



Article scientific

Evaluation of water quality for tourism purposes of the Santa Carmen - Leoncio Prado waterfall springs

Luis Angel Flores Peregrino ^a, Edilberto Díaz Quintana ^a, Cleide Santos Flores ^a, Jenri Ruiz Gonzales ^a and
 Alexander Mesías Morales ^a

^a Universidad Nacional Agraria de la Selva, Perú

ITEM INFORMATION

Published: 2023-06-28
Accepted: 2023-06-26
Received: 2023-03-24

Keywords:

Bacteriological indicators
Physicochemical indicators
Water quality
Environmental management

ABSTRACT

This study evaluated the water quality for tourism purposes from the sources of the Santa Carmen waterfall in Peru, using the Water Quality Index for the Protection of Aquatic Life (ICA - PE) method and the determination of physicochemical and biological parameters. The results obtained showed that the water quality in the Santa Carmen waterfall is excellent for recreational use in three spas and one regular in B4 (Sewer), although some limitations were observed regarding the presence of salmonella sp., in the sampling point B4. The physicochemical parameters evaluated included pH, turbidity, color, dissolved oxygen (DO) and biological oxygen demand (BOD5), while the biological parameters included Material of anthropogenic origin, tolerant coliforms, *Salmonella sp.*, and *Vibrio cholerae*, the results obtained indicate that the Santa Carmen waterfall presents an acceptable water quality for recreational use, although it is recommended to carry out pollution control measures to minimize the presence of *Salmonella sp.*, since in B4 (sewer), bathers must be careful when swallowing or inhaling the water, as there is a possibility of the bacteria entering the digestive system or through the respiratory tract. This study is important for decision-making in environmental and tourism management in the area, and can serve as a basis for future research on water quality in tourist destinations

Evaluación de la calidad de agua a partir de indicadores bacteriológicos y fisicoquímicos con fines turísticos de las fuentes de la catarata Santa Carmen – Leoncio Prado

RESUMEN

Palabras clave:

Indicadores bacteriológicos
Indicadores fisicoquímicos
Calidad de agua
Gestión ambiental

Este estudio evaluó la calidad del agua para fines turísticos de las fuentes de la catarata Santa Carmen en Perú, utilizando el método de Índice de Calidad del Agua para Protección de la Vida Acuática (ICA - PE) y la determinación de parámetros fisicoquímicos y biológicos. Los resultados obtenidos mostraron que la calidad del agua en la catarata Santa Carmen es excelente para el uso recreativo en tres de balnearios y una regular en B4 (Alcantarilla), aunque se observaron algunas limitaciones en cuanto a la presencia de *salmonella sp.*, en el punto de muestreo B4. Los parámetros fisicoquímicos evaluados incluyeron el pH, la turbidez, color, oxígeno disuelto (OD) y demanda biológica de oxígeno (DBO5), mientras que los parámetros biológicos incluyeron Material de origen antropogénico, coliformes tolerantes, *salmonella sp.*, y *Vibrio cholerae*, los resultados obtenidos indican que la catarata Santa Carmen presenta una calidad de agua aceptable para el uso recreativo, aunque se recomienda llevar a cabo medidas de control de contaminación para minimizar la presencia de *salmonella sp.*, puesto que en B4 (alcantarilla), los bañistas deben tener cuidado al ingerir o inhalar el agua, ya que existe la posibilidad de que la bacteria ingrese al sistema digestivo o a través del tracto respiratorio. Este estudio es importante para la toma de decisiones en materia de gestión ambiental y turística en la zona, y puede servir como base para futuras investigaciones sobre la calidad del agua en destinos turísticos.



<https://doi.org/10.47422/GreenHorizon.v2i1.18>



INTRODUCCIÓN

Según Ramírez (2021), la calidad del agua se puede definir como una serie de características físicas, químicas y biológicas, así como la presencia de sustancias orgánicas e inorgánicas que se encuentran en un cuerpo de agua, y la composición de la biota acuática presente en ella. Es importante destacar que la calidad del agua varía en el tiempo y el espacio, debido a factores internos y externos al cuerpo de agua.

Villena, (2018) indica que la salud y el progreso económico dependen en gran medida de la preservación de la calidad del agua, que representa un recurso ecológico fundamental.

La impresionante cascada Santa Carmen cuenta con una caída de agua de 30 metros, que fluye hasta una piscina natural que tiene una profundidad de alrededor de 2 metros, se encuentra en medio de un paisaje natural exuberante y atrae a muchos visitantes durante todo el año (Tingo María, 2020). Durante los meses tres primeros meses del 2023, la Catarata Santa Carmen recibe una cantidad significativa de visitantes, registrándose un promedio de 3,330 a 3,450 (fuente).

En los últimos años, ha sido más notorio el efecto de la población sobre los recursos hídricos, resaltando la estrecha conexión entre los niveles de compuestos inorgánicos y la contaminación microbiológica del agua, y la salud de la población (Pavan, 2022).

La catarata Santa Carmen es alimentada por la quebrada Santa Carmen, la cual tiene un caudal de $0.4548 \text{ m}^3/\text{s}$ en la época de primavera teniendo un flujo moderado de agua, la calidad del agua es un factor fundamental a considerar en la actividad turística, ya que esta puede ser utilizada para diversas actividades como nadar, pescar, ya que los visitantes esperan disfrutar de aguas limpias y seguras durante sus actividades recreativas.

Los cambios climáticos impredecibles, combinados con la continua contaminación y deforestación de las cuencas, aumentan el riesgo de una repentina alteración en la calidad del agua proveniente de las fuentes de abastecimiento utilizadas por la población. El pH es un indicador de la acidez o alcalinidad del agua y puede afectar la supervivencia de la vida acuática y la eficacia del tratamiento del agua. La turbidez, causada por la presencia de partículas en suspensión, reduce la visibilidad debajo de la superficie y puede aumentar el riesgo de lesiones y enfermedades. El color del agua puede ser un indicador de la presencia de contaminantes, como materia orgánica, metales y nutrientes, que pueden afectar la calidad del agua y la salud humana. Esta situación representa una amenaza significativa para la seguridad y salud pública, ya que los cambios impredecibles pueden dificultar la toma de medidas preventivas para asegurar el acceso a las aguas recreacionales (Montoya et. al., 2011).

La Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) es una medida utilizada para determinar el nivel de contaminación en el agua. Por esta razón, se realiza principalmente en vertidos, es decir, en agua que se devolverá a las corrientes receptoras. A medida que aumenta la DBO, se indica un mayor nivel de contaminación en el agua debido a los componentes biodegradables presentes en ella. De esta manera, la medición de la DBO es una herramienta útil para identificar el grado de contaminación en el agua y tomar medidas preventivas para mejorar su calidad (Summum, 2020).

La presencia de coliformes tolerantes, *Salmonella sp.*, y *Vibrio cholerae* en las aguas de recreación, como en el caso de las cataratas, puede tener graves consecuencias para la salud humana (Gil, 2014). Los coliformes tolerantes son bacterias que se encuentran comúnmente en el intestino humano y pueden indicar la presencia de contaminación fecal en el agua. *Salmonella sp.*, es una bacteria patógena que puede causar una variedad de enfermedades gastrointestinales (La Salmonella y los alimentos, 2022), mientras que *Vibrio cholerae* es el agente causal del cólera, una enfermedad grave que puede provocar diarrea acuosa y deshidratación (Quiñones et al., 2000). La presencia de estas bacterias en el agua de recreación puede aumentar el riesgo de enfermedades transmitidas por el agua en las personas que entran en contacto con el agua.

Es por ello que se requiere de una evaluación detallada de la calidad del agua para garantizar la salud y seguridad de los turistas que visitan estas fuentes.

Esta investigación es importante porque proporcionará información valiosa sobre la calidad del agua de la quebrada Santa Carmen, que será útil para la toma de decisiones en cuanto a la gestión y conservación de estas fuentes de agua para fines turísticos; en este sentido, el estudio de investigación tiene como objetivo evaluar la calidad de agua para fines turísticos de las fuentes de agua de la quebrada Santa Carmen, 2023.

MATERIALES Y MÉTODOS

La zona de estudio corresponde en la quebrada Santa Carmen ubicada en el distrito de Mariano Dámaso Beraún, que se ubica en la provincia de Leoncio Prado/ Región Huánuco.

Figura 1

Mapa del sitio de estudio y puntos de muestreo



Fuente: Google Earth

Tabla 1

Ubicación geográfica de los puntos de muestreo

Fuentes de agua	Punto de muestreo	código de muestreo	Coordenada UTM (WGS84-18S)		Zona
			Este (m)	Norte (m)	
Quebrada Santa Carmen	Catarata Santa Carmen	B1	393864	8966193	18L
	Poza 1	B2	393733	8966105	
	Recreo Manantial	B3	393354	8965806	
	La Alcantarilla	B4	392482	8966189	

Materiales

12 envases de plástico de 100 ml, tubos de ensayo, 1 cooler, etiquetas, guantes látex, 20 m de Rafia, pipetas, 1 pelota de tecnopor, matraz, hielo, placas Petri, laptop, cuaderno y lapicero.

Insumos y cultivos

Agua destilada, caldo peptona, caldo lactosa bilis verde, caldo EC, caldo cistina selenito, Agar VBRF, rojo fenol, sulfito de bismuto (SB), agar salmonella shigella (SS), agar TCBS, reactivo Pt/Co.

Equipos

Multiparámetro WTW modelo multi 3630 IDS (OD y pH), Medidor Portátil de Turbidez y cloro HI93414-01 HANNA, Colorímetro portátil multiparamétrico DR 900 (color), Incubadora de DBO modelo HIRI 3P, balanza analítica, autoclave.

Metodología**Diseño de investigación**

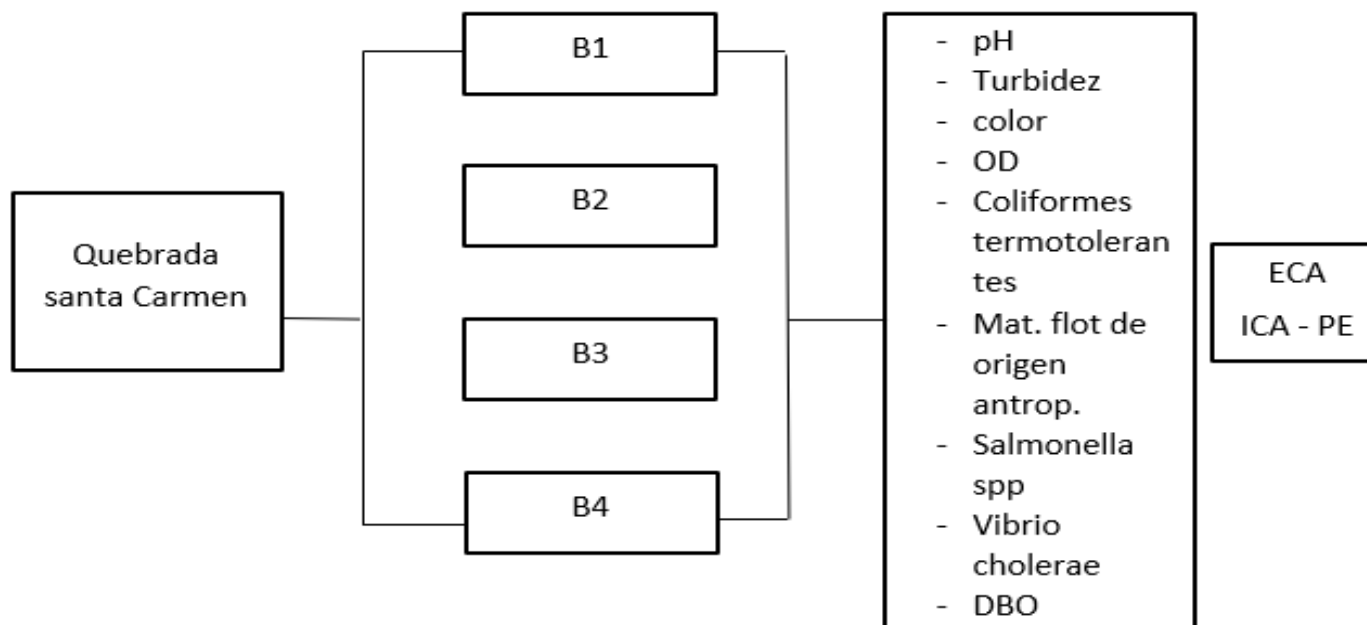
A continuación, se describe la secuencia en detalle:

Se realizaron cuatro puntos de muestreo (B1: Catarata Santa Carmen, B2: Poza 01, B3: Recreo Manantial y B4:

Alcantarilla) con el fin de analizar diferentes parámetros de calidad del agua. Cada punto de muestreo se repitió tres veces para garantizar la precisión de los resultados. Los parámetros medidos incluyeron pH, turbidez, color, coliformes termotolerantes, material flotante de origen antropogénico, salmonella, *Vibrio cholerae* y DBO.

Figura 2

Diseño metodológico de la quebrada Santa Carmen



Nota: [B1]: Catarata Santa Carmen, [B2]: Poza 1, [B3]: Recreo Manantial, [B4]: La Alcantarilla

Recolección de muestras de agua

Para la recolección de muestras en las aguas de la quebrada Santa Carmen, se realizó siguiendo el protocolo de monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales, donde usamos 12 recipientes respectivamente rotulados mencionando información relevante (punto de muestreo, fecha y hora de recolección, parámetros, código de muestreo, solicitante) para 3 repeticiones por cada punto (B1: Catarata Santa Carmen, B2: Poza 01, B3: Recreo Manantial y B4: Alcantarilla), con el uso de los guantes látex llenamos los recipientes hasta aproximadamente el 90% de su capacidad y asegurarse de evitar burbujas de aire en el interior (ANA, 2016). Para transportar las muestras de manera cuidadosa para evitar la alteración o derrame se hizo uso de un cooler con hielo, se almaceno las muestras en condiciones adecuadas de temperatura y protegerlas de la luz solar directa hasta su entrega al laboratorio para su análisis en la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Medición del caudal

En esta investigación se desarrolló la medición del caudal de la quebrada Santa Carmen por el método del flotador, es posible estimar los caudales de ríos y quebradas al establecer una relación entre el caudal y la altura del agua en un punto estable a lo largo del curso del agua. Esto se logra mediante el uso de un dispositivo de medición llamado aforador en diferentes condiciones de caudal, que incluyen caudal bajo, medio y alto (ANA, 2016).

Análisis de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en el laboratorio

Los análisis se desarrollaron en el laboratorio de calidad de agua y el laboratorio de microbiología de la Universidad Nacional Agraria de la Selva son dos áreas especializadas en el análisis de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de diferentes tipos de muestras de agua. Estos laboratorios están equipados con tecnología de vanguardia y personal altamente capacitado para realizar pruebas y análisis precisos.

Análisis fisicoquímico

Para la medición del parámetro pH se utilizó el equipo Multiparámetro WTW modelo multi 3630 IDS, en la cual se le conectó en la parte superior el sensor IDS pH - electrode sensor y para el OD se utilizó el sensor FDO 925, una vez conectado se enciende el equipo y se pone el sensor con 200 ml en un vaso precipitado de muestra, después de eso esperar que se establezca los sensores anotar el valor obtenido.

Para la medición del parámetro turbidez se utilizó el medidor Portátil de Turbidez y cloro HI93414-01 HANNA, en la cual se necesitó 10 ml de muestra que se le puso la cubeta de vidrio, luego se encendió el equipo para obtener los resultados.

Para la medición del parámetro de color se utilizó el Colorímetro portátil multiparamétrico DR 900, en la cual se necesitó 10 ml de muestra que se le puso la cubeta de vidrio, luego se encendió el equipo para obtener los resultados, los valores en la escala de Pt/Co 15 es el valor “normal”.

Análisis microbiológico

Análisis *Vibrio Cholerae* de la muestra se saca 1 ml y se lleva a un tubo de ensayo con cloruro de sodio al 4 % (9 ml) y luego se incuba por 24/48 h, después se siembra en el agar TCBS y se siembra por estrías y se lleva a incubar a 24/48 h. si hay colonias de color amarillo es *Vibrio Cholerae* y si da otro color y no crece es negativo, y finalmente se reporta como presencia y ausencia (López, 2004).

Análisis de coliformes termotolerantes se tomó una muestra orgánica de 10 ml y se mezcló con 90 ml de caldo peptonado al 0.1 % en un matraz para hacer una dilución de 10⁻¹. Luego, se tomó 1 ml de la dilución y se mezcló con 9 ml de caldo lactosa Bilis Verde Brillante (Brilla), caldo triptosa o lauril sulfato en tres tubos diferentes, y se colocaron tubos de Durham invertidos en cada uno. Se repitió el proceso de dilución hasta alcanzar una dilución de 10⁻³. Los tubos se incubaron a 35°C o 37°C durante 24 a 48 horas y se observó la producción de gas en los tubos de Durham cada 24 horas para realizar la prueba presuntiva (López, 2004).

Para la determinación de *Salmonella sp.* Se tomó una muestra orgánica de 10-25 ml y se colocó en un matraz con 90-225 ml de caldo peptonado al 1% para la prueba de pre-enriquecimiento, que se incubó a 37°C durante 24-48 horas. Para la prueba de enriquecimiento selectivo, se tomó 10 ml de la muestra y se sembró en caldo tetratiónato y caldo cistina selenita, que se incubaron a 42-43°C durante 24-48 horas. En la prueba de selección, se sembró la muestra en placas con agar SS y *Salmonella shigella* por duplicado, utilizando aza como medio de cultivo (López, 2004).

Tabla 2

Parámetros físicoquímicos y microbiológicos

Parámetros	Unidad de medida	Método
pH	unidad de pH	Método de pH metro
Turbidez	UNT	Colorímetro, Método Nefelométrico
Color	escala pt/Co	Colorímetro
Oxígeno disuelto	mg/l	Método Multiparámetro
Coliformes termotolerantes	Presencia/100 ml	APHA AWWA-WEF Fecal Coliforme
Material flotante de origen antropogénico	-	NTP 399.033:2018
<i>Salmonella spp</i>	Presencia/100 ml	APHA AWWA-WEF Fecal Coliforme
<i>Vibrio cholerae</i>	Presencia/100 ml	APHA AWWA-WEF Fecal Coliforme
DBO5	mg/L	Método instrumental DBO5 = (OD inicial – OD final)

Cálculo del índice de calidad de agua (ICA-PE)

Según (ANA, 2018) La fórmula canadiense se utiliza para calcular el índice de calidad del agua, que está formado por tres componentes (rango, frecuencia y amplitud) y da un único número (entre 0 y 100), se usaron las siguientes formulas:

F1 – Alcance

$$F1 = \frac{\text{Numero de parametros que no cumplen los ECA agua} \times 100}{\text{Numero total de parametros a evaluar}} * 100 \dots (1)$$

F2 - Frecuencia

$$F2 = \frac{\text{Numero de parametros que no cumplen los ECA agua de los datos evaluados}}{\text{Numero total de datos evaluados}} * 100 \dots (2)$$

F3 - Amplitud

$$F3 = \left(\frac{\text{Suma normalizada de excedentes}}{\text{Suma normalizada de excedentes} + 1} \right) * 100 \dots (3)$$

En donde, la suma normalizada de excedentes (nse):

$$\text{nse} = \text{Suma normalizada de excedentes} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Excedentes}}{\text{Total de datos}} \dots (4)$$

Seguidamente se procede el cálculo del ICA con la formula (5):

$$ICA - PE = 100 - \sqrt{\frac{F1+F2+F3}{3}} \dots (5)$$

Al final se ubica los datos en el rango:

Tabla 3

Interpretación de la calificación ICA – PE

ICA - PE	Calificación	Interpretación
90 - 100	Excelente	La calidad del agua se salvaguarda en ausencia de amenazas o daños.
75 - 89	Bueno	La calidad del agua varía con respecto a la calidad natural del agua
45 - 74	Regular	La calidad del agua se desvía con frecuencia de los niveles ideales.
30 - 44	Malo	La calidad del agua no satisface los objetivos de calidad y, con frecuencia, las circunstancias ideales están en peligro o se ven comprometidas.
0 - 29	Pésimo	La calidad del agua está prácticamente siempre en peligro o se ve perjudicada cuando no cumple los objetivos de calidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla 4

Valores de quebrada Santa Carmen en época de primavera y comparación de los resultados de los parámetros evaluados con los ECAS

Parámetros	Unidad de medida	Catarata Santa Carmen	Poza 1	Manantial	Alcantarilla	ECAS
pH	Unidad de pH	8.21	8.24	8.29	8.16	6.0 a 9.0
Turbidez	UNT	2.76	2.72	2.73	2.13	100
Color	pt/Co	6.05	6.15	10	13.33	normal
OD	mg/l	7.99	8.24	8.72	7.89	≥ 5
DBO	mg/l	0.47	0.68	1.09	0.41	30
Mat. Flot. De origen antrop.	Presencia/100 ml	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia de material flotante
Coliformes tolerantes	NMP/100 ml	0	0	0	0	200
Salmonella sp.	Presencia/100 ml	0	0	0	30	0
Vibrio cholerae	Presencia/100 ml	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia

Nota: Según EPA (2007), el pH se puede evaluar en un rango de 0 a 14, siendo 7 considerado como neutral y valores por debajo de 7 como ácidos, y por encima de 7 como alcalinos. Para el agua, se recomienda un pH entre 6.5 y 8.5. Para el pH en nuestra investigación todos los valores obtenidos están dentro del rango permitido por la ECA (6.0 - 9.0), Luciani (2022) por su parte por su parte menciona rangos de pH de 7.3 – 8.4 presenta una dominancia de suelos alcalino-calcáreos, lo que también corrobora Tolentino (2022) en su investigación el potencial de hidrógeno (pH) el agua presentó un valor representativo de 7.98, medida que muestra a un agua ligeramente alcalina y que es aceptada por los estándares de calidad, asimismo Raymundo (2023) valores de pH para el mes de septiembre en el Río Supte (parte alta, media y baja), fueron 8.75, 8.26 y 8.07 respectivamente, lo cual podemos decir que estos valores están dentro del rango 6.5-9 de pH. Rango que establece el ECA. Esto se debe a que el agua en su proceso natural de circulación y filtración a través de la roca y el suelo puede adquirir minerales como calcio, magnesio y carbonatos, que elevan su alcalinidad. Además, la agitación y la exposición al aire al caer por las cascadas o cataratas puede aumentar la absorción de dióxido de carbono, lo que también puede aumentar la alcalinidad del agua.

La turbidez también todos los valores obtenidos están dentro del límite permisible de la ECA (≤ 100 UNT), Suarez (2023) menciona que la turbidez del agua es un factor importante para que sea aceptable para los usuarios, por lo que se considera un indicador de la calidad del agua, también Luciani (2022) en su investigación durante el primer período del año, que coincide con el verano, se registran niveles de turbidez bajos debido a la poca profundidad del agua y la falta de materiales suspendidos en ella. Suarez (2020) presentó una turbidez que tienen mayor ponderación de 3.85 UNT en la colina super baja de la quebrada Cocheros, también en la colina baja de la quebrada Naranjal presentó una

turbidez de 2.29 UNT y la quebrada Córdova presentó en la colina baja 2.26 UNT de turbidez, si bien las muestras se obtuvieron durante las horas tempranas lo que la poca presencia de turbidez oscilan de 2.13 a 2.76 podría ser debido a la escasa presencia de partículas en suspensión en el agua, estas partículas pueden ser sedimentos naturales que se encuentran en el agua debido a la erosión de las rocas y el suelo circundante.

Para el color todos los valores obtenidos no sobrepasan el ECA (Sin cambio normal – 15 Pt/Co), el color del agua en cascadas o cataratas puede variar dependiendo de la cantidad de material orgánico o inorgánico suspendido en el agua como se muestran dos valores distintos en B1, B2 y B3, B4, valores distintos entre 6.05 – 13.33 Pt/Co debido a la presencia de minerales o la exposición a la luz solar.

El oxígeno disuelto (OD) todos los valores obtenidos están dentro del límite permisible de la ECA (≥ 5 mg/L), Luciani (2022) en su trabajo de investigación obtuvo de sus cinco estaciones de muestreo presentan valores de 4.5 - 8.6 mg/l de oxígeno disuelto en el periodo de junio, caso contrario lo que se muestra en el mes de octubre que oscilan entre 6.8 - 7.6 mg/l. Los resultados obtenidos de los niveles de oxígeno disuelto indican una situación favorable, lo que sugiere que no hay problemas de detención y que las especies en la zona están prosperando adecuadamente (Gil, 2014), en relación con nuestros resultados de oxígeno disuelto es debido la acción del agua en movimiento, la temperatura del agua y a la actividad biológica en el agua, en las temperaturas bajas en las mañanas pueden disminuir la solubilidad del oxígeno y afectar los niveles de OD en el agua.

Suarez (2020) en su investigación presenta en la colina baja de la quebrada cochero de 0.90 mg/l y en la quebrada Córdova 1.35 mg/l, también Raymundo (2023) en su investigación presentó valores durante el mes de agosto la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) en diferentes partes del Río Supte: alta, media y baja, registrándose valores de 0.74 mg/l, 2.66 mg/l y 2.97 mg/l, en relación con nuestra investigación respectivamente la DBO todos los valores obtenidos están dentro del ECA (≤ 30 mg/L), la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) baja en las aguas de las cascadas o cataratas puede indicar que hay una cantidad limitada de materia orgánica en el agua y que ésta está relativamente limpia, esto puede deberse a una combinación de factores como la baja actividad humana y la presencia de una cantidad adecuada de nutrientes en el agua para mantener la vida acuática, pero sin una cantidad excesiva de materia orgánica que pueda afectar la calidad del agua.

Para Coliformes todos los valores obtenidos están dentro del límite permisible de la ECA (≤ 200 NMP/100 mL), para Marín (2019) en su estudio realizado, se observó que los niveles de coliformes termotolerantes en el punto de muestreo 1 oscilaron entre 1.8 a 13 NMP/100 mL, mientras que en el punto de muestreo 2 variaron de 1.1 a 6.9 NMP/100 mL. Estos resultados sugieren que el tratamiento del agua no es adecuado y, por lo tanto, no es segura para el consumo humano, a diferencia con nuestra investigación no se presentó coliformes tolerantes, lo que puede deberse a la presencia de una vegetación abundante y saludable en las orillas de la quebrada, que actúa como un filtro natural y ayuda a mantener la calidad del agua.

Suarez (2023) en su investigación presentó presencia de sus catorce puntos de monitoreo un promedio de 2.5 *salmonella sp*. resultados comparados no concuerdan con los valores obtenidos con los Balnearios 1,2,3, que están dentro del límite permisible de la ECA (Ausencia) por lo que no representan un riesgo para la población, excepto de B1 (Alcantarilla) con 30 NMP/100 ml que es superior a la investigación de Suarez debido a la contaminación por fuentes fecales, como el desagüe instaladas directamente a la quebrada, aguas residuales de granjas, o la presencia de animales salvajes o domésticos en las cercanías del cuerpo de agua.

Thorolfsdottir y Marteinnsson (2013) advierten que las piscinas y otros cuerpos de agua utilizados para la recreación pueden albergar una diversidad de microorganismos procedentes de diferentes fuentes, como seres humanos, animales y el medio ambiente. La contaminación fecal, proveniente de heces humanas o animales, es una de las principales causas de enfermedades transmitidas por el agua en estas áreas. Otros fluidos corporales y escamas de piel también pueden ser fuentes de bacterias patógenas. En el estudio realizado de los cuatro balnearios solo se encontró la presencia de *salmonella spp* en la Alcantarilla, lo que indica que el agua no está dentro de los parámetros establecidos por los estándares de calidad ambiental de agua para uso recreacional y no es apta para la recreación. Los autores señalan que la infección humana a través del agua de baño puede ocurrir por contacto directo, desde el aire a través del sistema respiratorio o directamente desde el agua que ingresa al tracto gastrointestinal a través de la boca.

Tolentino (2022) no encontró la presencia de *Vibrio Cholerae*, también Suarez (2020) que en su investigación observó que *Vibrio cholerae* tiene presencia en la colina media, baja y super baja en la época de estiaje, en la época de avenida hay ausencia total, también podemos decir que la *Vibrio cholerae* supera los ECAs excepto la colina alta.

Los resultados obtenidos coinciden con los hallazgos de nuestra investigación por efecto que no se presentó *Vibrio cholerae* estando dentro del límite permisible de la ECA (Ausencia).

Tabla 5

Valores de F1, F2 y F3 para la determinación del ICA -PE para 4 puntos de monitoreo

	Santa Carmen	Poza 1	Manantial	Alcantarilla
Parámetros que pasan el ECA	0.00	0.00	0.00	1.00
Total, parámetros evaluados	9.0	9.0	9.0	9.0
F1	0.0	0.0	0.0	22.22
F2	0.0	0.0	0.0	22.22
F3	0.0	0.0	0.0	76.32

Nota: F1= Alcance; F2= Frecuencia; F3= Amplitud.

Tabla 6

Resultados del ICA -PE de los 4 puntos de monitoreo

No.	Código de muestreo	Cuerpo de agua	Resultados ICA - PE
1	B1	Santa Carmen	100 Excelente
2	B2	Poza 1	100 Excelente
3	B3	Manantial	100 Excelente
4	B4	Alcantarilla	55.01 Regular

Nota: La tabla 6 nos muestra que en B1, B2, B3 El agua se encuentra en un estado de protección de calidad, sin amenazas ni daños significativos. Las condiciones son altamente similares a los niveles naturales o deseables y B4 nos indica que, en ocasiones, la calidad del agua natural se ve afectada por amenazas o daños.

Suarez (2020) en la investigación, concluyó que el Índice de Calidad de Agua (ICA) de la Quebrada Cochero durante la época de estiaje y avenida cumple con las normas establecidas por el ECA y el LMP, lo que indica que el agua es apta para el consumo humano y se encuentra en la categoría de "Bueno", lo que años después concuerda Dionisio (2021) en su estudio obtuvo una buena calidad de agua de las fuentes de cocheros (79.06), Del Águila (85.36) y Cushuro (76.08). Tolentino (2022) observó que las muestras de agua recolectadas en la zona alta (con un ICA de 68.7) presentaron una mejor calidad que las muestras de la zona baja (ICA de 64.2). En cuanto al mes de evaluación, se encontraron valores similares de ICA en general, aunque se notó una leve superioridad en las muestras del tercer mes. Relacionando con las investigaciones anteriores, nuestra investigación presento una excelente calidad de agua recreacional (ICA de 100) en (B1, B2, B3), a comparación de B1 (Alcantarilla) presento una calidad de agua regular con un ICA de 55.01.

En los resultados del trabajo de investigación proporciona información sobre la calidad del agua en diferentes cuerpos de agua y se observa que algunos de ellos presentan una calidad del agua ligeramente por debajo de los niveles naturales deseados. Los resultados del ICA - PE indican que, en algunos casos, la calidad del agua natural se ve afectada por amenazas o daños. Pues Villalobos (2022) apunta a la importancia de monitorear y proteger los recursos hídricos para garantizar su sostenibilidad y calidad a largo plazo. Relacionando las dos investigaciones indican que la gestión adecuada de los recursos hídricos es crucial para mitigar los impactos negativos de las presiones socioambientales y garantizar la disponibilidad de agua limpia para las generaciones futuras.

CONCLUSIONES

La calidad del agua en las fuentes de la quebrada Santa Carmen para fines turísticos es en general excelente de 100, con la excepción de la muestra de B4 (alcantarilla) que presenta un nivel de calidad inferior (55.01 - regular) debido a la presencia de *Salmonella spp.*

Los parámetros de muestreo de agua en las muestras de Santa Carmen, Poza 1 y Manantial se encuentran dentro de los límites establecidos por la ECA para agua recreacional, lo que indica que son aptas para el uso turístico.

Sin embargo, se recomienda tomar medidas para mejorar la calidad del agua en la alcantarilla y reducir la presencia de *Salmonella spp.*, ya que representa un riesgo para la salud de los turistas, cuando las personas entran en contacto con agua contaminada con *Salmonella spp.* y luego ingieren o inhalan el agua, existe la posibilidad de que la bacteria ingrese al sistema digestivo o a través del tracto respiratorio. Esto puede resultar en infecciones gastrointestinales, como la salmonelosis, que se caracteriza por síntomas como fiebre, dolor abdominal, diarrea, náuseas y vómitos. que podrían tener contacto con ella. Por ello pueden incluir medidas de control de contaminación, tratamiento de aguas residuales y/o acciones para prevenir la entrada de contaminantes en la fuente de agua.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ANA. (2018). Metodología para la determinación del índice de calidad de agua ICA – PE aplicado a los cuerpos de agua continentales superficiales. Ministerio de agricultura. Lima. Perú. pag.33-39. <https://hdl.handle.net/20.500.12543/2440>
- ANA. (2016). Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales. Ministerio de agricultura y riego. Lima. Perú. pag.49-51. <https://hdl.handle.net/20.500.12543/209>
- Dionisio, A. (2021). Calidad del agua para consumo poblacional de las fuentes de agua cocheros, quebrada del Aguila y cushuro en la ciudad de tingo maría – leoncio prado. [Tesis Posgrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio Institucional UNAS <https://hdl.handle.net/20.500.14292/2111>
- Environmental protection agency [EPA]. (2007). Acid rain: What is pH. <http://www.epa.gov/acidrain/measure/ph.html>
- Gil, J. (2014). Determinación de la calidad del agua mediante variables físico químicas, y la comunidad de macroinvertebrados como bioindicadores de calidad del agua en la cuenca del río Garagoa. [Tesis Pregrado, Universidad Nacional Manizales]. Repositorio Institucional de la Universidad de Manizales <https://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/handle/20.500.12746/1803>
- López, C. 2004. Protocolos de prácticas de Microbiología Ambiental. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú.
- Luciani, J. (2022). Determinación de la relación entre las propiedades fisicoquímicas del agua y macroinvertebrados acuáticos - Santa Carmen. [Tesis Pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio Institucional UNAS <https://hdl.handle.net/20.500.14292/2201>
- Marín, R. 2019. Fisicoquímica y Microbiología de los Medios Acuáticos, Tratamiento y Control de Calidad de Aguas. 1 ed. Cartagena, Colombia. Ediciones Díaz de Santos. 440 p.
- Montoya, C., Loaiza, D., Torres, P., Cruz, C. H., & Escobar, J. C. (2011). Efecto del incremento en la turbiedad del agua cruda sobre la eficiencia de procesos convencionales de potabilización. Revista EIA, (16), 137-148.
- Pavan, J. V., Masachessi, G., Prez, V. E., Di Cola, G., Re, V. E., & Nates, S. V. (2022). Evaluación de la calidad de aguas superficiales en espacios recreacionales, una propuesta integradora de marcadores químicos y microbiológicos. Revista De La Facultad De Ciencias Médicas De Córdoba, 79(2), 210–214. <https://doi.org/10.31053/1853.0605.v79.n2.33403>
- Quiñones-Ramírez, Elsa Irma, Vázquez-Salinas, Carlos, Pedroche, Francisco F., Moreno-Sepúlveda, L., & Rodas-Suárez, O. R. (2000). Presencia de los géneros Vibrio y Salmonella, y detección de coliformes fecales en almejas del Golfo de México. Hidrobiológica, 10(2), 131-138. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-88972000000200008&lng=es&tlng=es.
- Ramírez, C. A. S. (2021). Calidad del agua: Evaluación y diagnóstico: Vol. 1º edición. Ediciones de la U.
- Raymundo, J. (2023). Calidad del agua del rio supte en un tramo de influencia del sector Supte San Jorge en Rupa Rupa, leoncio prado - 2021. [Tesis Pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio Institucional UNAS <https://hdl.handle.net/20.500.14292/2362>
- Suarez, J. (2020). Calidad del agua del sistema de abastecimiento y el nivel de satisfacción de la comunidad universitaria de las Quebradas Naranjal, Cochero y Cordova del BRUNAS – Tingo María, 2019. [Tesis Pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio Institucional UNAS <https://hdl.handle.net/20.500.14292/1822>
- Suarez, J. (2023). Índice de la calidad del agua potable y la satisfacción de los clientes de la EPS SEDA Huánuco s.a. en la localidad de Tingo María, 2019. [Tesis Posgrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio Institucional UNAS <https://hdl.handle.net/20.500.14292/2360>
- Summun. (2020, 7 abril). ¿Qué es el DBO y DQO? - Análisis de Agua - Aquanova. Aquanova: Tratamiento del agua, laboratorio de análisis. <https://aquanova.es/que-es-el-dbo-y-dqo/>
- Thorolfsdottir b. & Marteinson V. 2013. Microbiological Analysis in Three Diverse Natural Geothermal Bathing Pools in Iceland. Int. J. Environ. Res. Public Health. 10(3):1085-1099
- Tingo María: Catarata Santa Carmen (2020). Tingo Maria - Ciudad de la Bella Durmiente - Perú - Turismo - Viaje - Cultura - ConoceTingoMaria. <https://onx.la/e279a>

- Tolentino, Y. (2022). Calidad del agua para uso recreativo del rio Barranco en el centro poblado de Supte San Jorge, Tingo Maria. [Tesis Pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio Institucional UNAS <https://hdl.handle.net/20.500.14292/2256>
- Villalobos et al. (2022). Calidad del agua superficial y presiones socioambientales en la microcuenca alta del río Poás. Uniciencia, 36(1), 382-404. <https://dx.doi.org/10.15359/ru.36-1.24>
- Villena Chávez, Jorge Alberto. (2018). Calidad del agua y desarrollo sostenible. Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica, 35(2), 304-308. <https://dx.doi.org/10.17843/rpmesp.2018.352.3719>