



Calidad del agua captada de la niebla para consumo humano en la comunidad Los Verdes, Chota – Perú

Quality of water captured from fog for human consumption in the Los Verdes community, Chota – Peru

Qualidade da água captada da neblina para consumo humano na comunidade Los Verdes, Chota – Peru

Ismael Suárez

Universidad Nacional de Frontera, Sullana, Piura – Perú

 <https://orcid.org/0000-0001-5189-7282>
issuarezmedina1975@gmail.com (correspondencia)

Jhonathan Fernández

Universidad Nacional Autónoma de Chota, Cajamarca – Perú

 <https://orcid.org/0009-0001-7399-5905>
jfernam2000@gmail.com

Isabel Ventura

Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca – Perú

 <https://orcid.org/0009-0007-6251-6191>
isabelventurap1980@gmail.com

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

Recibido: 20/04/2025 Aceptado: 20/05/2025 Publicado: 18/06/2025

PALABRAS CLAVE

calidad de agua,
parámetros
bacteriológicos,
parámetros
físicoquímicos,
neblinómetro.

RESUMEN. El estudio tuvo como objetivo determinar la calidad del agua captada de la niebla para consumo humano en la comunidad Los Verdes, distrito y provincia de Chota, Cajamarca. La investigación fue de tipo básica, nivel descriptivo-comparativo, de corte transversal y diseño no experimental. La población estuvo conformada por el agua recolectada mediante tres neblinómetros elaborados según el modelo de Pilar Cereceda y Pablo Osses. Se obtuvieron 12 muestras en tres puntos de monitoreo, durante cuatro meses (noviembre de 2023 a febrero de 2024), siguiendo los lineamientos de DIGESA. Los resultados se compararon con los límites máximos permisibles establecidos en el D.S. N.º 031-2010-SA, registrándose los siguientes rangos: temperatura de 13,10 a 14,20 °C; turbidez de 2,23 a 3,11 NTU; pH de 7,01 a 7,70; conductividad de 25,3 a 35,8 $\mu\text{S}/\text{cm}$; color de 7,7 a 15,8 UCV; sólidos disueltos totales de 15 a 26 mg/L; cloruros de 0,314 a 0,725 mg/L; sulfatos de 0,130 a 0,430 mg/L; fosfatos de 0,035 a 0,948 mg/L. En el análisis bacteriológico, se reportaron coliformes totales de 4,0 a 350 NMP/100 mL, coliformes termotolerantes y *Escherichia coli* de 2,0 a 27 NMP/100 mL. Se concluye que la calidad físicoquímica y bacteriológica del agua captada de la niebla no es apta para consumo humano directo, ya que los parámetros de color y coliformes exceden los valores establecidos en la normativa peruana, situación atribuida a la contaminación por excretas de aves en los neblinómetros.



KEYWORDS

water quality,
bacteriological
parameters,
physicochemical
parameters, fog meter.

ABSTRACT. The study aimed to determine the quality of water collected from fog for human consumption in the Los Verdes community, Chota district and province, Cajamarca. The research was basic, descriptive-comparative level, cross-sectional, and non-experimental in design. The population consisted of water collected using three fog meters designed by Pilar Cereceda and Pablo Osses. Twelve samples were obtained at three monitoring points over a four-month period (November 2023 to February 2024), following DIGESA guidelines. The results were compared with the maximum permissible limits established in D.S. No. 031-2010-SA, recording the following ranges: temperature from 13.10 to 14.20 °C; turbidity from 2.23 to 3.11 NTU; pH from 7.01 to 7.70; Conductivity of 25.3 to 35.8 $\mu\text{S}/\text{cm}$; color of 7.7 to 15.8 UCV; total dissolved solids of 15 to 26 mg/L; chlorides of 0.314 to 0.725 mg/L; sulfates of 0.130 to 0.430 mg/L; phosphates of 0.035 to 0.948 mg/L. In the bacteriological analysis, total coliforms of 4.0 to 350 NMP/100 mL, thermotolerant coliforms and *Escherichia coli* of 2.0 to 27 NMP/100 mL were reported. It is concluded that the physicochemical and bacteriological quality of the water collected from the fog is not suitable for direct human consumption, since the color and coliform parameters exceed the values established in Peruvian regulations, a situation attributed to contamination by bird droppings in the fog meters.

PALAVRAS-CHAVE

qualidade da água,
parâmetros
bacteriológicos,
parâmetros físico-
químicos, neblinador.

RESUMO. O estudo teve como objetivo determinar a qualidade da água coletada de neblina para consumo humano na comunidade de Los Verdes, distrito e província de Chota, Cajamarca. A pesquisa foi básica, descritivo-comparativa, transversal e não experimental em design. A população consistiu de água coletada usando três medidores de neblina projetados por Pilar Cereceda e Pablo Osses. Doze amostras foram obtidas em três pontos de monitoramento durante um período de quatro meses (novembro de 2023 a fevereiro de 2024), seguindo as diretrizes da DIGESA. Os resultados foram comparados com os limites máximos permitidos estabelecidos no D.S. No. 031-2010-SA, registrando as seguintes faixas: temperatura de 13,10 a 14,20 °C; turbidez de 2,23 a 3,11 NTU; pH de 7,01 a 7,70; condutividade de 25,3 a 35,8 $\mu\text{S}/\text{cm}$; cor de 7,7 a 15,8 UCV; sólidos dissolvidos totais de 15 a 26 mg/L; cloretos de 0,314 a 0,725 mg/L; sulfatos de 0,130 a 0,430 mg/L; fosfatos de 0,035 a 0,948 mg/L. Na análise bacteriológica foram relatados coliformes totais de 4,0 a 350 NMP/100 mL, coliformes termotolerantes e *Escherichia coli* de 2,0 a 27 NMP/100 mL. Conclui-se que a qualidade físico-química e bacteriológica da água coletada da neblina não é adequada para consumo humano direto, uma vez que os parâmetros cor e coliformes excedem os valores estabelecidos na regulamentação peruana, situação atribuída à contaminação por excrementos de pássaros nos neblinômetros.

1. INTRODUCCIÓN

El acceso universal al agua potable constituye uno de los principales retos de América Latina. En las últimas décadas, la región ha experimentado un notable crecimiento poblacional, pasando de 167 millones de habitantes en 1950 a 663 millones en 2024 (Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL], 2024). Este incremento en la densidad poblacional ha generado una demanda creciente de recursos hídricos, lo que obliga a reforzar la provisión de agua potable en distintos territorios (Huaquisto & Chambilla, 2019). La disponibilidad y calidad del agua, además de su vínculo con la salud y el desarrollo económico, son elementos interdependientes que sostienen el bienestar humano y la sostenibilidad (Villena, 2018). Por ello, factores como la educación ambiental y la gobernabilidad resultan fundamentales para enfrentar esta problemática; sin embargo, la limitada eficacia en estos ámbitos ha derivado en un deterioro progresivo de la calidad del agua (Roldán, 2020).

La fragilidad del recurso hídrico, en combinación con los efectos del cambio y la variabilidad climática, representa un riesgo que amenaza la gobernabilidad, con posibles repercusiones negativas en la economía

nacional, el desarrollo social, la producción de alimentos y la prestación de servicios básicos como salud e higiene (Ochoa, 2022). En este escenario, muchas comunidades del Perú dependen de fuentes como pozos y manantiales para abastecerse, almacenando el agua en recipientes plásticos o cilindros sin un adecuado tratamiento, lo que convierte su consumo en una preocupación constante para la población (Osoreo, 2020; Tarqui et al., 2016).

Este panorama se observa claramente en la comunidad Los Verdes, situada en el distrito y provincia de Chota, región Cajamarca, a 3271 m s.n.m. y con temperaturas que varían entre 7 °C y 22 °C. Allí, el recurso hídrico es insuficiente para cubrir las necesidades de los comuneros, en especial durante la época de estiaje. La población, además de enfrentar un crecimiento demográfico sostenido, debe realizar un gran esfuerzo físico para transportar agua desde quebradas, pozos y puquíos que se encuentran a larga distancia, sin contar con tratamiento previo, lo que expone a los habitantes a posibles enfermedades derivadas del consumo de agua contaminada.

No obstante, la comunidad dispone de una ventaja natural: la presencia frecuente de niebla, compuesta por diminutas gotas que reducen la visibilidad a menos de un kilómetro. Este recurso puede ser aprovechado mediante neblinómetros, que permiten captar, almacenar y analizar la calidad fisicoquímica y bacteriológica del agua extraída, brindando a los pobladores información clave sobre el recurso que consumen. Estas tecnologías limpias constituyen alternativas viables en países en desarrollo, donde las limitaciones de infraestructura dificultan el acceso al agua potable (Manzollilo, 2019; Chakad, 2023).

El crecimiento demográfico, junto con la contaminación y la sobreexplotación de los recursos naturales, intensifica el problema hídrico en todo el mundo, y Chota no es una excepción. Entre 2007 y 2017, todas las provincias de Cajamarca mostraron un aumento en su población urbana; en particular, Chota y Cutervo superaron el 70 % de población urbana, frente a un 30 % en áreas rurales (Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI], 2018). Esta tendencia ha llevado a que las autoridades prioricen las zonas urbanas, dejando de lado los servicios básicos en el ámbito rural. En el caso de Los Verdes, esta desatención se traduce en la carencia de agua suficiente para las actividades cotidianas, lo que obliga a los comuneros a obtener agua de fuentes distantes sin conocer sus características fisicoquímicas ni bacteriológicas.

Ante esta situación, surge la necesidad urgente de implementar alternativas sostenibles y de bajo costo para el acceso al agua. Por ello, en el marco de la presente investigación se instalaron tres neblinómetros en la comunidad Los Verdes, con el propósito de aprovechar la niebla como una fuente alternativa de abastecimiento. Este sistema no solo puede contribuir a reducir la demanda insatisfecha, sino también aliviar el esfuerzo físico que diariamente realizan los pobladores para transportar agua hasta sus viviendas.

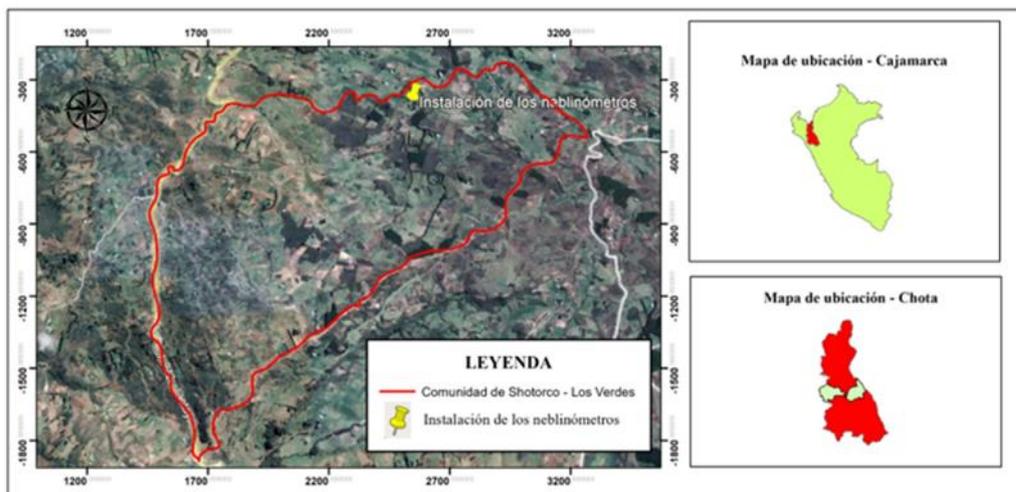
Adicionalmente, el análisis de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos del agua captada permitirá determinar su calidad, evitando un consumo directo que comprometa la salud de los habitantes y proponiendo medidas correctivas para garantizar su inocuidad. De esta manera, los hallazgos de la investigación servirán tanto como insumo para la comunidad como referencia académica para futuros estudios relacionados con el aprovechamiento de recursos hídricos alternativos.

2. MÉTODO

La presente investigación se enmarca dentro de un diseño descriptivo comparativo, de tipo transeccional o transversal, con variables no controladas y sin manipulación experimental de los grupos. La población objeto de estudio estuvo conformada por el agua captada de la niebla, realizándose muestreos mensuales durante un periodo de cuatro meses en tres puntos de monitoreo, lo que permitió obtener un total de 12 muestras. El trabajo se desarrolló en la comunidad Los Verdes, ubicada en el distrito y provincia de Chota, región Cajamarca.

Figura 1

Ubicación de la zona de estudio



Para la recolección de información se emplearon diversos materiales y equipos, entre ellos: kit de muestreo, cámara fotográfica, computadora portátil, GPS, conductímetro, cilindros de almacenamiento, libreta de campo y útiles de registro. Asimismo, la construcción de los tres neblinómetros se realizó utilizando malla Raschel con 80 % de densidad, con dimensiones de 1 m de alto por 1 m de ancho cada uno. El diseño de estos dispositivos se basó en el modelo propuesto por los reconocidos investigadores chilenos en eficiencia hídrica y sistemas de captación de agua de niebla, Pilar Cereceda y Pablo Osses.

Tabla 1

Georreferenciación de posiciones de los neblinómetros

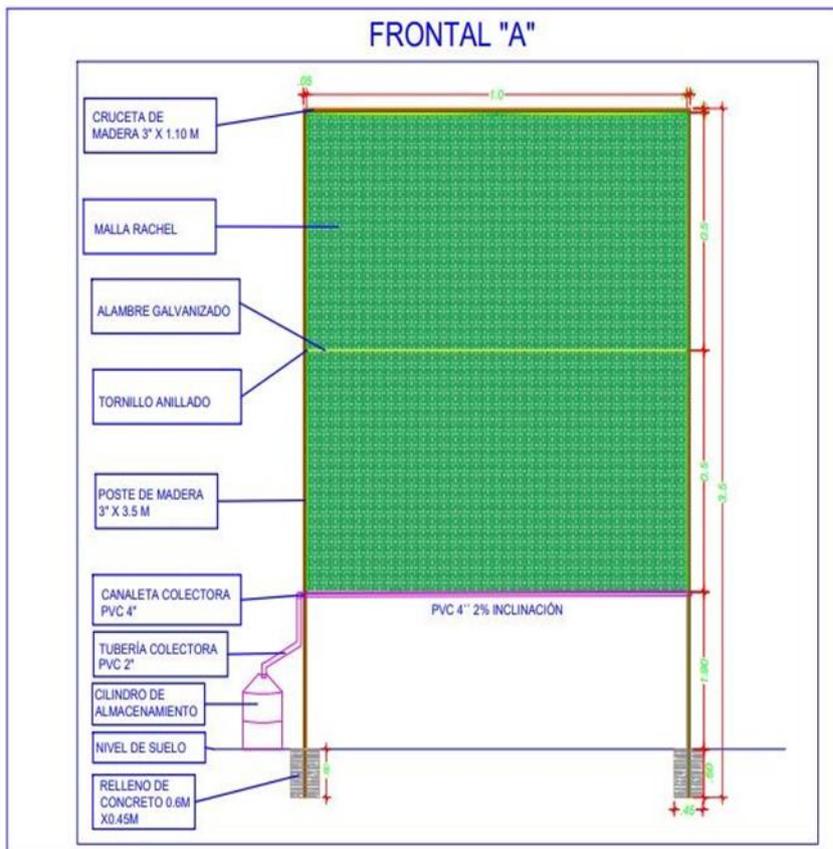
Neblinómetro	Georreferenciación GW84		
	E	N	m s.n.m.
N ₁	765388.01	9278115.54	3277
N ₂	765401.59	9278114.12	3279
N ₃	765421.95	9278110.65	3282

Es importante señalar que los neblinómetros se instalaron a una altura de 1 m sobre el nivel del suelo, apoyados en dos postes de madera de 3 pulgadas de diámetro y 3,5 m de largo, los cuales fueron enterrados a una profundidad de 50 cm. Para asegurar la estabilidad de la estructura, los postes se fijaron con un cemento de concreto de 60 cm x 40 cm y se reforzaron mediante templadores de alambre galvanizado, sujetos a estacas de madera de 3 pulgadas de diámetro y 0,5 m de longitud.

Adicionalmente, se colocó un alambre galvanizado en posición horizontal a la mitad de la malla, el cual fue asegurado a los postes mediante tornillos anillados, con el objetivo de brindar mayor resistencia al sistema. En la parte inferior, se instaló una canaleta colectora de PVC de 2 pulgadas, con una inclinación del 2 %, diseñada para recibir el agua condensada en la malla y conducirla, a través de una tubería colectora de PVC de 2 pulgadas, hacia un balde transparente con capacidad de 6 litros.

Figura 2

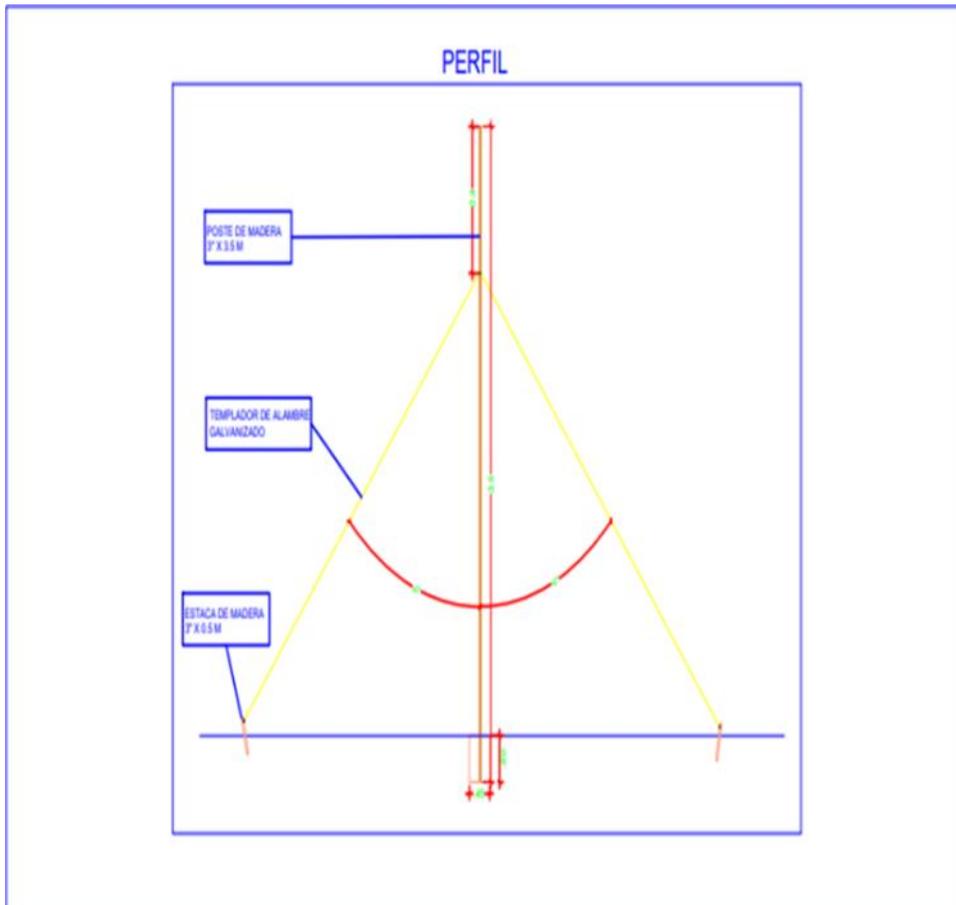
Diseño de los neblinómetros (vista en planta)



Se evaluaron parámetros fisicoquímicos como temperatura, turbidez, pH, conductividad, color, sólidos disueltos totales, fluoruro, cloruro, nitrito, nitrato, sulfato y fosfato, además de indicadores bacteriológicos como coliformes totales, coliformes termotolerantes y *Escherichia coli*. Para los análisis fisicoquímicos se emplearon frascos de polietileno de 1000 mL, mientras que para los bacteriológicos se utilizaron frascos de vidrio esterilizados de 250 mL. Posteriormente, las muestras fueron trasladadas al laboratorio siguiendo los lineamientos del Protocolo de Monitoreo de Aguas de la DIGESA, aprobado mediante la Resolución Directoral N.º 160-2015/DIGESA/SA, que establece los procedimientos para la toma, conservación, transporte, almacenamiento y recepción de agua destinada al consumo humano.

Figura 3

Diseño del neblinómetros (vista frontal)



Para el procesamiento y tabulación de los datos se utilizó el software Microsoft Excel 2019. La relación entre variables se evaluó mediante el coeficiente de correlación de Pearson, considerando correlaciones lineales. Se compararon específicamente pH vs. coliformes totales, temperatura vs. coliformes totales y turbidez vs. coliformes totales. La interpretación de los resultados se realizó con los siguientes rangos: $R < 0.5$: mala, $0.5 \leq R < 0.8$: buena, $0.9 \leq R < 1$: excelente y $R = 1$: perfecta. Finalmente, los resultados fueron contrastados con los valores de referencia establecidos en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, aprobado por el D.S. N.º 031-2010-SA.

3. RESULTADOS

Calidad del agua captada de la niebla

En la Tabla 2 se aprecia que la temperatura del agua captada por el neblinómetro 1 (N1) varió entre 13,20 °C y 13,90 °C; en el neblinómetro 2 (N2) entre 13,10 °C y 14,00 °C; y en el neblinómetro 3 (N3) entre 13,50 °C y 14,20 °C. Las diferencias entre los tres equipos fueron mínimas, probablemente debido a que se instalaron en altitudes similares. En contraste, Vega et al. (2020) reportaron temperaturas de 28,0 a 29,7 °C y Lino (2019) registró entre 14,5 y 17,4 °C, valores que difieren del presente estudio, dado que la finca El Caney se ubica a 1072 m s.n.m. y Manchay entre 514 y 674 m s.n.m., lo que confirma que la altitud y el ambiente influyen en la temperatura del agua (Vásquez et al., 2020).

Cabe señalar que, aunque este indicador no está contemplado en la normativa vigente (D.S. N.° 031-2010-SA), la temperatura resulta fundamental por su influencia en las propiedades físicas del agua (Suárez & Guerrero, 2024), en la distribución de macroinvertebrados (López et al., 2019) y en la variación del contenido bacteriano (Conejeros et al., 2021).

En relación con la turbidez, la Tabla 2 muestra que en el N1 los valores oscilaron entre 2,36 y 2,90 UNT, en el N2 entre 2,23 y 2,83 UNT, y en el N3 entre 2,29 y 3,11 UNT. Si bien se observa una ligera variación entre los tres neblinómetros, en enero el N3 alcanzó el máximo valor (3,11 UNT), posiblemente por la acumulación de ramas, hojas y excretas de aves en descomposición en las canaletas y mallas. No obstante, todos los registros se mantienen dentro de los Límites Máximos Permisibles (5 UNT) establecidos en la normativa nacional (D.S. N.° 031-2010-SA).

Estos resultados guardan similitud con lo reportado por Antara y Márquez (2020), quienes obtuvieron 3,83 UNT, y con Baquero et al. (2018), que registraron 0,01 UNT; aunque difieren de los estudios de Lino (2019), con un promedio de 171,8 UNT, López et al. (2024), con 5,12 UNT, y Pérez (2019), con 26,2 UNT. Tales diferencias se explican porque los primeros trabajos se desarrollaron en zonas alejadas de asentamientos urbanos, mientras que los demás se realizaron en áreas arenosas expuestas al polvo transportado por el viento. En consecuencia, se infiere que el agua de niebla en la comunidad Los Verdes presenta buena calidad, siendo estos resultados relevantes al reflejar el nivel de contaminación general de las muestras (Barisoni & Ghione, 2022).

Los valores de pH en los tres neblinómetros (tabla 2) se hallan próximos al neutro, es decir están en el rango de los LMP (6,5 a 8,5), establecidos en el D.S. N° 031-2010-SA y las directrices de la OMS (Quispe et al., 2019); situación parecida a los estudios de Antara y Marquez (2020), quienes reportaron 7,39 unidades de pH; Vega et al. (2020) registraron pH de 7,5, 7,1, 8,0 y 7,3; Huamán (2021) obtuvo pH de 7,72, 7, 65 y 7,69; sin embargo, difieren de Khoury et al. (2024), los que registraron 6,8, 6,9, 6,7 y 7,4 y Pérez (2019) que obtuvo un pH de 6,3 en promedio, sugiriendo una ligera acidez. Por lo que, mantener el pH dentro de los rangos establecidos por la normativa resulta fundamental para el equilibrio de los ecosistemas (Baquero et al., 2018), ya que este parámetro regula procesos biológicos mediados por enzimas, como la fotosíntesis y la respiración (Suárez & Guerrero, 2024). Asimismo, influye en la disponibilidad de nutrientes y en la movilidad de metales en el agua (Poblete, 2022). Cuando la alcalinidad es baja, los sistemas hídricos se vuelven altamente vulnerables a cambios que reducen el pH, lo cual compromete la estabilidad ambiental y la salud de los ecosistemas (Rodríguez, 2020; Digiuni, 2022).

En relación con el color, la Tabla 2 muestra que la mayoría de valores registrados en los tres neblinómetros se mantuvieron por debajo de los LMP, excepto en el N2 y N3 durante diciembre y enero, donde se superaron los 15 UCV, lo que hace que el agua captada no sea apta para consumo humano. Este incremento podría deberse a ramas, hojas y heces de aves en descomposición en las canaletas y mallas. Resultados similares (10 UCV) fueron reportados por Antara y Márquez, mientras que Baquero et al. (2018) registraron 14 UCV, señalando que no implican riesgos para la salud ni requieren tratamientos complejos. Sin embargo, López et al. (2024) reportaron valores superiores a la normativa (17 UCV), asociados a la proliferación de microorganismos por el tiempo de almacenamiento del agua, y Merino (2017) registró 39,41 UCV, evidenciando un color amarillento causado por descomposición vegetal, compuestos orgánicos y mohos. En este sentido, el color en cuerpos de agua puede reflejar la presencia de moléculas orgánicas derivadas de material vegetal como turba, hojas y ramas

(Martínez & Osorio, 2018), además de verse influenciado por partículas en suspensión o sustancias disueltas (Moyano et al., 2021).

Por otra parte, la Tabla 2 indica el promedio de los SDT (20,5 mg/L); los cuales se hallan dentro de los LMP (1000 mg/L) reglamentados en la normativa peruana; dicha concentración probablemente se deba a la ubicación del estudio, puesto que estuvo en zona rural, lejos de actividades generadoras de polvo y escaso desplazamiento poblacional. Concentraciones distintas obtuvieron Jofre et al. (2015), las cuales oscilaron entre 74,0 y 232,7 mg/L, también López et al. (2024) reportó 80,2 mg/L, dado que la investigación se desarrolló en zonas más cercanas a la ciudad. Sierra (2019), obtuvo concentraciones de 1164,0 mg/L de SDT, debido al crecimiento de la población, el aumento de turistas y traslado de los pobladores, generando una alta demanda de taxistas y líneas de transporte particular. También puede ser debido al polvo mineral y liberado por el cemento producido durante las diversas actividades de construcción y a la erosión de los suelos (Khoury et al., 2024). Además, los camiones pesados que transitan por las trochas carrozables cercanas al área de estudio, influyen en la concentración de SDT, englobando todos los contaminantes presentes (Chibinda et al., 2017), destacando reducidas dosis de materia orgánica, las cuales están diluidas en el recurso hídrico (Coelho et al., 2017), excepto los gases disueltos (Chibinda et al., 2017).

Respecto a los cloruros, la Tabla 2 evidencia que el N1 no registró concentraciones; el N2 reportó valores en los meses de enero y febrero, sin embargo, el N3 a partir del mes de diciembre; esto probablemente a consecuencia de que en las proximidades a los neblinómetros se instalaron cultivos, los cuales fueron fertilizados y parte de las sales que componen a estos fueron evaporadas (Fernández, 2024). Situación parecida reportaron Jofre et al. (2015), (3,3, 6,9, 4,3, 4,8 y 3,0 mg/L de cloruro); sin embargo, concentraciones elevadas (85,2 mg/L), registraron Antara y Marquez (2020), también López et al. (2024) (59,85mg/L); posiblemente debido a las masas de aire oceánicas, dado que son sales que mayormente proviene del cloruro de sodio, potasio, calcio y magnesio (Madhulekha & Sunita, 2018), Además de las sales marinas, podrían provenir de la quema de combustibles fósiles, incineración de residuos y emisiones vehiculares, puesto que la gasolina contiene bromocloruro de plomo como aditivo (Khoury et al., 2024). Por otro lado, contenidos elevados de cloruros también indica contaminación por aguas residuales domésticas e industriales o por la intrusión de agua de mar o agua salina en un cuerpo de agua dulce (Suárez, 2020); entonces, el agua captada de la niebla puede contaminarse principalmente por los aerosoles, la tierra y por las proximidades al mar (Jaradat et al., 2023), afectando el olor y sabor, e impidiendo su eliminación por completo (Merino, 2017). Cabe mencionar que todos los valores reportados se hallan dentro de los LMP de la legislación peruana (250 mg/L).

Además, la Tabla 2 evidencia que en el N1 no hubo presencia de sulfatos; sin embargo, el N2 registró concentraciones medias de 0,210 mg/L (enero y febrero), y el N3 reportó concentraciones durante todo el muestreo (0,109 mg/L), a excepción de noviembre. Probablemente dichos valores se deban al lavado de los baldes con detergente, después de cada monitoreo, lo que podría haber dejado concentraciones mínimas. Sin embargo, estos resultados se hallan por debajo de los LMP (250 mg/L) establecidos en el D.S. N° 031-2010-SA. Situación diferente encontró Antara y Marquez (2020) en su investigación (135,4 mg/L); también López et al. (2024) registraron 80,2 mg/L; Khoury et al. (2024), encontraron 5,95 mg/L; Jofre et al. (2015), registraron valores inferiores a 5,0 mg/L; en tanto que, Baquero et al. (2018) no reportaron concentraciones de sulfatos. Es decir, el sulfato no nace a partir de partículas de sal, dado que las contribuciones marinas son muy débiles o insignificantes (Khoury et al., 2024). Sino que, se origina a partir de la entrada directa de SO₂, así como su recogida contenida en aerosoles, quema de combustibles fósiles y leña (Khoury et al., 2023). Las altas

concentraciones suelen presentarse en aguas subterráneas de origen natural (Nascimento, 2020) y, al superar ciertos niveles, pueden afectar gravemente la flora y fauna acuática (Suárez & Guerrero, 2024). Asimismo, un incremento de sulfatos puede generar problemas en la salud humana, como diarrea y malestares intestinales (He et al., 2020).

Por otro lado, la Tabla 2 evidencia la concentración media de fosfato (0,055mg/L) en N1; en tanto, el N2 reportó 0,476 mg/L (incrementado en enero y febrero); el N3, registró 0,454 mg/L (aumentando partir de diciembre). Dichas concentraciones probablemente son por el uso de fertilizantes fosfatados e insecticidas organofosforados, puesto que los neblinómetros estuvieron ubicados cerca de cultivos de papa, pastos y forrajes. Valores similares (0,50 mg/L) reportó Baquero et al. (2018), sugiriendo que dicho contenido está relacionado con el uso de agroquímicos y plaguicidas en áreas cercanas a su investigación. De manera semejante, Pérez et al. (2019) mencionan que el elevado contenido de fosfato podría ser consecuencia del uso excesivo de fertilizantes, lo que afecta la condición del agua. Sin embargo, las concentraciones en la niebla, suelen ser mínimas que las de otros contaminantes como los nitratos o sulfatos (Mora et al., 2021). Tal es así que, el recurso hídrico no suele existir sobre 1,0 mg/L, excepto que haya sido impactado con fertilizantes fosfatados (Pérez et al., 2019). Dado que, el fósforo no forma compuestos gaseosos volátiles significativos en el ciclo natural, lo que limita su transporte atmosférico en comparación con el nitrógeno o el azufre (Mora et al., 2021). El uso de detergentes, jabones y productos de limpieza polifosfatados es otra fuente importante de contaminación con fósforo (León et al., 2022); por lo que las actividades humanas pueden aumentar su presencia en los aerosoles y polvo atmosférico (Mora et al., 2021); siendo el principal influyente de eutrofización del agua (Almanassra et al., 2021).

Tabla 2

Máximos y mínimos de parámetros fisicoquímicos del agua captada por los tres neblinómetros

Indicadores/parámetros	Unidades	Neblinómetro N° 1			Neblinómetro N° 2			Neblinómetro N° 3			Límite Máximo Permissible			
		Mín	Máx	Desv.	Mín	Máx	Desv.	Mín	Máx	Desv.				
Temperatura	°C	13,2	13,9	13,6	0,29	13,1	14,00	13,58	0,40	13,50	14,20	13,80	0,29	
Turbidez	UNT	2,36	2,90	2,62	0,27	2,23	2,83	2,66	0,29	2,29	3,11	2,83	0,37	5
Unidades de pH	pH	7,12	7,32	7,23	0,09	7,08	7,70	7,33	0,27	7,01	7,47	7,26	0,19	6,5 a 8,5
Conductividad	µS/cm	27,2	35,8	32,6	3,80	28,6	35,7	33,8	3,45	25,3	35,1	30,8	4,78	1500
Color	UCV	7,7	8,7	8,3	0,41	8,3	15,8	11,9	3,80	9,0	15,8	13,5	3,12	15
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	15,0	24,0	20,0	3,87	17,0	22,5	20,1	2,59	17,0	26,0	20,8	4,11	1000
Fluoruro	mg/L	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	1,0
Cloruro	mg/L	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,531	0,211	0,15	0,00	0,725	0,708	0,02	250
Nitrito	mg/L	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	3 Exp. corta; 0,2 Exp. larga
Nitrato	mg/L	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	50
Sulfato	mg/L	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,430	0,210	0,01	0,00	0,156	0,145	0,01	250
Fosfato	mg/L	0,040	0,093	0,050	0,030	0,035	0,948	0,476	0,50	0,037	0,748	0,454	0,30	

Nota: Máx: máximo; Min: mínimo; Pro: promedio; Desv: desviación estándar; UNT: Unidades de color verdadero; UCV: unidades nefelométricas de turbidez; LCM: límite de cuantificación de métodos.

Tabla 3

Máximos y mínimos de parámetros bacteriológicos del agua captada por los tres neblinómetros

Indicadores/parámetros	Unidades	Neblinómetro N° 1			Neblinómetro N° 2			Neblinómetro N° 3			Límite Máximo Permissible			
		Mín	Máx	Desv.	Mín	Máx	Desv.	Mín	Máx	Desv.				
Coliformes Totales	NMP/100mL	4,0	11,0	6,4	3,20	9,0	110,0	51,8	50,96	15,0	350,0	193,8	140,3	< 1,8
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	0,00	2,0	0,50	0,50	0,0	19,0	5,8	8,68	4,5	27,0	17,9	9,82	< 1,8
Scherichia coli	NMP/100mL	0,00	2,0	0,50	0,50	0,00	19,0	5,8	8,68	4,5	27,0	17,9	9,82	< 1,8

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



Respecto a los indicadores bacteriológicos la tabla 3 indica que, el 100% de muestras exceden los LMP; tal es así que, en el N1 se registró carga bacteriana de 4,0 a 11,0 NMP/100mL de coliformes totales; el N2 reportó de 9,0 a 110,0 NMP/100mL y el N3 presentó de 15,0 a 350,0 NMP/100mL. Concentraciones similares (1609,0 a 79,0 NMP/100mL) obtuvieron Jofre et al. (2015). En esa línea, Pérez (2019) en su estudio registró concentraciones máximas de 11000 NMP/100mL y Lino (2019), registro de 1600 a 4.5 NMP/100mL. Los valores registrados podrían deberse a la presencia de aves silvestres, cuyas heces fueron halladas en canaletas y mallas atrapanieblas (Huaman, 2021). El estiércol de aves puede contaminar el agua y favorecer el crecimiento de microorganismos patógenos (Casas & Guerra, 2020), lo que representa un riesgo para la salud, pues refleja contaminación microbiológica y está asociado a enfermedades gastrointestinales (Loza et al., 2023).

Por otra parte, el 25% de las muestras del N1 presentan coliformes termotolerantes (2,0 NMP/100mL); el 75% en el N2 (2,0 a 19,0 NMP/100mL) y el 100% en el N3 (4,5 a 27,0 NMP/100mL), sobrepasando los LMP de la normativa peruana. Condición similar (49,0 NMP/100mL) reporta Pérez (2019); mientras que Antara y Marquez (2020), reporta 130 NMP/100mL; Merino (2017) registró 255,75 NMP/100mL en promedio y Huaman (2021), obtuvo concentraciones máximas de 540,0 NMP/100mL; explicando que, el origen de la carga bacteriana se debe a la presencia de excretas de aves en las canaletas de los neblinómetros y perros que defecan al aire libre (Fernández, 2024); puesto que, se han identificado bacterias vivas y muertas en agua de la niebla y diversas capas de la atmósfera (hasta 41 Km de altura) (Khoury et al., 2023).

Referente a la presencia de *Scherichia coli*, (la tabla 3) el 25% de muestras del N1 tiene carga bacteriana (2,0 NMP/100mL); el 75% en el N2(5,8 NMP/100mL) y el 100% de muestras del N3 (17,9 NMP/100mL). Estas concentraciones tienen cierta similitud con lo de Antara y Marquez (2020), los que reportaron 7,8 NMP/100mL; sin embargo, Baquero et al. (2018), no obtuvieron concentraciones de *Escherichia coli*, es decir, en los atrapanieblas no se detectaron residuos de excretas. En consecuencia, el agua captada de la niebla en la comunidad Los Verdes no es apta para consumo humano (Fernández, 2024), ya que los microorganismos presentes se transmiten principalmente por alimentos y agua contaminados con materia fecal (Human, 2021), generando problemas de salud en personas y animales, como calambres abdominales, diarrea, fiebre y vómitos (Enrique et al., 2021; Merino, 2017). En este sentido, *Escherichia coli* constituye un indicador clave de contaminación fecal, pues puede sobrevivir en el agua entre 4 y 12 semanas, siendo además una técnica de detección sencilla, económica y confiable (Khan & Gupta, 2020; Venegas et al., 2014). Por lo tanto, la presencia de contaminantes bacteriológicos compromete la calidad del agua, limita su uso en actividades específicas y representa un riesgo para la salud pública y el equilibrio ambiental (Zambrano et al., 2022).

Análisis correlacional entre parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos

Las correlaciones de parámetros físicos, químicos y bacteriológicos se detallan en la tabla 4, así el coeficiente de correlación en el N1 entre pH y coliformes totales es $-0,85$; diferente es en el N2 (0,92) y en el N3 (0,80); deduciéndose que existe una correlación (en N1) inversa y excelente; lo que significa que una disminución en el pH del agua está directamente asociada con un aumento en la carga de coliformes totales; sin embargo en el N2 y N3 la correlación es directa, excelente y buena, lo que indica que en estos neblinómetros un pH más alto se relaciona con una mayor concentración de coliformes totales. Así mismo, el coeficiente de correlación entre pH-coliformes termotolerantes y pH-*Escherichia coli*, son iguales, lo que se interpreta que en N1 la correlación es inversa y excelente ($-0,85$); en el N2 la correlación es directa y excelente, en tanto que en el N3 es directa y buena, sugiriendo que, a medida que los valores de pH aumentan, también lo hace la concentración de estos

microorganismos. En tal sentido, la viabilidad de las bacterias coliformes está directamente ligada a las condiciones de pH del medio ambiente. Las condiciones óptimas de pH favorecen su persistencia (Saalidong et al., 2022). Un pH que se desvía significativamente de los límites permisibles puede indicar una contaminación fecal reciente (Suárez & Guerrero, 2024). Además, es importante considerar que las coliformes, al producir dióxido de carbono (CO₂), tienden a neutralizar el pH del agua (Wong et al., 2021). Por lo tanto, se espera que los valores de pH en el estudio se encuentren dentro del rango aceptable de 6,5 a 8,5 unidades, en concordancia con los principios y estándares ambientales establecidos.

Según los datos de la tabla 4, se observa una correlación significativa entre la temperatura y la concentración de coliformes totales; es decir, en el neblinómetro N1, el coeficiente de correlación es de 0,81, lo que indica una correlación directa y excelente; esto significa que a medida que la temperatura aumenta, también lo hace la concentración de coliformes. Sin embargo, en los neblinómetros N2 y N3, los coeficientes de correlación son -0,83 y -0,56, respectivamente; lo que demuestra una correlación inversa, específicamente, en N2 la correlación es excelente y negativa, mientras que en N3 es buena y negativa. Ambos resultados sugieren que una menor temperatura del agua está asociada con una mayor concentración de coliformes. Así mismo, se observa una correlación variable entre la temperatura y la concentración de coliformes termotolerantes y *Escherichia coli* en los tres neblinómetros; es decir, en N1, la correlación entre la temperatura y la concentración de ambas bacterias es directa y buena, con un coeficiente de 0,68, señalando que, a mayor temperatura, aumenta la presencia de estos microorganismos. En contraste, en N2 y N3 se presenta una correlación inversa, específicamente, en N2 la correlación es negativa y mala (-0,36), mientras que en N3 es negativa y buena (-0,78); dichos resultados indican que una disminución en la temperatura del agua en estos dos puntos está asociada con una mayor concentración de coliformes termotolerantes y *E. coli*. En tal sentido, bajas temperaturas del agua afectan la concentración de coliformes, puesto que sobreviven y crecen con mayor facilidad entre 15 y 45° C, a partir de los 70° C, es casi imposible su perduración (Conejeros et al., 2021); por lo que, de alguna forma el contenido de microbios son influenciados por la T° del lugar; contrariamente, temperaturas elevadas generarían sobre multiplicación, los cuales causarían inconvenientes en el sabor olor, color y corrosión (Toledo de Melo & Miranda de Queiroz, 2021).

Tabla 4

Correlación de parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos

Indicadores/parámetros	Coeficiente de correlación		
	Neblinómetro N° 1	Neblinómetro N° 2	Neblinómetro N° 3
pH vs Coliformes totales	-0,85	0,92	0,80
pH vs C. termotolerantes	-0,85	0,92	0,63
pH vs <i>Escherichia coli</i>	-0,85	0,92	0,63
T° vs Coliformes totales	0,81	-0,83	-0,56
T° vs Coliformes termotolerantes	0,68	-0,36	-0,78
T° vs <i>Escherichia coli</i>	0,68	-0,36	-0,78
Turbidez vs Coliformes totales	-0,49	0,66	0,71
Turbidez vs C. termotolerantes	0,53	0,73	0,76
Turbidez vs <i>Escherichia coli</i>	0,53	0,72	0,74
SDT vs Coliformes totales	0,10	0,05	-0,19
Fosfatos vs Coliformes totales	-0,35	0,98	0,98

En cuanto a la relación entre la turbidez y la concentración de coliformes totales varía en cada neblinómetro, puesto que, en el N1, el coeficiente de correlación es $-0,49$, lo que indica una correlación inversa, mala y no significativa; esto sugiere que la turbidez no es un factor determinante en la concentración de coliformes en esta estación. En contraste, en los N2 y N3, la correlación es directa y buena, con coeficientes de $0,66$ y $0,71$, respectivamente; estos hallazgos son muy relevantes, ya que demuestra que una mayor turbidez del agua captada de niebla está directamente asociada a una mayor concentración de bacterias coliformes. De manera similar, la relación entre la turbidez y la presencia de coliformes termotolerantes y *Escherichia coli* presenta un patrón consistente; dado que, en el N1, el coeficiente de correlación es $0,53$ para ambas variables, lo que indica una correlación directa y buena; en los N2 y N3, los coeficientes son $0,65$ y $0,70$, lo que confirma una correlación directa y buena. En efecto, estos resultados sugieren que a medida que aumentan las Unidades Nefelométricas de Turbidez (UNT), también lo hacen las concentraciones de coliformes termotolerantes y *E. coli* en el agua. En tal sentido, es necesario indicar, que la turbidez es un parámetro sanitario de bastante relevancia (Suárez & Guerrero, 2024); aunque, no representa un riesgo directo para la salud, pero sí está asociado al crecimiento bacteriológico en el agua (Martínez et al., 2020); por lo que, a mínimas unidades de turbidez, menor será el contenido de bacterias, protozoos y demás, presentes en el agua (Suárez, 2020); en consecuencia, las partículas que generan turbidez pueden dificultar el procedimiento de cloración, dado que los microorganismos pueden ligarse en el área del material particulado (Martínez et al., 2020).

Por otra parte, la tabla 4 evidencia que la correlación entre el sólido disuelto total (SDT) y la concentración de coliformes totales es mínima en los tres neblinómetros (puntos de muestreo); esto sugiere que el SDT no es un factor determinante en la presencia de coliformes. Contrariamente, la correlación entre los fosfatos y la concentración de coliformes es excelente, fuerte y directa, indicando que, a mayor concentración de fosfatos, mayor es la presencia de coliformes en el agua captada de la niebla. Este hallazgo es coherente con la literatura científica, que señala que los fosfatos son nutrientes esenciales para el crecimiento de la mayoría de los microorganismos, incluyendo bacterias (Mirsha, 2023). Por lo tanto, niveles elevados de fosfatos actúan como un fertilizante, lo que promueve el crecimiento bacteriano (Zhang et al., 2023). En consecuencia, es crucial implementar un seguimiento y control más riguroso de los indicadores físicos, químicos y bacteriológicos del agua de niebla, incrementando la frecuencia de muestreo y análisis. Además, se debe identificar las fuentes de emisión de contaminantes atmosféricos, tanto naturales como humanas, en las cercanías de las áreas de estudio; desarrollar procesos de sensibilización y capacitación para la comunidad local sobre los riesgos, peligros y medidas preventivas relacionadas con la calidad del aire y del agua en la zona (Mora et al., 2021).

A pesar del potencial del agua de niebla, la investigación sobre su calidad para el consumo humano enfrenta limitaciones significativas. Entre ellas destacan la variabilidad en la disponibilidad de la niebla y las dificultades para estandarizar la recolección, lo que puede afectar la representatividad de las muestras. Asimismo, la complejidad de la contaminación atmosférica, que incluye una amplia gama de contaminantes, constituye un reto para realizar análisis exhaustivos y obtener conclusiones sólidas. Del mismo modo, la evaluación de la calidad del agua de niebla presenta desafíos metodológicos importantes, ya que la naturaleza cambiante de la atmósfera exige un muestreo frecuente para captar su verdadera variabilidad. A ello se suman los altos costos de los análisis de laboratorio, que suelen restringir el alcance de la investigación.

La viabilidad real de esta tecnología no depende únicamente de la calidad del agua, sino también de la implementación de sistemas de tratamiento adecuados y de la aceptación por parte de la comunidad, aspectos cruciales que deben considerarse en futuras investigaciones para asegurar el éxito de los proyectos. Para superar las limitaciones inherentes al estudio del agua de niebla, es fundamental desarrollar y estandarizar diseños optimizados de neblinómetros que garanticen una recolección más consistente. Asimismo, se requiere la implementación de sistemas de tratamiento a pequeña escala que sean económicos y de fácil aplicación, como la filtración con materiales locales o la desinfección solar (SODIS). Finalmente, resulta esencial abordar los aspectos socioeconómicos y culturales para garantizar la aceptación y adopción de la tecnología por parte de las comunidades, evaluando tanto su percepción como las posibles barreras para su implementación.

4. CONCLUSIONES

La investigación permitió demostrar que la captación de agua mediante neblinómetros en la comunidad Los Verdes constituye una alternativa viable frente al déficit de abastecimiento hídrico. Los equipos instalados lograron recolectar volúmenes de agua que, si bien requieren tratamiento, evidencian el potencial de la niebla como recurso complementario para mitigar la escasez.

El análisis de parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos reveló que la calidad del agua captada no es apta para consumo humano directo, lo que refuerza la necesidad de aplicar procesos de potabilización. Sin embargo, los resultados obtenidos ofrecen una base técnica que puede orientar a la comunidad y a las autoridades locales en la implementación de soluciones más seguras y sostenibles.

Asimismo, la experiencia confirma que la altitud, las condiciones climáticas y la ubicación de los neblinómetros influyen en la eficiencia de captación y en la calidad del agua obtenida. Este hallazgo plantea la importancia de adaptar la tecnología a las características particulares de cada entorno para optimizar su aprovechamiento.

Finalmente, el estudio abre la posibilidad de integrar la captación de niebla en políticas públicas y planes comunitarios como una estrategia complementaria de gestión del recurso hídrico. Con ello se contribuiría a reducir el esfuerzo físico de los pobladores en la recolección de agua y se sentarían las bases para proyectos futuros orientados a garantizar un acceso más equitativo y seguro al agua en zonas rurales.

Conflicto de intereses / Competing interests:

Los autores declaran que no incurre en conflictos de intereses.

Rol de los autores / Authors Roles:

Ismael Suárez: conceptualización, metodología, cuantificación de datos, investigación, recursos, escritura, revisión y edición, visualización, supervisión.

Jhonathan Fernández: metodología, validación, análisis, investigación, recursos, escritura, revisión y edición, visualización.

Isabel Ventura: metodología, validación, análisis, investigación, recursos, escritura, revisión y edición, visualización.

Fuentes de financiamiento / Funding:

Los autores declaran que no recibieron un fondo específico para esta investigación.

Aspectos éticos / legales; Ethics / legals:

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



REFERENCIAS

- Almanassra, I. W., Kochkodan, V., McKay, G., Atieh, M. A., & Al-Ansari, T. (2021). Review of phosphate removal from water by carbonaceous sorbents. *In Journal of Environmental Management*, 287, 1–17. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112245>
- Antara, J. P., & Marquez, E. B. (2020). *Evaluación de la eficiencia de la tecnología de atrapanieblas de tipo Raschell al 50% y 80% de porosidad en el cerro las Tunas para el riego de las áreas verdes de la Universidad Peruana Unión*. [Tesis de pregrado. Universidad Peruana Unión]. <http://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/3111>
- Baquero, S., Delvasto, A., & Mejía, S. (2018). Evaluación de la calidad de agua de niebla recolectada en Choachí, Colombia. *Inventum*, 13(25), 53–60. <https://doi.org/10.26620/uniminuto.inven>
- Casas S, & Guerra L. (2020). La gallinaza, efecto en el medio ambiente y posibilidades de reutilización. *Revista de Producción Animal*, 32(3), 1–15. <https://revistas.reduc.edu.cu/index.php/rpa/article/view/e3611>
- Chakad, O. (2023). Smallness and Small-device Heuristics Scaling Fog Catchers Down and Up in Lima, Peru. *European Association of Social Anthropologists*, 31(2), 39–53. <https://doi.org/10.3167/saas.2023.310204>
- Chibinda C, Arada M, & Pérez N. (2017). Caracterización por métodos físico-químicos y evaluación del impacto cuantitativo de las aguas del Pozo la Calera. *Revista Cubana de Química*, 29(2), 303–321. <http://scielo.sld.cu/pdf/ind/v29n2/ind10217.pdf>
- Coelho, S.C., Nascimento, A., Santos, L., Medeiros, P., Salles, M.J., Albuquerque, J.A., & Sotero, A. (2017). Monitoramento da água de poços como estratégia de avaliação sanitária em Comunidade Rural na Cidade de São Luís, MA, Brasil. *Rev. Ambient. Água* 12(1), 156-167. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1962>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2024). *Panorama Social de América Latina y el Caribe, 2024*. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/49467-panorama-social-america-latina-y-el-caribe-2024>
- Conejeros, A., Hueichaqueo, C., Martínez, B., & Placeres, A. (2021). Monitoreo de calidad del agua en sistema de agua potable rural. *Rielac*, 42(3), 60–70. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59282021000300060
- Enrique, E., Gavidia, C., Garriazo, A., & Changanaqui, D. (2021). Evaluación de la calidad del agua en los canales de la Zona de Reglamentación Especial de Los Pantanos de Villa (Lima, Perú). *South Sustainability*, 2(2), 1–10. <https://doi.org/10.21142/ss-0202-2021-e002>
- Fernández, J. (2024). *Determinación de la calidad del agua para consumo humano captada de la niebla en la comunidad de Shotorco (Los Verdes), distrito y provincia de Chota - Cajamarca* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Autónoma de Chota]. <https://repositorio.unach.edu.pe/handle/20.500.14142/641>

- He, S., Feng, S., Nag, A., Afsarimanesh, N., Alahi, E., Li, S., Mukhopadhyay, S., & Wong, J. (2020). IoT-Based Laser-Inscribed Sensors for Detection of Sulfate in Water Bodies. *IEEE Access*, 8(1), 228879–228890. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3046656>
- Huaquisto, S., & Chambilla, I. (2019). Análisis del consumo de agua potable en el centro poblado de Salcedo, Puno. *Investigación & Desarrollo*, 19(1), 133–144. <https://doi.org/10.23881/idupbo.019.1-9i>
- Huaman, B. L. (2021). *Colección de agua de niebla usando colectores SFC, BOX y Árbol en Villa María del Triunfo-Lima-Perú* [Tesis de Maestría, Universidad Nacional Agraria La Molina]. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/4639>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2018). *Censos 2017: Departamento De Cajamarca*. <https://censo2017.inei.gob.pe/censos-2017-departamento-de-cajamarca-cuenta-con-1-341-012-habitantes/>
- Jaradat, M., Albatayneth, A., Alsortary, O., Hammad, R., & Manzano, F. (2023). Water harvesting system in greenhouses with liquid desiccant technology. *Journal of Cleaner Production*, 414, 1-18. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.137587>
- Jofre, R., Cervantes, J., & Barradas, V. (2015). Calidad del agua de la niebla en el río Pixquiác, Veracruz, Mexico: Resultados preliminares. *Revista Especializada En Ciencias Químico-Biológicas*, 18(2), 122–130. <https://doi.org/10.1016/j.recqb.2015.09.004>
- Khan, F.M., & Gupta, R. (2020). *Escherichia coli* (E. coli) como indicador de contaminación fecal en aguas subterráneas: una revisión. En: Jeon, HY. (eds) *Desarrollo sostenible del agua y el medio ambiente. Ciencias ambientales e ingeniería*. Springer, Cham, 225-235. https://doi.org/10.1007/978-3-030-45263-6_21
- Khoury, D., Millet, M., Jabali, Y., Weissenberger, T., & Delhomme, O. (2024). Evolución de la composición química del agua de niebla recogida en cuatro lugares de la región de Alsacia entre 2015 y 2021. *Research Square*, 1-23. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-4016030/v1>
- Khoury, D., Millet, M., Jabali, Y., & Delhomme, O. (2023). Agua de niebla: una revisión general de sus aspectos físicos y químicos. *Environments*, 10(12), 24. <https://doi.org/10.3390/environments10120224>
- León, L., Arada, M.A., Vila, L., Fernández, A., & Chibinda, C. (2022). Evaluación de la calidad del agua del manantial El Paraíso en Santiago de Cuba. *Revista Cubana de Química*, 34(2), 303-314. <https://cubanaquimica.uo.edu.cu/index.php/cq/article/view/5247>
- Lino, Y. F. (2019). *Calidad de agua de niebla captada artificialmente para uso en consumo humano en la quebrada Manchay, Pachacámac-Lima* [Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. <https://repositorio.unas.edu.pe/items/2076de90-d329-4d75-ad7a-1f0dbd130fb4>
- López, J., Quispe, S., Escurra, J., & Vilchez, J. (2024). Análisis fisicoquímico del agua obtenida por el atrapanieblas en el Cerro Campana, Perú. *Revista Alfa*, 8(23), 451–462. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.33996/revistaalfa.v8i23.277>

- López, S., Huertas, D., Jaramillo, Á., Calderón, D., & Díaz, J. (2019). Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad del agua del río Teusacá (Cundinamarca, Colombia). *Ingeniería y Desarrollo*, 37(02), 269–288. <https://doi.org/10.14482/inde.37.2.6281>
- Loza, H., Nava, M., & Contreras, E. (2023). Identificación de enterobacterias en el agua potable del oriente del Estado de México. *Revista Chapingo Serie Agricultura Tropical*, 3(1), 27–40. <https://doi.org/10.5154/r.rchsagt.2023.03.03>
- Madhulekha S, & Sunita A. (2018). Determination of chloride ion (Cl⁻) concentration in ganga river water by mohr method at Kanpur, India. *Green Chemistry & Technology Letters*, 4(1), 06–08. <https://doi.org/10.18510/gctl.2018.412>
- Manzollillo, B. (2019). Uso de tecnologías limpias en la desinfección del agua para la reducción de diarrea en niños. revisión sistemática. *Tekhné*, 22(1), 50–57. <http://revistasenlinea.saber.ucab.edu.ve/temas/index.php/tekhne/index>
- Martínez, M., & Osorio, A. (2018). Validación de un método para el análisis de color real en agua. *Revista de La Facultad de Ciencias*, 7(1), 143–155. <https://doi.org/10.15446/rev.fac.cienc.v7n1.68086>
- Merino, A. (2017). *Tratamiento de agua de neblina usando filtros cerámicos con fines de consumo humano en el asentamiento humano Leandra Ortega, Callao* [Tesis de pregrado. Universidad Nacional Agraria La Molina]. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/2699>
- Ministerio del Ambiente. (2021). Decreto Supremo que aprueba el Plan de Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP) para el periodo 2021-2023. <https://www.gob.pe/institucion/minam/normas-legales/2035448-020-2021-minam>
- Ministerio de Salud. (2011). Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano- DS N° 031-2010-SA. <https://www.gob.pe/institucion/minsa/informes-publicaciones/321941-reglamento-de-la-calidad-del-agua-para-consumo-humano-d-s-n-031-2010-sa>
- Mishra, R. K. (2023). El efecto de la eutrofización en el agua potable. *British Journal of Multidisciplinary and Advanced Studies*, 4 (1), 7-20. <https://doi.org/10.37745/bjmas.2022.0096>
- Mora, J. C., Sibaja, J. P., & Borbón, H. (2021). Fuentes antropogénicas y naturales de contaminación atmosférica: estado del arte de su impacto en la calidad fisicoquímica en el agua de lluvia y de niebla. *Revista Tecnología en Marcha*, 34(1), 92–103. <https://doi.org/10.18845/tm.v34i1.4806>
- Moyano, A., Cuadros, F., Pabón, A., & Trujillo, J. (2021). Impacto ambiental del vertimiento de aguas servidas en aglomerados urbanos ilegales del municipio de Villavicencio, Colombia. *Tecnura*, 25(68), 43–62. <https://doi.org/10.14483/22487638.16273>
- Nascimento, A., Kawagoe, C. N., Rodrigues, J., & Sree, G. (2020). Physical-chemical and microbiological analysis of water from shallow wells in Imperatriz (MA), Brazil. *Revista Ambiente & Água – An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, 15(7), 1-10. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2538>

- Ochoa, J. (2022). Participación en la gestión de recursos hídricos en Latinoamérica 2017-2022: Una revisión sistemática. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(3), 486–512. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i3.2239
- Osores, J. (2020). Revisión: El problema del uranio en el agua de consumo de Huanuhuanu, Arequipa. *Revista ECIPerú*, 17(2), 74–79. <https://doi.org/https://doi.org/10.33017/RevECIPeru2020.0011/>
- Pérez, L. (2019). *Captación de agua de niebla y análisis de la calidad para consumo humano en el asentamiento humano Leandra Ortega, Pachacútec - Ventanilla, 2016* [Tesis de pregrado, Universidad Científica del Sur]. <https://hdl.handle.net/20.500.12805/710>
- Pérez, L. M., Guerrero, P., & Suarez, M. C. (2019). Calidad del agua subterránea en el municipio Jimaguayú. *Revista Ingeniería Agrícola*, 9(3), 3-9. <https://rcta.unah.edu.cu/index.php/IAgric/article/view/1136/1907>
- Poblete, S. (2022). *Evaluación de la concentración de metales pesados en agua y suelo en las lomas de villa maría del triunfo durante la estación de invierno - 2022* [Tesis de pregrado, Universidad Científica del Sur]. <https://doi.org/10.21142/tl.2024.357>
- Roldán, G. (2020). La calidad del agua en Colombia: Causas del deterioro y medidas de mitigación. En *VIII Seminario Internacional y IX Nacional de Geomática, Medio Ambiente e Hidráulica* (pp. 1–3). <https://repositorio.uptc.edu.co/items/6ab11ee0-5ba6-4e55-b704-7e1521c6d42c>
- Saalidong, B. M., Aram, S. A., Otu, S., & Lartey, P. O. (2022). Examining the dynamics of the relationship between water pH and other water quality parameters in ground and surface water systems. *PLoS ONE*, 17(1), 1–17. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0262117>
- Sierra, N. A. (2019). *Evaluación de fuentes de emisión de metales tóxicos en las partículas y agua de niebla en las Lomas de Asia* [Tesis de pregrado. Universidad Nacional Agraria La Molina]. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/4134>
- Suárez, I. (2020). Calidad del agua de consumo humano influenciada por aguas servidas. *Revista Ciencia Nor@ndina*, 3(1), 80-89. <https://doi.org/10.37518/2663-6360X2020v3n1p80>
- Suárez, I., & Guerrero, A. M. (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>
- Tarqui, C., Espinoza, P., Álvarez, D., Valenzuela, R., Gómez, G., & Fernández, I. (2016). Calidad bacteriológica del agua para consumo en tres regiones del Perú. *Revista de Salud Pública*, 18(6), 904–912. <https://doi.org/10.15446/rsap.v18n6.42708>
- Toledo de Melo, M., Miranda de Queiroz, T. M., & Oliveira Aroni, B., (2023). Caracterização das fontes, dos usos e da percepção da qualidade da água na terra indígena rio Formoso, em Tangará da Serra/MT1. *Cuaderno CRH*, 36, 1-11. <https://doi.org/10.9771/ccrh.v36i0.32085>

- Vásquez, L., Cieza, L., & Cieza, D. (2020). Eficiencia de captación de agua con tres tipos de malla atrapanieblas en zonas rurales altoandinas de la sierra norte del Perú. *Revista INGENIERÍA UC*, 27(3), 319–327. <https://www.redalyc.org/journal/707/70767026008/>
- Vega, G., Polo, V., Hernández, S., & Serna, J. (2020). Sistema innovador de cosecha de agua por medio de condensadores no convencionales. *GIPAMA*, 2(1), 64–71. <https://as-aeu-ecp-dev-sbn.azurewebsites.net/media/annk0k3j/sistema-innovador-cosecha.pdf>
- Venegas C, Mercado M, & Campos C. (2014). Evaluación de la calidad microbiológica del agua para consumo y del agua residual en una población de Bogotá (Colombia). *Revista Biosalud*, 13(2), 24–35. <http://scielo.org.co/pdf/biosa/v13n2/v13n2a03.pdf>
- Villena, J. (2018). Calidad del agua y desarrollo sostenible. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 35(2), 304–308. <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2018.352.3719>
- Wong, C., Alonso, A. J., & Carranza, C. (2021). Calidad del agua de los manantiales del humedal natural “Ciénaga de Tamasopo” en San Luis de Potosí, México. *Revista Tecnología y Ciencias del Agua*, 12(6), 1–35. <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2021-06-01>
- Zambrano J, Delgado A, Zambrano E, & Peñaherrera S. (2022). Contaminantes biológicos presentes en fuentes de agua del centro-sur de la provincia de Manabí, Ecuador. *Siembra*, 9(2), 1–15. <https://doi.org/10.29166/siembra.v9i2.4011>
- Zhang, H., Chen, J., Haffner, G. (2023). Calidad del agua y eutrofización del lago Plateau: estado y desafíos. *Water*, 15(337), 1–6. <https://doi.org/10.3390/w15020337>

