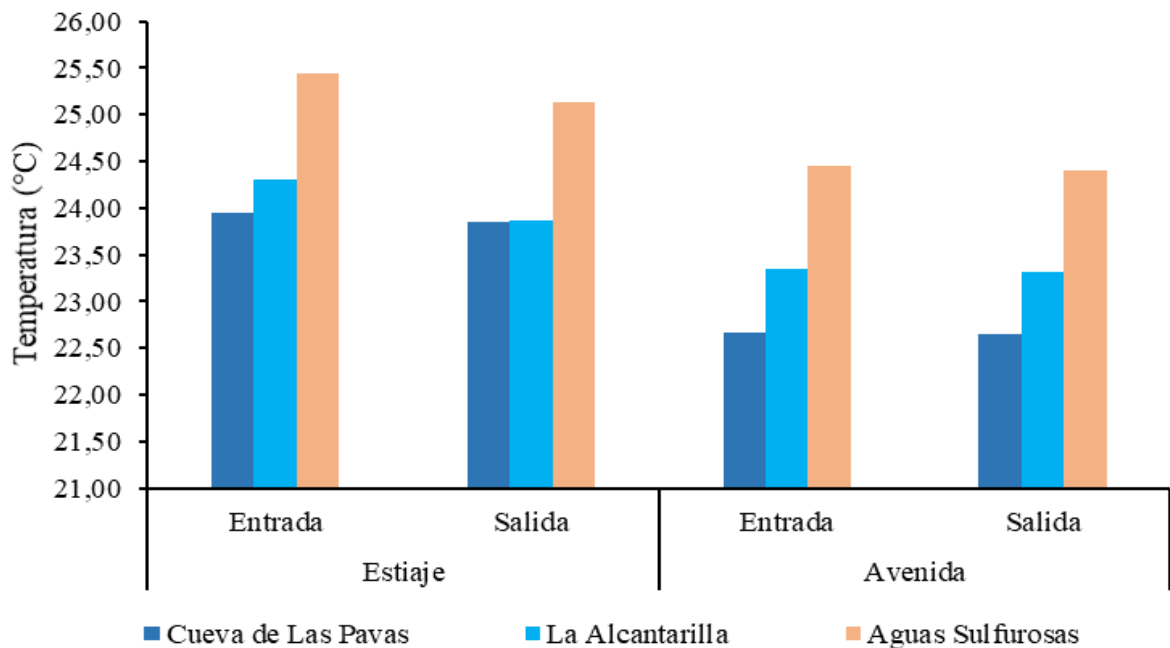


Figura 3. Temperatura del agua en tres balnearios destinadas a recreación.

La temperatura promedio del agua en los balnearios no superaron los 25,44 °C, observándose ligera superioridad de los valores en el balneario Aguas Sulfurosas debido a que el agua se encuentra acumulada en el punto inicial en forma de una piscina y recibe directamente los rayos solares en mayor medida durante las horas de la mañana extendiéndose hasta las 2:00 pm aproximadamente, mientras que en los dos balnearios restantes los valores fueron menores debido a la vegetación circundante al recorrido de la quebraba que otorga el agua a los puntos donde los visitantes lo utilizan para recreación, esta variación de temperatura entre un lugar y otro lo reporta en el estudio de Tolentino (2022) al determinar la calidad del agua utilizada para recreación del río Barranco donde en la parte más alta encontró una media de 26,86 °C y en la parte baja incrementó su valor a 27,98 °C, variación atribuido a que durante su recorrido entre ambos puntos hay espacios libres aperturados por la intervención humana o de forma natural donde a través de ellos los rayos del sol llegan directamente al agua y se van calentando.

Hubo variación de los valores correspondiente a la temperatura del agua tanto en puntos de muestreo, temporadas de muestreo (desde 23,85 °C hasta 25,4 °C en estiaje y desde 22,65 °C hasta 24,45 °C en avenida) y también entre promedios superiores de los balnearios evaluados (con 23,95 °C en la Cueva de las Pavas, 24,31 °C en La Alcantarilla y 25,44 °C en las Aguas Sulfurosas), reportes inferiores lo señalan Medina et al. (2021) al evaluar el río Tres de Mayo del Parque Nacional Tingo María, donde registraron valores de la

temperatura que fluctuaron desde los 20,1 °C hasta los 22,0 °C, diferencia atribuida a la vegetación existente alrededor de dicho río que hace mantener más baja la temperatura y también el gradiente altitudinal donde se encontraban las estaciones de muestreo ya que se ubicaron desde los 946 m hasta la estación más alta ubicada a 995 msnm. Esto también lo resalta en la publicación de Suarez et al. (2021) llevados a cabo en tres quebradas del Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (BRUNAS) encontró variaciones desde 20,00 °C hasta 25,67 °C.

4.1.2. Oxígeno disuelto del agua en tres balnearios de la provincia de Leoncio Prado

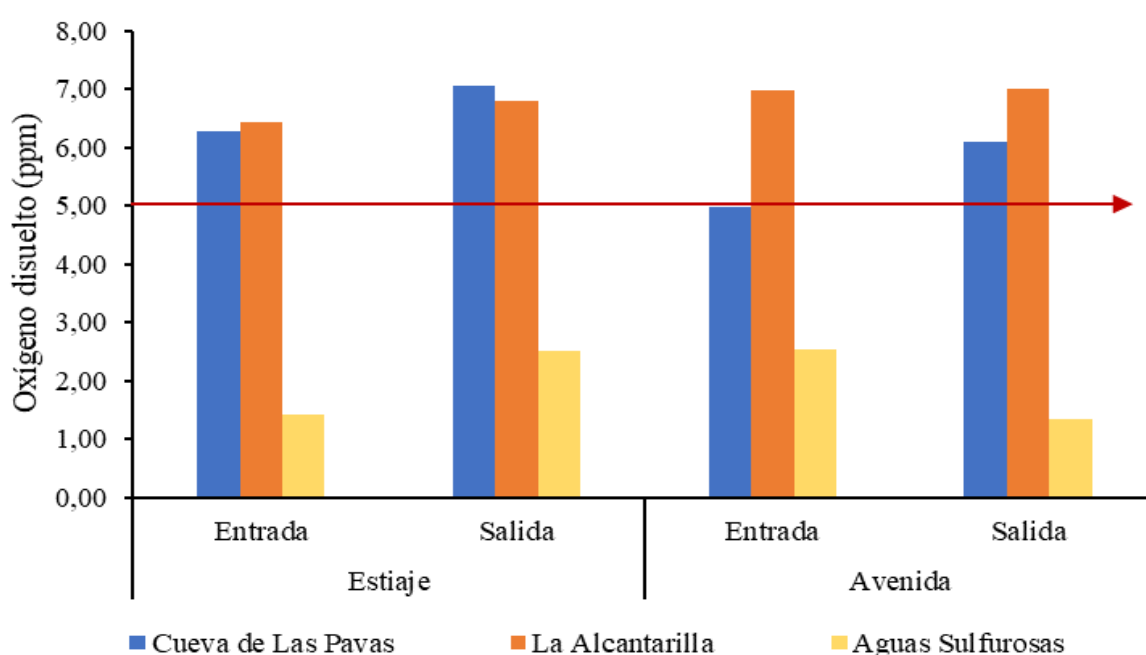
En las épocas de muestreo, se observa que en estiaje los valores de oxígeno disuelto fueron superiores en los balnearios Cueva de Las Pavas (6,28 ppm en la entrada y 7,07 ppm en la salida) y Aguas Sulfurosas (1,42 ppm en la entrada y 2,52 ppm en la salida), comportamiento diferente se registró para el balneario La Alcantarilla con 6,43 ppm en la entrada y 6,80 ppm en la salida. El nivel de oxígeno disuelto es muy bajo en el balneario aguas sulfurosas (rango desde 1,35 ppm hasta 2,55 ppm) teniendo como límite al estándar de calidad ambiental para agua superficial destinada a usos recreacionales donde considera que debe superar el valor de 5 (Tabla 4 y Figura 4).

El agua que ingresa a los balnearios Cueva de Las Pavas registra como máximo promedio 7,07 ppm en temporada de estiaje y 6,11 ppm en temporada de avenida, y el balneario La Alcantarilla con promedio de 6,80 ppm en temporada de estiaje y 6,99 ppm en temporada de avenida, presentaban mayores contenidos de oxígeno disuelto (Tabla 4 y Figura 4), reportes ligeramente superiores encontró Tolentino (2022) a evaluar la calidad del agua utilizada para recreación del río Barranco donde supera los valores de 7,53 ppm debido posiblemente a que durante su recorrido el agua se oxigena en mayor medida debido a que hay áreas donde abundan las piedras, además, estos valores están acorde al Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM que considera un valor superior o igual a 5,0. A pesar de su bajo valor registrado en el balneario Aguas Sulfurosas en el punto considerado como salida se observó la presencia de peces como *Oreochromis* sp. (tilapia) aunque hay reportes de autores como Peña (2007) quien registra rangos donde valores menor a 3 ppm es un medio dañino para la mayoría de las especies acuáticas y si es que dicho valor es inferior a 2 ppm como lo registrado en la temporada de avenida resulta ser un medio fatal para la mayoría de las especies, esto puede deberse a la rusticidad de esta especie de pez, aunque se les observó dando bocanadas de aire fresco cuando el calor era elevado y llegaba directamente al agua, comportamiento característico del limitado oxígeno disuelto.

Tabla 4. Oxígeno disuelto del agua (ppm) en tres balnearios destinadas a recreación.

Balneario	Estiaje				Avenida				ECA
	Entrada		Salida		Entrada		Salida		
	Media	CV (%)	Media	CV (%)	Media	CV (%)	Media	CV (%)	
CLP	6,28	59,19	7,07	48,16	4,97	33,58	6,11	35,17	≥ 5
LA	6,43	60,29	6,80	53,82	6,98	30,51	6,99	21,50	≥ 5
AS	1,42	19,11	2,52	88,67	2,55	68,26	1,35	61,86	≥ 5

CLP: Cueva de Las Pavas; LA: La Alcantarilla; AS: Aguas Sulfurosas. ECA: Estándar de calidad ambiental para agua.

**Figura 4.** Oxígeno disuelto del agua en tres balnearios destinadas a recreación.

El oxígeno disuelto en el balneario Aguas Sulfurosas (2,52 ppm en estiaje y 2,55 ppm en avenida) fue inferior a lo considerado en la normativa nacional vigente (Tabla 4 y Figura 4), resultado que es similar solamente en un punto de muestreo (4,5 ppm en el mes de junio en la estación de muestreo número 2) del estudio llevado a cabo por Luciani (2022) de las cinco estaciones de muestreo establecidos en la quebrada Pérez en la microcuenca Santa Carmen del distrito de Mariano Dámaso Beraún, este comportamiento estaría vinculado a la poca reaireación, ya que en el balneario Aguas Sulfurosas el ojo de agua se encuentra al borde de la piscina que fue construida con la cual no hay un recorrido donde pueda captar oxígeno del aire debido a que se observa como estancada y tampoco hay vegetación en dicho punto de muestreo.

Para garantizar el oxígeno disuelto en el agua de los balnearios es necesario que se cuide dicho recurso evitando que las aguas residuales sean vertidos en las quebradas, ya que de acuerdo al estudio llevado a cabo por Nadal et al. (2017) en el arroyo Chicamtoltina que pasa por la ciudad de Alta Gracia (Argentina), que al recibir efluentes de la estación depuradora de agua residual se registró que dicho medio acuático en un tramo de siete kilómetros no logró autodepurarse respecto al valor inicial de oxígeno disuelto, razón por la cual se tiene que evitar la mala práctica de verter aguas contaminadas sin darle un tratamiento previo. Reportes de medios donde no arrojan aguas residuales a quebradas lo indican Suarez et al. (2021) donde en la temporada de avenida se encontró valores desde 6,22 hasta 6,70 ppm para la quebrada Cocheros, 6,98 hasta 7,26 ppm para la quebrada Córdova y entre 7,07 hasta 7,32 ppm para la quebrada Naranjal, caso contrario se registró para la temporada de estiaje posiblemente debido a la baja capacidad de aireación por poco caudal.

4.1.3. El pH del agua en tres balnearios de la provincia de Leoncio Prado

Los valores del nivel de pH para las muestras de agua correspondientes a los tres balnearios en estudio fluctuaron desde 7,20 hasta 8,21, valores que se encuentran dentro del rango establecido por la normativa vigente en la subcategoría B que considera valores del pH desde 6,0 hasta 9,0 (Tabla 5 y Figura 5).

El nivel de pH se encontró dentro de los valores desde 6 hasta 9 considerados por la normativa nacional (Tabla 5 y Figura 5), esto también se vio reflejada en el estudio llevado a cabo por Tolentino (2022) quien evaluó la calidad que presenta el agua para ser utilizada en recreación del río Barranco registrando valores dentro del rango establecido, además, menor fue el valor reportado para la parte alta (7,88) respecto a la parte baja muestreada (8,07), el cual ratifica que los valores del pH presentan fluctuaciones en el curso de una fuente de agua así como también al considerar distintos horarios de muestreo que puede estar vinculada a factores ambientales o a las acciones humanas.

Tabla 5. Nivel de pH del agua en tres balnearios destinadas a recreación.

Balneario	Estiaje				Avenida				ECA
	Entrada		Salida		Entrada		Salida		
	Media	CV (%)	Media	CV (%)	Media	CV (%)	Media	CV (%)	
CLP	8,21	3,36	8,04	6,95	8,10	4,25	7,86	5,64	6 a 9
LA	7,83	2,89	7,89	2,54	7,87	2,78	7,73	1,37	6 a 9
AS	7,32	0,51	7,49	2,05	7,28	2,23	7,20	2,49	6 a 9

CLP: Cueva de Las Pavas; LA: La Alcantarilla; AS: Aguas Sulfurosas. ECA: Estándar de calidad ambiental para agua.

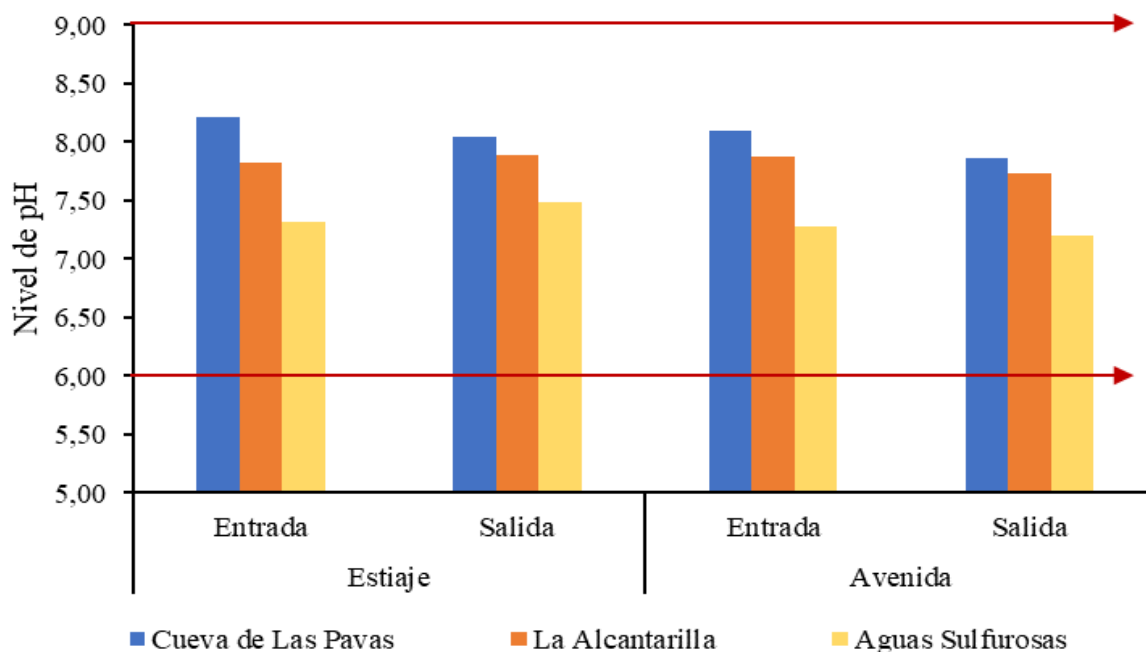


Figura 5. Nivel de pH del agua en tres balnearios destinadas a recreación.

Otros reportes muy similares al balneario Cueva de Las Pavas donde el promedio fluctuó desde 7,86 hasta 8,21 es el estudio de Romero (2022) en la fuente de agua que se ubica cerca al centro poblado Capitán Arellano del distrito Luyando donde en un periodo de tres meses en época de estiaje registró ligera variación del pH que solamente fluctuó desde 8,3 hasta 8,4 en tres meses de evaluación, valor representativo de un agua alcalina propia de esta parte de la cuenca del Huallaga; a esto también se le suma el estudio de Luciani (2022) en la quebrada Pérez en la microcuenca Santa Carmen del distrito de Mariano Dámaso Beraún donde el valor del pH fue muy similar, atribuyendo dicho valor el autor a la naturaleza geológica de la microcuenca con presencia de suelos de entorno calcáreos.

Las características de que las quebradas poseen valores elevados del pH también lo reportan Medina et al. (2021) para el río Tres de Mayo, en donde en la temporada de estiaje que consideraron al mes de agosto encontraron promedios que fluctuaron desde 8,4 hasta 8,9 y en el caso de la temporada de avenida que se realizó el muestreo en el mes de mayo registraron 7,6 hasta 8,9, esta variación fue inversamente proporcional al gradiente altitudinal donde se realizó el muestreo con la cual se considera que mientras más recorre el río su valor del pH se fue incrementando.

El valor del pH en el agua cuando se cuente con una quebrada donde no haya mucha intervención de las personas y se encuentren asociadas a la vegetación circundante registran valores en base a la influencia del medio que en muchos casos es la

presencia de rocas o el tipo de suelos, al respecto, Suarez et al. (2021) manifiestan que a pesar de que se evaluaron tres quebradas de una misma área boscosa como es el caso del Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (BRUNAS) encontró variaciones del pH concerniente a la temporada de variación y a las quebradas evaluadas, siendo los valores desde 7,20 hasta 7,74 para la quebrada Cocheros, 6,22 hasta 7,57 para la quebrada Córdova y entre 5,49 hasta 7,38 para la quebrada Naranjal, además, es notorio que el comportamiento del pH fue inversamente proporcional a la distribución de la quebrada en donde valores más altos en la parte de colina alta y menores fueron los valores en la colina súper baja, aunque hubo una excepción en la quebrada Cocheros para la temporada de estiaje donde el comportamiento fue diferente, estos reportes ratifican que es necesario un monitoreo permanente de los ríos y quebradas con la cual con una base de datos más amplio se pudieran predecir el comportamiento de uno u otro indicador de calidad.

4.1.4. Conductividad eléctrica del agua en tres balnearios de la provincia de Leoncio Prado

Los valores de la conductividad eléctrica fueron muy elevados en las muestras obtenidas del balneario Aguas Sulfurosas con promedios desde 4 108,67 $\mu\text{S}/\text{cm}$ hasta 6 602,00 $\mu\text{S}/\text{cm}$; además, los valores fueron inferiores en temporada de avenida al compararlas con la temporada de estiaje (Tabla 6 y Figura 6).

Tabla 6. Conductividad eléctrica del agua ($\mu\text{S}/\text{cm}$) en tres balnearios destinadas a recreación.

Balneario	Estiaje				Avenida			
	Entrada		Salida		Entrada		Salida	
	Media	CV (%)	Media	CV (%)	Media	CV (%)	Media	CV (%)
CLP	440,17	3,69	442,50	3,57	376,50	12,58	359,00	11,56
LA	376,33	8,64	387,83	7,96	315,83	8,13	329,00	2,01
AS	6 602,00	0,01	6 543,50	1,11	4 108,67	52,23	4 759,83	25,54

CLP: Cueva de Las Pavas; LA: La Alcantarilla; AS: Aguas Sulfurosas.

Mayores valores de la conductividad eléctrica se registraron en la temporada de estiaje en comparación a la temporada de avenida (Tabla 6 y Figura 6), comportamientos muy similares lo muestra en el reporte de Luciani (2022) para la quebrada Pérez en la microcuenca Santa Carmen del distrito de Mariano Dámaso Beraún, donde en el mes de junio donde hay poca presencia de lluvias la conductividad eléctrica fue mayor (340

$\mu\text{S}/\text{cm}$) en comparación al mes de octubre donde hubo más lluvias y menor valor ($305 \mu\text{S}/\text{cm}$) del indicador mencionado, comportamiento atribuido al caudal de la quebrada que se incrementa con las lluvias y las sales se disuelven en menor concentración en comparación cuando hay menor cantidad de agua. Además, se resalta que en la temporada de estiaje la temperatura del agua fue más elevada y esto ocasiona que, a medida que aumenta la temperatura, las moléculas de agua se mueven con más energía, lo que puede aumentar la movilidad de los iones y, por lo tanto, la conductividad eléctrica. Sin embargo, los efectos de la temperatura pueden ser compensados por otros factores, como la concentración de sales.

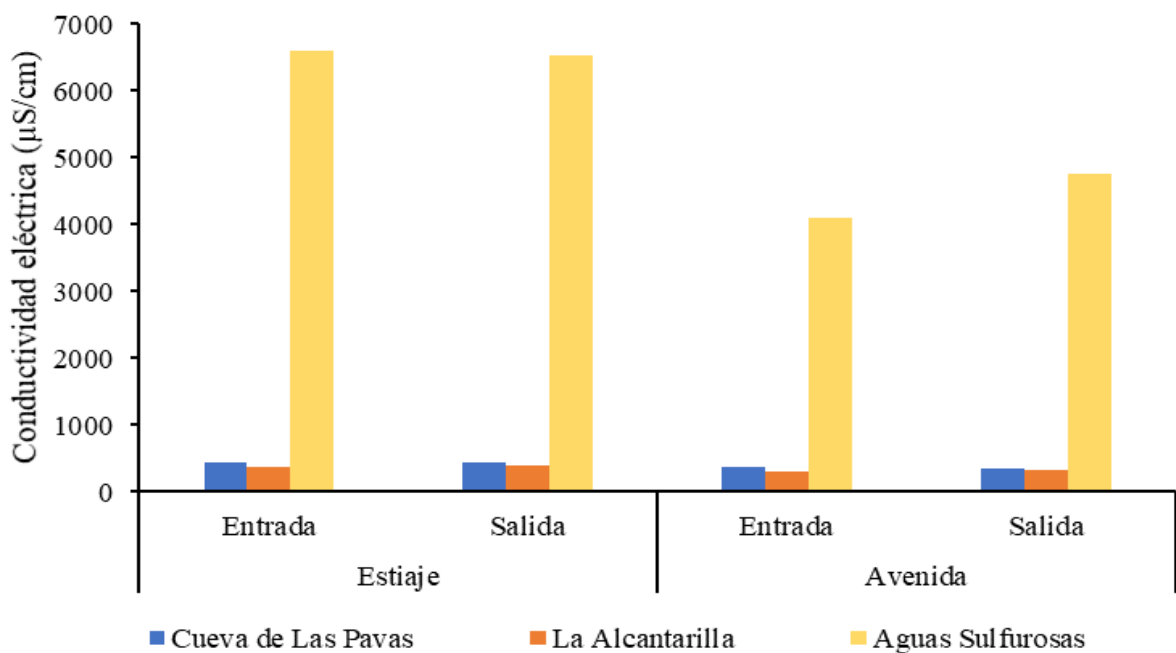


Figura 6. Conductividad eléctrica del agua en tres balnearios destinadas a recreación.

Los valores de la conductividad eléctrica fueron elevados (superiores o iguales a $315,83 \mu\text{S}/\text{cm}$), más aún en el caso del balneario Aguas Sulfurosas, valores inferiores reporta Romero (2022) al determinar la calidad del agua que se ubica cerca al centro poblado Capitán Arellano del distrito Luyando que registró valores de 137 hasta $145 \mu\text{m}/\text{cm}$, aunque el autor considera elevado, esta fue muy inferior a lo reportado en el presente estudio. Asimismo, Suarez et al. (2021) evaluaron la conductividad eléctrica del agua en las quebradas Naranjal (87 hasta $291,33 \mu\text{m}/\text{cm}$), Cocheros ($124,00$ hasta $226,67 \mu\text{m}/\text{cm}$) y Córdova ($106,67$ hasta $237,33 \mu\text{m}/\text{cm}$), registrando que los valores de la conductividad eléctrica se fueron incrementando mientras más recorrían las quebradas debido a que se va incrementando pequeñas fuentes de agua con mayor conductividad eléctrica debido a que una

quebrada más larga y ancha puede tener una mayor área de contacto entre el agua y el suelo, lo que permite una mayor interacción entre los iones disueltos y, por lo tanto, una mayor conductividad eléctrica.

El balneario Aguas sulfurosas sobresalió en la conductividad eléctrica en ambas temporadas de evaluación donde los promedios máximos registrados correspondieron a 6 602,00 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en temporada de estiaje y 4 759,83 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en temporada de avenida (Tabla 6), comportamiento atribuido posiblemente a que el agua proviene de entre las rocas y se mantienen en la piscina artificial acompañado de sedimentos, los resultados fueron superiores al reporte por parte de Escobar et al. (2021) que lo realizó en la laguna Colta (Ecuador) registrando valores elevados de conductividad eléctrica, con un rango desde 903 hasta 1253 $\mu\text{S}/\text{cm}$, en donde el promedio fue de 1085 $\mu\text{S}/\text{cm}$ que lo califica a dicha agua con mineralización alta por registrar un valor superior a 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, el comportamiento del balneario en estudio estaría vinculado a que el balneario presente una geología rica en minerales, siendo probable que el agua contenga una mayor concentración de sales y minerales disueltos debido a que, las rocas y suelos circundantes pueden liberar iones como el sodio, potasio, calcio, magnesio y cloruro, que aumentan la conductividad eléctrica del agua; además, se suma el agua que ingresa es subterránea y la características de estos tipos de agua es que contengan mayor concentración de sales y minerales disueltos.

4.1.5. Sólidos totales del agua en tres balnearios de la provincia de Leoncio Prado

De manera general, los mayores promedios de los sólidos totales en la temporada de avenida fueron inferiores para los tres balnearios (68,50 mg/L para Cueva de Las Pavas, 38,50 mg/L en La Alcantarilla y 31,00 mg/L en Aguas Sulfurosas) en comparación a la temporada de estiaje (116,50 mg/L para Cueva de Las Pavas, 96,00 mg/L en La Alcantarilla y 76,50 mg/L en Aguas Sulfurosas); además, el mayor valor registrado por los lugares de muestreo se vio reflejado en el balneario Cueva de Las Pavas (Tabla 7 y Figura 7).

Tabla 7. Sólidos totales (mg/L) en el agua en tres balnearios destinadas a recreación.

Balneario	Estiaje				Avenida			
	Entrada		Salida		Entrada		Salida	
	Media	CV (%)	Media	CV (%)	Media	CV (%)	Media	CV (%)
CLP	116,50	13,96	100,50	24,63	68,50	23,74	44,50	14,30
LA	96,00	25,04	94,00	39,12	38,50	20,20	37,50	20,74
AS	59,00	40,75	76,50	15,71	31,00	9,12	26,00	10,88

CLP: Cueva de Las Pavas; LA: La Alcantarilla; AS: Aguas Sulfurosas.

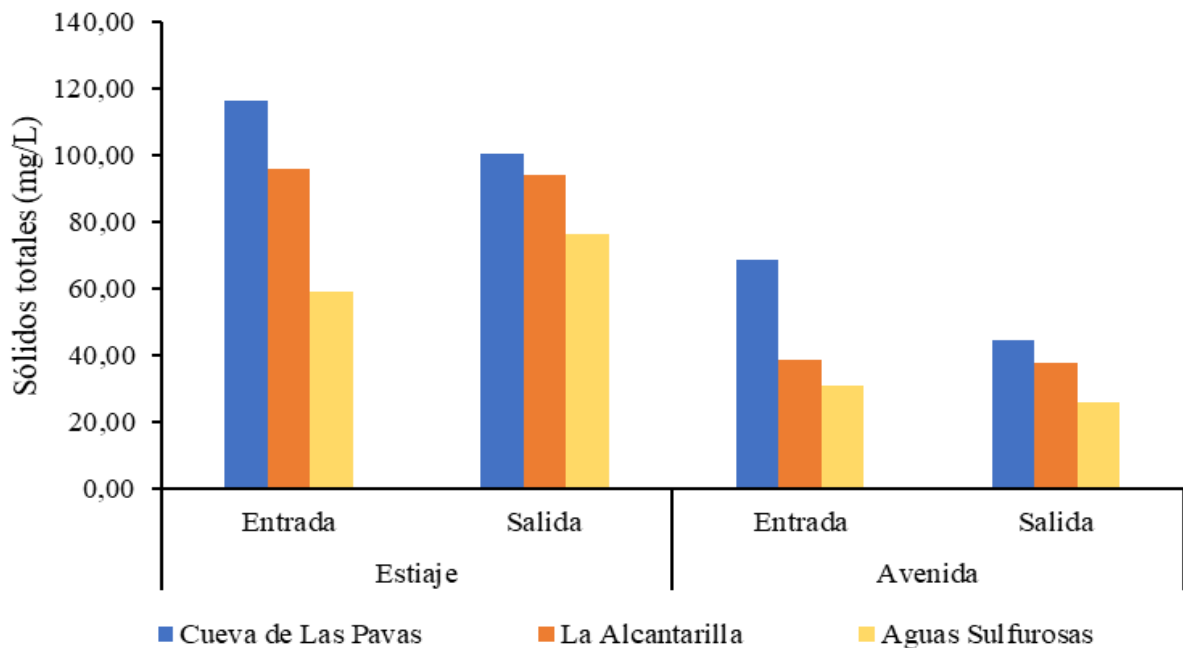


Figura 7. Sólidos totales en el agua en tres balnearios destinadas a recreación.

Hubo variaciones de la presencia de sólidos totales en las dos temporadas de muestreo (con promedios máximos de 116,50 mg/L en temporada de estiaje y 68,50 mg/L en temporada de avenida), además se registró variación entre balnearios analizados (Tabla 7 y Figura 7), este comportamiento también lo refleja Luciani (2022) en las aguas de la quebrada Pérez en la microcuenca Santa Carmen del distrito de Mariano Dámaso Beraún donde registra mayor cantidad de sólidos totales en la estación de muestreo 5 del mes de octubre (105 mg/L) donde hubo presencia de más lluvias en comparación al muestreo llevado a cabo en el mes de junio (79 mg/L), los patrones de precipitación y el flujo de agua en la quebrada también pueden influir en los sólidos totales, las lluvias intensas pueden aumentar la escorrentía y la erosión del suelo, lo que puede resultar en una mayor concentración de sólidos en el agua. De la misma forma, se reporta que los sólidos totales fueron superiores en la parte más altas de la quebrada lo cual se le atribuye a la sedimentación de las partículas en partes de la quebrada que no presentaban mucha correntada, asimismo se debe a la presencia de la vegetación que puede ayudar a mantener la estabilidad del suelo y reducir la erosión, lo que a su vez puede disminuir la cantidad de sedimentos y sólidos arrastrados hacia la quebrada.

El mayor promedio de sólidos totales fueron superiores en la época de estiaje con 116,50 mg/L para Cueva de Las Pavas, 96,00 mg/L en La Alcantarilla y 76,50 mg/L en Aguas Sulfurosas (Tabla 7 y Figura 7), resultados muy similares encontró Romero (2022) al muestrear el agua de la fuente de agua que se ubica cerca al centro poblado Capitán

Arellano del distrito Luyando donde registró valores promedios desde 68 hasta 73 mg/l en época de estiaje, esto ratifica que las quebradas vienen cargadas de una cantidad permanente de sólidos totales ya sean ocasionados por la erosión de suelos por causas antrópicas u otros materiales orgánicos a consecuencia de la naturaleza. Resultados superiores lo registraron Medina et al. (2021) al evaluar cuatro estaciones de muestreo del río Tres de Mayo en el Parque Nacional Tingo María cuya variación fluctuó desde 165 hasta los 270 mg/l, esto pudo estar vinculado a las estaciones donde se realizan los muestreos, ya que el autor señala que no hay una relación entre el nivel altitudinal y la concentración de sólidos totales, dicho de otra manera, en el caso de que se realice el muestreo en un punto determinado donde no haya mucha turbulencia se encontrará menor cantidad de sólidos totales en comparación a los puntos que se caracterizan por ser más turbulentos.

Los balnearios en estudio aún son favorables para uso recreacional, muy por el contrario, se tienen en otras regiones como la Costa, este indicador es muy resaltante debido a que en el agua del mar se encuentran abundantes sólidos suspendidos y demás parámetros (Dimas et al., 2016), siendo una condición la existencia de ciudades cercanas al mar que no tienen un adecuado manejo de sus aguas residuales y optan por verter hacia el mar.

4.1.6. Dureza del agua en tres balnearios de la provincia de Leoncio Prado

La dureza del agua fue mayor en la temporada de estiaje (230,60 ppm y 225,07 ppm para Cueva de Las Pavas, 195,55 ppm y 184,48 ppm en La Alcantarilla, 1 200,96 ppm y 1 195,43 ppm en Aguas Sulfurosas) al compararla con la temporada de avenida (201,08 ppm y 191,86 ppm para Cueva de Las Pavas, 173,41 ppm y 180,79 ppm en La Alcantarilla, 767,44 ppm y 859,68 ppm en Aguas Sulfurosas), asimismo, en el balneario de las Aguas Sulfurosas se registró mayor valor de este parámetro respecto a los demás balnearios (Tabla 8 y Figura 8).

Tabla 8. Dureza del agua (ppm) en tres balnearios destinadas a recreación.

Balneario	Estiaje				Avenida			
	Entrada		Salida		Entrada		Salida	
	Media	CV (%)	Media	CV (%)	Media	CV (%)	Media	CV (%)
CLP	230,60	5,66	225,07	2,32	201,08	14,27	191,86	0,00
LA	195,55	5,34	184,48	2,83	173,41	3,01	180,79	0,00
AS	1 200,96	1,09	1 195,43	0,44	767,44	43,51	859,68	21,85

CLP: Cueva de Las Pavas; LA: La Alcantarilla; AS: Aguas Sulfurosas.

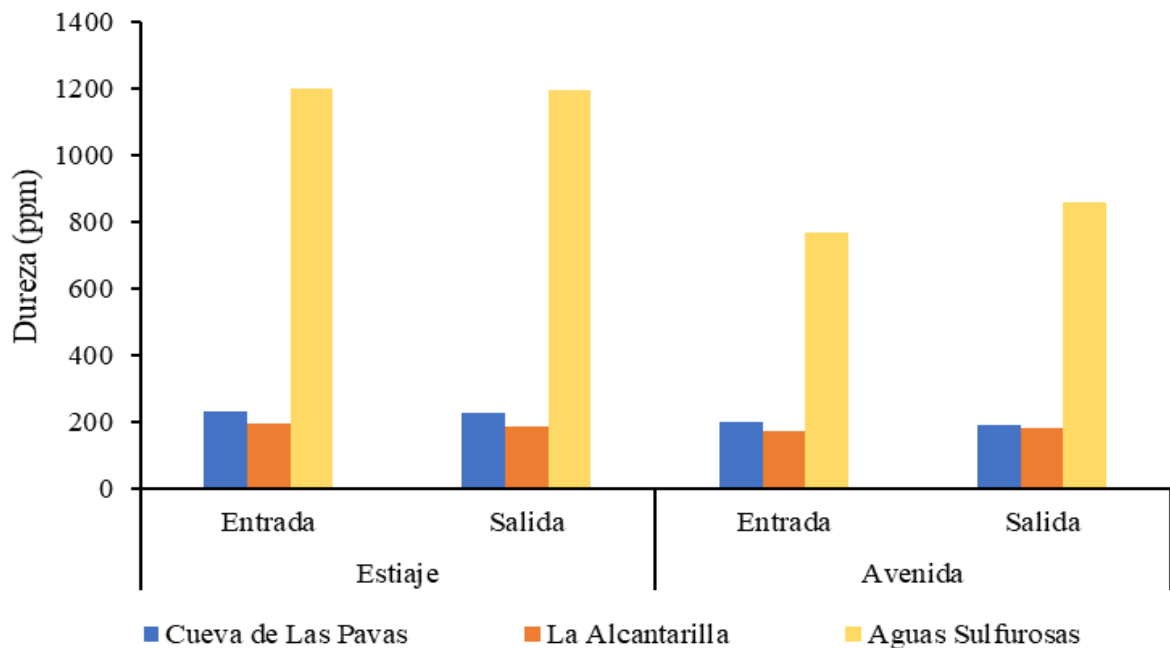


Figura 8. Dureza del agua en tres balnearios destinadas a recreación.

El valor de la dureza fue superior en el balneario conocido como Aguas Sulfurosas con reportes que fluctuaron desde 767,44 ppm hasta 1 200,96 ppm (Tabla 8), esto fue mucho más elevado a lo registrado por Dionisio (2021) en la quebrada Cocheros con promedios de 51,65 ppm en la temporada de estiaje y de 116,20 ppm para la temporada de avenida, el elevado valor de la dureza se podría vincular con la disolución de minerales en el suelo y la roca debido que al balneario Aguas Sulfurosas es abastecida solamente por agua subterránea que es infiltrada a través del suelo y las capas de roca, pudiéndose disolver minerales como el carbonato de calcio y el sulfato de calcio que se encuentran en el suelo y las formaciones geológicas, al diluirse dichos minerales suele incrementarse la concentración de sales de calcio y magnesio en el agua, aumentando la dureza, esto es corroborado debido a que las rocas aledañas al balneario en estudio son rocas carbonatadas como calizas o dolomitas.

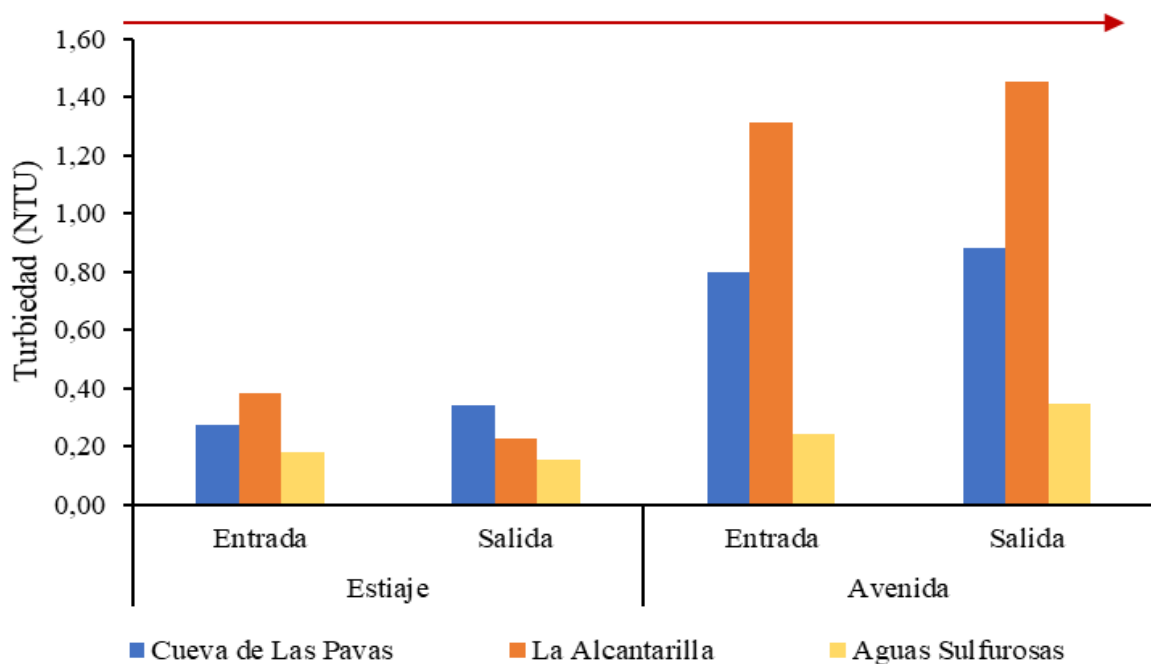
4.1.7. Turbiedad del agua en tres balnearios de la provincia de Leoncio Prado

Los niveles de turbiedad de los tres balnearios considerados en el estudio registraron valores inferiores al límite reportado por la normativa nacional sobre calidad de agua para recreación que es de 100 NTU; además, se registró superioridad de los valores en la temporada de avenida que fluctuó desde 0,24 NTU hasta 1,45 NTU al ser comparadas con la temporada de estiaje que dio promedios acumulados desde los 0,16 NTU hasta los 0,39 NTU (Tabla 9 y Figura 9).

Tabla 9. Turbiedad del agua (NTU) en tres balnearios destinadas a recreación.

Balneario	Estiaje				Avenida				ECA
	Entrada		Salida		Entrada		Salida		
	Media	CV (%)	Media	CV (%)	Media	CV (%)	Media	CV (%)	
CLP	0,27	39,56	0,34	74,55	0,80	97,23	0,88	82,93	100
LA	0,39	51,18	0,23	135,75	1,31	95,54	1,45	100,37	100
AS	0,18	21,76	0,16	40,47	0,24	27,70	0,35	66,73	100

CLP: Cueva de Las Pavas; LA: La Alcantarilla; AS: Aguas Sulfurosas. ECA: Estándar de calidad ambiental para agua.

**Figura 9.** Turbiedad del agua en tres balnearios destinadas a recreación.

Se registró que hubo un ligero incremento de la turbidez entre el punto de la entrada respecto al punto de la salida en el balneario Cueva de Las Pavas con valores de 0,27 NTU en la entrada y 0,34 NTU en temporada de estiaje así como 0,80 NTU en la entrada y 0,88 NTU en la salida para la temporada de avenida (Tabla 9 y Figura 9), esto posiblemente se debe a que las personas que visitan hacen que se eleven algunas partículas pequeñas que se encontraban en el fondo del balneario y empezaba a recorrer por la salida del agua, resultados sobre variación de los valores lo reporta Tolentino (2022) quien evaluó la calidad que presenta el agua para ser utilizada en recreación del río Barranco encontró en la parte más alta un valor de 58,00 NTU y al muestrear la parte baja que se ubicaba a una distancia aproximada de 2,2 km se incrementó el valor hasta 68,03 NTU, este comportamiento por lo general es

debido a que mientras más recorre una fuente de agua se va acumulando materiales provenientes de la erosión hídrica y los ocasionados por parte de los pobladores aledaños al río que practican una agricultura donde dejan despojados a sus predios de cobertura vegetal con la cual la erosión del suelo resulta ser de mucho más fácil.

La turbidez en la temporada de avenida se incrementó en comparación a la temporada de estiaje (Tabla 9 y Figura 9), este comportamiento se vio reflejada en el reporte de Luciani (2022) para la quebrada Pérez en la microcuenca Santa Carmen del distrito de Mariano Dámaso Beraún donde reporta mayor valor de la turbidez en el mes de octubre (superior a 12 NTU) donde las lluvias fueron mayores en comparación a la temporada de baja precipitación como ocurre en el mes de junio que no superó el valor de 3,0 NTU, este comportamiento ocurre debido a que por las lluvias hay un mayor arrastre de partículas con la cual viene cambiando la coloración de agua, además, se observó que menores valores de turbidez se registró en la parte alta de la quebrada en comparación de las partes más bajas que se muestrearon, debido a que hay una acumulación de partículas trasladadas por el agua e incrementan el valor del indicador mencionado.

Los valores de la turbiedad en los balnearios en estudio no sobrepasaron en promedio a 1,45 NTU (Tabla 9), resultados muy similares a los registrados por Medina et al. (2021) al evaluar el río Tres de Mayo del Parque Nacional Tingo María, en donde el valor de la turbidez no sobrepasó a 1,8 NTU, esto se encuentra vinculado a las partículas que le dan un incremento del valor en el caso de notar alta presencia, en muchas situaciones no es elevado ya que dichos ríos que abastecen a los balnearios así como el antecedente reportado se encuentran vinculados a vegetación aledaña que en cierta medida hace más lento la erosión de las partículas de suelos ya que las raíces así como la hojarasca beneficia a que no haya un exceso de erosión del suelo y por ende se mantenga la turbidez con valores muy inferiores al límite máximo considerado por la normativa.

Valores bajos de la turbidez lo reportan Suarez et al. (2021) para tres quebradas del BRUNAS donde el rango encontrado fue desde 0,77 hasta 3,85 NTU, mostrándose mayores valores en la parte baja de las quebradas debido posiblemente a las acciones de erosión del suelo, escorrentía superficial, arrastre de materiales y el aumento del caudal que son ocasionadas en la mayoría de los casos por la presencia de las lluvias intensas que es característico en la provincia de Leoncio Prado.

4.1.8. DBO₅ del agua en tres balnearios de la provincia de Leoncio Prado

La demanda bioquímica del oxígeno superó al estándar establecido por la normativa en los balnearios Cueva de Las Pavas con promedios de 5,47 ppm y 5,45 ppm, y La

Alcantarilla con promedios de 5,79 ppm y 5,95 ppm para el periodo de estiaje, mientras que en el periodo de avenida no superó el límite establecido por la normativa vigente (Tabla 10 y Figura 10).

Tabla 10. DBO₅ del agua (ppm) en tres balnearios destinadas a recreación.

Balneario	Estiaje				Avenida				ECA
	Entrada		Salida		Entrada		Salida		
	Media	CV (%)	Media	CV (%)	Media	CV (%)	Media	CV (%)	
CLP	5,47	29,47	5,45	38,66	3,75	9,43	3,82	4,44	5
LA	5,79	30,04	5,95	31,61	4,30	26,31	4,41	19,56	5
AS	3,15	52,98	2,14	21,15	2,20	45,00	1,60	44,19	5

CLP: Cueva de Las Pavas; LA: La Alcantarilla; AS: Aguas Sulfofosas. ECA: Estándar de calidad ambiental para agua.

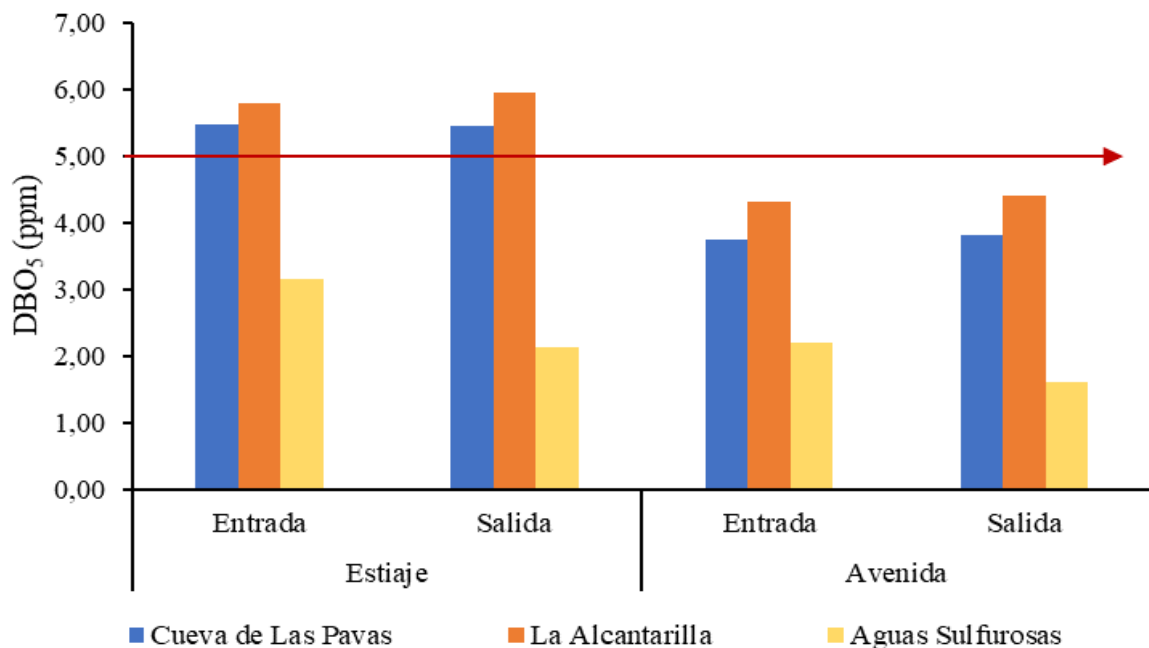


Figura 10. DBO₅ del agua en tres balnearios destinadas a recreación.

En la temporada de estiaje la DBO₅ superó a lo considerado en la normativa vigente para uso recreacional del agua a través del contacto primario que es el valor de 5,0 (Tabla 10 y Figura 10), resultados contrarios a lo reportado por Tolentino (2022) quien evaluó la calidad que presenta el agua para ser utilizada en recreación del río Barranco en donde reportan tanto para sus dos puntos de muestreo como para sus tres meses de evaluación valores promedios que no superan a 4,65 ppm lo que ratifica su uso para recreación y puedan

entrar en contacto primario los visitantes a dicha zona. Al antecedente señalando se suma el aporte de Medina et al. (2021), quienes al evaluar el río Tres de Mayo del Parque Nacional Tingo María reportaron valores desde 0,72 hasta 2,58, ratificando que este río presenta excelente calidad correspondiente al indicador demanda bioquímica de oxígeno posiblemente porque se encuentra vinculado a la vegetación existente y la poca intervención humana por encontrarse en un área natural protegida.

En la temporada de avenida se registró menor demanda bioquímica de oxígeno en comparación a la temporada de estiaje, siendo los valores de 3,75 y 3,82 ppm para la Cueva de Las Pavas, 4,30 y 4,41 ppm para La Alcantarilla, además de 2,20 y 1,60 ppm en el caso del agua Sulfurosa (Tabla 10 y Figura 10), este comportamiento también fue reflejada en un estudio llevado a cabo por Luciani (2022) en la quebrada Pérez en la microcuenca Santa Carmen del distrito de Mariano Dámaso Beraún, reportando menores valores del indicador mencionado para el mes de octubre en comparación a los muestreos llevados a cabo en el mes de junio, este comportamiento está vinculado a la cantidad de bacterias que presenta dicho medio y cuando hay más lluvias o mayor volumen de agua la cantidad de microorganismos es menor en dicha relación.

Los elevados valores de la demanda bioquímica de oxígeno en la temporada de estiaje para los balnearios Cueva de Las Pavas con promedios de 5,47 y 5,45 ppm y La Alcantarilla con promedios de 5,79 y 5,95 ppm (Tabla 10 y Figura 10) es debido a que los caudales de dichas quebradas suelen disminuir y los pobladores que se encuentran en la parte más alta de la fuente de agua que abastece a los balnearios suelen evacuar aguas residuales que perjudican la calidad del agua, esta aseveración fue demostrado por Nadal et al. (2017) en el arroyo Chicamtoltina que pasa por la ciudad de Alta Gracia (Argentina), donde dicho recurso hídrico recibía efluentes de la estación depuradora de agua residual (EDAR) y en la parte baja desembocaba al río Anisacate que en temporada de estiaje se caracterizaba por ser utilizada para recreación, pero dichos autores llegaron a la conclusión de que, en dicho arroyo no se logró autodepurarse respecto a la demanda biológica de oxígeno luego de haber recibido la descarga de efluentes de la estación depuradora de agua residual y permanecía la condición de hipoxia todo el tramo hasta que desemboca al río Anisacate con la cual se viene afectando la vida que hay en dicho arroyo, de esto se resalta que, una de las acciones más perjudiciales para la calidad del agua es que los pobladores aledaños al balneario de la parte alta no manejan adecuadamente sus aguas contaminadas.

Valores inferiores de la DBO₅ con respecto al presente estudio lo reportan Suarez et al. (2021) para tres quebradas del BRUNAS donde los promedios fueron de

1,81 ppm en la parte baja de la quebrada Naranjal, 1,76 ppm en la parte baja de la quebrada Cochero y 1,77 ppm en la parte baja de la quebrada Córdova, lo cual puede estar vinculado a la baja carga de materia orgánica y las quebradas están recibiendo un flujo significativo de agua limpia debido a la presencia de vegetación del bosque reservado.

4.2. Evaluación de los parámetros microbiológicos del agua superficial destinadas para recreación en tres balnearios de la provincia de Leoncio Prado, Huánuco

4.2.1. Coliformes totales

La presencia de coliformes totales fue más notorio en la temporada de avenida en el balneario La Alcantarilla con 105,00 NMP/100ml. Además, en los muestreos de la salida en estiaje fue 0 la presencia de estos coliformes (Tabla 11 y Figura 11).

Tabla 11. Coliformes totales (NMP/100ml) en el agua de tres balnearios destinadas a recreación.

Balneario	Estiaje				Avenida			
	Entrada		Salida		Entrada		Salida	
	Media	CV (%)	Media	CV (%)	Media	CV (%)	Media	CV (%)
CLP	0,00	----	0,00	----	2,00	141,42	2,00	141,42
LA	3,50	141,42	0,00	----	20,00	0,00	105,00	141,42
AS	0,00	----	0,00	----	4,50	141,42	3,50	20,20

CLP: Cueva de Las Pavas; LA: La Alcantarilla; AS: Aguas Sulfurosas.

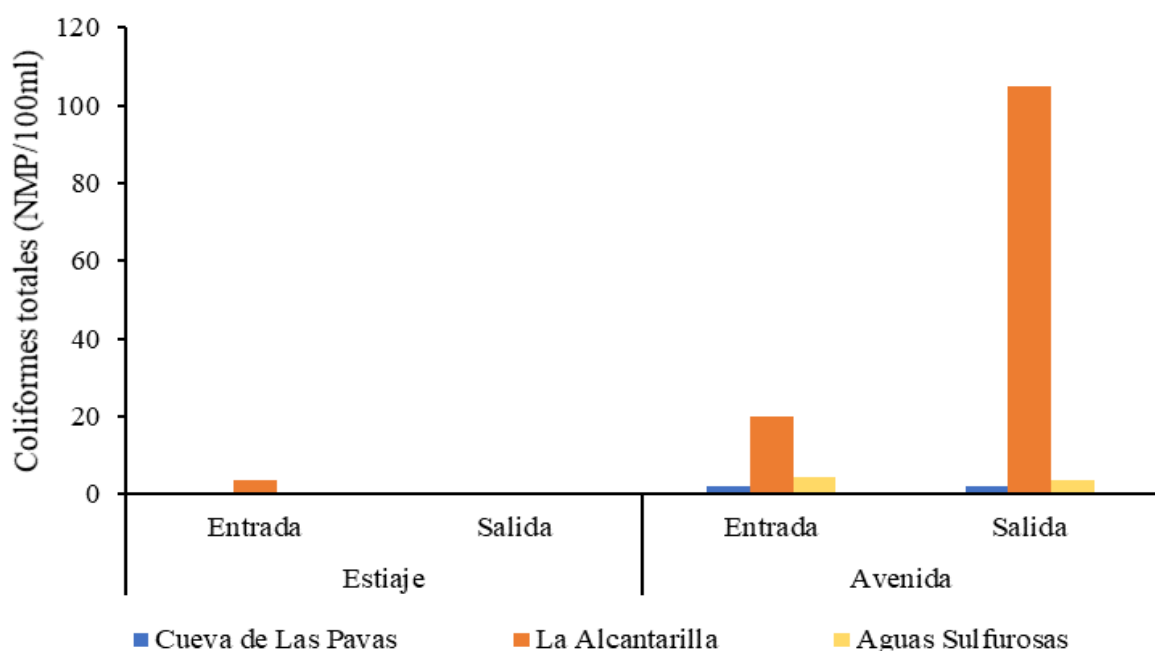


Figura 11. Coliformes totales en el agua de tres balnearios destinadas a recreación.

La presencia de coliformes totales fue en mayor medida registrada en la temporada de avenida con mayor promedio de 105,00 NMP/ 100 ml (Tabla 11 y Figura 11) posiblemente es atribuido a que como hay mayor presencia de lluvias y estas arrastran restos de heces de animales de sangre caliente e inclusive los humanos hacia las quebradas, al respecto, Romero (2022) también registró la presencia de coliformes totales en la fuente de agua que se ubica cerca al centro poblado Capitán Arellano del distrito Luyando, registrando valores de 797 hasta 1 527 NMP/ 100 ml en el periodo de tres meses de evaluación, ratificando que en el agua de las quebradas es factible la presencia de estos organismos, debido a que la provincia de Leoncio Prado es una zona muy lluviosa que acarrear en el agua muchos microorganismos que perjudicarían la salud de las personas en el caso de que cuando se estén recreando tomen algunos sorbos de dicha agua.

En la época de avenida se registró mayor presencia de coliformes totales en el balneario La Alcantarilla con una media de 105,00 NMP/ 100 ml (Tabla 11 y Figura 11), reportes de la presencia de este indicador correspondiente a las características biológicas del agua lo encontró Tolentino (2022) al evaluar la calidad del agua para ser utilizada en recreación del río Barranco donde durante tres meses registró variaciones desde 48,50 NMP/100 ml en el primer mes y disminuyó hasta 38,75 NMP/100 ml los mismos que pueden estar vinculados con el caudal del agua ya que dichos resultados corresponden al mes de Junio y agosto respectivamente donde la cantidad de agua disminuye por la poca presencia de lluvias, esto también se reflejó en el presente estudio ya que hubo más coliformes totales en época de avenida al compararla con la época de estiaje.

Se encontró alta variabilidad de los resultados correspondientes a los coliformes totales donde alcanzaron un coeficiente de variación 141,42% para los balnearios Cueva de Las Pavas y La Alcantarilla, esta variación también lo resalta Luciani (2022) al evaluar la quebrada Pérez en la microcuenca Santa Carmen del distrito de Mariano Dámaso Beraún donde solamente en una estación de muestreo (E3) y en temporada de baja precipitación observó la presencia de coliformes fecales, este comportamiento se le atribuye a que el agua de las quebradas no son estáticos y cuando se realiza el muestreo muchas veces no se logra determinar la presencia de este indicador biológico, forjando en muchas ocasiones a incrementar el tamaño de muestra cuando se trata de agua para consumo.

Además, hay reportes alentadores como los de Dionisio (2021), al considerar en su estudio el punto de captación en la quebrada Cocheros donde los pobladores usan el recurso agua registró que no hubo presencia de los coliformes totales tanto en temporada de estiaje como en avenida lo que garantiza que, hay quebradas protegidas por

áreas boscosas con la cual se garantice una adecuada calidad de dicho recurso, aunque los monitoreos deben ser mucho más constante ya que estos indicadores son muy variables, tal es el caso que en ciertos muestreos no se puede encontrar a los coliformes, pero al realizar un muestreo en otro momento puede haber la posibilidad de que se observen dichos organismos.

4.2.2. Microorganismos aerobios viables

Se registró mayor cantidad de microorganismos aerobios viables en la temporada de estiaje, de los cuales el punto de muestreo tomado en la salida del balneario Aguas Sulfurosas es la que obtuvo mayor valor promedio que alcanzó hasta los 887,00 UFC/100ml (Tabla 12 y Figura 12).

Tabla 12. Microorganismos aerobios viables del agua (UFC/100ml) en tres balnearios destinadas a recreación.

Balneario	Estiaje				Avenida			
	Entrada		Salida		Entrada		Salida	
	Media	CV (%)	Media	CV (%)	Media	CV (%)	Media	CV (%)
CLP	6,00	23,57	153,50	19,81	6,50	32,64	9,50	126,53
LA	392,00	136,73	196,50	29,15	30,50	104,33	13,00	21,76
AS	54,50	102,50	887,00	139,19	22,00	77,14	18,00	117,85

CLP: Cueva de Las Pavas; LA: La Alcantarilla; AS: Aguas Sulfurosas.

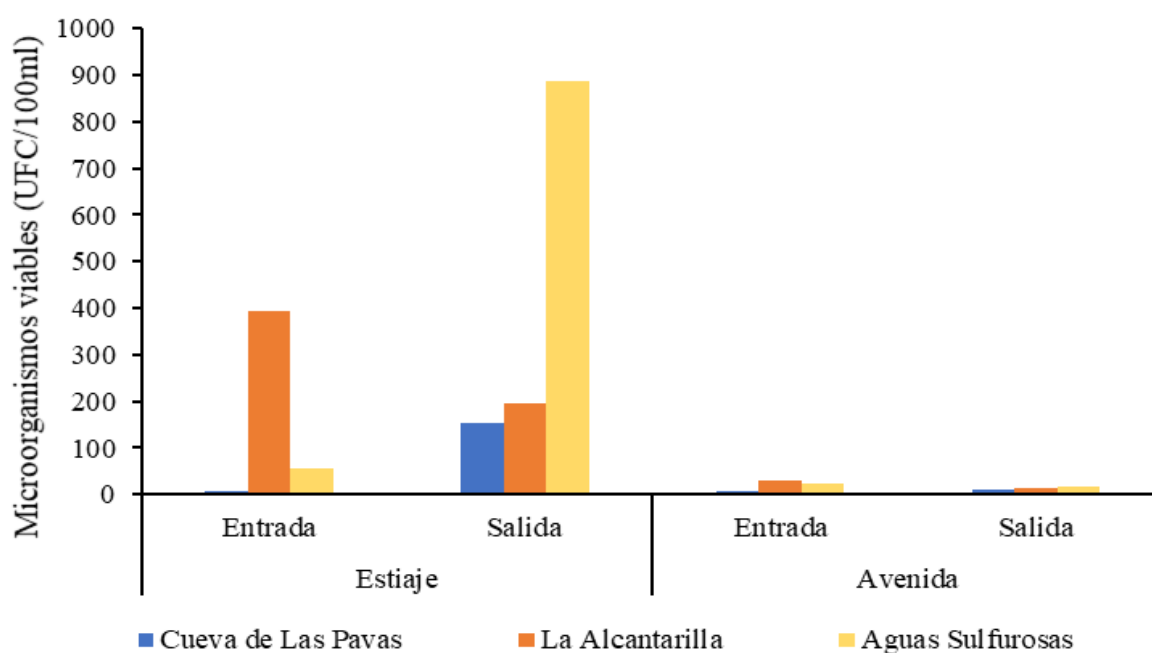


Figura 12. Microorganismos aerobios viables del agua en tres balnearios destinadas a recreación.

Hubo mayor cantidad de microorganismos aerobios viables en la temporada de estiaje, existiendo un reporte inferior por parte de Villacorta (2009) para La Alcantarilla en 68,32 UFC/ 100 ml, que por lo general ocurre a causa de descargas de aguas residuales de las personas que viven aledaños a las quebradas que alimentan dicho balneario y el poco volumen de agua que se tiene en el caso de la temporada de estiaje que es muy marcada en la provincia de Leoncio Prado.

4.2.3. Mohos y levaduras

El promedio de mohos y levaduras fue superior en el punto de salida del balneario Aguas Sulfurosas que fue 12,00 UFC/100 ml, en el caso del periodo de estiaje se observó menores valores en los balnearios Cueva de Las Pavas y La Alcantarilla 3,50 y 5,50 UFC/100ml respectivamente (Tabla 13 y Figura 13).

Tabla 13. Mohos y levaduras del agua (UFC/100ml) en tres balnearios destinadas a recreación.

Balneario	Estiaje				Avenida			
	Entrada		Salida		Entrada		Salida	
	Media	CV (%)	Media	CV (%)	Media	CV (%)	Media	CV (%)
CLP	4,50	15,71	2,50	84,85	3,50	20,20	4,00	35,36
LA	7,50	9,43	5,00	0,00	5,50	12,86	6,00	23,57
AS	4,00	0,00	12,00	47,14	5,50	12,86	3,50	20,20

CLP: Cueva de Las Pavas; LA: La Alcantarilla; AS: Aguas Sulfurosas.

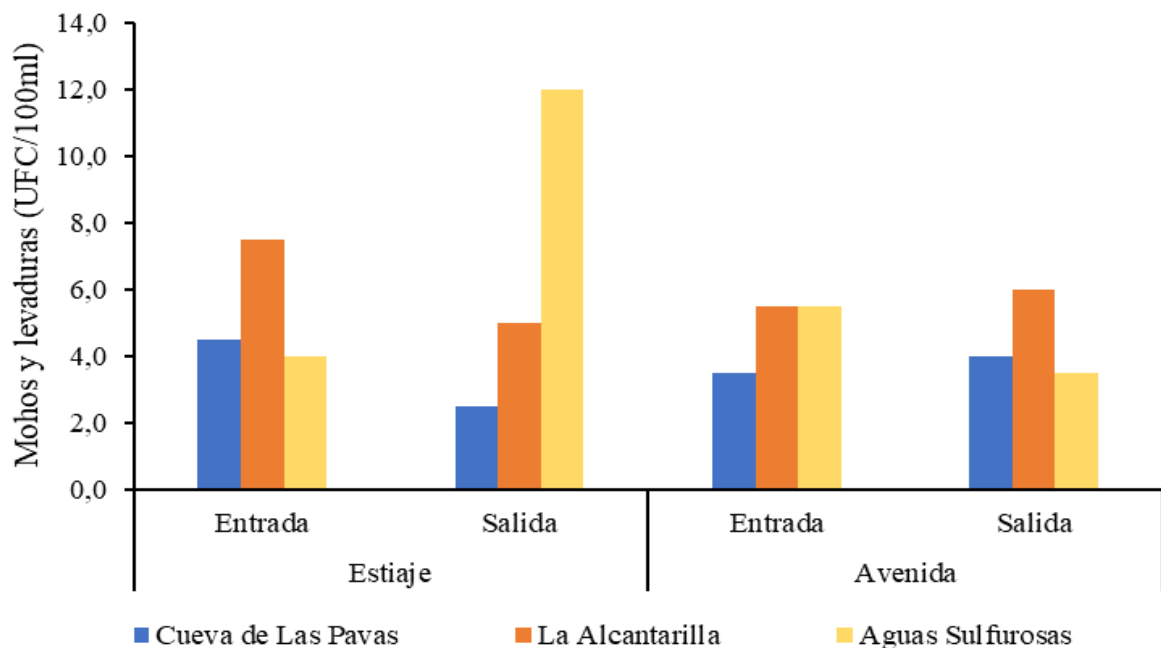


Figura 13. Mohos y levaduras del agua en tres balnearios destinadas a recreación.

Mayor cantidad de mohos y levaduras se registró en el punto considerado como salida del balneario Aguas Sulfurosas (Tabla 13 y Figura 13), resultados dentro de los rangos reportados por Suarez et al. (2021) al evaluar tres quebradas del Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (BRUNAS), registraron que, los valores fluctúan desde 1,33 hasta 20,67 UFC/ 100 ml para la quebrada Cocheros, desde 4,33 hasta 39,33 UFC/ 100 ml para la quebrada Córdova y entre 2,33 hasta 17,67 UFC/ 100 ml para la quebrada Naranjal, presencia que estuviera vinculado a la materia orgánica presente en el agua de las quebradas así como de los balnearios, pudiendo ser los restos de hojas, ramas, insectos o desechos animales, pudiendo servir como fuente de nutrientes para los mohos y levaduras; estos microorganismos descomponedores se alimentan de la materia orgánica y contribuyen a su descomposición. Además, se consideraría en el caso de las quebradas que alimentan a los balnearios se debe a la población que vierte aguas residuales ya sea proveniente de fuentes domésticas, agrícolas o industriales, los mohos y levaduras pueden introducirse al agua de la quebrada. Las aguas residuales pueden contener una variedad de microorganismos, incluyendo aquellos presentes en la microbiota humana o industrial, y su liberación en la quebrada puede aumentar la presencia de mohos y levaduras.

4.2.4. Otros parámetros biológicos

La mayoría de las observaciones registraron la ausencia de coliformes termotolerantes y *E. coli*, salmonella y *Vibrio cholerae*, mientras que en el caso de estafilococos se registró su presencia en los tres balnearios estudiados (Tabla 14).

Tabla 14. Coliformes termotolerantes y *Escherichia coli*, Salmonella, Estafilococos y *Vibrio cholerae* del agua en tres balnearios destinadas a recreación.

Balnearios	Coliformes termotolerantes y <i>Escherichia coli</i>	Salmonella	Estafilococos	<i>Vibrio cholerae</i>
Cueva de Las Pavas	Ausencia	Ausencia	Presencia	Ausencia
La Alcantarilla	Ausencia	Ausencia	Presencia	Ausencia
Aguas Sulfurosas	Ausencia*	Ausencia**	Presencia	Ausencia

*: Se registró presencia en una repetición realizada en el punto de entrada en el periodo de estiaje.

** : Se registró presencia en una repetición realizada en el punto de entrada en el periodo de estiaje.

Se determinó la presencia de *Salmonella* sp. en una repetición que se llevó a cabo en la entrada del balneario Aguas Sulfurosas (Tabla 14), situación que debe tomarse en cuenta ya que dicho medio es utilizado por visitantes y de acuerdo a la normativa nacional el agua para las actividades recreacionales de contacto primario debe ser ausente de

estos microorganismos, en otros reportes llevados a cabo por Tolentino (2022) a evaluar la calidad que presenta el agua para ser utilizada en recreación del río Barranco donde también registró la presencia de *Salmonella* sp. en el 16,67% de las muestras realizadas, resultados que pudieran estar vinculados con la descarga directa de aguas residuales humanas o animales en la quebrada, como resultado de sistemas de saneamiento inadecuados o la presencia de animales domésticos o silvestres en el área. Además, para el caso del balneario donde se muestra algunas repeticiones con presencia de *Salmonella* sp. puede ocurrir a la actividad recreativa o de uso público de dicho medio como el baño ya que algunas personas suelen tener una inadecuada higiene llevando a la liberación de la bacteria en el agua.

Hubo ausencia en todas las muestras realizadas para *Vibrio cholerae* tanto en los balnearios como en la época de muestreo (Tabla 14), esto es favorable para que se sigan utilizando dichos medios para recreación, reportes contrarios lo muestra Tolentino (2022) al muestrear el agua del río Barranco y encontrar en el 8,33% de sus muestras la presencia de la bacteria en mención, estos resultados no necesariamente indican que pueda tratarse de algo perjudicial ya que se necesitan realizar estudios muy específicos sobre el tipo de serogrupo de *V. cholerae* que en muchos laboratorios no se llega a determinar con facilidad, ya que de acuerdo al reporte realizado por Fernandez y Alonso (2009) aclaran que, hay más de 200 serogrupos siendo el O1 (se distribuye en dos biotipos: el Clásico y El Tor) y O139 los que fueron causantes de epidemias de la Cólera, mientras que, PHAC (2010) añade reportes del serogrupo O₇₅ en personas que presentaban diarrea grave, y el serogrupo O₁₄₁ en una persona que presentaba diarrea esporádica parecido al cólera e infecciones del torrente sanguíneo, además, el autor en mención aclara que, el agente infeccioso suelen encontrarse en humanos, aves acuáticas, mariscos, peces y herbívoros, siendo su modo de transmitir por lo general al consumir agua contaminada con heces infecciosas que en muchas veces ocurren cuando los bañistas por casualidad logran ingerir y en el caso de los niños lo realizan con mayor frecuencia.

Otra de las situaciones por la cual se tiene que realizar los monitoreos constantes de la presencia de algún microorganismo perjudicial para la salud en el agua empleada para recreación es que ciertos organismos como el *V. cholerae* pueden estar vivos hasta 14 días en el agua a temperatura ambiente (PHAC, 2010). Además, Romero (2022) también encontró la presencia de coliformes termotolerantes en muestras de la fuente de agua que se ubica cerca al centro poblado Capitán Arellano del distrito Luyando con valores desde 692 hasta 713 NMP/ 100 ml, siendo registrado una disminución de estos organismos cuando hay menor presencia de lluvias, esto debido a que para que exista una contaminación fecal

reciente del agua se necesita la presencia de lluvias que arrastran restos de heces hacia las quebradas y ríos cercanos.

4.3. Determinación de la calidad del agua superficial destinadas para recreación en tres balnearios de la provincia de Leoncio Prado

Las categorías de las aguas en los balnearios calificaron de excelente para Cueva de Las Pavas y Aguas Sulfurosas en temporada de avenida, mientras que La Alcantarilla se califica de aceptable, aunque es notorio la variación entre puntos de muestreo y temporadas de evaluación (Tabla 15).

Tabla 15. Categorización de Dinius (1987) para las aguas de los balnearios empleados con fines de recreación.

Balnearios	Estiaje			Avenida		
	Entrada	Salida	Total	Entrada	Salida	Total
Cueva de Las Pavas	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Excelente	Excelente	Excelente
La Alcantarilla	Excelente	Aceptable	Excelente	Aceptable	Aceptable	Aceptable
Aguas Sulfurosas	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente

Las categorías de clasificación correspondiente a la calidad del agua analizadas de los balnearios reportan calificativos de aceptable y excelente, esto es similar al reporte llevado a cabo por Tolentino (2022) en el agua utilizada para recreación del río Barranco, en donde obtuvo un puntaje promedio de 66,45 categorizándola en base a la clasificación de Dinius (1987) como agua “aceptables” con fines de ser usada para actividades recreativas, teniendo en consideración realizar la restricción de llevar acabo deportes de inmersión y se tiene que implementar actividades contingentes con fines de que se tome precaución en el caso de ingerir agua, debido a que hay posibilidad de algunos microorganismos biológicos.

La variabilidad de los reportes concerniente a la categorización de la calidad fue reportada también por Luciani (2022) en la quebrada Pérez en la microcuenca Santa Carmen del distrito de Mariano Dámaso Beraún, en donde en base a los macroinvertebrados capturados concluyó que la quebrada posee diferentes categorías de calidad que dependen de la estación de muestreo, esto ocurre a la dinámica del agua y sus elementos como los organismos vivos que se encuentran dentro de dicho ecosistema muy dinámico.

V. CONCLUSIONES

1. Los parámetros fisicoquímicos del agua superficial destinadas para recreación en tres balnearios en estudio presentan promedios de temperaturas del agua hasta los 25,44 °C, en el oxígeno disuelto no superó 7,07 ppm aunque, el pH promedio registró hasta 8,21, siendo elevado la conductividad eléctrica en las Aguas Sulfurosas con media de 6 602,00 $\mu\text{S}/\text{cm}$, los sólidos totales alcanzó a 116,50 mg/l, con mayor dureza en las Aguas Sulfurosas (1 200,96 ppm), con bajos niveles de turbiedad ($\leq 1,45$ NTU) y altos niveles de DBO₅ en la Cueva de Las Pavas y La Alcantarilla (5,47 y 5,95 ppm respectivamente).
2. Los parámetros microbiológicos de los balnearios en estudio, registraron mayor presencia de coliformes totales para la época de avenida, los microorganismos aerobios fueron más numerosos en estiaje, hubo más variación de mohos y levaduras en la época de estiaje, además, se encontró presencia de coliformes termotolerantes y *Salmonella* sp. en ciertas repeticiones durante estiaje para el balneario Aguas Sulfuroras.
3. Las calidades del agua superficial destinadas para recreación en tres balnearios estudiados se encuentran dentro de los estándares considerados por la normativa vigente, aunque se ha observado indicadores como oxígeno disuelto, coliformes termotolerantes con *Escherichia coli* y *Salmonella* que en ciertas repeticiones sobrepasaron los estándares establecidos en el balneario Aguas Sulfurosas. La clasificación Dinius para recreación en tres balnearios estudiados fueron de aceptable para los balnearios Cuevas de Las Pavas y La Alcantarilla y de excelente en el balneario Aguas Sulfurosas.

VI. PROPUESTAS A FUTURO

1. La Autoridad Nacional del Agua debe realizar monitoreos constantes de la calidad del agua en los balnearios y resaltar la toma de muestras cuando hay fechas que la provincia recibe abundantes turistas como son las celebraciones de la fiesta de San Juan donde se pudiera ver la influencia de los visitantes sobre la calidad del agua para uso recreacional.
2. Considerar estudios complementarios donde a los parámetros fisicoquímicos se las complemente con los indicadores de macroinvertebrados con la finalidad de tener mayor amplitud sobre la calidad de agua que se cuentan en los balnearios que tiene alta acogida por parte de los visitantes al distrito Rupa Rupa y alrededores.
3. Realizar estudios con mayor cantidad de indicadores correspondiente a la calidad del agua que se encuentra en el balneario Aguas Sulfurosas debido a que no se registran muchos reportes publicados ya que hay un grupo representativo de personas visitantes que ingresan al agua y solamente se sigue manteniendo la percepción de que contiene funciones curativas, pero no hay un monitoreo permanente de la calidad de sus aguas.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agencia de Salud Pública de Canadá [PHAC]. (2010). *Pathogen Safety Data Sheets: Infectious Substances – Vibrio cholera*. PHAC. <https://www.canada.ca/en/public-health/services/laboratory-biosafety-biosecurity/pathogen-safety-data-sheets-risk-assessment/vibrio-cholerae.html>
- Alarcón, B. A. L., y Ñique, M. (2016). Índice de calidad del agua según NSF del humedal laguna Los Milagros (Tingo María, Perú). *Revista Indes*, 2(2), 98-107.
- American Public Health Association [APHA]. (2017). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (23^a ed.).
- Asociación Americana de Salud Pública [APHA]. (2005). *Standard methods for the examination of water and wastewater* (21 ed.).
- Aucalla, A. G. (2019). *Evaluación de la calidad del agua del río Oro y quebrada Quinceañera del Parque Nacional Tingo María*.
- Aureliano, J. T. (2000). *Balneabilidade das praias de Pernambuco o núcleo metropolitano. Dissertação. Mestrado em Gestão e Políticas Ambientais* [Tesis de posgrado, Universidade Federal de Pernambuco].
- Autoridad Nacional del Agua [ANA]. (2016). *Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de recursos hídricos superficiales*. Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA. Lima, Perú, ANA. 86 p.
- Cardoso, C. (2016). Turismo Sostenible: una revisión conceptual aplicada. *El Periplo Sustentable*, 11, 5-21.
- Ceballos, B. (2000). *Sistemas de lagunas de estabilización: cómo utilizar aguas residuales tratadas en sistemas de riego*. McGraw Hill Interamericana.
- Colmenares, M. C., Correia De Soto, A., y De 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.
- Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental [CETESB]. (2007). *Relatório de balneabilidade das praias paulistas*. https://cetesb.sp.gov.br/praias/wp-content/uploads/sites/31/2020/06/1998_Balneabilidade-das-praias.pdf
- Conselho Nacional do Meio Ambiente [CONAMA]. (2000). Resolução CONAMA n° 274, de 29 de novembro de 2000. *Resolução revogada pela Resolução, 357(05)*, 256-258.

- Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. (2017). *Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias*.
- Dimas, J. J., Ortiz, D. D., y Ortega, G. O. (2016). Contaminantes en el agua de la playa manzanillo de Acapulco, Guerrero y la opinión de los turistas. En: *21° Encuentro Nacional sobre Desarrollo Regional en México*. Mérida, Yucatán del 15 al 18 de noviembre de 2016. AMECIDER – ITM.
- Dimas, L. J. (2011). *Calidad del agua del río Huallaga - Tingo María* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio institucional UNAS.
- Dinius, S. H. (1972). Social accounting system for evaluating water resources. *Water Resources Research*, 8(5), 1159–1177. doi:10.1029/wr008i005p01159
- Dionisio, A. I. (2021). *Calidad del agua para consumo poblacional de las fuentes de agua Cocheros, quebrada del Águila y Cushuro en la ciudad de Tingo María – Leoncio Prado* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio institucional UNAS.
https://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14292/2111/TS_AIDA_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Escobar, S., Albuja, A., y Andueza, F. (2021). Calidad fisicoquímica del agua de la laguna Colta. Chiborazo, Ecuador. *Figempa Investigación y Desarrollo*, 1(1), 76-81.
<http://scielo.senescyt.gob.ec/pdf/figempa/v11n1/2602-8484-figempa-11-01-00076.pdf>
- Fernandez, S., y Alonso, G. (2009). Colera y Vibrio cholerae. *Revista del Instituto Nacional de Higiene Rafael Rangel*, 40(2), 50-69.
http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-04772009000200006&lng=es&tlng=es.
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, M. P. (2014). Metodología de la investigación (6 ed.). McGRAW-HILL, S.A.
- Hurtado, Y. P., Botero, C. M., y Herrera, E. (2009). Selección y propuesta de parámetros para la determinación de la calidad ambiental en playas turísticas del caribe colombiano. *Ciencia en su PC*, 4, 42-53.
- Instituto Nacional de Recursos Naturales [INRENA]. (1995). *Mapa ecológico del Perú*. Guía explicativa. Ministerio de Agricultura.
- Lenzen, M., Sun, Y., Faturay, F., Ting, Y. P., Geschke, A., y Malik, A. (2018). The carbon footprint of global tourism. *Nature Clim Change*, 8, 522-528.

- Linares, M. (2013). *Calidad del agua de la quebrada Asunción Saldaña Tingo María* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio institucional UNAS.
- López, C. (2012). *Protocolos de prácticas de Microbiología Ambiental*. Universidad Nacional Agraria de la Selva.
- López, E. M., García, B., Reynoso, Y., González, P., y Larroudé, V. (2016). *Calidad del agua para usos recreativos desde las perspectivas de la seguridad e higiene laboral y la salud pública. Estudio de caso*. https://www.palermo.edu/ingenieria/investigacion-desarrollo/pdf/Trabajo_Completo_Lopez_Sardi_Estela_Monicav3.pdf
- Luciani, J. A. (2022). *Determinación de la relación entre las propiedades fisicoquímicas del agua y macroinvertebrados acuáticos - Santa Carmen* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio institucional UNAS. <https://repositorio.unas.edu.pe/handle/20.500.14292/2201>
- Martínez, R., y Albarado, L. (2013). Calidad bacteriológica de aguas en piscinas públicas y privadas de la ciudad de Cumaná, estado Sucre, Venezuela. *Boletín de Malariología y Salud Ambiental*, 53(1), 37-45.
- Medina, Y., Ñique, M., y Gil, J. (2021). Calidad de agua del río Tres de Mayo en el Parque Nacional Tingo María, según los índices H', BMWP/col. y NSF. *Rebiol*, 41(1), 3-15. <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/faccbiol/article/view/3613/4294>
- Municipalidad Provincial de Leoncio Prado [MPLP]. (2019). *Lugares turísticos; Circuitos turísticos*. MPLP.
- Nadal, A. F., Fortunato, P., Aguirre, S., Zamar, J., y Larrosa, N. (2017). Modelación de oxígeno disuelto y DBO₅ con tasas cinéticas determinadas experimentalmente: Un aporte para la gestión del arroyo Chicamtoltina. *Revista Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 4(1), 23-30. <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/FCEFYN/article/view/14292/16508>
- Ñaupas, H., Mejía, E., Novoa, E., y Villagómez, A. (2014). *Metodología de la investigación: cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis* (4 ed.). Ediciones De La U.
- Organización Panamericana de la Salud [OPS]. (2001). Un Rosario de virus y bacterias. *Suplemento de Medio Ambiente para América Latina y el Caribe*, 1(Supl.2), 1-3.
- Peña, E. (2007). *Calidad de agua. Oxígeno disuelto*. Escuela Superior Politécnica del Litoral. <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6162/5/Investigacion.pdf>
- Pinedo, K. J. L. (2017). *Evaluación de la calidad de agua para uso recreacional en la quebrada Simuy - Yurimaguas, 2017* [Tesis de pregrado, Universidad Peruana Unión].

- Repositorio institucional UPEU, https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/UPEU/1041/Jina_tesis_Bachiller_2017.pdf?sequence=5&isAllowed=y
- Prats, G. (2005). *Diagnóstico de enfermedades infecciosas*. 33-68. *Microbiología Clínica*. Ed. Médica Panamericana.
- Ramalho, J. (2009). *Influência das águas da Bacia hidrográfica Pirangi na balneabilidade das Praias de Pirangi, nos municípios de Nísia Floresta e Parnamirim-Río Grande do norte, Brasil*. *Dissertação* [Tesis de posgrado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte].
- Rocha, E. (2010). *Ingeniería de tratamiento y acondicionamiento de aguas*. Departamento Editorial de la UACH. <https://isbn.cloud/9786077691563/ingenieria-de-tratamiento-y-acondicionamiento-de-aguas/>
- Romero, J. C. (2022). *Análisis de la calidad de agua para consumo humano y percepción local en la población de la ciudad de Naranjillo, distrito Luyando – Leoncio Prado* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio institucional UNAS. https://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14292/2395/TS_RGJC_2022.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Silva, L., Gutiérrez, C. G., Galeana, L., y López, A. (2007). El impacto de la actividad turística en la calidad bacteriológica del agua de mar. *Gaceta Ecológica*, 82, 69-76. <https://www.redalyc.org/pdf/539/53908206.pdf>
- Suarez, J. A., Ore, L. E., Loarte, W. C., y Oré, J. D. (2021). Calidad de agua y nivel de satisfacción en la comunidad universitaria de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, 2019. *Revista de Investigación Científica y Tecnológica Llamkasum*, 2(1), 1-20. <https://llamkasun.unat.edu.pe/index.php/revista/article/view/27/33>
- Supo, J. (2012). *Tipos de investigación. Metodología de la investigación científica*. Arequipa, Perú. 5 min. 7 seg., son., color. Bioestadístico, <https://www.youtube.com/watch?v=QXmKN34hbtM>
- Supo, J. (2019). *La unidad de estudio*. Sincie. Arequipa, Perú. 1 h 57 min. 25 seg., son., color. Scincie, <https://www.youtube.com/watch?v=i8yzKpQcVgc>
- Tolentino, Y. (2022). *Calidad del agua para uso recreativo del río Barranco en el centro poblado de Supte San Jorge, Tingo María* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio institucional UNAS. https://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14292/2256/TS_YTD_2022.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Valadão, C., y Araújo, A. (2012). Avaliação da condição de balneabilidade das praias de Natal/RN no período de 2004-2009. *Holos.*, 28(4), 14-32. <http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/636>
- Villacorta, S. P. (2009). *Contaminación de las aguas del balneario "la alcantarilla" Tingo María* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio institucional UNAS. <http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/406/T.CSA-20.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Von Sperling, M. (2005). *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos* (3 ed.). Universidade Federal de Minas Gerais.
- Were Are Water. (2017). *Turismo y agua, una relación difícil que debe ser modélica*. Wearewater. https://www.wearewater.org/es/turismo-y-agua-una-relacion-dificil-que-debe-ser-modelica_282641

Anexo

Tabla 16. Datos correspondientes a la temperatura, oxígeno disuelto y pH de tres balnearios de la provincia de Leonceo Prado.

Época del año	Balnearios	Puntos	Temperatura (°C)	Oxígeno disuelto (ppm)	pH
1	1	1	22,98	8,91	8,01
1	1	2	22,93	9,47	8,44
1	2	1	23,30	9,17	7,99
1	2	2	23,00	9,39	8,03
1	3	1	24,18	1,61	7,35
1	3	2	24,16	4,10	7,59
1	1	1	24,93	3,65	8,40
1	1	2	24,76	4,66	7,65
1	2	1	25,31	3,69	7,67
1	2	2	24,73	4,21	7,75
1	3	1	26,71	1,23	7,30
1	3	2	26,11	0,94	7,38
2	1	1	23,40	3,79	8,34
2	1	2	23,35	4,59	8,18
2	2	1	24,37	5,47	8,03
2	2	2	24,28	5,93	7,65
2	3	1	25,97	1,32	7,39
2	3	2	25,65	0,76	7,33
2	1	1	21,94	6,15	7,86
2	1	2	21,95	7,62	7,55
2	2	1	22,32	8,48	7,72
2	2	2	22,36	8,06	7,80
2	3	1	22,92	3,77	7,16
2	3	2	23,16	1,93	7,07

1: Estiaje, 2: Avenida

1: Cueva de Las Pavas, 2: La Alcantarilla, 3: Aguas Sulfurosas

Tabla 17. Datos correspondientes a la conductividad eléctrica, sólidos totales y dureza de tres balnearios de la provincia de Leoncio Prado.

Épocas	Balnearios	Puntos	Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Sólidos totales (mg/L)	Dureza (ppm)
1	1	1	451,67	128	239,824
1	1	2	453,67	118	228,755
1	2	1	399,33	113	202,928
1	2	2	409,67	120	180,79
1	3	1	6602,33	76	1191,74
1	3	2	6594,67	85	1191,74
1	1	1	428,67	105	221,376
1	1	2	431,33	83	221,376
1	2	1	353,33	79	188,17
1	2	2	366,00	68	188,17
1	3	1	6601,67	42	1210,189
1	3	2	6492,33	68	1199,12
2	1	1	410,00	57	221,376
2	1	2	388,33	49	191,859
2	2	1	334,00	33	169,722
2	2	2	333,67	43	180,79
2	3	1	5626,00	33	1003,571
2	3	2	5619,33	24	992,502
2	1	1	343,00	80	180,790
2	1	2	329,67	40	191,859
2	2	1	297,67	44	177,101
2	2	2	324,33	32	180,790
2	3	1	2591,33	29	531,302
2	3	2	3900,33	28	726,851

1: Estiaje, 2: Avenida

1: Cueva de Las Pavas, 2: La Alcantarilla, 3: Aguas Sulfurosas

Tabla 18. Datos correspondientes a los nitratos, fosfatos, turbiedad y DBO₅ de tres balnearios de la provincia de Leoncio Prado.

Épocas del año	Balnearios	Puntos	Nitrato	Fosfato (ppm)	Turbiedad (NTU)	DBO ₅ (ppm)
1	1	1	2,26	0,33	0,197	6,61
1	1	2	2,26	0,33	0,161	6,94
1	2	1	2,26	0,33	0,246	7,02
1	2	2	2,26	0,33	0,0091	7,28
1	3	1	2,26	0,33	0,154	4,33
1	3	2	2,26	0,33	0,111	2,46
1	1	1	2,26	0,33	0,350	4,33
1	1	2	2,26	0,33	0,520	3,96
1	2	1	2,26	0,33	0,525	4,56
1	2	2	2,26	0,33	0,445	4,62
1	3	1	2,26	0,33	0,210	1,97
1	3	2	2,26	0,33	0,200	1,82
2	1	1	2,26	0,33	0,25	3,5
2	1	2	2,26	0,33	0,365	3,94
2	2	1	2,26	0,33	0,426	5,1
2	2	2	2,26	0,33	0,421	5,02
2	3	1	2,26	0,33	0,195	1,5
2	3	2	2,26	0,33	0,183	1,1
2	1	1	2,26	0,33	1,35	4
2	1	2	2,26	0,33	1,4	3,7
2	2	1	2,26	0,33	2,2	3,5
2	2	2	2,26	0,33	2,48	3,8
2	3	1	2,26	0,33	0,29	2,9
2	3	2	2,26	0,33	0,51	2,1

1: Estiaje, 2: Avenida

1: Cueva de Las Pavas, 2: La Alcantarilla, 3: Aguas Sulfurosas

Tabla 19. Datos correspondientes a los coliformes totales, coliformes termotolerantes y Escherichia de tres balnearios de la provincia de Leoncio Prado.

Épocas del año	Balnearios	Puntos	Coliformes totales (NMP/100 ml)	Coliformes termotolerante y Escherichia
1	1	1	0	Ausencia
1	1	2	0	Ausencia
1	2	1	7	Ausencia
1	2	2	0	Ausencia
1	3	1	0	Ausencia
1	3	2	0	Ausencia
1	1	1	0	Ausencia
1	1	2	0	Ausencia
1	2	1	0	Ausencia
1	2	2	0	Ausencia
1	3	1	0	Ausencia
1	3	2	0	Presencia
2	1	1	0	Ausencia
2	1	2	4	Ausencia
2	2	1	20	Ausencia
2	2	2	210	Ausencia
2	3	1	9	Ausencia
2	3	2	4	Ausencia
2	1	1	4	Ausencia
2	1	2	0	Ausencia
2	2	1	20	Ausencia
2	2	2	0	Ausencia
2	3	1	0	Ausencia
2	3	2	3	Ausencia

1: Estiaje, 2: Avenida

1: Cueva de Las Pavas, 2: La Alcantarilla, 3: Aguas Sulfurosas

Tabla 20. Datos correspondientes a salmonella, estafilococos y vibrio cholerae de tres balnearios de la provincia de Leoncio Prado.

Épocas del año	Balnearios	Puntos	Salmonella	Estafilococos	Vibrio cholerae
1	1	1	Ausencia	Presencia	Ausencia
1	1	2	Ausencia	Presencia	Ausencia
1	2	1	Ausencia	Presencia	Ausencia
1	2	2	Ausencia	Presencia	Ausencia
1	3	1	Presencia	Presencia	Presencia
1	3	2	Ausencia	Presencia	Ausencia
1	1	1	Ausencia	Presencia	Ausencia
1	1	2	Ausencia	Presencia	Ausencia
1	2	1	Ausencia	Presencia	Ausencia
1	2	2	Ausencia	Presencia	Ausencia
1	3	1	Ausencia	Presencia	Ausencia
1	3	2	Ausencia	Presencia	Ausencia
2	1	1	Ausencia	Presencia	Ausencia
2	1	2	Ausencia	Presencia	Ausencia
2	2	1	Ausencia	Presencia	Ausencia
2	2	2	Ausencia	Presencia	Ausencia
2	3	1	Ausencia	Presencia	Ausencia
2	3	2	Ausencia	Presencia	Ausencia
2	1	1	Ausencia	Presencia	Ausencia
2	1	2	Ausencia	Presencia	Ausencia
2	2	1	Ausencia	Presencia	Ausencia
2	2	2	Ausencia	Presencia	Ausencia
2	3	1	Ausencia	Presencia	Ausencia
2	3	2	Ausencia	Presencia	Ausencia

1: Estiaje, 2: Avenida

1: Cueva de Las Pavas, 2: La Alcantarilla, 3: Aguas Sulfurosas

Tabla 21. Datos correspondientes a los microorganismos aerobias viables y mohos y levaduras de tres balnearios de la provincia de Leoncio Prado.

Épocas del año	Balnearios	Puntos	Microorganismos aerobias viables	Mohos y levaduras
			(UFC/100 mL)	(UFC/100 mL)
1	1	1	5	5
1	1	2	175	4
1	2	1	13	7
1	2	2	237	5
1	3	1	15	4
1	3	2	14	16
1	1	1	7	4
1	1	2	132	1
1	2	1	771	8
1	2	2	156	5
1	3	1	94	4
1	3	2	1760	8
2	1	1	8	4
2	1	2	18	3
2	2	1	53	6
2	2	2	11	5
2	3	1	10	5
2	3	2	33	3
2	1	1	5	3
2	1	2	1	5
2	2	1	8	5
2	2	2	15	7
2	3	1	34	6
2	3	2	3	4

1: Estiaje, 2: Avenida

1: Cueva de Las Pavas, 2: La Alcantarilla, 3: Aguas Sulfurosas

Anexo 2. Panel fotográfico



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
TINGO MARÍA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL
LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA GENERAL
Carretera Central KM 1.21 / TELF. (062) 406000 - frnr.epia@unas.edu.pe



“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

CONSTANCIA N° 001-2023-LM-EPIA-FRNR

El Jefe del Laboratorio de Microbiología General de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva,

HACE CONSTAR:

Que, el Br. **JAIR PACHECO SILVA** ha ejecutado su trabajo de tesis *CALIDAD DE AGUA SUPERFICIAL DESTINADA PARA LA RECREACIÓN EN TRES BALNEARIOS DE LA PROVINCIA DE LEONCIO PRADO, HUÁNUCO*, durante el período comprendido de octubre del 2022 a febrero de 2023, realizando pruebas analíticas para la determinación de criterios microbiológicos y caracteres fisicoquímicos según se indican a continuación:

CRITERIO MICROBIOLÓGICO	CARÁCTERES FISICOQUÍMICOS
ENUMERACIÓN DE AEROBIOS VIABLES	pH
NUMERO MAS PROBABLE COLIFORMES TOTALES	TEMPERATURA
NUMERO MAS PROBABLE C. TERMOTOLERANTES	TURBIEDAD
DETERMINACIÓN DE SALMONELLA	CONDUCTIVIDAD
DETERMINACIÓN DE ESTAFILOCOCOS	DUREZA
DETERMINACIÓN DE VIBRIO CHOLERAEE	OXIGENO DISUELTO
ENUMERACIÓN DE MOHOS Y LEVADURAS	DEMANDA BIOQUÍMICA OXIGENO
	NITRATOS
	FOSFATOS

El Br. PACHECO SILVA ha demostrado alta responsabilidad, eficiencia y eficacia en la realización de cada una de las etapas de su investigación.

Se le expide la presente para los fines que estime convenientes.

Tingo María 21 de febrero de 2023



Dr. CÉSAR SAMUEL LÓPEZ LÓPEZ
JEFE

LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA GENERAL

Figura 14. Constancia de ejecución en el laboratorio de Microbiología.



Figura 15. Toma de coordenadas UTM del balneario Las Cuevas de las Pavas



Figura 16. Recolección de muestras en el punto 1 del balneario Las Cuevas de las Pavas



Figura 17. Medición de parámetros fisicoquímicos en el punto 1 de las Cuevas de las Pavas



Figura 18. Medición de parámetros fisicoquímicos en el punto 2 de la Alcantarilla



Figura 19. Medición de parámetros fisicoquímicos en el punto 2 de las Aguas Sulfurosas



Figura 20: Lectura del Oxígeno Disuelto después de 5 días de incubación



Figura 21: Lectura de las muestras de agua en el turbidímetro HACL TL2300



Figura 22: Lectura de la muestra de Nitratos



Figura 23: Preparación de caldos *E.coli* y Brilla en tubos de ensayo



Figura 24: Siembra de muestras para análisis microbiológicos

MAPA DE UBICACION DE LAS MUESTRAS DE AGUA DE LAS CUEVAS DE LAS PAVAS.



LEYENDA

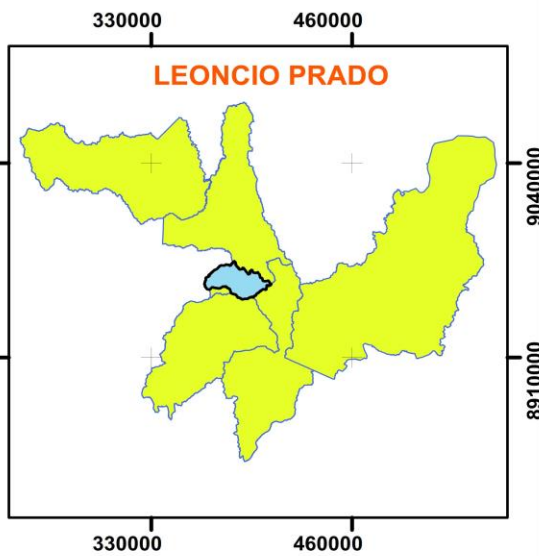
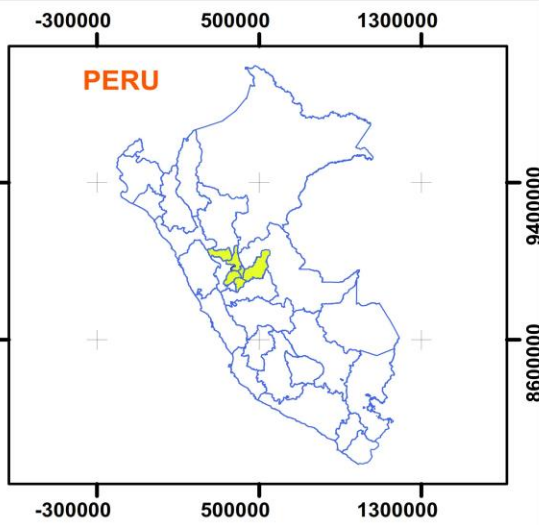
- PG-CUEVA_DE_LAS_PAVAS
- COORDENADAS TESIS
- PUNTOS CUEVA DE LAS PAVAS
- RED VIAL
- Rios-Quebradas



1:8,000



N°	E	N	MUESTREO	DESCRIPCION
1	393098	8964079	PT1	CUEVA DE LAS PAVAS
2	393040	8963985	PT2	CUEVA DE LAS PAVAS



	UNIVERSIDAD AGRARIA DE LA SELVA FACULTAD DE RECURSOS NATURALES		
	RENOVABLES ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA EN CONSERVACION DE SUELOS Y AGUAS MAPA DE UBICACION DE MUESTRAS DE AGUA EN LA CUEVA DE LAS PAVAS		
DISTRITO : MARIANO DAMASO BERAUN	PROVINCIA : LEONCIO PRADO	DEPARTAMENTO : HUANUCO	ELABORADO POR : Jair Pacheco Silva
EJECUTOR : Jair Pacheco Silva	SISTEMA DE REF. UTM - WGS 84 ZONA 18 S	ESCALA: FECHA: 5.597222; Agosto 2023	ELABORADO POR : Jair Pacheco Silva

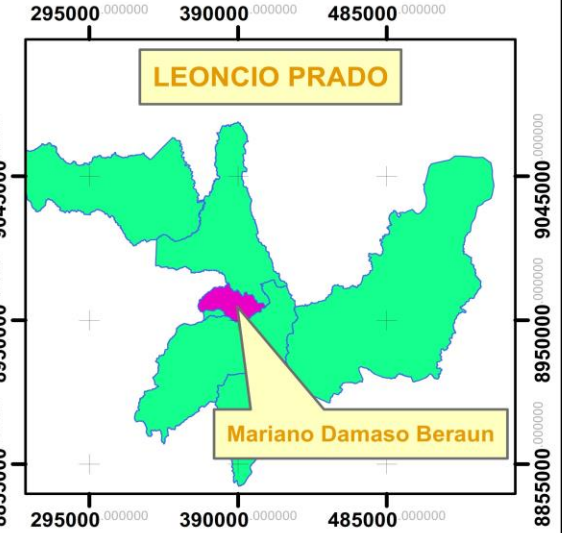
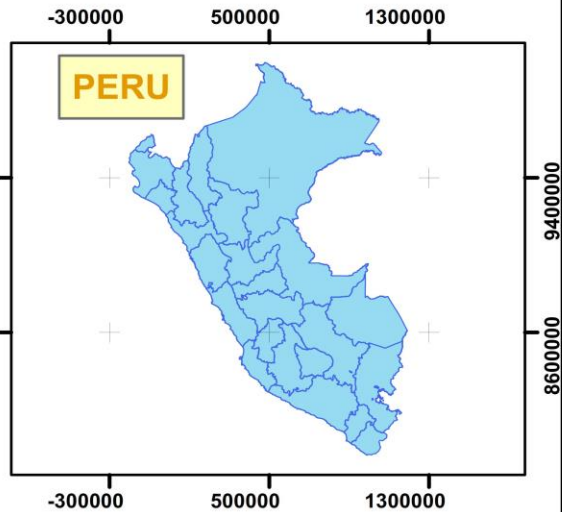
MAPA DE UBICACION DE MUESTRAS DE AGUA EN LA ALCANTARILLA



LEYENDA

- ▲ PUNTOS GENERAL LA ALCANTARILLA
- PUNTOS LA ALCANTARILLA
- RVV_Eje
- Rios_Quebradas

N°	E	N	Z	MUESTREO	DESCRIPCION
1	392532	8966139	714	PT1	LA ALCANTARILLA
2	392480	8966179	702	PT2	LA ALCANTARILLA



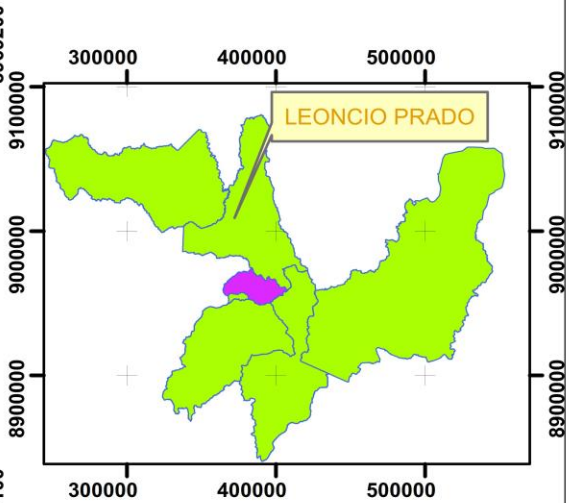
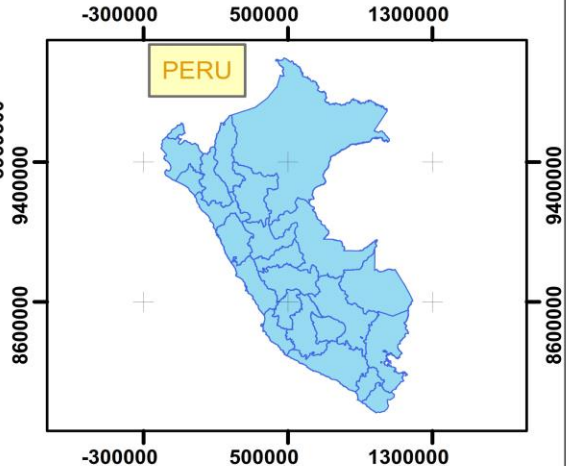
	UNIVERSIDAD AGRARIA DE LA SELVA			
	FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES			
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA EN				
MAPA DE UBICACION DE MUESTRAS DE AGUA DE LA ALCANTARILLA				
DISTRITO : MARIANO DAMASO BERAUN	PROVINCIA : LEONCIO PRADO	DEPARTAMENTO : HUANUCO		
EJECUTOR : Jair Pacheco Silva	SISTEMA DE REF. UTM - WGS 84 ZONA 18 S	ESCALA: 5000	FECHA: 18/Agosto/ 2023	ELABORADO POR : Jair Pacheco Silva

MAPA DE UBICACION DE MUESTRAS DE LAS AGUAS SULFUROSAS



LEYENDA

- PUNTOS AGUAS SULFUROSAS
- ▲ PUNTOS GENERAL AGUAS SULFUROSAS
- Rios_Quebradas
- RVN_Eje



N°	E	N	Z	MUESTREO	DESCRIPCION
1	387198	8969171	684	PT1	AGUAS SULFUROSAS
2	387180	8969186	682	PT2	AGUAS SULFUROSAS

	UNIVERSIDAD AGRARIA DE LA SELVA		
	FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES		
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA EN			
MAPA DE UBICACIÓN DE MUESTRAS DE LAS AGUAS SULFUROSAS			
DISTRITO : MARIANO DAMASO BERAUN	PROVINCIA : LEONCIO PRADO	DEPARTAMENTO : HUANUCO	
EJECUTOR : Jair Pacheco Silva	SISTEMA DE REF. UTM - WGS 84 ZONA 18 S	ESCALA: 1500	FECHA: 18/Agosto/ 2023 ELABORADO POR : Jair Pacheco Silva