



Análisis fisicoquímico del agua obtenida por el atrapanieblas en el Cerro Campana, Perú

ARTÍCULO ORIGINAL



Escanea en tu dispositivo móvil o revisa este artículo en:
<https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v8i23.277>

Physicochemical analysis of water obtained by fog catcher at Cerro Campana, Peru

Análise físico-química da água obtida pelo coletor de neblina em Cerro Campana, Peru

Jeidy López Esquivel¹ 
n00101766@upn.pe

Samanta Quispe Torres¹ 
n00225504@upn.pe

Jean Ecurra Lagos¹ 
jean.escurra@upn.pe

Julio Vilchez Moscol² 
juliovilchez87@hotmail.com

¹Universidad Privada del Norte. Trujillo, Perú

²Universidad Católica de Trujillo. Trujillo, Perú

Artículo recibido 2 de abril 2024 / Arbitrado 26 de abril 2024 / Publicado 2 de mayo 2024

RESUMEN

El **objetivo** principal de este estudio es el análisis fisicoquímico del agua obtenida por el atrapanieblas en el Cerro Campana, Perú. Así mismo, el presente estudio se enmarca en una investigación de tipo experimental, con un diseño transversal y con enfoque cuantitativo, se utilizó como población al volumen de agua obtenida del atrapanieblas y como muestra se consideraron los datos desde el día 11 de 4.00pm al día 18 hasta 12:00pm del mes de septiembre del 2023. Se utilizó la técnica de observación y para instrumentos se hizo uso de la ficha de campo, así como también Microsoft Excel, ArcGIS y AutoCAD para la recolección de datos. Los **resultados** indicaron que el atrapanieblas, situado en las coordenadas UTM 709065.7m E y 9116855.08m S, con un ángulo de 60°, logró captar la humedad del aire en el Cerro Campana a una altitud de 683m.s.n.m, el cual se obtuvo 1.5 L de agua con calidad apta para el consumo humano. Al analizar los parámetros fisicoquímicos de la muestra, se obtuvieron datos por debajo de los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en el DS 031 - 2010 SA. Además, durante la instalación del atrapanieblas, se consideraron los factores meteorológicos para asegurar su correcto funcionamiento del atrapanieblas.

Palabras clave: Atrapanieblas; Agua potable; Parámetros fisicoquímicos

ABSTRACT

The main **objective** of this study is the physicochemical analysis of water obtained from the fog catcher at Cerro Campana, Peru. Likewise, the present study is framed in an experimental type of research, with a cross-sectional design and quantitative approach, the population used was the volume of water obtained from the fog catcher and the sample was considered the data from day 11 from 4:00 pm to day 18 until 12:00 pm of September 2023. The observation technique was used and the instruments used were the field card, as well as Microsoft Excel, ArcGIS and AutoCAD for data collection. The **results** indicated that the fog catcher, located at UTM coordinates 709065.7m E and 9116855.08m S, with an angle of 60°, was able to capture humidity from the air in Cerro Campana at an altitude of 683m.a.s.l., which obtained 1.5 L of water with quality suitable for human consumption. When analyzing the physicochemical parameters of the sample, data were obtained below the Maximum Permissible Limits (MPL) established in the DS 031 - 2010 SA. In addition, during the installation of the fog trap, meteorological factors were considered to ensure the correct operation of the fog trap.

Key words: Fog trap; Drinking water; Physicochemical parameters

RESUMO

O principal **objetivo** deste estudo é a análise físico-química da água obtida do coletor de neblina em Cerro Campana, Peru. A população utilizada foi o volume de água obtido do coletor de neblina e a amostra incluiu dados do dia 11, a partir das 16h00, ao dia 18, até as 12h00 de setembro de 2023. Foi usada a técnica de observação e os instrumentos utilizados foram o cartão de campo, bem como o Microsoft Excel, o ArcGIS e o AutoCAD para a coleta de dados. Os **resultados** indicaram que o captador de neblina, localizado nas coordenadas UTM 709065,7m E 9116855,08m S, com um ângulo de 60°, conseguiu captar a umidade do ar no Cerro Campana a uma altitude de 683m.a.s.l., que obteve 1,5 L de água com qualidade adequada para o consumo humano. Ao analisar os parâmetros físico-químicos da amostra, foram obtidos dados abaixo dos Limites Máximos Permissíveis (LMP) estabelecidos na DS 031 - 2010 SA. Além disso, durante a instalação do coletor de neblina, fatores meteorológicos foram considerados para garantir o funcionamento correto do coletor de neblina.

Palavras-chave: Coletor de neblina; Água potável; Parâmetros físico-químicos

INTRODUCCIÓN

Se vienen adoptando varias estrategias con el fin de asegurar el suministro de agua dulce (1) como los atrapanieblas orientados a la mejora de obtención de agua con malla Raschel en un 75%. (2) oscilando entre $0,16 \pm 0,02$ y $0,37 \pm 0,05$ L durante un período determinado (3).

En Perú, el servicio hídrico y alcantarillado es un grave problema (4) entre 2017 y 2018 el 10.6% de la población total del país contó con acceso a la red hídrica, es decir se abastecieron de cisternas 1.2%, pozos 2%, río, sequías y manantiales 4% (5). Este problema se relaciona con la mala gestión de los recursos hídricos alterando las principales actividades económicas del país y avivando los conflictos sociales que acarrearán las implementaciones de proyectos hidráulicos que atenúan el estrés hídrico en la región costera del sur del país (6).

Asimismo, Trujillo, ubicada en el departamento La Libertad, cuenta con una PTAP que administra el Proyecto Especial CHAVIMOCHIC, esta agua que genera es vendida a SEDALIB quien lo distribuye al 70 % de la población de Trujillo y sus distritos, cumpliendo con todas las normas y protocolos exigidos por la OMS, sin embargo, la cantidad que se distribuye es insuficiente y limitada para algunas familias como es el caso de los distritos El Milagro, Huanchaco y Alto Trujillo (7).

Esta investigación da a conocer una solución práctica y sostenible para el problema de escasez de agua que proporciona para Trujillo una fuente

adicional de agua potable para la comunidad local, garantizando un suministro confiable de agua para beber y otras necesidades domésticas, siendo una alternativa eco amigable (8) ya que no compromete al medio ambiente ni a ninguna especie, es sostenible ya que no requiere grandes inversiones en infraestructura y garantiza un suministro de agua a largo plazo.

Para llevar a cabo este estudio se tomaron las coordenadas UTM 709065.7m E y 9116855.08m S, como sitio de implementación por factores climáticos topográficos, y por presentar una alta humedad atmosférica junto con la disponibilidad de niebla. Para esto se ha considerado la accesibilidad del transporte de materiales y las coordenadas para la ubicación del atrapanieblas de tal modo que maximicen la recolección de agua. Por estas razones el objetivo de la investigación es la realización de un análisis fisicoquímico del agua implementación de un atrapanieblas para los análisis fisicoquímicos a partir del agua obtenida por un atrapanieblas en las coordenadas UTM 709065.7m E y 9116855.08m S, Perú.

MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología utilizada para la presente investigación fue de tipo experimental. Según Ramos (9), menciona que se manipula más de una variable independiente para estudiar sus efectos. Lo cual consta de un análisis fisicoquímico del agua y la construcción de un atrapanieblas. Así mismo, presenta un corte transversal es decir los datos

recolectados se encuentran centrados en un solo momento en el tiempo (9).

Por ende, se determinó que tiene un enfoque analítico con un carácter cuantitativo, lo que implica analizar unidades de análisis identificadas en las unidades de muestreo mediante la recopilación de datos basada en la mediación numérica. Además, el estudio es de tipo aplicativo, dado que su propósito principal es dar a conocer una solución alternativa, amigable e innovadora ante los problemas de escasez hídrica que enfrenta Trujillo, Perú. Asimismo, se tiene como población el volumen total de agua obtenida del atrapanieblas ubicado en el Cerro Campana, en el distrito de Trujillo, Perú; durante el mes de septiembre del año 2023.

En el desarrollo de la investigación, la muestra está compuesta por las características fisicoquímicas del agua generado por el atrapanieblas situado en las coordenadas UTM 709065.7m E y 9116855.08m S, a una altitud de 683 metros sobre el nivel del mar. La recopilación de datos se realizó desde las 4:00 p.m. del día 11 hasta las 12:00 p.m. del día 18 del mes de septiembre de 2023. Esta selección de fechas y horas se basa en la consideración según Hernández (10), quien menciona que la inclusión de todos los casos del universo o la población es necesaria solo en situaciones de censo.

Se evaluó que, aunque los muestreos no probabilísticos tienen limitaciones teóricas, son comúnmente empleados en la práctica (11), como en el caso de los muestreos de conveniencia,

donde los elementos se eligen entre los más accesibles o convenientes para el investigador. Por esta razón, en este estudio se optó por el uso de un muestreo no probabilístico por conveniencia, eligiendo al azar una semana completa dentro del mes de septiembre. Así como la observación como técnica, permitiendo la obtención de diversos datos para su respectivo análisis.

Respecto a la recopilación de datos e información consiste en un recurso metodológico que se concreta a través de un dispositivo o formato (12), ya sea impreso o digital, empleado para adquirir, registrar o almacenar los aspectos significativos de la investigación a partir de las fuentes examinadas. En esta investigación se empleó la guía de observación como herramienta, lo que nos orienta hacia la recopilación y adquisición de datos en el cerro Campana, lugar designado para la instalación del atrapanieblas. Según Cardona (13), se destaca que la guía de observación constituye el dispositivo que habilita al observador para posicionarse de manera sistemática en aquello que verdaderamente constituye el foco de estudio en la investigación.

Por último, funciona como el medio que guía la recopilación y obtención de datos e información sobre un acontecimiento o fenómeno, se utilizó la cadena de custodia lo cual permite tomar a la hora de recoger la muestra asegurándose que no se contamina antes de su análisis en el laboratorio. Por lo que en la investigación se utilizó la herramienta de Microsoft Excel para la elaboración de Figuras y Tablas de tal manera que

se logró analizar y calcular los datos de manera eficiente. Asimismo, se usó el software de ArcGIS para la elaboración de plano geográficos.

Parámetros fisicoquímicos del agua

Para esta investigación, se realizó conforme a los parámetros fisicoquímicos del agua. Se destaca que los parámetros fisicoquímicos proporcionan datos sobre las especies químicas presentes en el agua, así como sobre sus propiedades físicas (14). Así mismo, la conveniencia de estos parámetros radica en que generalmente son supervisados en un lapso más corto y con una frecuencia más elevada.

En esta investigación se utilizó el turbidímetro para analizar el rango de turbiedad presentes y sustancias coloidales minerales u organismos en el agua. Cuando se presenta alta turbidez la presencia de microorganismo es más alta, lo que estimula a la proliferación de bacterias y aumenta la demanda de cloro, generando efectos microbiológicos para el ser humano (15). Se tuvo en cuenta el color que es causado por materia pigmentada en suspensión. Para determinarlo es necesario eliminar la turbidez y proceder al análisis de observación o electrofotométrico.

Así mismo, las muestras de agua recolectada se analizaron en laboratorio en un periodo de 24 horas. El pH de las aguas puede ser medido de forma tanto natural o artificial, con posibles variaciones en el rango de 4.5 y 8.5. El pH de lluvia tiene un valor de 5.6 (16), se identifica el dióxido de carbono disuelto, proveniente tanto de la

atmósfera como, de manera más significativa, de la zona de infiltración del suelo, generado por la respiración de organismos vivos y por los procesos de respiración y fotosíntesis de organismos acuáticos. De acuerdo con las disposiciones del Reglamento de Calidad de Agua Potable en Perú, específicamente bajo el DS N°031-2010 SA, el pH se encuentra en la primera categoría de control de calidad. Se recomienda un valor mínimo de 6.5, mientras que se establece un límite máximo aceptable de 8.5.

La conductividad eléctrica es el parámetro que determina la capacidad del agua para transportar corriente eléctrica, su unidad de la CE es S/m, pero se utiliza S/cm. Para esta investigación la muestra de agua recolectada del atrapanieblas es llevada a laboratorio y es analizada con el Conductímetro lo cual mide la corriente del flujo y calcula la conductividad. La CE del agua está asociado con la disolución de sales que presenta el cual genera iones capaces de transportar corriente eléctrica y varía conforme a la temperatura del agua (17). La cloración del agua evita el control de enfermedades como el cólera, tifoidea, polio, enfermedades diarreicas, Según el MINSa el agua de consumo humano debe tener menos de 500 UFC/ml a una temperatura de 35°C. Además, Solís (18) indica que el agua debe contar con niveles residuales de cloro por debajo de 0.5 mgL-1.

La muestra de agua recolectada del atrapanieblas es llevada al laboratorio en un recipiente para su análisis. Además, se determina la

concentración de cloruros mediante una valoración con nitrato de plata, utilizando cromato de potasio como indicador para formar un precipitado blanco de cloruro de plata. La cantidad de cloruros se calcula utilizando la siguiente fórmula.

$$Cl^- = \frac{(A-B) \times N \times 35450}{\text{Volumen de la muestra ml}} \quad (1)$$

De acuerdo con (18) se considera como agua con baja dureza aquella que presenta concentraciones menores a 60 mg/L de carbonato de calcio (CaCO₃). Según Bendezu (19), la dureza total se ha utilizado tradicionalmente para referirse a los cationes alcalinotérreos que se hayan disueltos en el agua de igual manera se refiere a la concentración total de iones calcio y magnesio. Así mismo, la dureza total del agua potable es una medida de la concentración de iones de calcio (Ca²⁺) y magnesio (Mg²⁺) disueltos en el agua. En esta investigación, se examinó la muestra de agua obtenida del atrapanieblas ubicado en el cerro Campana, la cual fue llevada al laboratorio. La determinación de la dureza total del agua se realizó mediante complexometría utilizando ácido (EDTA), siendo el método oficial según la Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN) 2408-86 y 2771-91. Según el Reglamento de Calidad de Agua Potable en Perú, específicamente bajo el DS N°031-2010 SA, se establece que el Límite Máximo Permisible (LMP) para la dureza total es de 500 mg. Las autoridades establecen límites recomendados para la dureza del agua potable con

el fin de garantizar la calidad y prevenir problemas asociados. Para calcular la dureza total, se utiliza la siguiente fórmula.

$$\text{Dureza total} = \frac{(A-B) \times N_{a_2} \text{ EDTA} \times 50000}{\text{Volumen de la muestra}} \quad (2)$$

El control de los sólidos suspendidos totales en el agua potable es fundamental para garantizar la seguridad. Para analizar la muestra de agua obtenida del atrapanieblas, primero se lleva a cabo la preparación del filtro de fibra de vidrio, donde se pesa un peso inicial (P1). Luego, se coloca el filtro circular en el aparato de filtración con el lado rugoso hacia arriba y se añaden 100 ml de la muestra. Luego, el filtro se lleva a la estufa a una temperatura de 103-105°C durante 1 hora. Después de enfriar en un desecador, se pesa nuevamente para obtener el peso final (P2) para finalmente calcular en la siguiente fórmula. Es por ello, que los sólidos que se encuentran después de la evaporación del agua entre 100 y 105 °C, el cual se halla con el volumen determinado del agua antes y después de calentar (20).

$$TSS = \frac{(P2-P1)}{\text{Volumen de la muestra (100 ml)}} \quad (3)$$

Según Torres (21), los sólidos totales se refieren al peso de la materia seca residual después del proceso de secado, abarcando tanto componentes digeribles como no digeribles. Los sólidos totales disueltos TDS indican la cantidad de material sólido presente en forma disuelta en el agua, y niveles elevados de TDS pueden afectar

adversamente la percepción de la calidad del agua por parte de los consumidores. Para analizar la muestra de agua obtenida del atrapanieblas, primero se lleva a cabo la preparación del filtro de fibra de vidrio, donde se pesa un peso inicial (A). Luego, se coloca el filtro circular en el aparato de filtración con el lado rugoso hacia arriba y se añaden 100 ml de la muestra. Para luego ser retirada y ser pesada (B) y poder encontrar los sólidos totales disueltos presentes en el agua. Por consiguiente, es crucial monitorear los TDS para asegurar que el agua potable cumpla con los estándares de calidad y sea segura para el consumo humano. De acuerdo con las disposiciones del Reglamento de Calidad de Agua Potable en Perú, en concreto el DS N°031- 2010 SA, se establece que el Límite Máximo Permisible (LMP) es de 1000 mg/L, se calcula mediante la siguiente formula.

$$TDS \left(\frac{mg}{l} \right) = \frac{(A-B)}{Vol.de\ la\ muestra} \times 10^6 \quad (4)$$

RESULTADOS

En primer lugar, se evaluó el olor y sabor el cual presenta características aceptables Tabla 1. así mismo se registró de 17 UCV a escala de pt/Co para el color, en cuanto a la turbiedad presentó 5.12 UNT, teniendo un pH de 7.6 el cual se encuentra dentro de los valores neutros según la tabla de pH, asimismo su conductividad eléctrica fue de 823 us/cm y para los TDS se encontró una concentración de 280 mg/L, por último, para la concentración de cloruros se captó un total de 59.85 mg Cl/L, para sulfatos se detectó 80.2 mg SO4/L y en el caso de dureza total se halló 470 mg CaCO3/L. En el caso de los metales: cobre, aluminio, manganeso, hierro y amoniac, se encontraron valores

Tabla 1. Análisis de las características fisicoquímicas.

Parámetro fisicoquímico	Valores obtenidos	Unidad de medida
Olor	-	Aceptable
Sabor	-	Aceptable
Color	15	UCV escala Pt/Co
Turbiedad	5	UNT
pH	8.5	-
Conductividad eléctrica	1500	us/cm
Sólidos totales Disueltos	1000	mg L ⁻¹
Cloruros	250	mg Cl L ⁻¹
SO4	250	mg L ⁻¹
CaCO3	500	mg L ⁻¹
N	1.5	mg L ⁻¹

Parámetro fisicoquímico	Valores obtenidos	Unidad de medida
Fe	0.3	mg L ⁻¹
Mn	0.4	mg L ⁻¹
Al	0.2	mg L ⁻¹
Cu	2	mg L ⁻¹
Zn	3	mg L ⁻¹
Na	200	mg L ⁻¹

El Cerro Campana ubicado en el distrito de Huanchaco, provincia de Trujillo, Perú. Se encuentra a 16 km. de la ciudad de Trujillo y a 8 km de la línea de playa. Durante el estudio, se observó que el cerro campana tiene una topografía única en comparación con otros cerros como se muestra

en la siguiente Figura 1. Según Aguilera (22), indica que el Cerro Campana presenta una altitud cercana a los 1002 m.s.n.m. lo cual es óptimo para la implementación de sistemas de atrapanieblas con el fin de capturar y recolectar agua.



Figura 1. Mapa geográfico de la ubicación del atrapanieblas en el Cerro Campana, Trujillo, Perú.

El atrapanieblas se encuentra ubicado en las siguientes coordenadas UTM 709065.7m E y 9116855.08m S, a una altitud aproximadamente tomada con un instrumento GPS de 683 m.s.n.m. con una distancia de aproximadamente 3.71 km de la pista como se visualiza en la Figura 2, logrando identificar que el cerro campana, Trujillo, Perú; presenta una geografía accidentada con pendientes pronunciadas.

Para los parámetros de olor y sabor los valores obtenidos indican que se encuentran aceptables tal como lo menciona el DS N°031-2010-SA Tabla 2. En el caso de color se registró un valor de 17 UCV escala Pt/Co, es decir sobre pasa los Límites máximos permisibles ya que para este parámetro se debe de encontrar por debajo de los 15 UCV escala Pt/Co, debido a las características climáticas que se presentaron,

adicionalmente para el parámetros de turbiedad se obtuvo un 5.12 UNT, cumpliendo con los estándares de calidad, en el caso de pH presenta un valor neutro y así mismo por debajo del valor de los parámetros establecidos, en el caso de los TDS se registraron valores por debajo de 1000 mg L, de igual manera para cloruros y sulfatos los cuales se obtuvieron vales menores a 250 mg, considerándose dentro de los LMP, además para los parámetros de dureza total y sodio se hallaron valores por debajo de 500 mg CaCO₃/L y 200 mg Na/L, finalmente para los parámetros de amoniaco, hierro, manganeso, aluminio, cobre y zinc se registraron concentraciones optimas que clasifica al agua obtenida adecuada para el consumo humano así como por obtener valores muy por debajo de los límites permitidos según el DS N°031-2010-SA.

Tabla 2. Comparación de los LMP de parámetros fisicoquímicos del agua para consumo humano.

Parámetro fisicoquímico	Límite máximo permisible (LMP)	Valores obtenidos de la muestra
Olor	aceptable	aceptable
Sabor	aceptable	aceptable
Color	15 UCV escala Pt/Co	17 UCV escala Pt/Co
Turbiedad	5 UNT	5.12 UNT
pH	8.5	7.6
Conductividad eléctrica	1500 us/cm	823 us/cm
Sólidos totales Disueltos	1000 mg L ⁻¹	280 mg L ⁻¹
Cloruros	250 mg Cl L ⁻¹	59.85 mg Cl L ⁻¹
SO ₄	250 mg L ⁻¹	80.2 mg L ⁻¹
CaCO ₃	500 mg L ⁻¹	470 mg L ⁻¹
N	1.5 mg L ⁻¹	0.861 mg L ⁻¹
Fe	0.3 mg L ⁻¹	0.1652 mg L ⁻¹
Mn	0.4 mg L ⁻¹	0.0641 mg L ⁻¹
Al	0.2 mg L ⁻¹	0.0843 mg L ⁻¹
Cu	2 mg L ⁻¹	0.0644 mg L ⁻¹
Zn	3 mg L ⁻¹	0.0701 mg L ⁻¹
Na	200 mg L ⁻¹	180 mg L ⁻¹

Se recopiló datos climatológicos de la estación meteorológicas del distrito de Laredo, en la ciudad de Trujillo, Perú registrados en los últimos 5 años, mediante ello se obtuvo un promedio anual donde se registró una menor precipitación en el año 2020 con un promedio de 0,0043 mm/día con un porcentaje de humedad relativa de 68,3838% y temperatura de 12,3592 a 18,0632. Mientras que en el año 2019 hubo mayores precipitaciones de

0,0602mm/día con un porcentaje de humedad relativa de 85.9393% y con temperatura promedio de 17,4849 a 24,2189. Finalmente, el año 2022 con mayor porcentaje de humedad relativa de 94,6338% pero sus precipitaciones fueron bajas. En la Tabla 3 se analizan los promedios de los datos climatológicos de la estación de Trujillo durante los años 2018 a 2022.

Tabla 3. Promedios climatológicos de los 5 años de la estación meteorológica de Laredo.

Año	Temperatura (°C)		Humedad Relativa (%)	Precipitación (mm/día)
	Max	Min		
2018	21.5515	14.4163	87.0094	0.0093
2019	24.2183	17.4849	85.9359	0.0602
2020	18.0632	12.3591	68.3838	0.0043
2021	22.8450	16.1034	93.7641	0.0294
2022	22.3241	15.4314	94.6338	0.0114

Por último, se generó la rosa de viento del 11 al 18 de septiembre durante la semana escogida los vientos iniciaron desde el suroeste con dirección al noreste es decir el 10,38% los vientos

se dirigieron al noreste Figura 2, con una velocidad de 2,10 a 3,60 m/s. Asimismo, esta rosa de viento se trasladó hasta las coordenadas UTM 709065.7m E y 9116855.08m S.

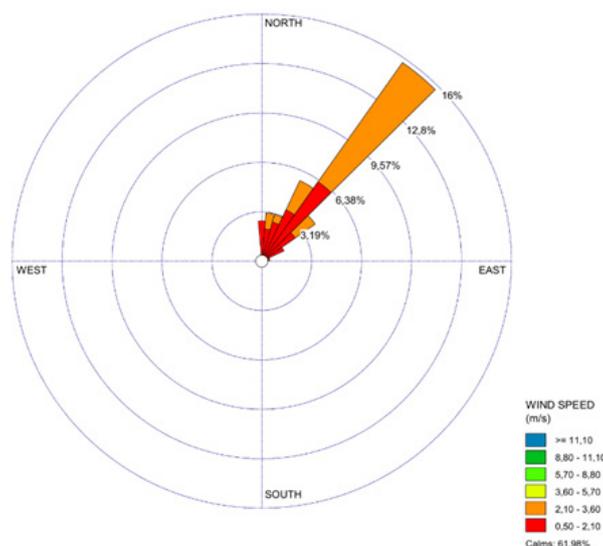


Figura 2. Rosa de viento de la semana 11 al 18 de septiembre del 2023.

DISCUSIÓN

Jofre et al., (23) en su investigación realizó el análisis de parámetros fisicoquímico de agua atmosférica según la norma NOM-127-SSA1-199 para consumo humano de México donde los parámetros exceden como el color de 27 a 55 UC, pH ácido de 6.2, N de 1.2 a 1.7 mg/L, con presencia de metales como Hg de 0.002 m/L, para los parámetros de turbidez, STD, nitratos, cloruros, sulfatos, Na, Zn, Cu, As, Fe, Pb, Mg, Cr y Cd, se encuentran dentro de los parámetros establecidos, lo cual concluye que no es apta para consumo humano. Mientras que, Pérez (24) en su investigación registró un promedio de 34.80 NTU para la turbiedad, mientras que en agosto fue de 24.2 NTU y en septiembre de 17.73 NTU. Cabe señalar que los valores de pH, así como la presencia de coliformes totales y fecales, excedieron los límites establecidos en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, según lo estipulado en el Decreto Supremo N° 031- 2010-SA.

En el estudio realizado por Molina et al., (25) menciona que en Colombia la implementación del sistema de un atrapaniebla se basa en información geográfica, en altitudes entre 1680 a 1850 m.s.n.m., con topografía irregular con pendientes frecuentes entre 20%-80%. Se reafirma con Amaya et al., (26) que establecen que los atrapanieblas fueron pioneros en Chile utilizados para el consumo de agua y para riego por más de 50 años, generalmente en

altitudes considerables han sido entre 600 y 1200 m.s.n.m. Ambas investigaciones reafirmando la importancia de considerar las condiciones geográficas locales al implementar sistemas de atrapanieblas pudiendo variar según la región geográfica y las necesidades específicas de cada lugar.

Por último, Gómez et al., (27) afirman que, con el fin de obtener información precisa de las estaciones meteorológicas, se realiza una subdivisión previa de la zona, con el fin de analizar la posición en el paisaje, la exposición a los vientos con humedad. Además, los datos de las estaciones meteorológicas ayudaron a la determinación de las temperaturas máxima y mínima, temperatura, velocidad, dirección de viento y humedad relativa con el fin de poder comparar los datos diarios obtenidos. Concluyendo que, los datos generados por las estaciones meteorológicas son necesarias para determinar la eficiencia del atrapanieblas según su tipo de malla y las características del lugar donde se ubicó. Asimismo, la falta de una estación meteorológica cerca de las coordenadas UTM 709065.7m E y 9116855.08m S dificultó la obtención de datos metrológicos para determinar la eficiencia del agua captada por el atrapanieblas, sin embargo, se tomó la decisión de trabajar con la estación meteorológica de Laredo para fundamentar en relación con el agua captada por el atrapanieblas.

CONCLUSIONES

El Cerro Campana, Trujillo, Perú presentó una topografía diferente con una altura de aproximadamente a 1002 m.s.n.m, por lo que el análisis climático obtenido de la estación meteorológica de Laredo, Trujillo – Perú, durante los años del 2018 -2022, permitió conocer las condiciones climáticas del lugar, las precipitaciones altas y bajas, su humedad relativa y temperatura máxima y baja por meses de cada año permitiéndonos conocer la eficiencia del atrapanieblas según su tipo de malla y las características del lugar donde se ubicó.

Por otro lado, resultados obtenidos con el DS N°031-2010 - Perú, se obtuvo que los parámetros de olor y sabor fueron aceptables obteniendo que para turbiedad se obtuvo 5.12 UNT, TDS se obtuvo 280 mg⁻¹, CE 823 us/cm, sulfatos 80.2 mg, cloruros 59.85 mg, dureza total 470 mg, 0.1652 mg Fe L⁻¹, 0.0644 mg Cu L⁻¹, amoníaco 0.861 mg ,0.0701 mg Zn L⁻¹,0.0641 mg Mn L⁻¹, 180 mg Na L⁻¹,0.0843 mg Al L⁻¹ para color se obtuvo 17 UCV escala Pt/Co, por lo que los datos de los parámetros evaluados se encuentran dentro de los LMP de la normativa peruana demostrando que la muestra tomada es apta para el consumo humano.

Finalmente, el análisis fisicoquímico del agua obtenido por el atrapanieblas en el cerro campana, Perú ubicado en las coordenadas 7°59'06.6" S 79°06'11. permitió captar la humedad presente en el aire del Cerro Campana a una altura de 683 m.s.n.m. el cual se obtuvo

una muestra de agua de 1.5 L con calidad apta para el consumo humano. Así mismo al analizar los parámetros fisicoquímicos de la muestra se obtuvieron datos por debajo de los LMP en el DS 031 - 2010 SA.

CONFLICTO DE INTERESES. Los autores declaran que no existe conflicto de intereses para la publicación del presente artículo científico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Jaradat M, Albatayneh A, Alsotary O, Hammad R, Juaidi, A, Manzano F. Water harvesting system in greenhouses with liquid desiccant technology. *Journal of Cleaner Production*. 2023. 414, 137587. <https://n9.cl/rdmb33>
2. Knapczyk J, Szewczyk K, Ura P, Bailey J, Bilotti E, Stachewicz U. Improving water harvesting efficiency of fog collectors with electrospun random and aligned Polyvinylidene fluoride (PVDF) fibers. *Sustainable Materials and Technologies*. 2020; 25 (1): e00191. <https://n9.cl/1djgc>
3. Carvajal D, Mora M, Sandoval C, Espinoza S. Assessing fog water collection in the coastal mountain range of Antofagasta, Chile. *Journal of Arid Environments*. 2022; 198 (1): 104679, ISSN 0140-1963. <https://n9.cl/qz8r8>
4. Gastañaga, M. Agua, saneamiento y salud. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica*. 2018; 35(2), 181-182. <https://n9.cl/h3hoy>
5. Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). Perú: Formas de agua y saneamiento básico. 2018. <https://n9.cl/xbknb>
6. Pino E, Chávarri E, Ramos L. Crisis de gobernanza y gobernabilidad y sus implicancias en el uso inadecuado del agua subterránea, caso acuífero costero de La Yarada, Tacna, Perú. *Idesia (Arica)*. 2018; 36(3), 77-85. <https://n9.cl/l444b>
7. GORE. Producimos agua de calidad para Trujillo desde 1996. Gobierno Regional La Libertad, Perú. 2018. <https://n9.cl/v9vmo>

8. Villena J. Calidad del agua y desarrollo sostenible. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica*. 2018; 35(2), 304-308. <https://n9.cl/3ko17x>
9. Ramos C. Diseños de investigación experimental. 2021; <https://n9.cl/lr2fe>
10. Hernández R, Mendoza C. Metodología de la investigación: las rutas: cuantitativa, cualitativa y mixta. 2018. <https://n9.cl/br1sy>
11. Hernández R, Fernández C, Baptista M. Metodología de la Investigación (Sexta ed.). Mexico. 2014. <https://n9.cl/l0j5h>
12. Hernández O. Estadística Elemental para Ciencias Sociales. (Tercera Edición). San José, Costa Rica: Editorial Universidad de Costa Rica. 2012. <https://n9.cl/prz8z>
13. Cardona M. Introducción a los métodos de investigación en educación. Primera edición. Editorial EOS, España. 2002. <https://n9.cl/w160t>
14. Campos G, Lule N. La observación, un método para el estudio de la realidad. *Xihmai*. 2012; 7(13), 45-60. <https://n9.cl/y6dp>
15. Samboni E, Carvajal Y, Escobar J. Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua. *Ingeniería e Investigación*. 2007; 27(3), 172-181. <https://n9.cl/qhpeg>
16. Martínez M, Mendoza J, Medrano B, Gómez L, Zafra C. Evaluación de la turbiedad como parámetro indicador del tratamiento en una planta potabilizadora municipal. *Revista UIS Ingenierías*. 2019; 19(1), 15– 24. <https://doi.org/10.18273/revuin.v19n1-2020001>
17. Catalán J. Química del Agua. Primera edición. Editorial Blume, España: Madrid. 1969.
18. Solís Y, Zúñiga L, Mora D. La conductividad como parámetro predictivo de la dureza del agua en pozos y nacientes de Costa Rica. *Revista Tecnología en Marcha*. 2018; 31(1), 35-46. <https://n9.cl/8t0zf>
19. Bendezu G, Whuking C, Medina P, Maruy A, Namuche B. Concentración inadecuada de cloro residual libre en agua de hogares de Lima Metropolitana, 2016. 13 *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*. 2018; 35 (1): 347-348. <https://n9.cl/8522y>
20. Capote T, Matute B, Rojas R. Determinación de la dureza total en agua con EDTA empleando una solución amortiguadora inodora de borato. *Revista del Instituto Nacional de Higiene Rafael Rangel*. 2015; 46(1-2), 25-37. <https://goo.su/lyU8F>
21. Torres G, Lozano E. Disminución de sólidos de aguas grises mediante un proceso de aireación. *Ra Ximhai*. 2017; 13 (1); 393-404. <https://goo.su/uiLF>
22. Aguilera E, Castellón E. Caracterización de las propiedades fisicoquímicas de las excretas de ganado, caballo, cerdo y gallinaza para la generación de biogás. *Revista científica de FAREM-Estelí*. 2019; 31(1): 97-108. <https://goo.su/OMfMCT>
23. Jofre R, Cervantes J, Barradas L. Calidad del agua de la niebla captada artificialmente en la microcuenca del Río Pixquiac, Veracruz, México: Resultados preliminares. *TIP*. 2015; 18(2), 122-130. <https://goo.su/jtcq>
24. Pérez L. Captación de agua de niebla y análisis de la calidad para consumo humano en el asentamiento humano Leandra Ortega, Pachacútec-Ventanilla, 2016. 2019. <https://goo.su/kRgKk>
25. Molina J, Escobar C. La Neblina como fuente de agua: Evaluación de su colección en el sur de los Andes colombianos usando mallas de polipropileno. *Avances en Recursos Hidráulicos*. 2005; 12(1), 33-41. <https://goo.su/ExGqS>
26. Amaya C, Hernández C, Vargas A, Osorio S, Duran S, Almeida Y. Propuesta De Un Sistema De "Atrapa-Nieblas". 15th LACCEI. 2017. <https://goo.su/nLrYh>
27. Gómez D, Etchevers D, Monterroso G, Campo J, Martínez M. Spatial estimation of mean temperature and precipitation in areas of scarce meteorological information. *Atmósfera*. 2008; 21(1), 35-56. <https://goo.su/wA7m8>