

Calidad de las fuentes de agua potable que abastecen las zonas urbanas

Quality of drinking water sources that supply urban areas

Saldaña Alarcón, Ronald Alfonso^{1*}; Alva Ahón, Nancy Elizabeth¹; Castillo Valdiviezo, Pascual Ancelmo¹

¹Facultad de Ingeniería Química, Universidad Nacional de Trujillo, La Libertad, Perú

Recibido: 06/02/2026 | Aceptado: 30/06/2026 | Publicado: 07/07/2026

Correspondencia*: rsaldanaa@unitru.edu.pe

RESUMEN

La calidad del agua se relaciona con temas de salud pública y su evaluación permite formular políticas y estrategias de gestión del agua de consumo humano. El objetivo de la investigación fue evaluar la calidad de las fuentes de agua potable que abastecen las zonas urbanas de La Libertad, Perú. Para ello se utilizó la metodología de una revisión sistemática PICO, teniendo en cuenta como criterio de inclusión investigaciones realizadas en los últimos 10 años. Los resultados evidencian que el pH, turbidez, conductividad eléctrica y sólidos totales disueltos están relacionados con el tipo de fuente, esto es aguas subterránea o superficial y que sus valores tienen dependencia con las condiciones climatológicas y estacionales; con mayor incidencia en las aguas superficiales. Concluyéndose que existe diferencias significativas entre la calidad de la fuente de agua potable y, por lo tanto, son criterios que deben considerarse en el diseño de plantas de tratamiento de agua potable.

Palabras clave: Calidad del agua; conductividad eléctrica; pH; turbidez

ABSTRACT

Water quality is linked to public health issues, and its assessment allows for the formulation of policies and strategies for managing drinking water. The objective of this research was to evaluate the quality of drinking water sources supplying urban areas of La Libertad, Peru. The PICO systematic review methodology was used, with the inclusion criterion being research conducted within the last 10 years. The results show that pH, turbidity, electrical conductivity, and total dissolved solids are related to the type of source - groundwater or surface water—and that their values depend on climatic and seasonal conditions, with a greater impact on surface water. It was concluded that significant differences exist in the quality of drinking water sources, and therefore, these are criteria that should be considered in the design of drinking water treatment plants.

Keywords: Electrical conductivity; pH; turbidity; water quality

Cómo citar este artículo: Saldaña Alarcón, R. A., Alva Ahón, N. E. & Castillo Valdiviezo, P. A. (2026). Calidad de las fuentes de agua potable que abastecen las zonas urbanas. *Revista Científica Dékamu Agropec*, 7(1), 92-102. <https://doi.org/10.55996/dekamuagropec.v7i1.399>

1. INTRODUCCIÓN

La potabilización de agua debe asegurar al consumidor un agua libre de microorganismos que puedan afectar su salud y para evitar la activación microbiana, también debe limitar la cantidad de nutrientes en los sistemas de distribución de agua potable. Además, existen otros riesgos que deben controlarse como son la biocorrosión y la bioincrustación (Pick et al., 2019).

Este proceso tradicionalmente, consta de procesos de separación básica que tienen por objetivo reducir la turbidez del agua, ellos son la decantación, floculación, filtración y para asegurar la calidad microbiológica se utiliza la cloración. Actualmente se proponen procesos alternativos de desinfección mediante la ionización de cobre y radiación ultravioleta (Torres et al., 2025).

La calidad del agua potable tiene varias aristas. Entre ellas está la calidad microbiológica que, debido a diversos factores, puede deteriorarse debido al tipo de transporte desde la planta de tratamiento al punto de uso y al estancamiento temporal dentro de las viviendas, antes de su uso. Estos hechos pueden ocasionar variaciones en la composición procariótica de la masa microbiana del agua potable (Van der Wielen et al., 2025).

Otro factor para evaluar la calidad del agua potable es la estética, definida por parámetros cualitativos como son la apariencia definida por el sabor y color; que permite generar indicadores de gestión para monitorear la calidad del agua en los sistemas de captación, proceso y distribución de agua de consumo humano (Adams et al., 2024).

La eficiencia del proceso de purificación de agua guarda relación con la interrelación entre el agua tratada y el material purificante como carbón activado o rocas sedimentarias como la lutita o arenisca. Estas dos últimas tienen mayor resistencia al rescabramiento de la roca y tiene una menor probabilidad de formación de materia suspendidos en el agua (Wang et al., 2024).

Existen diversas investigaciones realizadas respecto a la purificación del agua con fines de consumo humano. Es así que la contaminación del agua ha sido una preocupación constante y su crecimiento ha ido de la mano con el crecimiento poblacional e industrial de los pueblos. Al crecer las ciudades, las cargas de nitrógeno y fósforo aumentaron, en el caso de las industrias las descargas residuales contribuyen a desequilibrar la ecología y los factores ambientales (Hu et al., 2025). En el caso del agua residual de mina, la contaminación depende del tipo de mineral explotado y los parámetros monitoreados son la turbidez, cloruros y sólidos totales suspendidos (Wang et al., 2024).

A lo largo de la historia han surgido diversas propuestas para purificar el agua. Es así que Gualteros & Chacon (2015) evaluaron la posibilidad de remover contaminantes mediante filtros de piedra, arena y tubos de PVC que alcanzaron eficiencias comprendidas entre 73,4% y 93% respecto a la turbidez del agua y 100% de eficiencia en la remoción de coliformes totales.

También, Méndez de los Santos & López Ocaña (2021) evaluaron la eficiencia de un filtro de zeolita diseñado para retener sólidos suspendidos que están relacionados con el color del agua, turbidez y cloro residual; cuya operatividad redujo a valores por debajo de los máximos permisibles. Para mejorar la calidad microbiológica del agua, se complementó el sistema de filtro con la adición de hipoclorito de sodio; dando como resultado una eliminación de la carga microbiana cercana al 100%.

Prabhakar et al. (2008) sostiene que cada método de purificación de agua tiene eficiencias diferentes frente a la remoción de un compuesto químico como por ejemplo los fluoruros se reducen en mayor porcentaje cuando se emplea ósmosis inversa y filtros de carbón de plata; si se comparación con los procesos que incluyen destilación y filtro de carbón activado.

La principal novedad del estudio es la sistematización de la información dispersa respecto a la calidad del agua en la región La Libertad. El avance de la contaminación de agua disponible para el consumo humano avanza y a la fecha existen diversas alternativas para potabilizar el agua, que

según diversos autores cada método de purificación debe aplicarse según el tipo de agua a tratar y el uso que se dará. Por ello, esta investigación evalúa las características del agua a potabilizar y los diversos puntos de consumo. Esto implica que no solamente se debe tener en cuenta la eficacia del método de potabilización sino también el costo de producción que está relacionado con el consumo de energía (Zewdie et al., 2021).

También, es necesario considerar los aspectos técnicos del proceso de potabilización como es el tiempo de operación y mantenimiento de los equipos. Por esta razón la investigación proveerá de información confiable para la toma de decisiones a la hora de elegir el método de potabilización más adecuado para zonas urbanas de la región La Libertad.

Se sabe que la calidad del agua está relacionada con la salud pública y también, está relacionada con el tipo y eficiencia operativa de las instalaciones sanitarias que transportan tanto las aguas residuales como el agua potable al interior y exterior de la vivienda (Belay & Andualem, 2022). Este manejo diferenciado contribuye a reducir el riesgo de la contaminación del agua potable que puede ocasionar transmisión de enfermedades epidemiológicas en la población (Hrudey & Hrudey, 2007).

En ciertos lugares como la región amazónica, la abundancia de agua no es sinónimo de agua disponible para consumo humano y por lo tanto puede afectar la salud de las poblaciones vulnerables debido a la presencia de patógenos que pueden eliminarse mediante tratamientos convencionales como la floculación, coagulación, sedimentación y filtración (Gualteros & Chacon, 2015).

La región La Libertad tiene zonas urbanas ubicadas en costa, sierra y ceja de selva por lo que cada zona urbana tiene características propias en función de la fuente de agua que se utiliza para potabilizarla y utilizarla en el consumo humano. Bajo esta perspectiva, todos los métodos de tratamientos de potabilización tienen resultados diferentes y resulta pertinente identificar el método apropiado para cada lugar. Por tales razones, la investigación se propuso evaluar la calidad de las fuentes de agua potable que abastecen las zonas urbanas de La Libertad, Perú.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El tipo de estudio realizado fue descriptiva, documental y orientado; que tuvo como método de investigación la revisión documental y análisis estadístico.

La población estuvo constituida por fuentes de agua ubicadas en las doce provincias de la región La Libertad. Las que se clasifican en pozos, ríos, lagunas y manantiales. Algunas zonas urbanas tienen más de una fuente de agua. Pero para la investigación solamente se considera una, en función de su exposición al riesgo de contaminación.

La metodología consistió en definir como población de estudio las fuentes de agua clasificadas en pozos, ríos, lagunas y manantiales, distribuidas en las doce provincias de la región La Libertad, considerando las particularidades de sus regiones de costa, sierra y ceja de selva. El criterio de selección técnico determinó que, en aquellas zonas urbanas con múltiples fuentes, solo se recopilara información de una sola fuente por localidad, elegida específicamente en función de su nivel de exposición al riesgo de contaminación. Finalmente, el levantamiento de datos se estructuró geográficamente dividiendo el territorio en tres sectores: la zona costera (Virú, Trujillo, Ascope, Pacasmayo y Chepén), la zona central (Santiago de Chuco, Julcán, Otuzco, Gran Chimú y José Faustino Sánchez Carrión) y la zona oriental (Bolívar y Pataz).



Figura 1. Vista geográfica de la región La Libertad en donde se realizó la investigación

El método de investigación consistió en una revisión sistemática fundamentada en la metodología estructurada PICO, la cual permitió el cribado y análisis final de 63 investigaciones publicadas en los repositorios de la Universidad Nacional de Trujillo (58%), Universidad Antenor Orrego (17%), Universidad César Vallejo (16%) y Universidad Privada del Norte (9%). En la etapa de Determinación de la población, se aplicaron de forma estricta los criterios de inclusión y exclusión definidos por el periodo de análisis (últimos 10 años), el tratamiento de agua para consumo humano y el lugar de estudio específico. Posteriormente, durante el paso de Realización de la investigación y extracción de datos, se ejecutó la búsqueda y recopilación bibliográfica dentro de los repositorios universitarios seleccionados con presencia en la región La Libertad. Finalmente, las etapas de Comparación de datos y Presentación de los resultados consolidaron la información cuantitativa y cualitativa de las 63 fuentes evaluadas para estructurar los hallazgos definitivos del estudio.

3. RESULTADOS

Los resultados de la investigación se organizaron en un Diagrama de Bosque que compara el "efecto" (en este caso, la desviación del estándar) de diferentes estudios. A continuación, se presentan los datos clave de las fuentes para construir este gráfico, centrándose en el cumplimiento de estándares de calidad:

Tabla 1. Vista geográfica de la región La Libertad en donde se realizó la investigación

Fuente (Estudio)	Parámetro Crítico	Resultado Reportado	Comparación con Estándar (ECA)
Río Otuzco (Estación ROTuz1)	Coliformes termotolerantes	790,000 NMP/100ml	Incumplimiento Crítico (Supera ampliamente el límite)
Cuenca Río Jequetepeque	Dureza del agua	61% de muestras como "agua muy dura" (>300 ppm)	Incumplimiento Moderado (Para uso poblacional).
Río Pollo (Estación 3)	Coliformes totales	920,000 NMP/100ml	Incumplimiento Crítico (No cumple D.S 004-2017-MINAM).
Río Pollo (Estación 3)	pH	8.6	Incumplimiento Leve (Límite superior suele ser 8.5).
Pacasmayo (Varios puntos)	Turbidez	Resultados variables entre marzo y mayo	Cumplimiento Parcial (Dependiente de la estacionalidad).
Santiago de Chuco (PTAP)	E. coli	3.4E+03 NMP/100 mL	Incumplimiento (Debe haber ausencia para consumo humano)

Río Moche (Plazapampa)	pH (Acidez)	3.14 - 3.55	Incumplimiento (Extrema acidez, no apta para riego)	Crítico
Distrito Chicama	Sólidos Totales (TDS)	Promedio 1113.7 mg/L	Incumplimiento Leve (ECA A1 es 1000 mg/L)	(Límite

Se encontró una preocupación generalizada en la calidad del agua que consumen los liberteños. Pero no existe consenso en los parámetros evaluados. Unos autores inciden en los parámetros físico químicos y otros en parámetros biológicos; lo que llevó a consolidar una base de datos con cuatro parámetros transversales que definen la calidad del agua. Ellos son el pH, que su medición es importante debido a que su valor está relacionado con la seguridad química del agua de consumo humano; la Turbidez del agua, relacionado con el contenido de materia orgánica y microorganismos; la Conductividad Eléctrica, que confirma la seguridad química del agua al evaluar indirectamente el contenido de sales inorgánicas como calcio, magnesio y cloruros; mientras que los Sólidos Totales Disueltos agrupa las sustancias contenidas en el agua tanto orgánicas e inorgánicas.

En la figura 2, se analiza el primer parámetro; en donde el límite máximo permisible del pH fluctúa entre 6,5 y 8,5 para el agua de consumo humano debido a que en el cuerpo humano se desarrollan una serie y secuencia de reacciones químicas que un pH desequilibrado puede alterar las funciones biológicas. Por lo tanto, el objetivo del tratamiento de agua potable es proveer agua con un pH neutro o ligeramente básico. De irse a los extremos puede desencadenar la disolución de metales tóxicos.

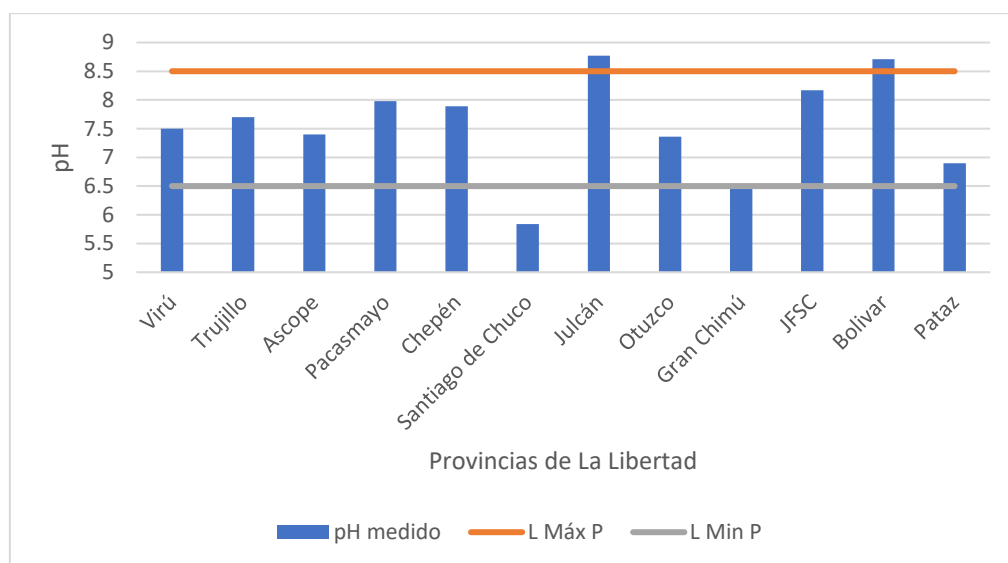


Figura 2. pH de las fuentes de agua en las provincias de La Libertad

En el caso del pH en las fuentes de agua, se tiene que cuatro fuentes de agua están fuera del rango permitido. Siendo la fuente más ácida en las fuentes de agua de la provincia de Santiago de Chuco y las fuentes más básicas, fuera de rango, en las provincias de Bolívar y Julcán.

El segundo aspecto analizado fue la turbidez de las fuentes de agua. Este parámetro está asociado con el nivel de contaminación del agua y por lo tanto guarda relación con otros parámetros como son los sólidos en suspensión, la actividad biológica natural y antropogénica.

En este sentido, la figura 3 muestra que el 33,3 por ciento de las fuentes de agua sobre pasan el LMP y que por lo tanto debe considerarse pre tratamientos para disminuir el nivel de turbidez. En el caso de las provincias de Bolívar, Otuzco y José Faustino Sánchez Carrión, sus fuentes de agua

proviene de ríos que están sujetos a condiciones climáticas estacionales. En épocas de lluvias la turbidez puede alcanzar niveles que desbordan la capacidad de la planta de potabilización instalada. Por ello se recomienda proyectar ampliaciones en la zona de pretratamiento, en la zona lenta para que ayude la decantación por gravedad.

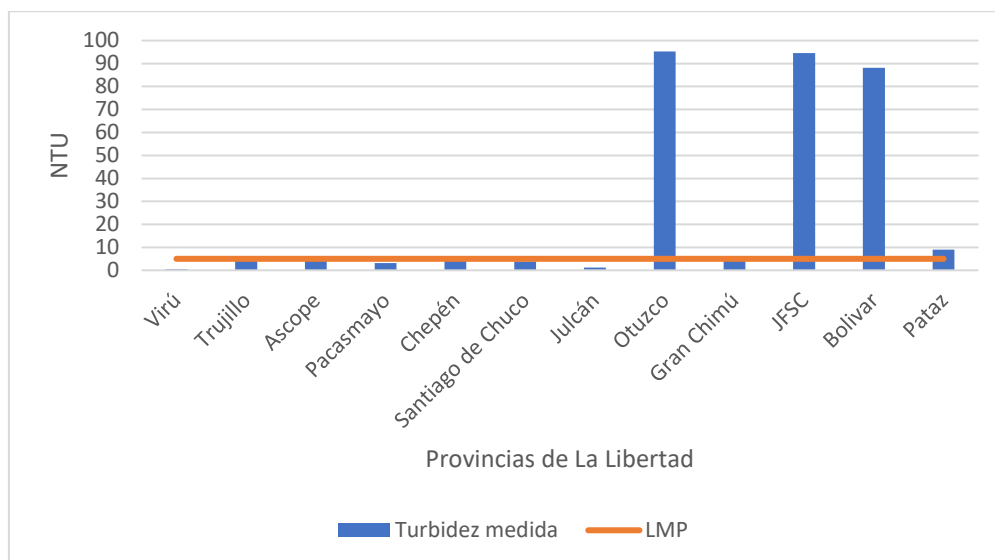


Figura 3. Turbidez en las fuentes de agua potable de la región La Libertad

El sexto parámetro de calidad organoléptica regulado por el Estado es la Conductividad Eléctrica que está directamente relacionado con los sólidos disueltos, siendo su valor máximo de 1,5 dS/m; valores sobre esta referencia indica contaminación del agua y es necesario implementar mecanismos de remoción de sólidos disueltos, iones de metales, entre otros.

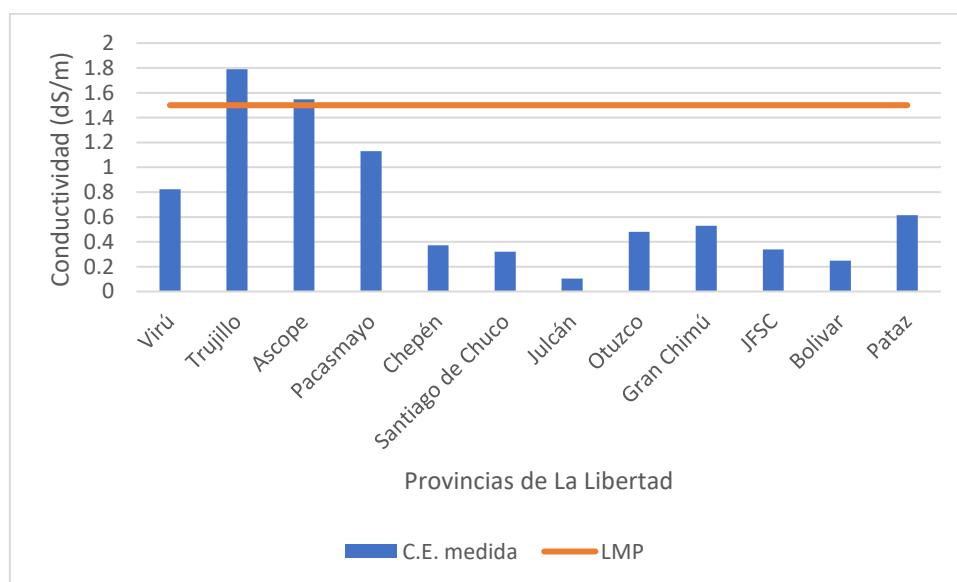


Figura 4. Conductividad eléctrica en las fuentes de agua potable de la región La Libertad

Gran sector de la provincia de Trujillo se abastece de agua potable proveniente del proyecto Chavimochic, que tiene un proceso de tratamiento de agua potable normalizado, que según sus reportes los parámetros se encuentran dentro de los LMP. Por esta razón, se evaluaron las fuentes de agua provenientes de pozos, cuya información se muestra en la Figura 4 e indica que, en valores promedio, en las provincias de Trujillo y Ascope sus pozos de agua muestran valores que

sobrepasan los LMP y es de interés primordial implementar procesos de floculación y de intercambio iónico para reducir la C.E.

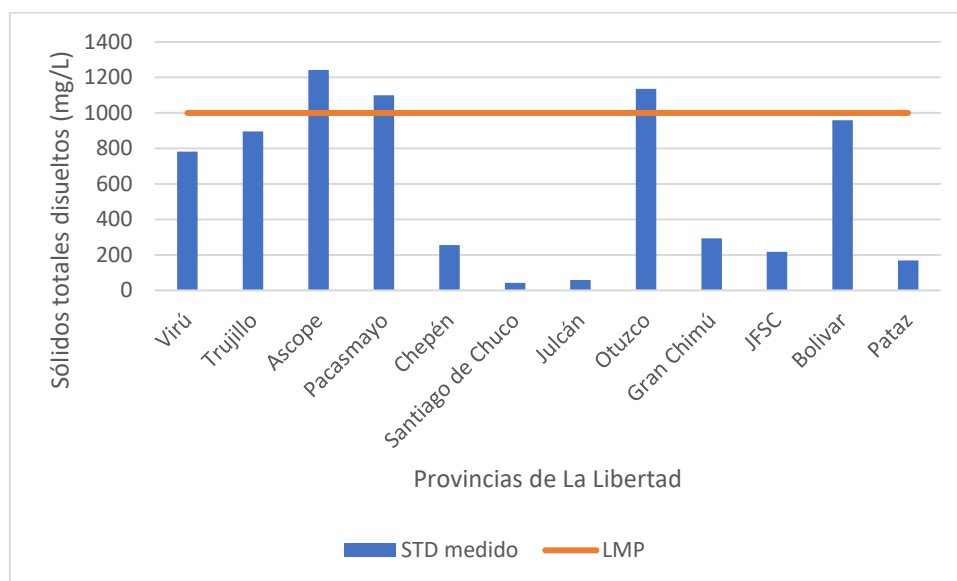


Figura 5. Sólidos totales disueltos en las fuentes de agua potable de la región La Libertad

Un componente de los sólidos totales disueltos es la materia orgánica que conjuntamente con la combinación de sales inorgánicas, entre otros; pueden convertir en no apta el agua que consume la población. En este sentido, según la información de la figura 5, el mayor riesgo se encuentra en las fuentes de agua de las provincias de Ascope, Otuzco y Pacasmayo; cuyos parámetros sobrepasan los LMP. En segundo orden de importancia están las provincias de Trujillo, Bolívar y Virú; cuyos parámetros se acercan a los LMP.

Un aspecto importante es considerar la variable meteorológica que, debido a los periodos de lluvia, los STD pueden incrementarse por la erosión del suelo y los sistemas de conducción de agua

4. DISCUSIÓN

El acceso al agua potable es un problema social de larga data que está vinculada a la salud pública, debido a que en estado natural está expuesto a contaminación microbiana y al contenido de sales, entre otros. Por ello, se han diseñado sistemas de potabilización y distribución para reducir el riesgo de contraer enfermedades gastrointestinales (Pick et al., 2019).

Cada zona urbana monitorea la calidad del agua de consumo humano, en función de la normatividad vigente. Por ejemplo, en Cataluña (España) existen directivas que establecen límites para metales pesados, sustancias radiactivas, entre otras (Gómez-Gutiérrez et al., 2016). En el Perú, está vigente el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano; lo que permite comparar dos realidades: En Cataluña, la gestión técnica se orienta a la neutralidad para estabilizar las redes de distribución. En contraste, en La Libertad, la variabilidad es extrema y está ligada a la actividad económica: se han identificado fuentes críticas ácidas en zonas mineras como Santiago de Chuco y Gran Chimú ($\text{pH} < 6.5$), mientras que, en la sierra alta, específicamente en Bolívar y Julcán, se reportan fuentes básicas que superan el límite de 8.5.

Respecto a la turbidez, mientras que la costa peruana mantiene niveles controlados en aguas de pozo, las provincias serranas de Otuzco, Sánchez Carrión y Bolívar enfrentan picos estacionales que desbordan las plantas de tratamiento convencionales. Para estas zonas, es imperativo

proyectar ampliaciones en la zona de pretratamiento e instrumentar sistemas de decantación por gravedad en zonas lentas para mitigar el impacto de las lluvias. Esta realidad contrasta con la mejora organoléptica sostenida en Cataluña, donde el control riguroso de la turbidez monitoriza la eficacia del proceso de potabilización global. La estabilidad de estas variables depende, en última instancia, de si el origen es subterráneo (mayor inercia química) o superficial (alta vulnerabilidad meteorológica).

Existen parámetros físico-químicos que permite medir la calidad del agua, entre ellos se tienen el pH, la conductividad eléctrica, sólidos totales disueltos, turbidez, entre otros; que se monitorean en los sistemas de tratamiento que se complementa con procesos de desinfección de vanguardia como radiación ultravioleta o de tecnología electroquímica (Torres et al., 2025; Guillemes Peira, 2015). Estos cuatro parámetros se relacionan con otros indicadores como el contenido de carbonatos de calcio, alcalinidad, cloruros o Mg^{2+} . Por ello, algunos autores han construido indicadores de calidad de agua en función de estos parámetros.

Uno de los parámetros para la construcción de índices de calidad de agua potable es la conductividad eléctrica y su valor, medido en Siemens, indica la formación de iones a partir de sales concentradas en el agua. Es así que Jafar et al. (2023) propuso un índice de calidad de agua construido en función del pH, nitratos, nitritos, fosfatos, turbidez y conductividad eléctrica.

En lo que respecta a la región La Libertad, sus fuentes de agua potable de sus provincias, en términos generales, su pH está dentro del rango de aceptación, con algunas excepciones como las provincias de Julcán y Bolívar que sobrepasan el LMP de 8,5 y en el caso de las provincias de Santiago de Chuco y Gran Chimú el pH está por debajo del límite mínimo requerido de 6,5. Por lo tanto, se puede deducir que los pH ácidos se encuentran en provincias donde existe alta incidencia de extracción minera. Pero los pH altos en provincias ubicadas en la serranía liberteña. A diferencias de las ubicadas en la costa, sus pH promedios se encuentran dentro del rango.

Otro parámetro es la turbidez y en el caso de las provincias de la costa, las aguas provenientes de los pozos están por debajo del LMP. Pero en la serranía, el valor del parámetro se incrementa significativamente como es el caso de Otuzco, Sánchez Carrión y Bolívar; que se explica debido a que sus fuentes de agua provienen de cuerpos de agua superficiales y están expuestos a las condiciones meteorológicas que cambian según la estación del año (Servicios de Agua Potable y Alcantarillado de La Libertad S.A., 2018; WWF Perú, 2016; Gamarra Torres, 2018).

Las fuentes de abastecimiento de agua tienen variaciones en sus parámetros que definen la calidad del agua, según las estaciones meteorológicas. Por ejemplo, los TDS, pH y CE varían de una estación lluviosa a una seca; y dependiendo de la magnitud de los cambios estas variaciones pueden ser significativas o no. Algunos parámetros son más sensibles que otros; mientras que las variaciones del pH no pueden ser significativas estadísticamente; otros parámetros como los TDS y la CE pueden tener variaciones significativas debido al impacto de las lluvias sobre el suelo (Chimchetam O & Emmanuel C, 2025).

La turbidez del agua es un indicador indirecto del nivel de contaminación bacteriológico del agua, que puede confirmarse con otros parámetros como Bacterias Coliformes Totales, termotolerantes y heterotróficas. Tinker et al. (2010) relaciona la turbidez del agua con enfermedades gastrointestinales, afirmando que el impacto del consumo de agua cruda filtrada puede ser mayor en niños menores de 5 años.

En el caso de la conductividad eléctrica, se relaciona con el contenido de iones y sólidos disueltos. Como se aprecia en la figura 4, solamente las fuentes de agua de dos provincias están sobre el LMP. Por lo que los sistemas de tratamiento de agua deben permitir disminuir este valor y debido a que la fuente de aprovisionamiento son pozos, en donde la probabilidad de que contenga sólidos

(limo) con diámetros entre 0,002 y 0,06 mm; es alta y puede influenciar en la turbidez y por su composición química puede afectar la conductividad.

El contenido de limo, materia orgánica o partículas en suspensión, se consideran impurezas del agua y en de acuerdo a su concentración pueden ocasionar valores altos de turbidez. Al igual que los otros parámetros de calidad del agua, también es posible que sus valores cambien con las estaciones del año y por lo tanto en el diseño de las plantas de tratamiento debe considerarse el factor ambiental como variable de diseño (Weng et al., 2024).

En lo que corresponde a los valores de los STD en cuatro provincias de la costa tienen valores altos y las provincias de Ascope y Pacasmayo sobrepasan el LMP, lo que guarda relación con los valores altos de conductividad; que al compararse con la turbidez baja que se reporta; significa que el cuerpo de agua tiene bajos niveles de sólidos en suspensión.

CONCLUSIONES

Existe un incumplimiento generalizado de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA): El análisis estadístico, específicamente mediante la prueba de asociación Chi-cuadrado (χ^2) con un valor total de 75.41, demuestra una dependencia significativa entre las variables fisicoquímicas y microbiológicas evaluadas para clasificar el agua como "no apta" para el consumo humano. Los estudios en puntos críticos como el Río Pollo y Pacasmayo reportan niveles de coliformes termotolerantes y totales que exceden ampliamente los límites del D.S. 004-2017-MINAM, confirmando que la desviación del estándar representada en el Diagrama de Bosque es estadísticamente válida y no fortuita.

Existe un impacto severo de actividades antrópicas y variabilidad estacional: La aplicación de la Matriz de Leopold permitió cuantificar que las construcciones de vivienda (-170) y el vertido de aguas residuales sin tratamiento son los factores con mayor impacto negativo en la región. Asimismo, el uso de ANOVA (Análisis de Varianza) confirmó diferencias significativas ($p < 0.05$) en parámetros como la conductividad y turbidez según el mes de muestreo, lo que indica que fenómenos naturales como las lluvias intensifican el arrastre de contaminantes y sedimentos, agravando la mala calidad detectada en el sector.

La degradación biológica y pérdida de biodiversidad ecosistémica se pone de manifiesto en los índices de biodiversidad que revelan un colapso en la salud de los cuerpos de agua; el índice de Shannon-Wiener muestra valores críticos de hasta 0.12 en zonas urbanas, indicando una "contaminación severa". Esta degradación se corrobora con el índice de dominancia de Simpson, que registra la predominancia de familias resistentes como Cyprididae y Chironomidae en puntos de vertimiento, lo que valida biológicamente la clasificación de calidad "pésima" obtenida mediante los análisis fisicoquímicos.

FINANCIAMIENTO

Los autores no recibieron ningún patrocinio para llevar a cabo este estudio-artículo.

CONFLICTO DE INTERESES

No existe ningún tipo de conflicto de interés relacionado con la materia del trabajo.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Conceptualization; Data curation; Formal analysis; Investigation; Methodology; Software; Writing-original draft; Writing-review and editing: Saldaña Alarcón, R. A., Alva Ahón, N. E. & Castillo Valdiviezo, P. A.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adams, H., Burlingame, G. A., Southard, M., Dietrich, A. M., Bartrand, T., & Ikehata, K. (2024). Water safety planning application for aesthetic quality of drinking water. *Journal of Water and Health*, 22(11), 2160–2170. <https://doi.org/10.2166/wh.2024.277>
- Belay, D. G., & Andualem, Z. (2022). Limited access to improved drinking water, unimproved drinking water, and toilet facilities among households in Ethiopia: Spatial and mixed effect analysis. *PLOS ONE*, 17(4), e0266555. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0266555>
- Chimchetam O, N., & Emmanuel C, N. (2025). Water Availability And Quality In Rural And Urban Markets In Abia State, Nigeria: Implications For Water, Sanitation And Hygiene. *Global Journal of Pure and Applied Sciences*, 31(1), 37–45. <https://doi.org/10.4314/gjpas.v31i1.4>
- Gamarra Torres, O. A. (2018). Fuentes de contaminación estacionales en la cuenca del río Utcubamba, región Amazonas, Perú. *Arnaldoa*, 25(1), 179–194. <https://doi.org/10.22497/arnaldoa.251.25111>
- Gómez-Gutiérrez, A., Miralles, M. J., Corbella, I., García, S., Navarro, S., & Llebaria, X. (2016). La calidad sanitaria del agua de consumo. *Gaceta Sanitaria*, 30, 63–68. <https://doi.org/10.1016/j.gaceta.2016.04.012>
- Gualteros, L., & Chacon, M. (2015). *Estudio de la eficiencia de lechos filtrantes para la potabilización de agua proveniente de la quebrada la despensa en el municipio guaduas Cundinamarca vereda la Yerbabuena*. 1–124. https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria//ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/551
- Guillemes Peira, Á. (2015). Desarrollo de un sistema para la desinfección de agua de consumo mediante tratamiento electroquímico. *Universidad, Ciencia y Tecnología*, 19(75), 75–81.
- Hrudey, S. E., & Hrudey, E. J. (2007). Published Case Studies of Waterborne Disease Outbreaks—Evidence of a Recurrent Threat. *Water Environment Research*, 79(3), 233–245. <https://doi.org/10.2175/106143006X95483>
- Hu, C., Tian, H., Zhang, G., Zhang, W., Feng, J., Hong, T., & Xie, F. (2025). The Spatiotemporal Relationship Between Water Purification Capacity and Land Use Structure in Fuyang. *Water*, 17(17), 2548. <https://doi.org/10.3390/w17172548>
- Jafar, R., Awad, A., Hatem, I., Jafar, K., Awad, E., & Shahrour, I. (2023). Multiple Linear Regression and Machine Learning for Predicting the Drinking Water Quality Index in Al-Seine Lake. *Smart Cities*, 6(5), 2807–2827. <https://doi.org/10.3390/smartcities6050126>
- Méndez de los Santos, N., & López Ocaña, G. (2021). Zeolitas nativas en el tratamiento de agua residual doméstica. *CIBA Revista Iberoamericana de Las Ciencias Biológicas y Agropecuarias*, 10(19), 1–38. <https://doi.org/10.23913/ciba.v10i19.106>
- Pick, F. C., Fish, K. E., Biggs, C. A., Moses, J. P., Moore, G., & Boxall, J. B. (2019). Application of enhanced assimilable organic carbon method across operational drinking water systems. *PLOS ONE*, 14(12), e0225477. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0225477>
- Prabhakar, A., Raju, O., Kurthukoti, A., & Vishwas, T. (2008). The effect of water purification systems on fluoride content of drinking water. *Journal of Indian Society of Pedodontics and Preventive Dentistry*, 26(1), 6. <https://doi.org/10.4103/0970-4388.40314>
- Servicios de Agua Potable y Alcantarillado de La Libertad S.A. (2018). *Diagnóstico hídrico rápido*

de la cuenca del río Moche como fuente de agua y servicios ecosistémicos hídricos para la EPS SEDALIB S.A. <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-cesar-vallejo/obras-hidraulicas/hidrografia-del-rio-moche/33350770?sid=a4cdb057-eb42-404c-9fb0-48ac009101f91783433736>

- Tinker, S. C., Moe, C. L., Klein, M., Flanders, W. D., Uber, J., Amirtharajah, A., Singer, P., & Tolbert, P. E. (2010). Drinking water turbidity and emergency department visits for gastrointestinal illness in Atlanta, 1993–2004. *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology*, 20(1), 19–28. <https://doi.org/10.1038/jes.2008.68>
- Torres, N. N. S., Borne, I., Souza, S. A. S. de, Frigo, J. P., & Ando Junior, O. H. (2025). Alternative Water Treatment System Using Ionization and Ultraviolet Radiation for Isolated Communities. *Revista de Gestão Social e Ambiental*, 19(1), e010890. <https://doi.org/10.24857/rgsa.v19n1-085>
- Van der Wielen, P. W. J. J., Brouwer, S., Dignum, M., & Schriks, M. (2025). Microbial drinking water quality deterioration during distribution and household usage, determined together with citizen scientists. *PLOS One*, 20(10), e0335138. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0335138>
- Wang, F., Sun, N., Zhang, C., Fan, C., Xiong, J., Wei, X., & Hao, W. (2024). Experimental study on mine water purification mechanism for broken coal and rock masses in the underground reservoir of ecologically vulnerable mining area. *Environmental Science and Pollution Research*, 31(14), 21442–21457. <https://doi.org/10.1007/s11356-024-32570-0>
- Weng, R., Chen, G., He, X., Qin, J., Dong, S., Bai, J., Li, S., & Zhao, S. (2024). The Performance of Cellulose Composite Membranes and Their Application in Drinking Water Treatment. *Polymers*, 16(2), 285. <https://doi.org/10.3390/polym16020285>
- WWF Perú. (2016). *Evaluación de servicios ecosistémicos*. 1–8.
- Zewdie, T. M., Habtu, N. G., Dutta, A., & Van der Bruggen, B. (2021). Solar-assisted membrane technology for water purification: a review. *Journal of Water Reuse and Desalination*, 11(1), 1–32. <https://doi.org/10.2166/wrd.2020.049>