

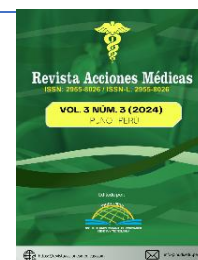


Revista Acciones Médicas

www.accionesmedicas.com

ISSN: 2955-8026 / ISSN-L: 2955-8026

Editada por:
Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú



ARTÍCULO ORIGINAL


Calidad bacteriológica del agua para consumo humano y la percepción comunitaria en Lajas, Perú

Bacteriological quality of water for human consumption and community perception in Lajas, Peru

Qualidade bacteriológica da água para consumo humano e a percepção comunitária em Lajas, Peru


Ismael Suárez¹

Universidad Nacional de Frontera, Sullana – Piura, Perú

 <https://orcid.org/0000-0001-5189-7282>
isuarezm@unach.edu.pe (correspondencia)


Juan Vásquez

Universidad Nacional Autónoma de Chota, Chota – Cajamarca,
Perú

 <https://orcid.org/0009-0009-2475-517X>
juancarlosvasquezastonitas16@gmail.com


Alex Huatay

Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú

 <https://orcid.org/0000-0002-0577-7375>
ahuatays@unc.edu.pe

Brendy Uriá

Universidad Nacional de Frontera, Sullana – Piura, Perú

 <https://orcid.org/0000-0001-7075-3532>
brendyuriaceli@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.35622/j.ram.2025.02.002>

Recibido: 01/11/2025 Aceptado: 29/11/2025 Publicado: 11/12/2025

PALABRAS CLAVE

bacteriología, calidad del
agua, participación
comunitaria, tratamiento
del agua.

RESUMEN. La discrepancia entre la calidad bacteriológica del agua y la percepción comunitaria genera riesgos críticos de salud pública, dado que, la desconfianza o falsa seguridad ciudadana condicionan el consumo. El objetivo fue determinar la relación entre los parámetros fisicoquímicos y la carga bacteriológica del agua en Olmos-Lajas, Perú, mediante un enfoque cuantitativo, no experimental; se tomaron muestras en 4 puntos, frecuencia mensual (enero a junio del 2023), con 24 muestreos; el monitoreo se realizó de acuerdo a los protocolos de la R.D. N°. 160-2015/DIGESA/SA, luego enviadas al Laboratorio Regional del Agua Cajamarca. Para la percepción sobre los parámetros estéticos, se aplicó encuesta a 45 usuarios del sistema. Los resultados fueron comparados con el D.S. N° 031-2010-SA-DIGESA, indicando que el agua es sistemáticamente no apta para consumo, con coliformes termotolerantes que exceden el Límite Máximo Permissible (LMP), revelando una correlación positiva, muy fuerte entre la carga bacteriana, pH y temperatura. Sin embargo, el 93,3% de usuarios perciben el agua como cristalina y aceptable, estableciendo una crítica disociación entre la realidad sanitaria y la percepción. Esta brecha se perpetúa por la ausencia total de monitoreo (100% de desconocimiento), lo que suprime la capacidad de fiscalización informada de la Junta Administradora de Servicios de Saneamiento (JASS). Se concluye que existe un riesgo sanitario inminente mediado por la desinformación y la

¹ Ingeniero Agrónomo de profesión, egresado de Doctorado en Ciencias Ambientales por la Universidad Nacional de Trujillo.



vulnerabilidad técnica; por lo que, se recomienda una intervención urgente para optimizar el tratamiento y establecer un programa de monitoreo bacteriológico transparente para generar conciencia de riesgo en la comunidad.

KEYWORDS

bacteriology, water quality, community participation, water treatment.

ABSTRACT. The discrepancy between the bacteriological quality of water and community perception generates critical public health risks, given that mistrust or false public confidence conditions consumption. The objective was to determine the relationship between physicochemical parameters and the bacteriological load of water in Olmos-Lajas, Peru, using a quantitative, non-experimental approach; Samples were taken at four points on a monthly basis (January to June 2023), with 24 samples collected. Monitoring was carried out in accordance with the protocols of R.D. No. 160-2015/DIGESA/SA, and the samples were then sent to the Cajamarca Regional Water Laboratory. To assess perceptions of aesthetic parameters, a survey was conducted among 45 users of the system. The results were compared with D.S. No. 031-2010-SA-DIGESA, indicating that the water is systematically unfit for consumption, with thermotolerant coliforms exceeding the Maximum Permissible Limit (MPL), revealing a very strong positive correlation between bacterial load, pH and temperature. However, 93.3% of users perceive the water as crystal clear and acceptable, establishing a critical dissociation between the sanitary reality and perception. This gap is perpetuated by the total absence of monitoring (100% ignorance), which suppresses the informed oversight capacity of the Sanitation Services Administrative Board (JASS). It is concluded that there is an imminent health risk mediated by misinformation and technical vulnerability; therefore, urgent intervention is recommended to optimise treatment and establish a transparent bacteriological monitoring programme to raise risk awareness in the community.

PALAVRAS-CHAVE

bacteriologia, qualidade da água, participação comunitária, tratamento da água.

RESUMO. A discrepância entre a qualidade bacteriológica da água e a percepção da comunidade gera riscos críticos para a saúde pública, uma vez que a desconfiança ou a falsa segurança dos cidadãos condicionam o consumo. O objetivo foi determinar a relação entre os parâmetros físico-químicos e a carga bacteriológica da água em Olmos-Lajas, Peru, através de uma abordagem quantitativa e não experimental; foram coletadas amostras em 4 pontos, com frequência mensal (janeiro a junho de 2023), com 24 amostragens; o monitoramento foi realizado de acordo com os protocolos da R.D. N.º 160-2015/DIGESA/SA, depois enviadas ao Laboratório Regional de Água Cajamarca. Para a percepção sobre os parâmetros estéticos, foi aplicada uma pesquisa a 45 usuários do sistema. Os resultados foram comparados com o D.S. N.º 031-2010-SA-DIGESA, indicando que a água é sistematicamente imprópria para consumo, com coliformes termotolerantes que excedem o Limite Máximo Permissível (LMP), revelando uma correlação positiva muito forte entre a carga bacteriana, o pH e a temperatura. No entanto, 93,3% dos usuários percebem a água como cristalina e aceitável, estabelecendo uma dissociação crítica entre a realidade sanitária e a percepção. Essa lacuna se perpetua pela ausência total de monitoramento (100% de desconhecimento), o que suprime a capacidade de fiscalização informada da Junta Administrativa de Serviços de Saneamento (JASS). Conclui-se que existe um risco sanitário iminente mediado pela desinformação e pela vulnerabilidade técnica; portanto, recomenda-se uma intervenção urgente para otimizar o tratamento e estabelecer um programa de monitoramento bacteriológico transparente para gerar consciência de risco na comunidade.

1. INTRODUCCIÓN

El agua es reconocida como el elemento vital fundamental para la naturaleza, desempeñando un rol esencial en la regulación climática e integrando los ecosistemas naturales. Este recurso insustituible es crucial no solo como un bien económico generador de servicios, sino, principalmente, para el desarrollo de los procesos biológicos de todos los organismos (Delos Reyes et al., 2021). La continuidad de la vida animal y vegetal en el planeta está intrínsecamente ligada a la disponibilidad y seguridad del recurso hídrico, tal como lo enfatizan diversos autores (Suárez-Medina & Guerrero-Padilla, 2024). La calidad del agua para consumo humano se define por la ausencia de riesgos que puedan comprometer la salud del consumidor a lo largo de su vida. Las propiedades del recurso hídrico varían según su origen y el sistema de tratamiento, y se clasifican típicamente en parámetros físicos,

químicos y biológicos (Suárez-Medina, 2020). El agua se considera apta para el consumo cuando ha sido sometida a los tratamientos y desinfecciones requeridos para cumplir con los estándares sanitarios. Es fundamental destacar que el consumo de agua no tratada o insuficientemente desinfectada representa un riesgo significativo de exposición a patógenos, los cuales pueden alterar la salud pública, siendo estos parámetros biológicos especialmente sensibles a factores ambientales como las fuertes precipitaciones (Cuenca et al., 2021).

La calidad del agua para consumo humano se define por la ausencia de riesgos que puedan comprometer la salud del consumidor a lo largo de su vida. No obstante, las sociedades, especialmente en zonas rurales, enfrentan importantes desafíos relacionados con la calidad, disponibilidad y accesibilidad del recurso hídrico. En estos entornos, es frecuente el reporte de elevadas concentraciones de coliformes totales y fecales. Esta situación se origina por una combinación de factores, incluyendo la deficiencia en los procesos de potabilización, prácticas agrícolas y de disposición de residuos inadecuadas, o el uso de abonos no estabilizados (Tarqui et al., 2017).

La contaminación del agua, particularmente la de origen orgánico y biológico, es multifactorial. Se produce principalmente por la llegada al recurso hídrico de heces de animales y humanos a través de escorrentía, el uso de abonos orgánicos en la agricultura, o la filtración de fosas sépticas, a lo que se suma la contaminación por productos químicos (Larrea et al., 2013). Esta contaminación genera frecuentemente descontento entre los usuarios, manifestado en la alteración de los factores estéticos del agua que llega a sus viviendas, específicamente en el color, olor y sabor. Este problema se exacerba durante el periodo lluvioso, cuando los acuíferos se contaminan en mayor medida. Los desechos fecales acumulados en épocas secas (provenientes de animales, fauna y población) son arrastrados por las precipitaciones hacia ríos, lagos y manantiales, elevando significativamente la concentración de coliformes y, consecuentemente, el riesgo sanitario para los consumidores (Burgos et al., 2017).

Entre los principales contaminantes del agua superficial figura la contaminación bacteriológica. La presencia de microorganismos del grupo coliforme es un indicador inequívoco de contaminación fecal. Este problema sanitario, que ha persistido a lo largo del tiempo, es la causa directa de diversas enfermedades en los consumidores, siendo las enfermedades diarreicas las más comunes y de mayor incidencia en la morbilidad infantil (Lora et al., 2022). Por esta razón, el control microbiológico del agua es una acción indispensable para garantizar una adecuada salud pública en la población (João et al., (2021).

La pertinencia del presente estudio se focaliza en la comunidad de Olmos, distrito de Lajas, donde las fuentes de captación (manantiales) del sistema de agua para consumo humano se encuentran directamente expuestas a actividades de riesgo. Se identificó la proximidad de actividad pecuaria y agrícola, caracterizadas por el manejo inadecuado de estiércol y abonos orgánicos, respectivamente. A esto se suma la ausencia de un sistema de saneamiento adecuado (desagüe), obligando a la población a utilizar pseudoletrinillas de excavación poco profunda. Durante la época de lluvias intensas, estas estructuras colapsan, y los desechos fecales son arrastrados a través de los terrenos. Esta escorrentía contaminada representa un riesgo grave de contaminación bacteriológica cuando entra en contacto con las líneas de conducción del agua que son vulnerables a roturas por maquinaria. Esta compleja dinámica de riesgo ambiental y sanitario subraya la necesidad urgente de un diagnóstico integral en la localidad. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue determinar la relación entre los parámetros fisicoquímicos y la carga bacteriológica del agua en Olmos-Lajas, Perú.

2. MÉTODO

El estudio es de tipo básico (con diagnóstico aplicado), nivel correlacional, diseño no experimental, enfoque cuantitativo; el cual permitió la descripción, análisis y correlación de los resultados obtenidos de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos (Suárez et al., 2025) y la medición de la percepción comunitaria sobre los factores estéticos como el color, olor, y sabor (López et al., 2022). Fueron 4 las estaciones de monitoreo: Manantial La Paccha (P1), Manantial El Vado (P2), Reservorio 1 (P3) y Reservorio 2 (P4). Efectuándose 24 tomas de muestras en 6 meses, con repetición en cada mes. El método de muestreo fue de acorde a lo normado en la Resolución Directoral N° 160-2015/DIGESA/SA (2015), las muestras han sido examinadas en el Laboratorio de Agua del Gobierno Regional de Cajamarca. Sin embargo, la medición de pH y temperatura se realizó in situ, utilizando un pHmetro digital con ATC.

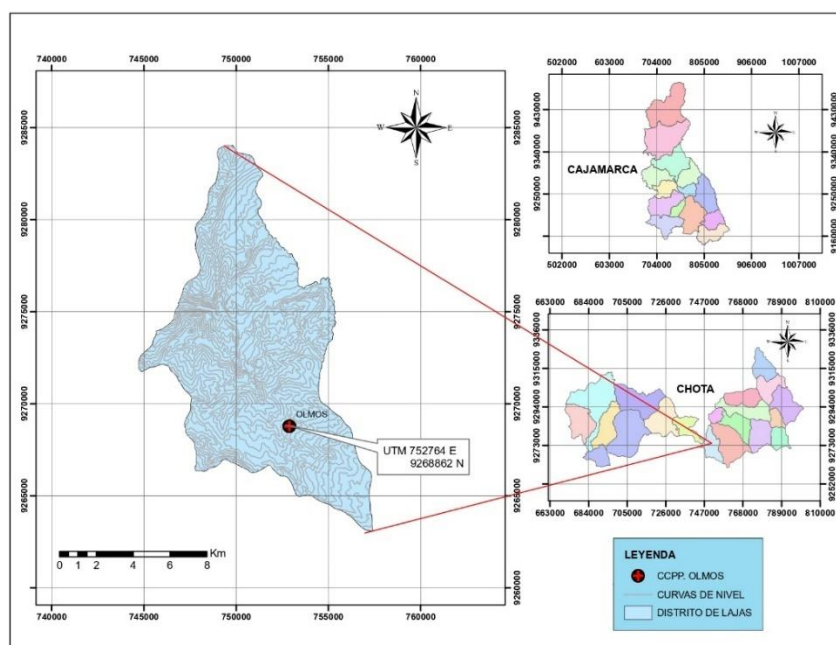
Tabla 1

Georreferenciación de puntos de muestreo

Puntos de muestreo	Georreferenciación GW84		
	E	N	Altitud (m s.n.m)
Captación manantial El Vado	754354.00	9268414.00	2910
Captación manantial La Paccha	756205.18	9266226.65	2980
Reservorio 1	753830.91	9268410.27	2950
Reservorio 2	753805.86	9268031.34	2900

Figura 1

Ubicación de la zona de estudio



Para evaluar la percepción comunitaria, la población de estudio estuvo constituida por 125 beneficiarios del sistema de agua (Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI], 2023). El tamaño muestral fue de 45 usuarios, determinado mediante la fórmula estadística para poblaciones finita y muestreo probabilístico aleatorio simple para garantizar la representatividad (Lacort, 2014). Se empleó la encuesta como técnica y el cuestionario como instrumento de recolección de datos. Dicho instrumento fue planificado, corregido y validado por tres expertos, alcanzando un valor de concordancia de 0,85 (validez de contenido). La confiabilidad se examinó mediante la consistencia interna, obteniendo un coeficiente Alfa de Cronbach de 0,932 (Vásquez, 2023). El cuestionario estuvo estructurado en 16 preguntas relacionadas al abastecimiento del agua: tiempo de uso de las fuentes hídricas, ubicación de las capacidades del sistema, olor del agua en la pileta domiciliaria, color en el grifo o caño, sabor al beber, enfermedades por el consumo, calidad de vida al consumir, recomienda su consumo, actividades de limpieza y desinfección del sistema, análisis bacteriológicos en los últimos doce meses, satisfacción por el servicio brindado por la JASS, administración del sistema y volumen de agua en el domicilio durante el año.

Para el análisis, se utilizó el software Microsoft Office Excel y SPSS versión 25 (Dimas et al., 2020). El nivel de relación se resolvió con el coeficiente de correlación de Pearson; sin embargo, con la finalidad de entender e interpretar mejor los datos se usaron los rangos (escalas) 3 y 4 de Pearson y Spearman; en ese sentido, los rangos $R < 0,5$: (mala), $0,5 \leq R < 0,8$ (buena), $0,9 \leq R < 1$: (excelente), $R = 1$: (perfecta) pertenecen a la escala 3; en tanto que, los rangos 0,0 a 0,25: escasa o nula; de 0,26 a 0,50: débil; de 0,51 a 0,75: moderada y fuerte; de 0,76 a 1,0: fuerte y perfecta corresponden a la escala 4; el valor de P : 0,38 fue menor a 0,05 (Suárez-Medina & Guerrero-Padilla, 2024). Los resultados promedios de pH, temperatura y coliformes obtenidos, fueron cotejados con los límites máximos permisibles de parámetros de calidad organoléptica y microbiológicos del Reglamento de la Calidad de Agua para Consumo Humano; además, fueron interpretadas las principales correlaciones de T° vs Coliformes totales, T° vs Coliformes termotolerantes, pH vs Coliformes totales, pH vs Coliformes termotolerantes, siendo en su totalidad correlaciones lineales.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Calidad de física y bacteriológica del agua y su implicancia sanitaria

La tabla 2 revela que, la temperatura del agua para consumo humano en la comunidad Olmos, Lajas varió de $10,9^\circ\text{C}$ a $13,6^\circ\text{C}$, un rango que refleja la clara influencia de la altitud, dado que la zona de estudio se ubica por encima de los 2500 m s.n.m. La mínima temperatura se registró en la captación de manantial La Paccha (mayor altitud), y la máxima en el Reservorio 2 (menor altitud), lo que concuerda con el principio de que la temperatura del agua tiende a aumentar a medida que disminuye la altitud o se acerca a la superficie (Meléndez, 2021). Estos valores son consistentes con estudios realizados en otras comunidades andinas similares, como la investigación de Aguilar y Navarro (2018) en Abancay, Suárez-Medina y Guerrero-Padilla (2024) en Frutillar, Cajamarca. Si bien la temperatura no está sujeta a Límites Máximos Permisibles (LMP) en la normativa peruana (D.S 031-2010-SA), su medición es fundamental, ya que este parámetro físico ejerce una influencia directa en el comportamiento de otros indicadores de calidad, como la conductividad, pH y el oxígeno disuelto (Suárez, et al., 2025); en un medio acuoso, su aumento incrementa la velocidad de las reacciones químicas y la tasa de transferencia de gases, pero, crucialmente, disminuye la solubilidad del oxígeno disuelto y de otros gases (Alves et al., 2016). Por lo tanto, su análisis es indispensable para comprender el comportamiento de otros indicadores fisicoquímicos. En el contexto de la contaminación bacteriológica de Olmos, las temperaturas bajas observadas

pueden ralentizar la cinética de desinfección (especialmente si se utiliza cloro); mientras que, una temperatura alta, por otro lado, puede fomentar la proliferación microbiana (Suárez-Medina, 2020), influyendo directamente en el riesgo sanitario.

Los valores de pH obtenidos en los cuatro puntos de muestreo indican una tendencia hacia la alcalinidad, variando entre un mínimo de 7,35 (Reservorio 1) y un máximo de 9,28 (Captación La Paccha). Esta alcalinidad se atribuye principalmente a factores hidrogeológicos y climáticos, como la meteorización de silicatos y feldespatos, proceso que incrementa el pH de las aguas naturales (Pessatto et al., 2024) y el arrastre de iones de carbonatos y bicarbonatos por la escorrentía superficial durante las fuertes precipitaciones (Pérez, 2019). Esta variación, que presentó el mayor pH en la captación de mayor altitud (La Paccha), tiene coherencia con otros estudios de manantiales, como el realizado por Him y Vasquez (2017) en Panama y Shiping et al. (2022) en China. No obstante, al contrastar estos hallazgos con la normativa, se evidencia un problema de cumplimiento.

Según la tabla 2, el LMP para el pH en el agua de consumo humano según la normativa peruana (D.S 031-2010-SA) es de 6,5 a 8,5; por lo que, es crítico notar que el valor promedio del pH en la captación La Paccha excedió este límite (9,25 en promedio) y se registraron incumplimientos puntuales en el Reservorio 2 (muestreos de mayo y junio). El principal impacto de esta alcalinidad, particularmente el pH superior a 8,5 en la fuente, es la severa afectación del proceso de desinfección. Un pH alto reduce la eficacia del cloro al disminuir la concentración de la especie desinfectante activa, el ácido hipocloroso (Tiloom, 2020); lo cual, en el contexto de una alta contaminación bacteriológica, se convierte en un factor fisicoquímico clave que contribuye a la persistencia de coliformes termotolerantes a lo largo del sistema de distribución (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit [GIZ], 2017). En efecto, este hallazgo subraya que cualquier estrategia futura de tratamiento debe considerar la corrección o manejo del pH para garantizar la potabilidad.

Tabla 2

Máximos y mínimos de parámetros físicos y bacteriológicos del agua para consumo en la comunidad Olmos

Indicadores / parámetros	Unidades	Puntos de muestreo																Límite Máximo Permissible
		Manantial La Paccha				Manantial El Vado				Reservorio 1				Reservorio 2				
		Mín	Máx	Pro.	Desv.	Mín	Máx	Pro.	Desv.	Mín	Máx	Pro.	Desv.	Mín	Máx	Pro.	Des v.	
Temperatura	°C	10,9	12,9	11,55	0,74	11,9	13,9	12,63	0,54	12,3	13,0	12,52	0,28	12,8	13,6	13,17	0,31	
Unidades de pH	pH	9,22	9,28	9,25	0,02	7,63	9,25	8,34	0,63	7,43	8,83	8,66	0,73	7,35	8,91	7,94	0,72	6,5 a 8,5
Coliformes totales	NMP/100 mL	5,1	220	116,68	88,50	1,0	540	163,67	226,84	6,9	24,0	15,47	7,44	16,0	24,0	21,33	4,13	< 1,8
Coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	1,0	110	60,38	45,32	1,0	110	26,13	42,10	1,1	12,0	6,45	5,18	6,9	23,0	15,02	6,89	< 1,8

Nota. Máx: máximo; Min: mínimo; Pro: promedio; Desv: desviación estándar; NMP: número más probable.

La calidad bacteriológica de las fuentes y reservorios en Olmos se encuentra en un estado de incumplimiento sanitario crítico; puesto que, el análisis de coliformes totales revela que el 100% de las muestras de los Reservorios 1 y 2, y la mayoría de las captaciones, exceden el LMP de < 1.8 NMP/100mL establecido por la normativa peruana para agua de consumo humano (D.S 031-2010-SA). La concentración bacteriana en las captaciones osciló entre 1 NMP/100mL y 540 NMP/100mL, indicando que el agua consumida por la población no es apta para uso humano. Esta alta carga se debe, probablemente, a la contaminación fecal por filtraciones desde actividades agrícolas y ganaderas circundantes (Suárez-Medina & Guerrero-Padilla, 2024), un problema

que se ve exacerbado por las fuertes precipitaciones, las cuales facilitan el arrastre de desechos hacia las fuentes de captación (Burgos et al., 2017). Los reservorios, por su parte, mantienen la contaminación por encima del LMP, lo que sugiere que la barrera física de las captaciones no es suficiente para contener los patógenos.

La persistencia de los coliformes hasta los reservorios y, presumiblemente, hasta los puntos de consumo, evidencia la disfuncionalidad del sistema de potabilización en Olmos, distrito de Lajas. La principal causa de que las muestras superen los LMP es la ausencia de un sistema de desinfección eficaz, ya que los reservorios no cuentan con un adecuado equipo de cloración o los materiales están deteriorados, sumado a una falta de capacitación de la JASS (Vásquez, 2024). Este panorama es similar al de otros estudios en el Perú (Suárez-Medina & Guerrero-Padilla, 2024; Quispe, 2017), donde altos niveles de coliformes totales y fecales inhabilitan el agua para consumo. Por consiguiente, la contaminación en los manantiales, impulsada por la combinación de actividades humanas (agricultura, ganadería) y factores ambientales (periodo lluvioso), representa un riesgo inminente de enfermedades, afectando principalmente a poblaciones vulnerables como niños y ancianos (Calvo & Mora, 2019). En consecuencia, la presencia de coliformes termotolerantes indica un riesgo directo e inminente de Enfermedades Diarreicas Agudas (EDA) para la población. Este hallazgo, al ser la base objetiva del estudio, exige una intervención urgente, que va desde la protección inmediata de las fuentes hasta la revisión del proceso de potabilización, confirmando la necesidad de contrastar este riesgo real con la percepción comunitaria para dimensionar la brecha de conocimiento sanitario.

Percepción comunitaria respecto calidad organoléptica y bacteriológica del agua

La Tabla 3 evidencia una peligrosa desconexión entre la calidad sanitaria objetiva y la percepción estética del agua en Olmos, Lajas; dado que, los resultados cuantitativos demuestran un incumplimiento sistémico de los LMP peruanos para el consumo humano, con coliformes termotolerantes persistiendo en los reservorios con valores promedio de hasta 15,02 NMP/100mL, evidenciando un riesgo sanitario crónico (Ministerio de Salud [MINSA], 2017). Sin embargo, el componente cualitativo mostró que una vasta mayoría de usuarios (93,3%) perciben el agua como "cristalina" y de sabor aceptable, lo que genera una falsa sensación de seguridad. Esta disociación se alinea con estudios previos en contextos rurales, en la que se confirma que la contaminación microbiológica es indetectable por indicadores organolépticos (Loyola, 2018; Tarqui et al., 2016) creando una significativa brecha de percepción del riesgo que minimiza la adopción de prácticas preventivas (Programa Nacional de Saneamiento Rural [PNSR], 2020).

Por otro lado, la persistencia de la contaminación fecal en la red de distribución se atribuye a dos fallas operativas cruciales. Primero, la alta contaminación de las captaciones sugiere una protección deficiente de la fuente frente a la contaminación superficial (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2011). Segundo y más importante, la ineficacia del tratamiento se explica por el alto pH promedio del agua (hasta 9,25), que excede el rango normativo y compromete severamente la desinfección; puesto que, la literatura técnica indica que un pH alcalino reduce la formación de ácido hipocloroso (HOCl), y la forma más potente del desinfectante, requiriendo una optimización urgente de los protocolos de cloración (Muñoz et al., 2021). El fracaso en eliminar patógenos en los reservorios confirma que la limpieza anual, aunque visible, es insuficiente sin un control químico riguroso.

Cabe mencionar que, la desinformación comunitaria actúa como un factor clave que perpetúa el riesgo. A pesar de la confianza general en la JASS y su gestión operativa, el 100% de los encuestados reportó desconocer la realización de análisis bacteriológicos en el último año, lo que suprime la capacidad de la población para realizar una fiscalización informada. Esta falta de transparencia en el monitoreo de la calidad (Superintendencia Nacional

de Servicios de Saneamiento [SUNASS], 2022) mantiene la baja atribución de enfermedades al consumo de agua y exacerba la brecha de percepción.

Tabla 3

Estadísticos descriptivos de la percepción sobre los indicadores estéticos del agua

Información sobre el abastecimiento del agua	Condición	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
¿Hace cuánto tiempo es usuario de las fuentes de agua de consumo humano?		45	100,0	100,0	100,0
Total		45	100,0	100,0	
¿Conoce usted dónde están ubicadas las fuentes de agua o captaciones del sistema?	Si conoce el lugar	45	100,0	100,0	100,0
Total		45	100		
¿Qué olor tiene el agua cuando llega a su domicilio?	Otros olores	45	100,0	100,0	100,0
		45	100,0	100,0	
¿Cuál es el color que tiene el agua al abrir su grifo o caño?	Agua cristalina	42	93,3	93,3	93,3
	Agua turbia	3	6,7	6,7	100
Total		45	100,0	100,0	
¿Cuál es el sabor que tiene el agua cuando llega a su domicilio?	Aceptable	35	77,8	77,8	
	Otro sabor	10	22,2	100,0	
Total		45	100,0	100,0	
¿La JASS realiza actividades de limpieza y desinfección del sistema de agua?	Si, anualmente	45	100,0	100,0	100,0
	No	0	0	0	0
Total		45	100,0	100,0	
¿El agua que consume le ha generado algunas enfermedades?	Si	2	4,4	4,4	4,4
	No	5	11,1	11,	11,1
	No conoce	38	84,4	84,4	100,0
Total		45	100,0	100,0	
¿Usted realiza algún tratamiento antes de consumir el agua?	Sí, lo hierve	25	55,6	55,6	55,6
	Ninguno	20	44,4	44,4	100,0
Total		45	100,0	100,0	
¿Usted se abastece de otras fuentes de agua para consumo humano?	Si, de manantial o pozo	32	71,1	71,1	71,1
	Si, de la quebrada	2	4,4	4,4	75,6
	No conoce el tema	11	24,4	24,4	100,0
Total		45	100,0	100,0	
¿Cree usted que ha mejorado su calidad de vida al consumir agua de la JASS?	Ha mejorado bastante	2	4,4	4,4	4,4
	Ha mejorado poco	29	64,4	64,4	68,8
	No conoce el tema	14	31,2	31,2	100,0

	Total	45	100,0	100,0	
¿Usted recomienda a sus vecinos consumir el agua que brinda la JASS de Olmos?	Si recomienda	31	68,9	68,9	68,9
	No conoce el tema	14	31,1	31,1	100,0
	Total	45	100,0	100,0	
¿La JASS realiza actividades de limpieza y desinfección del sistema de agua que consume?	Si, anualmente	45	100,0	100,0	100,0
	Total	45	100,0	100,0	
¿Se han realizado análisis bacteriológicos en los últimos 12 meses en el agua que consume?	Si	0	0	0	0
	No	45	100,0	100,0	100,0
	Total	45	100,0	100,0	
¿Está satisfecho con el servicio general que brinda la JASS de Olmos?	No satisfecho	2	4,4	4,4	4,4
	Un poco satisfecho	26	57,8	57,8	62,2
	Muy satisfecho	13	28,8	28,8	91,0
	No conoce el tema	4	9,0	9,0	100,0
	Total	45	100,0	100,0	
¿Quién fiscaliza la calidad del agua?	La JASS	45	100,0	100,0	100,0
	No sabe	0	0	0	0
	Total	45	100,0	100,0	
¿Cuántos baldes de agua consume por día de la JASS?	Más de cuatro baldes	30	66,7	66,7	66,7
	No conoce el tema	15	33,3	33,3	100,0
	Total	45	100,0	100,0	
¿La cantidad del agua que llega a su domicilio es la misma durante todo el año?	Si	0	0	0	0
	No	45	100,0	100,0	100,0
	Total	45	100,0	100,0	

La naturaleza del diseño no experimental impone una probable y principal limitación del estudio, ya que solo permite establecer la correlación entre los parámetros fisicoquímicos y la carga bacteriológica del agua, sin poder inferir relaciones de causalidad directa. Adicionalmente, el componente cuantitativo ofrece solo una instantánea temporal de la calidad del agua, no capturando la variación estacional de la contaminación (por ejemplo, durante la época de lluvias), lo que podría subestimar el riesgo crónico anual. Además, el componente cualitativo podría estar sujeto al sesgo de deseabilidad social, donde las respuestas sobre la satisfacción con la JASS o la percepción del riesgo podrían haber sido ajustadas a lo socialmente esperado, en lugar de reflejar la realidad, limitando así la profundidad de la integración de los resultados mixtos a una única comunidad.

Correlaciones

La Tabla 4 confirma la fuente de contaminación y su naturaleza, revelando una correlación positiva, muy fuerte y altamente significativa entre los coliformes totales y los coliformes termotolerantes en la captación La Paccha ($r=0,951$, $p=0,004$) y en la captación El Vado ($r=0,914$, $p=0,011$). Este hallazgo valida estadísticamente que la

carga microbiana está intrínsecamente ligada al ingreso de materia fecal, confirmando que el riesgo sanitario se origina en la vulnerabilidad de la fuente (Sardiñas et al., 2017). Esta contaminación fecal se ve asociada a la temperatura en la captación El Vado ($r=0,877$, $p=0,022$), sugiriendo que la proliferación bacteriana y el ingreso de contaminantes son potenciados por cambios en las condiciones ambientales o por la escorrentía superficial (Burgos et al., 2017). La inadecuada gestión de estiércoles en la actividad agropecuaria y agrícola circundante emerge, por tanto, como el foco primario de esta contaminación de alto riesgo (Faviel et al., 2019).

Tabla 4

Correlación de parámetros físicoquímicos y bacteriológicos en las estaciones de monitoreo

Punto de muestreo	Coeficiente de correlación					
	Parámetros / indicadores		Temperatura	pH	Coliformes totales	Coliformes termotolerantes
Captación del manantial La Paccha	Temperatura	Pearson	1	-,803	,743	,634
		Sig. (bilateral)		,052	,091	,177
		N	6	6	6	6
	pH	Pearson	-,808	1	-,728	-,726
		Sig. (bilateral)	,052		,101	,102
		N	6	6	6	6
	Coliformes totales	Pearson	,743	-,728	1	,951**
		Sig. (bilateral)	,091	,101		,004
		N	6	6	6	6
	Coliformes termotolerantes	Pearson	,634	-,726	,951**	1
		Sig. (bilateral)	,177	,102	,004	
		N	6	6	6	6
Captación del manantial El Vado	Temperatura	Pearson	1	-,624	,904*	,877*
		Sig. (bilateral)		,185	,013	,022
		N	6	6	6	6
	pH	Pearson	-,624	1	-,362	-,549
		Sig. (bilateral)	,185		,481	,259
		N	6	6	6	6
	Coliformes totales	Pearson	,904*	-,362	1	,914*
		Sig. (bilateral)	,013	,481		,011
		N	6	6	6	6
	Coliformes termotolerantes	Pearson	,877*	-,549	,914*	1
		Sig. (bilateral)	,022	,259	,011	
		N	6	6	6	6
Temperatura	Pearson	1	-,965**	-,172	-,086	

Reservorio 1	pH	Sig. (bilateral)		,002	,745	,872
		N	6	6	6	6
		Pearson	-,965**	1	,106	,017
		Sig. (bilateral)	,002		,842	,975
		N	6	6	6	6
		Pearson	-,172	,106	1	,390
	Coliformes totales	Sig. (bilateral)	,745	,842		,445
		N	6	6	6	6
		Pearson	-,086	,017	,390	1
		Sig. (bilateral)	,872	,975	,445	
		N	6	6	6	6
		Pearson	1	,896*	-,452	-,850*
Reservorio 2	Temperatura	Sig. (bilateral)	,016	,016	,368	,032
		N	6	6	6	6
		Pearson	,896*	1	-,417	-,756
	pH	Sig. (bilateral)	,016		,411	,082
		N	6	6	6	6
		Pearson	-,452	-,417	1	,783
	Coliformes totales	Sig. (bilateral)	,368	,411		,065
		N	6	6	6	6
		Pearson	-,850*	-,756	,783	1
	Coliformes termotolerantes	Sig. (bilateral)	,032	,082	,065	
		N	6	6	6	6

Nota. ** La correlación es significativa en el nivel 0,001 (bilateral); Sig: nivel de significancia

Así mismo, la evaluación de los parámetros fisicoquímicos en los puntos de almacenamiento revela la complejidad operativa del sistema; específicamente en el Reservorio 2, se observa una correlación positiva y fuerte entre la temperatura y el pH ($r=0.896$, $p=0.016$), indicando que el aumento de temperatura está asociado al aumento de la alcalinidad. Este aumento del pH es crítico, dado que el estudio encuentra que la proliferación bacteriana disminuye a valores altos de pH; sin embargo, en la captación La Paccha, se evidencia una correlación negativa muy fuerte entre temperatura y pH ($r=-0.803$, $p=0.052$). Estos cambios de pH, influenciados por la temperatura y la dinámica del manantial (Suárez-Medina & Guerrero-Padilla, 2024), inciden directamente en la eficacia del tratamiento.

En consecuencia, la ausencia de una correlación significativa entre el pH y los coliformes termotolerantes en los reservorios refuerza el argumento de la ineficacia o carencia de la desinfección. Si bien la literatura indica que un pH mayor a 8,0 desfavorece el crecimiento bacteriano, también establece que un pH alcalino reduce drásticamente el poder germicida del cloro (Larrea et al., 2018). La persistencia de coliformes termotolerantes a pesar de la potencial alcalinidad demuestra que las condiciones operacionales (pH fuera de rango y falta de

monitoreo) impiden el control microbiano, permitiendo que la contaminación residual de la fuente persista hasta la distribución domiciliar (José et al., 2021). Estos resultados de correlación refuerzan el argumento de que las variables objetivas que garantizan la inocuidad (como el pH adecuado para la cloración) están descontroladas, justificando estadísticamente la contaminación persistente que la comunidad no logra percibir por sus sentidos.

Para remediar la grave desconexión entre la contaminación objetiva y la percepción comunitaria, se recomienda una intervención integral que priorice la acción técnica y la transparencia. La JASS debe optimizar urgentemente el proceso de desinfección, lo cual requiere la implementación de protocolos para ajustar la alcalinidad del agua ($\text{pH} > 8,5$) antes de la cloración, garantizando así la eficacia germicida del tratamiento (GIZ, 2017). Paralelamente, es imprescindible establecer un programa de monitoreo bacteriológico mensual en los reservorios y puntos de red. También, la JASS debe fortalecer la rendición de cuentas mediante la publicación y comunicación transparente de estos resultados de calidad a la comunidad, lo que permitirá reducir la falsa sensación de seguridad y promover activamente la educación sanitaria para el tratamiento del agua en el hogar hasta que se logre la potabilidad sostenida del sistema.

4. CONCLUSIÓN

Las condiciones de temperatura en los manantiales captados actúan como un factor determinante que favorece el incremento de la carga bacteriológica, mientras que el pH manifiesta una inestabilidad marcada en los reservorios. Estos parámetros fisicoquímicos interactúan de manera que el recurso hídrico excede los estándares de calidad vigentes, confirmando que el entorno natural y la falta de control técnico facilitan la persistencia de contaminación fecal en todo el sistema.

Existe una peligrosa discrepancia donde la claridad y el sabor del agua generan una falsa confianza en los consumidores, quienes asocian la apariencia estética con la inocuidad. Esta situación, sumada a la ausencia de tratamientos intradomiciliarios y a una gestión de vigilancia deficiente, incrementa la vulnerabilidad de la población ante enfermedades de origen hídrico, al ignorar los riesgos microbiológicos no visibles.

Conflicto de intereses / Competing interests:

Los autores declaran que no incurren en conflicto de intereses.

Rol de los autores / Authors Roles:

Ismael Suárez: análisis formal, metodología, supervisión, validación, visualización, escritura - preparación del borrador original, escritura -revisar & amp: edición.

Juan Vásquez: conceptualización, escritura - preparación del borrador original, curación de datos, análisis formal, investigación, metodología, administración del proyecto, recursos, software.

Alex Huatay: curación de datos, análisis formal, investigación, metodología, recursos, software.

Brendy Uria: curación de datos, análisis formal, investigación, metodología, recursos, software.

Aspectos éticos/legales:

Los autores declaran no haber incurrido en aspectos antiéticos, ni haber omitido aspectos legales en la realización de la investigación.

Fuentes de financiamiento / Funding:

Los autores declaran no haber recibido una fuente de financiamiento externo para la realización de la presente investigación.

REFERENCIAS

- Burgos, A. L., Alvarado, M., Páez, R., & Hernández, R. (2017). Patrones espacio temporales de la condición microbiológica del agua de fuentes comunitarias y amenazas a la salud familiar en cuencas estacionales del Bajo Balsas (México). *Revista Int. Contaminación Ambiental*, 33(2), 199–213. <https://doi.org/10.20937/RICA.2017.33.02.02>
- Calvo, G., & Mora, J. (2019). Estado actual de contaminación con coliformes fecales de los cuerpos de agua de la Península de Osa. *Tecnología En Marcha*, 23, 34–40. https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/56
- Cuenca, J., Gallardo, K., & Domínguez, I. (2021). Percepción social de la calidad y servicio de agua potable en la ciudad de El Coca, Orellana – Ecuador. *Green World Journal*, 4(1), 1–1. <https://doi.org/10.53313/gwj41-001>
- Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. (2017). *Manual para la cloración del agua en sistemas de abastecimiento de agua potable rural*. Cooperación Alemana. https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/GIZ%202017.%20Manual%20para%20la%20cloraci%C3%B3n%20del%20agua%20en%20sistemas%20de%20abastecimiento%20de%20agua%20potable.pdf
- Decreto Supremo N° 031-2010-SA de 2010. *Reglamento de la calidad del agua para consumo humano*. 26 de setiembre de 2010. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/273650/reglamento-de-la-calidad-del-aguapara-consumo-humano.pdf>
- Defensoría del Pueblo. (2023). *El acceso al agua potable y saneamiento en poblaciones vulnerables: el caso de las comunidades indígenas de las Cuatro Cuencas en Loreto*. Informe Defensorial n.º 0001-2023-DP/AMASPP. <https://www.defensoria.gob.pe/informes/informe-defensorial-n-o-0001-2023-dp-amasppi/>
- Delos Reyes, F.S.L.G., Mamaril, A.C.C., Matias, T.J.P., Tronco, M.K.V., Samson, G.R., Javier, N.D.; Fadriquela, A., Antonio, J.M., Sajo, M.E.J.V. (2021). The Search for the Elixir of Life: On the Therapeutic Potential of Alkaline Reduced Water in Metabolic Syndromes. *Processes*, 9(11), 1–20. <https://doi.org/10.3390/pr9111876>
- Dimas, J. J., Cruz, M. A., & Ortega, G. O. (2020). Análisis del Agua, opinión y percepción de la población de las colonias y turistas, caso: Cuenca Río del Camarón de Acapulco, Guerrero. 215–230. <http://ru.iiec.unam.mx/id/eprint/5110>
- Faviel, E., Infante, D., & Molina, D. O. (2019). Perception and water quality in rural communities of the protected area la encrucijada, chiapas, Mexico. *Revista Internacional de Contaminacion Ambiental*, 35(2), 317–334. <https://doi.org/10.20937/RICA.2019.35.02.05>
- Him, J. J., & Vásquez D. (2022). Evaluación de coliformes y factores físico-químicos del agua en un sector de la desembocadura del Río San Pablo, Veraguas, Panamá. *Centros. Revista Científica Universitaria*, 11(2), 27–42. <https://revistas.up.ac.pa/index.php/centros/article/view/3080/2744>
- João, S. D., Assunção, L., & Parra, L. R. (2021). Evaluation microbiological of the water of the city of Huambo, Angola. *Revista Ingeniería Agrícola*, 11(2), 33–38. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=586266250005>
- Lacort, M. O. (2014). *Estadística descriptiva e inferencial-esquemas de teoría y problemas resueltos*. https://www.researchgate.net/publication/324911037_Estadística_Descriptiva_e_Inferencial_-_Esquemas_de_Teoría_y_Problemas_Resueltos

- Larrea, J., Rojas, M., Romeu, B., Rojas, N., & Heydrich, M. (2013). Bacterias indicadoras de contaminación fecal en la evaluación de la calidad de las aguas. *Revista CENIC. Ciencias Biológicas*, 44(3), 24-34. <https://www.redalyc.org/pdf/1812/181229302004.pdf>
- López, A., Marín, J. L., Zamora, S. A., Celis, M. C. (2022). Percepciones sobre calidad, uso y manejo del agua en diferentes sitios del Estado de Veracruz. *Journal of Basic Sciences*, 8(23), 112-121. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/9493685.pdf>
- López, J. P., & Boronat, R. (2019). Microbiología y olores desagradables en el ambiente. Observación de la actividad ureasa en un laboratorio de Educación Secundaria. *Pulso*, 42, 229-242. <http://hdl.handle.net/10017/40829>
- Lora, F. M., Sierra, L., & Loango, N. (2022). Identificación de parásitos y bacterias asociados a fuentes de agua en la zona rural del municipio de Circasia, Quindío. *Revista de Investigaciones Universidad del Quindío*, 34(4), 48-61. <https://doi.org/10.33975/riuq.vol34nS4.1024>
- Loyola, S. O. (2018). *Contaminación fecal del agua dispuesta para el consumo humano y su asociación con la presencia de bacterias patógenas en niños menores de cinco años de tres comunidades rurales peruanas*. [Tesis de Maestría, Universidad Peruana Cayetano Heredia]. <https://repositorio.upch.edu.pe/handle/20.500.12866/3643>
- Meléndez, P. F. (2021). *Variación de la temperatura del agua y de la estratificación en las Rías Baixas bajo un escenario de cambio climático*. [Tesis de Doctorado, Universidad de Vigo]. https://ephyslab.uvigo.es/wp-content/uploads/2021/12/TFG_PabloFeijooMel%C3%A9ndez.pdf
- Ministerio de Salud. (2018). *Vigilancia y Control de la Calidad del Agua*. www.ins.gob.pe
- Mora-Orozco, Celia De La, Saucedo-Terán, Rubén Alfonso, González-Acuña, Irma Julieta, Gómez-Rosales, Sergio, & Flores-López, Hugo Ernesto. (2020). Efecto de la temperatura del agua sobre la constante de velocidad de reacción de los contaminantes en un humedal construido para el tratamiento de aguas residuales porcícolas. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 11(Supl. 2), 1-17. Epub 30 de junio de 2020. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v11s2.4681>
- Muñoz, L. N., Borrego, A., Villalba, C. V., González, R., Orduño, N., Villezcas, G. P., Rodríguez, M. J., Ávila, G. D., & Vargas, I. (2021). El cloro y su importancia en la inactivación de bacterias, ¿Puede inactivar virus?. *Revista Mexica de Fitopatología*, 39, 198-206. <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.2021-4>
- Pessatto, D., Teichmann, A., Schmitt, E., Bartz, F. R., Da Rosa, M., Alcayaga, E., Da Costa, A. B. (2024). Calidad del agua y soluciones sostenibles para el suministro de agua potable en la cuenca del Taquari-Antas, RS, Brasil. *Revista Ambiente & Água*, 19, 1-13. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2961>
- Programa Nacional de Saneamiento Rural-PNSR. (2020). *Diagnóstico sobre el abastecimiento de agua y saneamiento en el ámbito rural - DATASS*. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. <https://www.gob.pe/880-diagnostico-sobre-el-abastecimiento-de-agua-y-saneamiento-en-el-ambito-rural-datass>
- Resolución Directoral N.º 160-2015/DIGESA/SA de 2015. Protocolo de procedimientos para la toma de muestras, preservación, conservación, transporte, almacenamiento y recepción de agua para consumo humano. 24 de setiembre de 2015.
- Sardiñas, O., Chiroles, S., Fernández, M., Hernández, Y., & Pérez, A. (2006). Evaluación físico-química y microbiológica del agua de la presa El Cacao (Cotorro, Cuba). *Higiene y Sanidad Ambiental*, 6, 202-206. [https://saludpublica.ugr.es/sites/dpto/spublica/public/inline-files/bc51015aa031684_Hig.Sanid_Ambient.6.202-206\(2006\).pdf](https://saludpublica.ugr.es/sites/dpto/spublica/public/inline-files/bc51015aa031684_Hig.Sanid_Ambient.6.202-206(2006).pdf)
- Shiping, X., Huaming, G., Ping, W., Xueda, H., Zhen, Z., & Youjing, Y. (2022). Procesos de distribución y formación de aguas subterráneas con alto contenido de fluoruro en diferentes conjuntos acuíferos

- dentro de la cuenca Hualong-Xunhua. *Frontiers of Earth Science*, (03):115-128. <https://link.oversea.cnki.net/doi/10.13745/j.esf.sf.2022.1.34>
- Suárez-Medina, I. (2020). Calidad del agua de consumo humano influenciado por aguas servidas. *Revista Ciencia Norandina*, 3(1), 80 – 89. <https://doi.org/10.37518/2663-6360X2020v3n1p80>
- Suárez-Medina, I., & Guerrero-Padilla, A. (2024). Calidad de fuentes de agua para consumo humano en la comunidad El Frutillo, Bambamarca-Cajamarca. *Technological Innovations Journal*, 3(2), 20-37. <https://doi.org/10.35622/j.ti.2024.02.002>
- Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento-SUNASS. (2023). *Pobreza monetaria y acceso a los servicios de agua potable y saneamiento en el Perú, 2004-2023*. <https://www.gob.pe/institucion/sunass/informes-publicaciones/5926487-pobreza-monetaria-y-acceso-a-los-servicios-de-agua-potable-y-saneamiento-en-el-peru-2004-al-2023>
- Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento-SUNASS. (2022). *Benchmarking Regulatorio de las Organizaciones Comunes (Informe N° 0894-2022-SUNASS-DF-F)*. <https://www.gob.pe/institucion/sunass/informes-publicaciones/4894886-benchmarking-de-las-organizaciones-comunes-2018-al-2022>
- Tarqui, C., Alvarez, D., Gómez, G., Valenzuela, R., Fernandez, I., & Espinoza, P. (2016). Calidad bacteriológica del agua para consumo en tres regiones del Perú. *Revista Salud Pública*, 18(6), 904-912. <https://doi.org/10.15446/rsap.v18n6.55008>
- Tiloom. (2020). *Impacto del pH en la desinfección de aguas con cloro*. <https://www.tiloom.com/impacto-del-ph-en-la-desinfeccion-de-aguas-con-cloro/>
- Vásquez Astonitas, J. C. (2024). *Percepción y calidad del agua para consumo humano en función a indicadores bacteriológicos de las fuentes de abastecimiento en la comunidad de Olmos, distrito Lajas*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Autónoma de Chota]. <https://repositorio.unach.edu.pe/items/a3bd1>

