



Riesgo microbiológico asociado a la falta de cloro residual en agua de consumo humano en la Subregión de Salud Luciano Castillo Colonna, Perú, 2024

Microbiological risk associated with the lack of residual chlorine in drinking water in the Luciano Castillo Colonna Health Subregion, Peru, 2024

Josselyn Alexandra Cardoza-Ipanaque^{1*}, Juan Héctor Wilson-Krugg²; José Manuel Marchena-Dioses³

¹Escuela de Postgrado, Universidad Nacional de Trujillo, Av. Juan Pablo II s/n – Ciudad Universitaria, Trujillo, Perú.

²Facultad de Ciencias Económicas, Universidad Nacional de Trujillo, Av. Juan Pablo II s/n – Ciudad Universitaria, Trujillo, Perú.

³Escuela de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional de Piura, Urb. Miraflores s/n, Castilla, Piura, Perú.

Josselyn Alexandra Cardoza Ipanaque  <https://orcid.org/0009-0001-8270-8824>

Juan Héctor Wilson-Krugg  <https://orcid.org/0000-0003-1695-3001>

José Manuel Marchena-Dioses  <https://orcid.org/0000-0002-7321-8268>

Artículo Original

Recibido: 10 de febrero de 2025

Aceptado: 31 de mayo de 2025

Resumen

El acceso a agua microbiológicamente segura es un determinante fundamental de la salud pública, al reducir la incidencia de enfermedades de transmisión hídrica. En el marco de la vigilancia sanitaria de la Subregión de Salud Luciano Castillo Colonna (SRS-LCC), se evaluó el riesgo microbiológico asociado a la insuficiencia de cloro residual en sistemas de agua de consumo humano, conforme a lo establecido en el D.S. N.º 031-2010-SA. El estudio comprendió 573 puntos de muestreo con concentraciones de cloro libre inferiores a 0.5 mg/L, en los cuales se aplicaron métodos estandarizados para la detección de coliformes totales y termotolerantes. Los resultados evidenciaron una distribución heterogénea del riesgo, concentrándose principalmente en las provincias de Ayabaca (51%) y Sullana (≈40%). La detección recurrente de indicadores bacteriológicos de contaminación fecal confirmó un riesgo sanitario significativo, asociado a deficiencias en los procesos de desinfección. Los hallazgos sustentan la necesidad de fortalecer la dosificación de cloro y optimizar los sistemas de control de calidad del agua en las zonas afectadas.

Palabras clave: agua potable, cloro residual, coliformes, riesgo microbiológico.

Abstract

Access to microbiologically safe drinking water is a fundamental public health requirement, as it plays a critical role in preventing waterborne diseases. Within the framework of sanitary surveillance conducted by the Luciano Castillo Colonna Health Subregion (LCC-HSR), a microbiological risk assessment was performed in drinking water distribution systems exhibiting insufficient residual chlorine levels, in accordance with Supreme Decree No. 031-2010-SA. The study analyzed 573 sampling points with free chlorine concentrations below 0.5 mg/L, using standardized methods for the detection of total and thermotolerant coliforms. The results revealed a heterogeneous spatial distribution of risk, with the highest proportion of deficient samples recorded in Ayabaca (51%) and Sullana (approximately 40%). Recurrent detection of fecal contamination indicators confirmed a significant epidemiological risk associated with inadequate disinfection practices. These findings highlight the urgent need to strengthen chlorine dosing strategies and to improve water quality monitoring systems in the affected areas.

Keywords: drinking water, residual chlorine, coliforms, microbiological risk.

*Autor para correspondencia: E. mail: jacardozai@unitru.edu.pe

DOI: <http://dx.doi.org/10.17268/rebiol.2025.45.01.11>

Citar como:

Cardoza-Ipanaque, J., Wilson-Krugg, J., & J. Marchena-Dioses, J. (2025). Riesgo microbiológico asociado a la falta de cloro residual en agua de consumo humano en la Subregión de Salud Luciano Castillo Colonna, Perú. *REBIOL*, 45(1), 93-99



1. Introducción

El acceso a agua potable segura para el consumo humano constituye un pilar fundamental de la salud pública, al contribuir de manera directa a la prevención de enfermedades infecciosas y al bienestar de las poblaciones. De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2022), el agua destinada al consumo humano debe cumplir criterios físicos, químicos y microbiológicos que garanticen su inocuidad sanitaria. Entre estos, los parámetros microbiológicos adquieren especial relevancia, ya que la presencia de microorganismos indicadores de contaminación fecal se asocia con un mayor riesgo de transmisión de patógenos entéricos, especialmente en contextos donde los procesos de tratamiento y desinfección son inadecuados (Leclerc et al., 2020).

La vigilancia microbiológica del agua es una herramienta clave para la identificación temprana de riesgos sanitarios y la formulación de estrategias preventivas. Indicadores como *Escherichia coli*, coliformes totales y coliformes termotolerantes permiten evaluar la integridad microbiológica de los sistemas de abastecimiento y estimar la probabilidad de exposición a agentes patógenos (Edberg et al., 2019). Diversos factores ambientales y antropogénicos —incluyendo deficiencias operativas, manejo inadecuado de residuos, crecimiento urbano no planificado y variabilidad climática— pueden comprometer la calidad del agua a lo largo de los sistemas de distribución (Jiménez & Castro, 2021).

En países en desarrollo, las limitaciones en infraestructura, tratamiento y control sanitario del agua incrementan la exposición de la población a microorganismos patógenos, incluyendo bacterias con resistencia a los antimicrobianos (RAM), lo que se traduce en una mayor carga de enfermedades diarreicas, infecciones urinarias y respiratorias (Cheng et al., 2020; Falcone-Dias et al., 2012). En el contexto peruano, diversos estudios han evidenciado deficiencias recurrentes en la calidad microbiológica del agua de consumo humano en zonas rurales y periurbanas. Investigaciones realizadas en Arequipa, Cajamarca, Junín, Huancavelica y Pasco han reportado concentraciones de coliformes totales y termotolerantes que superan los límites máximos permisibles, lo que pone en evidencia riesgos sanitarios significativos asociados a prácticas de desinfección insuficientes (Baca & Valdez, 2022; Calle & Vargas, 2021; Gonzales et al., 2023; Pérez, 2021). No obstante, también se han documentado experiencias locales donde los sistemas de abastecimiento cumplen con los estándares

normativos, destacando la importancia de una gestión adecuada del tratamiento y monitoreo del agua (Ruiz & Asto, 2022).

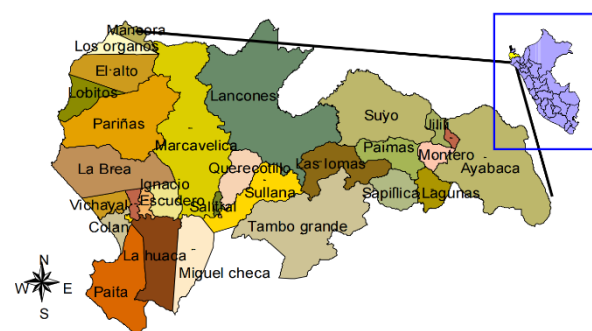
En este contexto, resulta imprescindible evaluar el riesgo microbiológico del agua de consumo humano en las provincias que conforman la Subregión de Salud Luciano Castillo Colonna. El presente estudio tiene como objetivo determinar los niveles de cloro residual y la presencia de coliformes totales, coliformes termotolerantes y *E. coli*, con la finalidad de verificar el cumplimiento de la normativa sanitaria vigente y estimar el nivel de seguridad del agua suministrada a la población.

2. Materiales y Métodos

La investigación es de tipo cualitativa y se empleó un diseño de investigación no experimental prospectivo. Para el estudio se realizó un muestreo no probabilístico y dirigido y las muestras de agua de consumo humano evaluadas procedían de la jurisdicción de Subregión de salud Luciano Castillo Colonna, que abarca las provincias de Ayabaca, Piura, Sullana, en el norte del Perú. (Fig. 01)

Figura 1

Mapa de los distritos a cargo de la jurisdicción de la Subregión Luciano Catillo Colonna (SRS-LCC).



Población de estudio: estuvo constituida por todos los puntos de captación de agua con concentraciones de cloro residual libre entre 0.0 y <0.5 mg/L, según lo establecido en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano (D.S. N° 031-2010-SA) (MINSA, 2011), localizados en la Subregión de Salud Luciano Castillo Colonna, Sullana, durante el período de junio a diciembre de 2024.

Criterios previos a la toma de muestras: antes de la recolección de muestras se siguió el Protocolo de procedimientos para la toma de muestras, preservación, conservación, transporte, almacenamiento y recepción de agua para consumo humano (R.D. N° 160-2015/DIGESA/SA) (DIGESA, 2015). Los puntos de

captación evaluados fueron: a) reservorios y/o cisternas, y b) grifos o caños de viviendas conectadas a la red de distribución.

Recolección, acondicionamiento y transporte de muestras: Las muestras fueron recolectadas, acondicionadas y transportadas siguiendo el Protocolo de procedimientos para la toma de muestras, preservación, conservación, transporte, almacenamiento y recepción de agua para consumo humano (R.D. N° 160-2015/DIGESA/SA).

Procesamiento de muestras para determinar la calidad bacteriológica: Se analizaron los siguientes parámetros microbiológicos: a) Coliformes totales y coliformes termotolerantes (UFC/100 ml): mediante la técnica de filtración por membrana. Las muestras positivas para coliformes termotolerantes se incubaron en caldo de cultivo EC-MUG para la prueba confirmatoria de *Escherichia coli*. b) Bacterias heterótrofas (UFC/ml): mediante el método de placa fluida (MPF) o vertido en placa.

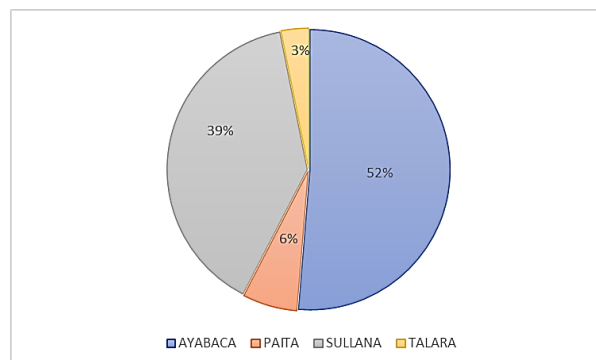
3. Resultados

En el marco de la vigilancia de la calidad del agua para consumo humano realizada por la Subregión de Salud Luciano Castillo Colonna (SRS-LCC), se identificaron 573 muestras con concentraciones de cloro residual inferiores a 0.5 mg/L, valor mínimo establecido en la normativa peruana (D.S. N° 031-2010-SA). Estas muestras fueron procesadas para determinar el riesgo microbiológico mediante el análisis de coliformes totales y coliformes termotolerantes, con el fin de evaluar el cumplimiento de los estándares de calidad del agua suministrada a la población de cada localidad.

De las 573 muestras identificadas que no cumplieron con la concentración mínima de cloro residual (<0.5 mg/L), la provincia de Ayabaca presentó la mayor proporción con 51% (294 muestras), seguida de Sullana con 39% (225 muestras) y Paita con 6% (36 muestras). Finalmente, Talara registró la menor proporción con 3% (18 muestras) (Fig. 2).

Figura 2

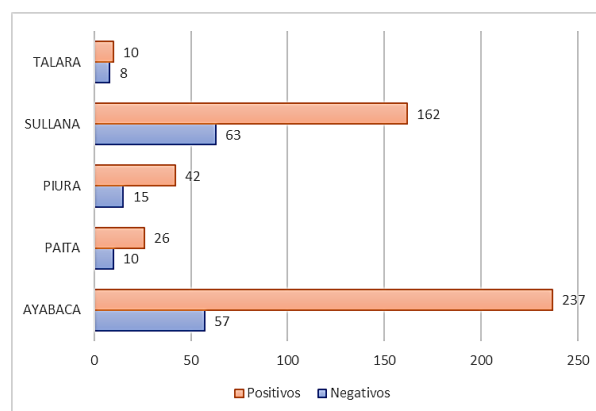
Valores de cloro residual (<0.5mg/L), de lo centro poblados evaluados en la jurisdicción de Subregión de Salud Luciano Castillo Colonna, por provincia de la región Piura.



Los análisis de coliformes totales, según la normativa peruana (D.S. N° 031-2010-SA) que establece 0 UFC/100 ml a 35°C como valor permisible, mostraron que Ayabaca presentó 237 muestras positivas (>0 UFC/100 ml) y 53 negativas (0 UFC/100 ml); Sullana registró 162 muestras positivas y 63 negativas; Talara evidenció 10 muestras positivas y 8 negativas; mientras que Paita registró 10 muestras positivas y 26 negativas (Fig. 3).

Figura 3

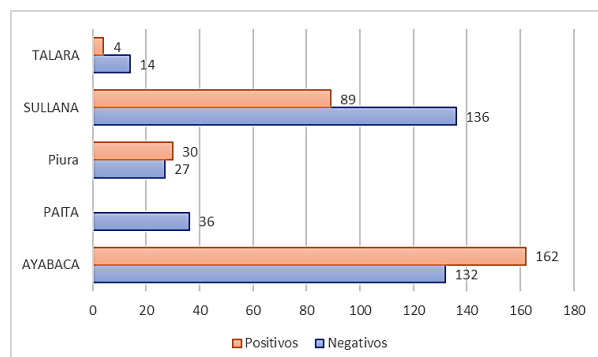
Valores de Coliformes Totales, de lo centro poblados evaluados en la jurisdicción de Subregión de Salud Luciano Castillo Colonna, por provincia de la región Piura.



En cuanto a coliformes termotolerantes, cuyo límite permisible es 0 UFC/100 ml a 44.5°C según el D.S. N° 031-2010-SA, Ayabaca presentó 162 muestras positivas (>0 UFC/100 ml) y 132 negativas (0 UFC/100 ml); Sullana registró 89 muestras positivas y 136 negativas; Talara evidenció 4 muestras positivas y 14 negativas; mientras que Paita no registró muestras positivas, obteniendo 36 muestras negativas (Fig. 4).

Figura 4

Valores de Coliformes Termotolerantes, de lo centro poblados evaluados en la jurisdicción de Subregión de Salud Luciano Castillo Colonna, por provincia de la región Piura.



4. Discusión

El programa de vigilancia sanitaria del agua desarrollado por la Subregión de Salud Luciano Castillo Colonna evidenció deficiencias sustanciales en los procesos de desinfección y en la calidad microbiológica del agua distribuida a la población. La identificación de 573 muestras con concentraciones de cloro residual inferiores al umbral normativo (≥ 0.5 mg/L, D.S. N.º 031-2010-SA) constituye un indicador crítico de riesgo sanitario, dado que niveles subóptimos de desinfectante se asocian de manera directa con una mayor probabilidad de contaminación bacteriana. Esta relación ha sido ampliamente documentada en contextos de países de ingresos medios, donde las fallas en la operación y mantenimiento de los sistemas de tratamiento se traducen en una elevada prevalencia de coliformes indicadores (Hernández-Vásquez et al., 2022).

La distribución espacial de los incumplimientos normativos reveló una marcada heterogeneidad interprovincial. Ayabaca concentró el mayor porcentaje de muestras con cloración deficiente y presentó la mayor frecuencia de detección de coliformes totales y *Escherichia coli*, lo que sugiere una mayor vulnerabilidad microbiológica del sistema de abastecimiento. Estos resultados son concordantes con estudios realizados en zonas altoandinas y rurales, donde las limitaciones en infraestructura, operación y supervisión de los sistemas de potabilización incrementan el riesgo de contaminación fecal

(Hernández-Vásquez et al., 2022; Larson et al., 2019).

De manera similar, la elevada proporción de resultados adversos en Sullana refleja la persistencia de debilidades estructurales y operativas en contextos de crecimiento urbano acelerado.

Un aspecto relevante para la interpretación de los hallazgos es que la concentración mínima normativa de cloro residual no garantiza necesariamente una desinfección eficaz bajo todas las condiciones fisicoquímicas del agua. Evidencia experimental indica que la eficacia del cloro puede verse significativamente reducida en presencia de una elevada demanda oxidante, altos niveles de materia orgánica o microorganismos con tolerancia aumentada al desinfectante, lo que exige concentraciones mayores o valores Ct superiores para lograr la inactivación completa de *E. coli* (Owoseni et al., 2017). Este fenómeno podría explicar la detección de coliformes en muestras con cloro residual detectable, especialmente en sistemas con infraestructura deteriorada o con ingreso recurrente de contaminantes orgánicos.

La recontaminación posterior al tratamiento constituye otro factor crítico, particularmente en etapas de almacenamiento y distribución intradomiciliaria. Estudios realizados en comunidades rurales del Perú han demostrado que el agua tratada puede sufrir contaminación secundaria debido a prácticas inadecuadas de almacenamiento, manipulación y condiciones sanitarias deficientes en el hogar (Heitzinger et al., 2015). Estos antecedentes refuerzan la necesidad de complementar la vigilancia de la red pública con evaluaciones del manejo doméstico del agua, a fin de obtener una estimación más precisa del riesgo real de exposición.

Asimismo, la presencia de *E. coli* adquiere especial relevancia en el contexto de la resistencia antimicrobiana, una problemática emergente de salud pública. Investigaciones previas en Cajamarca han reportado una proporción significativa de aislamientos de *E. coli* provenientes de agua de consumo con resistencia a múltiples antimicrobianos (Larson et al., 2019). En este sentido, la detección de este microorganismo en los sistemas de Ayabaca y Sullana podría implicar una exposición potencial a cepas

resistentes, con consecuencias epidemiológicas más severas para la población.

Desde una perspectiva operativa y de gestión sanitaria, los resultados obtenidos ponen de manifiesto la necesidad de revisar y fortalecer los protocolos de cloración, asegurar la continuidad en la dosificación del desinfectante, implementar un monitoreo sistemático de la demanda de cloro y verificar los tiempos de contacto necesarios para alcanzar valores Ct efectivos. Las directrices de la Organización Mundial de la Salud recomiendan concentraciones mínimas de cloro residual de 0.5 mg/L tras 30 minutos de contacto en condiciones de pH menores a 8, enfatizando la importancia de la verificación periódica de estos parámetros en campo (OMS, 2017).

Finalmente, los hallazgos del presente estudio resaltan la importancia de integrar la vigilancia de la calidad del agua con los sistemas de vigilancia epidemiológica, especialmente en localidades con alta prevalencia de muestras contaminadas. Esta integración permitiría la identificación temprana de áreas con mayor riesgo de brotes de enfermedades de transmisión hídrica, facilitando la implementación de intervenciones preventivas oportunas y de mayor impacto sanitario.

5. Conclusiones

Los resultados evidencian una elevada proporción de muestras con concentraciones de cloro residual inferiores al valor normativo (< 0.5 mg/L), lo que refleja deficiencias estructurales y operativas en los procesos de desinfección del agua de consumo humano, particularmente en las provincias de Ayabaca y Sullana, donde se concentra la mayor frecuencia de incumplimientos. Esta situación incrementa de manera significativa el riesgo microbiológico para la población abastecida.

La evaluación microbiológica confirmó una asociación directa entre niveles insuficientes de cloro residual y la presencia de indicadores de contaminación fecal, con mayor positividad de coliformes totales y termotolerantes en Ayabaca y Sullana, lo que sugiere compromisos tanto en la calidad del agua de origen como en la integridad de los sistemas de distribución.

El riesgo sanitario asociado al agua de consumo humano presenta una marcada heterogeneidad espacial entre provincias. Ayabaca constituye la zona de mayor criticidad microbiológica, mientras que Paita evidenció un mejor desempeño sanitario, sin detección de coliformes termotolerantes. Estos hallazgos sustentan la necesidad

de implementar intervenciones diferenciadas, priorizando el fortalecimiento del tratamiento, la cloración continua y la vigilancia sanitaria en las provincias más afectadas.

6. Contribución de los autores

JACI: En la concepción y el diseño del estudio, adquisición de datos, El análisis y la interpretación de los datos.

JHWK: Revisión y la aprobación definitiva de la versión que se presenta.

JMMD: El análisis y la interpretación de los datos, Revisión y la aprobación definitiva de la versión que se presenta.

7. Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

8. Referencias Bibliográficas

- Aquino, R., Ljoya, G., & García, M. (2020). Microbiological quality of drinking water in rural areas of Latin America: A systematic review. *Science of the Total Environment*, 739, 139994. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139994>
- Baca, E., & Valdez, R. (2022). *Evaluación de la calidad microbiológica del agua de manantial para consumo humano, Viques 2022* [Tesis de pregrado, Universidad Peruana Los Andes]. Repositorio institucional. https://repositorio.upla.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12848/5709/T037_4287566272890752_T.pdf
- Benavides, J. (2023). *Calidad microbiológica y fisicoquímica del agua para consumo humano en el distrito de Pardo Miguel, Rioja, 2021* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Martín]. Repositorio institucional. <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/9387481>
- Calle, N., & Vargas, M. (2021). *Calidad microbiológica del agua de consumo humano del sector Fila Alta-Jaén, 2019* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Jaén]. Repositorio institucional. http://repositorio.unj.edu.pe/bitstream/UNJ/188/1/Calle_INO_Vargas_SML.pdf
- Chávez, A., Salazar, C., & Tuesta, D. (2021). Assessment of microbiological contamination in drinking water systems in Andean communities. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 235, 113766. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2021.113766>

- Cheng, J., Tang, X., & Liu, C. (2020). Occurrence and distribution of antibiotic resistance genes in various rural environmental media. *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 29191–29203. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-09287-x>
- Dirección General de Salud Ambiental e Inocuidad Alimentaria. (2015). *Protocolo de procedimientos para la toma de muestras, preservación, conservación, transporte, almacenamiento y recepción de agua para consumo humano* (R.D. N.º 160-2015/DIGESA/SA). Ministerio de Salud. <https://www.gob.pe/institucion/minsa/informes-publicaciones>
- Edberg, S. C., Rice, E. W., Karlin, R. J., & Allen, M. J. (2019). *Escherichia coli*. The best biological drinking water indicator for public health protection. *Journal of Applied Microbiology*, 129(6), 1462–1476. <https://doi.org/10.1111/jam.14707>
- Falcone-Dias, M. F., Vaz-Moreira, I., & Manaia, C. M. (2012). Bottled mineral water as a potential source of antibiotic resistant bacteria. *Water Research*, 46, 3612–3622. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2012.04.007>
- Ferro, P., Morales, E., Ticona, E., Ferró-Gonzales, P., Oblitas, A., & Ferró-González, A. L. (2024). Water quality and phenotypic antimicrobial resistance in isolates of *Escherichia coli* from water for human consumption in Bagua under a One Health approach. *Heliyon*, 10(1), e23456. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e23456>
- Gonzales, W., Acharte, L. M., Poma, J. C., Sánchez, V. G., Quispe, F. A., & Meseguer, R. (2023). Evaluación fisicoquímica y microbiológica del agua de consumo humano en seis comunidades rurales altoandinas de Huancavelica, Perú. *Revista de Investigaciones Altoandinas – Journal of High Andean Research*, 25(1), 23–31. <https://doi.org/10.18271/ria.2023.486>
- Gutiérrez, L. (2022). *Calidad microbiológica del agua potable y el grado de satisfacción de la población de Samegua, Moquegua, 2021* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio institucional. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/104886/Gutierrez_CLD%20-%20SD.pdf
- Heitzinger, K., Rocha, C. A., Quick, R. E., Montano, S. M., Tilley, D. H., Mock, C. N., & León-Barúa, R. (2015). Household water treatment reduces contamination and diarrheal illness among rural communities in Peru. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 93(3), 508–515. <https://doi.org/10.4269/ajtmh.14-0442>
- Hernández-Vásquez, A., Visconti-López, F. J., & Vargas-Fernández, R. (2022). *Escherichia coli* contamination of water for human consumption and associated factors in Peru: A population-based study. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 108(1), 187–194. <https://doi.org/10.4269/ajtmh.22-0240>
- Huamán, R., & Gutiérrez, B. (2022). Evaluación de la calidad microbiológica del agua potable en sistemas urbanos del norte del Perú. *Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica*, 25(1), 56–68. <https://doi.org/10.15381/iigeo.v25i1.21459>
- Jiménez, B., & Castro, J. (2021). Safe drinking water: Challenges and approaches for improving global access. *Water Research*, 200, 117210. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2021.117210>
- Larson, A., Hartinger, S. M., Riveros, M., Salmon-Mulanovich, G., Hattendorf, J., Verastegui, H., Huaylinos, M. L., & Mäusezahl, D. (2019). Antibiotic-resistant *Escherichia coli* in drinking water samples from rural Andean households in Cajamarca, Peru. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 100(6), 1363–1368. <https://doi.org/10.4269/ajtmh.18-0776>
- Leclerc, H., Mossel, D. A., Edberg, S. C., & Struijk, C. B. (2020). Advances in the bacteriology of the coliform group: Their suitability as indicators of microbial water safety. *Annual Review of Microbiology*, 74, 95–118. <https://doi.org/10.1146/annurev-micro-021820-093523>
- Ministerio de Salud. (2011). *Reglamento de la calidad del agua para consumo humano* (D.S. N.º 031-2010-SA). <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/273650/reglamento-de-la-calidad-del-agua-para-consumo-humano.pdf>
- Ministerio del Ambiente. (2021). *Calidad de agua para consumo humano en sistemas rurales del Perú*. <https://www.gob.pe/minam>
- Ñahui, D. (2023). *Análisis de la calidad de agua para el consumo humano de los centros poblados del distrito de Yauli, Huancavelica, 2023* [Tesis de pregrado, Universidad Continental]. Repositorio institucional. https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/13303/1/IV_FIN_107_TE_%C3%91ahui_Salvatierra_2023.pdf
- Organización Mundial de la Salud. (2022). *Guidelines for drinking-water quality* (4th ed., incorporating the 1st and 2nd addenda). WHO Press.

- Owoseni, M. C., Okoh, A. I., & Adefisoye, M. A. (2017). Chlorine tolerance and inactivation of *Escherichia coli* recovered from wastewater treatment plants in Eastern Cape, South Africa. *Applied Sciences*, 7(8), 810. <https://doi.org/10.3390/app7080810>
- Pérez, M. (2021). *Determinación de la calidad de agua para consumo humano en el valle de Vitor, Arequipa, durante los meses de agosto–octubre de 2019* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Agustín]. Repositorio institucional. <https://repositorio.unsa.edu.pe/server/api/core/bitstream/2e6e9749-c690-490a-a49e-c11f5e0f1a59/content>
- Razzolini, M. T. P., & Günther, W. M. R. (2020). Drinking water quality and human health: A review. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(2), 2045–2056. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-06857-y>
- Ruiz, E., & Asto, J. (2022). *Análisis físicoquímico y microbiológico de la calidad del agua para consumo humano del centro poblado de Buena Vista, distrito de Pozuzo, provincia de Oxapampa, Perú, 2021* [Tesis de pregrado, Universidad Daniel Alcides Carrión]. Repositorio institucional. http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/2606/1/T026_72356162_T.pdf
- Tamames, J., Abellán, J. J., Pignatelli, M., Camacho, A., & Moya, A. (2010). Environmental distribution of prokaryotic taxa. *BMC Microbiology*, 10, 85. <https://doi.org/10.1186/1471-2180-10-85>
- World Health Organization. (2017). *Guidelines for drinking-water quality* (4th ed.). WHO Press.