

EVALUACIÓN DEL AGUA POTABLE DISTRIBUIDA DESDE LOS PUNTOS DE BOMBEO DE LA ZONA CENTRAL DE MANABÍ

EVALUATION OF THE DRINKING WATER DISTRIBUTED FROM THE PUMPING POINTS OF THE CENTRAL AREA OF MANABÍ

Jordy Fabricio Delgado Cedeño, Kaina Hurtado Cabezas, Rosa Alexandra Córdova Mosquera, Ramón E. Cevallos- Cedeño

Universidad técnica de Manabí. Carrera de Ingeniería Química de la Facultad de Ciencias Matemáticas, físicas y químicas (FCMFQ). Av. Urbina y Che Guevara. Portoviejo; Código postal 130105.

Email: churtado4021@utm.edu.ec ; jdelgado9581@utm.edu.ec

Información del artículo

Tipo de artículo:
Artículo original

Recibido:
24/08/2023

Aceptado:
15/12/2023

Licencia:
CC BY-NC-SA 4.0

Revista
ESPAMCIENCIA
14(2):124-133

DOI:
https://doi.org/10.51260/revista_espamciencia.v14i2.413

Resumen

El estudio se centró en evaluar la calidad del agua potable en la zona central de Manabí, analizando parámetros fisicoquímicos y microbiológicos según el INEN 1108. Se analizaron muestras por triplicado de estaciones de bombeo (A, B, C y D). Los resultados mostraron conformidad con la normativa en color, turbidez, pH, y la ausencia de metales pesados y parásitos como Giardia y Cryptosporidium. Sin embargo, se observó una elevada correlación de coliformes fecales entre los Puntos A y B, y niveles de nitratos cercanos al límite permitido. En conclusión, aunque el agua cumple en su mayoría con la normativa, ciertas inconsistencias podrían indicar contaminación potencial que afecte la salud de la población.

Palabras clave: Agua potable, parámetros, físico químicos, biológicos.

Abstract

The study focused on evaluating the quality of drinking water in the central area of Manabí, analyzing physicochemical and microbiological parameters according to INEN 1108. Samples were analyzed in triplicate from pumping stations (A, B, C and D). The results showed compliance with the regulations in color, turbidity, pH, and the absence of heavy metals and parasites such as Giardia and Cryptosporidium. However, a high correlation of fecal coliforms was observed between Points A and B, and nitrate levels close to the permitted limit. In conclusion, although the water mostly complies with regulations, certain inconsistencies could indicate potential contamination that affects the health of the population.

Keywords: Drinking water, parameters, physical chemicals. Biological.

INTRODUCCIÓN

El agua, es una necesidad básica que se requiere para el correcto funcionamiento del cuerpo humano y para muchas actividades, especialmente en los hogares (Ondieki *et al.*, 2021). Las condiciones óptimas del agua hacen referencia al cumplimiento de los indicadores de calidad para ser considerada agua potable; es decir, debe pasar un proceso de tratamiento óptimo con la finalidad de disminuir el riesgo en la salud de las personas (Pazmiño, 2021).

La contaminación microbiológica es responsable del 90% de las intoxicaciones transmitidas por el agua; en esto los principales microorganismos que se transmiten engloban bacterias tales como: *Escherichia coli*, *Salmonella spp.*, *Shigella spp.*, *Vibrio cholerae*. etc. Olaya (2019) manifiesta que el consumo de agua contaminada con bacterias, virus o parásitos son las causantes de enfermedades gastrointestinales, este riesgo aumenta en época de verano, la gastroenteritis es una de las afecciones con mayor porcentaje de incidencia en personas adultas de 20 a 40 años y los adultos mayores, esta enfermedad consiste en el aumento excesivo del número de

deposiciones; no obstante, no es la única enfermedad producida por el agua, también existe la parasitosis intestinal y la amebiasis (Pazmiño, 2021). Asimismo, el agua no potable ha sido identificada como un desafío global, ya que está asociada con enfermedades y con intoxicación química cuando se encuentra contaminada (Ondieki *et al.*, 2021). Además, se ha demostrado que la exposición a contaminantes en el agua potable aumenta el gasto en servicios de atención médica debido a sus efectos nocivos en la salud humana (Alzahrani *et al.*, 2020).

Para abordar los desafíos relacionados con los recursos hídricos, los modelos predictivos de calidad del agua y las plataformas de alerta temprana se han establecido como herramientas esenciales para garantizar la seguridad hídrica (Ding *et al.*, 2021). El monitoreo del agua potable es fundamental para asegurar el desarrollo sostenible en nuestra era. Aunque históricamente se han utilizado análisis de agua potable para validar su calidad y seguridad, estudios recientes sugieren que este monitoreo puede resultar insuficiente o reaccionar con lentitud (Van den Berg *et al.*, 2019).

El control del agua potable se vuelve cada vez más complejo a medida que aumentan los sistemas de distribución y, es necesario evaluar estos para identificar y responder ante la posible contaminación del agua (Delpa *et al.*, 2020). En consecuencia, el análisis de la calidad del agua potable y su comparación con las normas proporciona información útil sobre el estado del suministro de agua y la protección de la salud de los consumidores (Radford *et al.*, 2018).

En Latinoamérica, específicamente en Colombia, se evaluó el índice de riesgo de la calidad de agua para consumo humano en 122 acueductos y se determinó que el 77% tuvo un riesgo alto de contaminación en el agua por medio de la evaluación IRCA que analizaron las variables de color, turbiedad, pH y cloro residual, estableciendo el no consumo de agua a los habitantes (Celis *et al.*, 2018). De igual manera, en Perú se identificó que el 25% de las muestras de la Estancia Lurín en Lima, tuvieron coliformes totales además de que el nivel de cloro residual era deficiente (Epitia, 2019). En contraste, en Bolivia se realizó un estudio en el que se determinó que el 71% del agua potable de las ciudades analizadas fue segura de acuerdo a las recomendaciones de seguridad microbiana de la Organización Mundial de la Salud, aunque el 29% superan estos rangos y por ello surge la necesidad de intervenir en los sistemas de distribución de agua potable (Rocha-Melognó *et al.*, 2019).

En Ecuador, los datos procesados en un estudio de la calidad de agua potable en la ciudad de Azogues, revelaron que el 100% de las muestras se consideran agua

de excelente calidad (García-Ávila *et al.*, 2018). No obstante, de acuerdo al estudio de Arellano y Lindao (2019), se identificó que las ciudades pequeñas y medianas poseen mejor calidad de agua que las ciudades como grandes como Riobamba o Ventanas. En adición, en un estudio realizado en la provincia de Manabí, se identificó que las comunidades Balsa en Medio y Severino están expuestas a riesgos sanitarios debido a la contaminación biológica (Lucas y Carreño, 2018).

En Manabí, Quiroz *et al.* (2018) determinaron que el agua del río Portoviejo es de mala calidad, lo que implica altos costos de tratamiento. Adicionalmente, Intriago y Quiroz (2021) indican que la cuenca del río Portoviejo tiene una calificación de calidad de agua que oscila entre media y mala según el índice de la National Sanitation Foundation (NSF) Internacional. Esta situación se debe a los vertidos clandestinos de aguas residuales en el río.

A pesar de las investigaciones previamente mencionadas y del interés de realizar estos monitoreos por el bienestar público, en la provincia de Manabí no se han planteado estudios directamente en el agua de uso humano. En consecuencia, surge la necesidad de evaluar la calidad del agua potable distribuida desde los puntos de bombeo en una zona de la provincia de Manabí y comparar estos resultados con las normativas nacionales.

Se plantea como objetivo caracterizar los parámetros físicos, químicos y microbiológicos establecidos en la Norma INEN para el análisis de la calidad del agua potable de los puntos de bombeo pertenecientes a la zona central de la provincia de Manabí.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio fue de tipo descriptivo dado que se describe la calidad de agua potable distribuida desde los puntos de bombeo en una zona de la provincia de Manabí debido a su importancia en la salud de los pobladores.

En cada uno de los puntos de bombeo se recolectó las muestras considerando tres réplicas según la Norma Técnica Ecuatoriana. El Instituto Ecuatoriano de Normalización (NTE INEN) 1108:2020.

La norma mencionada, indica los requisitos para evaluar el agua potable destinada al consumo humano que se describen en la Cuadro 1 (INEN, 2020). Posteriormente, se emplearon los Métodos Normalizados para el Agua Potable y Residual (Standard Methods) como sugiere la documentación nacional. Para la cuantificación de estos parámetros, se utilizaron métodos estadísticos tales como media, desviación estándar, coeficiente de variación con el sistema SPSS Statistics 26.

Cuadro 1. Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos para el agua potable

Parámetro	Unidad	Límite máximo permitido	Equipo utilizado	Marca	Modelo	Normativa utilizada
Color aparente	Pt-Co	15	Espectrofotómetro HACH DR 5000	Persee	T6U-UV-VIS	Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 970
Turbiedad o turbidez	NTU	5	Turbidímetro LaMotte 2020Wi	Hach	2100Q	Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 971
pH	Unidades de pH	6,5-8,0	Multiparámetro calibrado	Hanna	HI98194	Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 973
Arsénico	mg/L	0,01	Espectrofotómetro Thermo Icap 6000	Persee	T6U-UV-VIS	Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 980
Cadmio	mg/L	0,003	Espectrofotómetro Thermo Icap 6000	Persee	T6U-UV-VIS	Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 982
Cloro libre residual	mg/L	0,3-1,5	Colorímetro digital HANNAN H1701	Hannan	H1701	Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 976
Cobre	mg/L	2,0	Espectrofotómetro Thermo Icap 6000	Persee	T6U-UV-VIS	Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 984
Cromo	mg/L	0,05	Espectrofotómetro Thermo Icap 6000	Persee	T6U-UV-VIS	Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 983
Fluoruro	mg/L	1,5	Espectrofotómetro HACH DR 5000	Persee	T6U-UV-VIS	Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 985
Mercurio	mg/L	0,006	Espectrofotómetro Thermo Icap 6000	Persee	T6U-UV-VIS	Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 985
Nitratos	mg/L	50,0	Espectrofotómetro UV-Vis GENESIS™ 180	Persee	T6U-UV-VIS	Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 979
Nitritos	mg/L	3,0	Espectrofotómetro UV-Vis GENESIS™ 180	Persee	T6U-UV-VIS	Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 979
Plomo	mg/L	0,01	Espectrofotómetro Thermo Icap 6000	Persee	T6U-UV-VIS	Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 979
Coliformes fecales	Número/100 mL	Ausencia	Filtrado con membrana ColiBlue24	Cimarec 2	Termolyne	ISO 7875-1
Cryptosporidium	Número de ooquistes/L	Ausencia	Filtrado con membrana	Cimarec 2	Termolyne	ISO 5667-8
<i>Giardia sp</i>	Número de quistes/L	Ausencia	Filtrado con membrana	Cimarec 2	Termolyne	ISO 7875-2

Fuente: Standard Methods (Baird *et al.*, 2017)

El tipo de envase empleado fueron botellas de vidrio color ámbar con capacidad de 1L previamente esterilizadas; cada botella se llenó del agua obtenida en los puntos de bombeo y se transportaron al laboratorio con un tiempo máximo de 60 minutos a una temperatura de 10 °C. Para la toma de muestra, se aplicaron los procedimientos establecidos en la NTE INEN ISO 5667-3.

Para evaluar el color, se consideró el color aparente mediante la utilización del espectrofotómetro y los materiales disueltos en la suspensión de agua según los Standard Methods. Para medir la turbidez se utilizó un turbidímetro previamente calibrado verificando la intensidad de la luz dispersada por la suspensión. Para la toma de datos de pH, se empleó un multiparámetro calibrado previamente y se realizó el lavado de los electrodos con agua destilada.

En el análisis del cloro residual, se empleó un colorímetro digital previamente calibrado. Para determinar los fluoruros, se recurrió a un espectrofotómetro ajustado previamente en su longitud de detección. En el caso de los nitratos y nitritos, se usó un Espectrofotómetro UV-Vis, realizando igualmente el barrido para los nitritos. Con el propósito de determinar arsénico, cadmio, cobre, cromo, mercurio y plomo, se utilizó un espectrofotómetro de absorción atómica, calibrado con sus respectivas curvas según los Métodos Normalizados para el Agua Potable y Residual.

Finalmente, para el análisis de los coliformes totales se utilizó el método de filtrado con membrana y medio de cultivo m-ColiBlue24 para calcular la poblacional de colonias, de acuerdo al método 9222 de los Métodos Normalizados para evaluar la calidad sanitaria del agua. Asimismo, el análisis de *Cryptosporidium* y *Giardia sp* se realizó mediante la observación directa bajo el microscopio utilizando el método por concentración o técnica de Ritchie (centrifugación con formol-éter).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Según los datos obtenidos en el cuadro 2 y gráfico 1, se puede mostrar que el análisis físico-químico de los puntos de bombeo evaluados, el agua potable cumple con el límite permitido con respecto al color que es 15 Pt-Co. Según el cuadro 3, la media obtenida de los resultados del color es de 13 Pt-Co. Una desviación estándar de 1,41 sugiere una dispersión moderada de los datos alrededor de esta media. El coeficiente de variación del 10,88% indica que la variabilidad relativa de los resultados es bastante baja. Esto sugiere que, aunque hay algunas diferencias en las mediciones de color entre los puntos de bombeo, estas diferencias son relativamente pequeñas y los valores son consistentes alrededor de la media.

Cuadro 2. Resultados del color de los puntos de bombeo

Puntos de bombeo	Pt-Co obtenido	Pt-Co Máximo
Punto A	14 Pt-Co	15 Pt-Co Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 970
Punto B	13 Pt-Co	
Punto C	11 Pt-Co	
Punto D	14 Pt-Co	
Puntos de bombeo	NTU obtenido	NTU Máximo
Punto A	1,80	NTU 5 Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 971
Punto B	1,80	
Punto C	2,04	
Punto D	2,44	
Puntos de bombeo	pH obtenido	pH Máximo
Punto A	7,72	6,5-8,0 Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 973
Punto B	7,72	
Punto C	7,66	
Punto D	7,70	

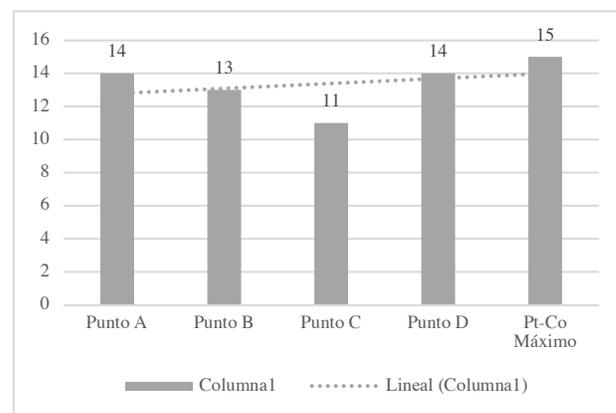


Gráfico 1. Resultados del color de los puntos de bombeo

Cuadro 3. Resultados del color

Media	Desviación Estándar	Coficiente Variación
13	1,41	10,88

Los resultados de esta investigación contrarrestan los de Mancheno y Ramos (2015); el color debe ser eliminado del agua para poder ser utilizada. En este estudio el color supera el límite máximo (20 Pt-Co) establecido en la Normativa vigente, por lo cual se deben tomar medidas de remoción de color en aquellas que se incumple el valor normado.

Sánchez (2022), en su estudio indica que no se cumplen con los parámetros establecidos por la normativa de agua potable, ya que el valor es de 25 Pt-Co; es decir, por encima del parámetro máximo, lo que puede provocar enfermedades en la población que la consume.

Los valores del presente estudio difieren con los de Pineda (2022), puesto que este autor indica que los valores del análisis de color del agua potable están por encima del valor estándar; es decir, entre 16 - 17 Pt-Co, por lo que no cumple con el límite permisible, afectando la calidad del agua debido a la presencia de hierro y otros metales.

No obstante, es importante considerar el color del agua, ya que puede ser un indicador de diversos contaminantes. Por ejemplo, ciertos hongos pueden liberar pigmentos y metabolitos al agua, alterando su coloración. Asimismo, residuos de heces fecales, óxidos y otros contaminantes también pueden influir en el tono del agua. De esta manera, el análisis del color se convierte en una herramienta esencial para detectar la presencia de estos contaminantes. Si los puntos de bombeo superan los límites establecidos por la INEN 1108 en relación al color, es una señal de que el agua podría no ser segura para el consumo humano.

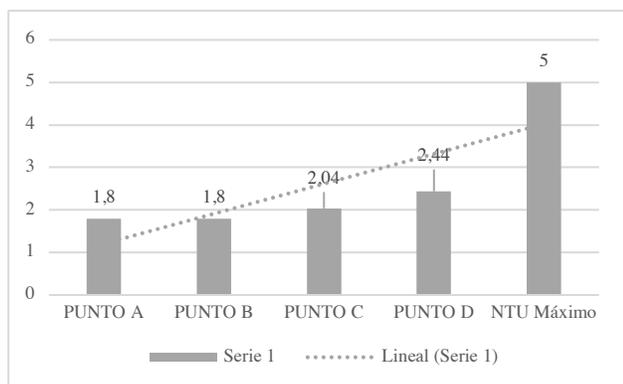


Gráfico 2. Resultados de la turbidez de los puntos de bombeo.

Cuadro 4. Resultados de la turbidez de los puntos de bombeo

Media	Desviación Estándar	Coefficiente Variación
2,02	0,26	12,95

Por otro lado, en el cuadro 2 y gráfico 2 se puede observar que con base en la NTE INEN 971, la turbidez debe estar en el rango de 5 NTU, por tanto, los resultados en los puntos de bombeo A, B, C y D, se encuentran dentro del rango límite; es decir, que no sobrepasan el rango permitido. Estos resultados poseen cierta semejanza a los obtenidos por González (2019), el cual evaluó la calidad de agua captada para el abastecimiento a la ciudad de Baños de Agua Santa de Ecuador (Nahuaso, Nahuaso 2 y San Antonio de Puntzan), mediante el ICA-NSF. Los valores promedio de turbidez obtenidos a partir de los análisis fisicoquímicos fueron de 1,5 NTU (Nahuaso), 0,26 NTU (Nahuaso 2) y 0,51 NTU (San Antonio de Puntzan), los mismos que no sobrepasan los límites máximos permisibles tanto del TULSMA como de la NTE INEN 1108.

Con referencia a lo antes expuesto, en el estudio de Escandón y Cáceres (2022), los valores de turbidez aumentan de acuerdo a las estaciones y es más notorio en la época lluviosa que se registra 4,82 NTU, mientras que en la época seca 2,54 NTU. Este aumento se debe al material arrastrado por los efectos de escorrentía; a pesar

de ello, los valores no sobrepasan el valor límite permisible.

De manera similar el estudio de Mancheno y Ramos (2015) sobre la evaluación de la calidad del agua indican que el parámetro de turbidez superó el valor máximo (10 NTU) establecido en la Normativa Nacional Vigente, debiéndose implementar unidades de remoción de turbidez, como nuevos sedimentadores.

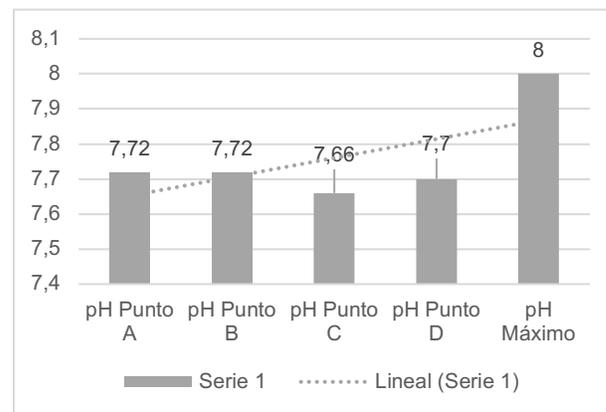


Gráfico 3. Resultados del pH de los puntos de bombeo.

Cuadro 5. Resultados del pH

Media	Desviación Estándar	Coefficiente Variación
7,70	0,03	0,37

Asimismo, en el cuadro 2 y gráfico 3, se destaca que el límite permitido de unidades de pH, estuvo en un rango de 6,5 – 8,0; por ello, los resultados obtenidos de los puntos de bombeo estuvieron dentro de la normativa. En el cuadro 5, se muestra que la media obtenida en el pH de los puntos de bombeo fue de 7,70 cuya desviación estándar fue de 0,03 y el coeficiente de variación de 0,37.

Con referencia a lo antes expuesto, en el estudio de Gutiérrez y Torres (2013), se contrarrestan estos datos, dado que se obtuvo como resultado que: Los valores de pH del agua de salida respecto al agua de entrada disminuyeron en la red de distribución de EMAPAL, mientras que en las redes de PI y FISE disminuyeron el 7,20 y el 7,10 respectivamente. La disminución del pH en el agua de salida puede deberse al tratamiento al que ha sido sometido en las plantas. Los valores promedio de pH obtenidos del agua de salida cumplen con el requisito establecido en la NTE INEN 1108:11. (p.65).

En la investigación de Escandón y Cáceres (2022), se observa que el pH promedio en la época lluviosa es 7,38 y en la época seca es 7,41; por lo tanto, el pH es neutro en las seis estaciones; es decir, que mantiene las condiciones adecuadas para el desarrollo de la vida debido a que se encuentra dentro del rango establecido por la normativa.

Estos resultados son semejantes a los obtenidos por Mancheno y Ramos (2015), donde indican que el pH se

encuentra dentro del rango (6-9) establecido en la Normativa Nacional Vigente, debido a que no existe contacto del agua con sustancias ácidas o básicas que modifiquen su composición respecto a este parámetro.

Cuadro 6. Resultados de metales

Parámetro	Valor promedio				Normativa NTE INEN 1108:2020
	Punto A	Punto B	Punto C	Punto D	
Hg**	0,0049	0,0034	0,0024	0,0027	- 0,006
Ar	0,0043	0,0032	0,0040	0,0030	- 0,01
Cd	0,0026	0,0064	0,0013	0,0054	- 0,003
Cu	A*	A	A	A	- 2,0
Cr	A	A	A	A	- 0,05
Pb	0,0031	0,0039	0,0030	0,0032	- 0,01

A*: ausencia

** :mg/L

Brito *et al.* (2022) resaltan que la contaminación de fuentes hídricas por metales pesados es uno de los problemas ambientales más críticos, dada su toxicidad en el agua de los ríos. Metales como el mercurio (Hg), arsénico (As), cromo (Cr), plomo (Pb), cadmio (Cd), níquel (Ni) y zinc (Zn) tienen significativa importancia toxicológica. Al interactuar con humanos, pueden causar afecciones cancerígenas, mutagénicas y teratogénicas.

Analizando el cuadro 6, todos los puntos de bombeo evaluados cumplen con la normativa INEN 1108 respecto a los metales pesados. Sin embargo, el estudio referido anteriormente identificó una contaminación por plomo superior a la concentración permitida de 0,001 mg/l. Los datos reflejan concentraciones de plomo que varían entre 0,0031 y 0,0039 mg/l, lo que está en concordancia con las preocupaciones los autores y sugiere contaminación posiblemente derivada de minería ilegal y falta de tratamiento de aguas residuales.

Por otro lado, Cusiche *et al.* (2021) detectaron concentraciones de plomo (0,002 mg/l), cadmio (0,003 mg/l) y arsénico (0,002 mg/l) en el agua, que, aunque dentro de los límites permitidos por la normativa peruana, representan un riesgo debido a su acumulación en órganos como riñón y hígado. Estos hallazgos respaldan nuestros resultados, subrayando la importancia de la vigilancia en la calidad del agua.

Santos (2022) reportó excedencias en los niveles de cromo y plomo según la norma INEN 1108, posiblemente debido a la oxidación en los tanques de tratamiento. Londoño (2016) enfatizó en los riesgos a la salud asociados con la exposición a metales pesados, que pueden causar desde enfermedades crónicas hasta la muerte.

En conjunto, estos hallazgos y comparaciones subrayan la importancia de monitorear y controlar la presencia de metales pesados en las fuentes de agua para proteger la salud pública.

Cuadro 7. Resultados de otros parámetros físicos

Parámetro	Resultado promedio				Normativa NTE INEN 1108:2020
	Punto A	Punto B	Punto C	Punto D	
Fluoruro	0,18*	0,25	0,27	0,42	1,5
Cloro libre residual	0,76	0,77	0,76	0,69	0,3 - 1,5
Nitritos	0,08	0,08	0,08	0,08	3,0
Nitratos	3,30	3,24	3,24	3,44	50,0

*mg/l

Según los datos obtenidos en el cuadro 7, se observa que los análisis fisicoquímicos de los puntos de bombeo evaluados, el agua potable cumple con los límites permitidos con respecto a la NTE INEN 1108:2020.

Los resultados de esta investigación, guardan relación con el estudio de Fernández y Tuso (2020) sobre el tratamiento de agua potable para la población de Mulaló, provincia de Cotopaxi, donde se obtuvo un valor de nitratos de 2 y nitrito de 0,007, por lo que se encuentran dentro del límite máximo permisible.

En este estudio, el fluoruro se encuentra dentro de los límites permisibles por la normativa del agua potables. A diferencia del estudio de Santos (2022) donde el parámetro fluoruro supera (>25mg/L); el límite permisible establecido por la norma INEN 1108 (1,5 mg/l). Este parámetro posee un nivel de riesgo intermedio para el consumo humano, por lo que se recomienda la aplicación de un protocolo de atención a los problemas de calidad de agua por contaminación química en el que se consideren inspecciones ordinarias dentro de la planta potabilizadora.

El fluoruro, puede ser perjudicial para la salud. La principal afectación que puede causar el consumo excesivo de este compuesto es sobre el sistema óseo, causando fluorosis esquelética, la cual es una discapacidad invalidante (Boischio, 2019).

Los resultados de este trabajo, contrarrestan con los del estudio de Santos (2022), donde el cadmio y el plomo afectan funciones endócrinas mediante el bloque de acuaporinas y la interferencia con las funciones esenciales de cationes como el magnesio y el zinc.

En el presente estudio, el cloro residual estuvo dentro de los parámetros establecidos del proceso de potabilización del agua. De acuerdo con Chica y Chimborazo (2020), el cloro libre residual tiene un valor de 0,3 mg/L, que llega al mínimo establecido. Los resultados obtenidos de cloro libre residual indican que el proceso de caseta de cloración (ubicada en la zona alta en la comunidad Rural Sisid Anejo) no es adecuado ni eficiente, debido a las bajas concentraciones de cloro libre desde la planta de tratamiento hasta los diferentes puntos.

En función de lo expuesto, Panta (2021) encontró resultados similares en su estudio realizado en la Urbanización Beata Mercedes Molina, provincia del Guayas, el cual demostró valores prácticamente nulos de cloro libre desde el punto de tratamiento hacia su distribución.

Asimismo, el Ministerio de Salud (2020), afirma que el agua para consumo humano debe ser inocua; es decir, que su consumo, no debe ocasionar ningún riesgo para la salud. Esta debe ser adecuada para todos los usos domésticos habituales, incluida la higiene personal. Las personas pueden ser más o menos vulnerables en las distintas etapas de su vida, es así que, las personas que presentan mayor riesgo de contraer enfermedades transmitidas por el agua son los lactantes y los niños de corta edad, las personas debilitadas o que viven en condiciones antihigiénicas y los ancianos.

Cuadro 8. Resultados de *Cryptosporidium* y *Giardia*

Parámetro	Resultado promedio			
	Punto A	Punto B	Punto C	Punto D
<i>Giardia</i>	A*	A	A	A
<i>Cryptosporidium</i>	A	A	A	A

A*: ausencia

En este estudio, no hubo presencia de *Cryptosporidium* y *Giardia* en los puntos de bombeo como se muestra en el cuadro 8. Estos resultados tienen similitud con el de Poveda y Sánchez (2022), donde se realizó un análisis microbiológico de agua potable según la norma INEN 1108:2020 de dos sectores del cantón Durán - provincia del Guayas, en donde cinco puntos de muestreo, las bacterias de *Cryptosporidium* y *Giardia* revelan ausencia.

La presencia de *Cryptosporidium* y *Giardia* en el agua potable puede traer graves consecuencias para la salud. Ambos organismos son parásitos intestinales que pueden causar enfermedades gastrointestinales en los seres humanos. Cuando se ingieren, pueden causar síntomas como diarrea, dolor abdominal, náuseas, vómitos, fiebre y deshidratación. Estos síntomas pueden ser especialmente graves en personas con sistemas inmunológicos debilitados, como los ancianos, los niños pequeños y las personas con enfermedades crónicas.

Cuadro 9. Resultados de coliformes fecales

Puntos de Bombeo	Coliformes fecales			Media	Normativa
	Semana 1	Semana 2	Semana 3		
Punto A	51,67	48,33	48,67	49.56	Número/ 100 mL Ausencia
Punto B	53,67	52,33	57,00	54.33	
Punto C	62,67	64,33	65,00	64	
Punto D	50,00	47,33	48,67	48.67	

En este estudio, se puede observar que no se cumple la normativa de la calidad de agua potable debido que en los

distintos puntos evaluados, los valores sobrepasan el límite permitido según la normativa (ausencia) mostrados en el cuadro 9. Cabe resaltar que estas tomas se analizaron en diferentes instantes de tiempo.

Por otro lado, si no se cumple con la normativa vigente para la calidad del agua esto puede causar enfermedades que afectan a la salud. Dicha regulación manifiesta que el agua de mala calidad es un vehículo transmisor de enfermedades debido a que puede contener microorganismos patógenos o sustancias, que, al ser ingeridas, causan algún daño en el organismo y pueden provocar cuadros de ascariosis, fiebre tifoidea, botulismo, cólera, disentería, teniasis, la cisticercosis, entre otras.

Cuadro 10. Datos estadísticos descriptivos

	Media	Desviación	N
Punto A	49,56	3,504	9
Punto B	55,33	3,122	9
Punto C	63,67	2,062	9
Punto D	48,67	2,958	9

Cuadro 11. Correlaciones de puntos

	Punto A	Punto B	Punto C	Punto D	
Punto A	Correlación de Pearson	1	-,065	-,404	-,342
	Sig. (bilateral)		,869	,281	,368
	Suma de cuadrados y productos vectoriales	98,222	-5,667	23,333	28,333
	Covarianza	12,278	-,708	-2,917	-3,542
	N	9	9	9	9
Punto B	Correlación de Pearson	-,065	1	,563	-,352
	Sig. (bilateral)	,869		,114	,353
	Suma de cuadrados y productos vectoriales	-5,667	78,000	29,000	26,000
	Covarianza	-,708	9,750	3,625	-3,250
	N	9	9	9	9
Punto C	Correlación de Pearson	-,404	,563	1	-,410
	Sig. (bilateral)	,281	,114		,273
	Suma de cuadrados y productos vectoriales	23,333	29,000	34,000	20,000
	Covarianza	-2,917	3,625	4,250	-2,500
	N	9	9	9	9
Punto D	Correlación de Pearson	-,342	-,352	-,410	1
	Sig. (bilateral)	,368	,353	,273	
	Suma de cuadrados y productos vectoriales	28,333	26,000	20,000	70,000
	Covarianza	-3,542	-3,250	-2,500	8,750
	N	9	9	9	9

De acuerdo al criterio de Hernández et al. (2018), el coeficiente de Pearson menciona en qué grado los sujetos tienen un mismo orden en dos variables; dicho esto, con

base en el muestreo realizado para coliformes fecales (cuyo recuento fue bajo el método Filtrado con membrana ColiBlue24), se reveló que existe una correlación muy fuerte entre el Punto A y el Punto B; esto quiere decir que los datos se asemejan entre sí. Por el contrario, el Punto C y D tienen una correlación muy débil de acuerdo a los datos calculados en el SPSS Statistics 26.

Este estudio tiene comparación con el realizado por García (2020), donde el agua potable se encuentra contaminada por coliformes fecales, los cuales están en altas concentraciones, con un promedio de 8 UFC/100 mL. Asimismo, el estudio de Escandón y Cáceres (2022), demuestra que los coliformes fecales estuvieron presentes solo en las dos últimas estaciones con un promedio de 7 NMP/100 ml y 6 NMP/100 ml en la época lluviosa y seca; esta concentración, se debe a que en la estación E005 y E006 es una zona poblada.

CONCLUSIONES

El análisis realizado sobre la calidad del agua potable muestra que esta cumple con las normativas vigentes en aspectos clave como el color, la turbidez y el pH. Se encontró que los valores de color estaban por debajo del límite de 15 Pt-Co, la turbidez no superó 5 NTU, y el pH se mantuvo en un rango aceptable de 6.5 a 8.0. Además, en cuanto a otros parámetros fisicoquímicos, los niveles de fluoruro estuvieron dentro de los límites seguros. Aunque los niveles de nitritos y nitratos también se encontraron dentro de los rangos aceptables, los niveles de nitratos se acercaron al límite máximo permitido, lo que sugiere la necesidad de vigilancia continua. Por otro lado, las muestras estudiadas mostraron una ausencia de metales pesados y de parásitos como *Giardia* y *Cryptosporidium*, lo cual es indicativo de la no contaminación del agua con estos elementos nocivos. Sin embargo, un hallazgo preocupante fue la presencia significativa de coliformes fecales, especialmente entre los puntos de muestreo A y B, superando los límites permitidos y señalando una posible contaminación del agua. Esto representa un riesgo para la salud pública y subraya la importancia de implementar estrategias de control y monitoreo para asegurar la calidad del agua. En general, aunque el agua cumple con varios estándares de calidad, la presencia de coliformes fecales y los niveles cercanos al límite de nitratos requieren atención y acciones correctivas para garantizar la seguridad del suministro de agua.

LITERATURA CITADA

Alzahrani, F., Collins, A. R., & Erfanian, E. 2020. Drinking water quality impacts on health care expenditures in the United States. *Water Resources and Economics*, 32:100162. <https://doi.org/10.1016/j.wre.2020.100162>

- Arellano, A. y Lindao, V. 2019. Efectos de la gestión y la calidad del agua potable en el consumo del agua embotellada. *Revista Digital Novasinergia*, 2(1):15-23. <https://doi.org/10.37135/unach.ns.001.03.02>
- Baird, R., Rice, E. W., & Eaton, A. D. 2017. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. American Public Health Association.
- Boischio, A. 2019. Flúor en el agua de consumo. Obtenido de OPS y OMS. https://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=8193:2013-fluor-agua-consumo&Itemid=39798&lang=es
- Brito, M., Méndez, P., Alvarado, R., & Cazorla, X. 2022. Evaluación de la contaminación por metales pesados del Río Cuchipamba, Morona Santiago. *Polo del Conocimiento*, 7(7):1987-2013.
- Celis, M. Y. D., González, L. M. D., Macanal, P. E., & Carrero, S. H. S. 2018. Índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano en zonas urbanas del departamento de Boyacá, Colombia 2004-2013. *Facultad Nacional de Salud Pública: El escenario para la salud pública desde la ciencia*, 36(3 (septiembre-diciembre)), 101-109. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7017045>
- Chica, E. y Chimborazo, S. 2020. Control de Calidad Física Química y Microbiológica del agua potable de la Comunidad Rural Sisid Anejo, Parroquia Ingapirca, Provincia del Cañar. [Tesis de Grado, Universidad de Cuenca]. <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/34618/1/Trabajo%20de%20titulaci%C3%B3n.pdf>
- Cusiche, L., Espinoza, C., & Espinoza, G. 2021. Determinación de metales pesados en agua para consumo humano de la ciudad de Junín. *Prospectiva Universitaria*, 18(1):51-56. <https://revistas.uncp.edu.pe/index.php/prospectiva/article/download/1416/1597/3495>
- Delpa, I., Proulx, F., & Rodríguez, M. J. 2020. A methodology to prioritize spatio-temporal monitoring of drinking water quality considering population vulnerability. *Journal of Environmental Management*, 255:109869. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479719315877?via%3Dihub>
- Ding, X., Dong, X., Hou, B., Fan, G., & Zhang, X. 2021. Visual platform for water quality prediction and pre-warning of drinking water source area in the Three Gorges Reservoir Area. *Journal of Cleaner Production*, 309:127398. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127398>
- Epitia, N. 2019. Análisis de calidad de agua potable con relación a sus parámetros fisicoquímicos, biológicos

- y crecimiento de Lemna minor en la estancia de Lurín, Lima 2015-2016. [Tesis de posgrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. <http://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/10715>
- Escandón, C. y Cáceres, M. 2022. Análisis de la calidad del agua mediante parámetros fisicoquímicos y macroinvertebrados bentónicos, presentes en la microcuenca del Río San Franciscogualaceo. [Tesis de Grado, Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca]. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/21649/1/UPS-CT009509.pdf>
- Fernández, G. y Tusó, W. 2020. Diseño de una planta de tratamiento de agua potable para la población de Mulaló, provincia de Cotopaxi. [Tesis de Grado, Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito]. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/19175/1/UPS%20-%20TTS116.pdf>
- García, A. 2020. Evaluación de contaminación microbiológica (coliformes totales, Escherichia coli y enterococos) en Bahía Magdalena, Baja California Sur, México. [Tesis de Maestría, Instituto Politécnico Nacional]. <https://www.repositoriodigital.ipn.mx/bitstream/123456789/26258/1/garciarod1.pdf>
- García-Ávila, F., Ramos- Fernández, L., Pauta, D., & Quezada, D. 2018. Evaluation of water quality and stability in the drinking water distribution network in the Azogues city, Ecuador. Data in Brief, 18:111-123. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2018.03.007>
- González, A. 2019. Evaluación de la Calidad de Agua captada para el abastecimiento a la ciudad de Baños de Agua Santa mediante el ICA-NSF. [Tesis de Grado, Universidad Central del Ecuador]. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/18145/1/T-UCE-0012-FIG-091.pdf>
- Gutiérrez, D y Torres, M. 2013. Estudio comparativo y estadístico de la calidad del agua potable en las redes de distribución de la parroquia Guapán del cantón Azogues. [Tesis de Grado, Universidad de Cuenca]. <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/4750/3/TESIS.pdf>
- Hernández, J., Espinosa, J., Peñaloza, M., Rodríguez, J., Chacón, J., Toloza, C., Arenas, M., Carillo, S. y Bermúdez, V. 2018. Sobre el uso adecuado del coeficiente de correlación de Pearson: definición, propiedades y suposiciones. Archivos Venezolanos de Farmacología y Terapéutica, 37(5):1-9.
- INEN. 2020. NTE INEN 1108 (Norma Técnica Ecuatoriana N.o 1108). Servicio Ecuatoriano de Normalización.
- Intriago, J., & Quiroz, L. 2021. Calidad del agua de la cuenca media del río Portoviejo. Estrategias para mitigar la contaminación. Polo del Conocimiento: Revista científico - profesional, 6(6):1172-1195. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8016977>
- Londoño, F. 2016. Los riesgos de los metales pesados. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, 14(2): 145-153. DOI:10.18684/BSAA(14)145-153
- Lucas, L. y Carreño, Á. 2018. Calidad de agua de consumo humano en las comunidades balsa en medio, Julián y Severino de la microcuenca Carrizal, Ecuador. Revista del Instituto de investigación de la Facultad de Minas, Metalurgia y Ciencias Geográficas, 21(42):39-46. <https://doi.org/10.15381/iigeo.v21i42.15785>
- Mancheno, G. y Ramos, C. 2015. Evaluación de la calidad del agua en la quebrada Huarmiyacu del Cantón Urcuqui, Provincia de Imbabura para el prediseño de la planta de potabilización de agua para consumo humano de las poblaciones de San Blas y Urcuqui. [Tesis de Grado, Universidad Escuela Politécnica Nacional]. <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/9219/3/CD-6112.pdf>
- Ministerio de Salud Pública. 2020. *Guía de Agua Segura*. <https://www.salud.gob.ec/wp-content/uploads/2020/12/Guia-Agua-Segura.pdf>
- Ondieki, J. K., Akunga, D. N., Warutere, P. N., & Kenyana, O. 2021. Bacteriological and physico-chemical quality of household drinking water in Kisii Town, Kisii County, Kenya. Heliyon, 7(5):e06937. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06937>
- Olaya, A., Rodríguez Delgado, M. C., & Rodas Sánchez, J. C. 2019. Algunos factores de riesgo asociados a la calidad del agua potable, municipio Dosquebradas. 2017-2018.
- Panta, K. 2021. Evaluación de la calidad del agua potable mediante las características físico químicas y microbiológicas desde abril a junio del 2021. [Tesis de Grado, Universidad Agraria del Ecuador]. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/PANTA%20OELLO%20KLEBER%20AARON.pdf>
- Pazmiño, J. 2021. Prevalencia de enfermedades transmitidas por consumo de agua insegura en el sector de Pianguapi. [Tesis de Grado, Pontificada Universidad Católica del Ecuador, Esmeraldas.]. <https://repositorio.pucese.edu.ec/bitstream/123456789/2767/1/Pasmi%c3%b1o%20Garc%c3%ada%20Jenyffer%20Jeannine.pdf>

- Pineda, V. 2022. Estudio de la calidad del agua potable en barrios del sector de la curva de la parroquia Puerto Bolívar, 2021. [Tesis de Grado, Universidad Técnica de Manabí]. http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/18627/1/T-27501_PINEDA%20ENCALADA%20VIVIANA%20SOLANGE.pdf
- Poveda, N., & Sánchez, K. 2022. Análisis microbiológico de agua potable según la Norma INEM 1108:2020 de dos sectores del Cantón Durán - Provincia del Guayas. [Tesis de Grado, Universidad de Guayaquil]. <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/65582/1/BCIEQ-T-%200837%20Poveda%20C%C3%A1rdenas%20Nathaly%20Leonor%3B%20S%C3%A1nchez%20Baidal%20Karla%20Eloisa.PDF>
- Quiroz, L., Ortiz, E., & Moreno, I. 2018. Impacto socio ambiental de la calidad del agua del río Portoviejo en el período 2014-2017. *RECUS: Revista Electrónica Cooperación Universidad Sociedad*, 3(2):34-36. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6719906>
- Radford, M., Soleimani, H., Azhdarpoor, A., Faraji, H., & Mahvi, A. H. 2018. Dataset on assessment of physical and chemical quality of groundwater in rural drinking water, west Azerbaijan Province in Iran. *Data in Brief*, 21:556-561. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2018.09.078>
- Rocha-Melogno, L., Yoo, R., Broesicke, O., Kallergis, A., García, J., Herbas, E., Torrez-Daza, A., Johnson, A., Boey, D., Beard, V., Frisbie, S. H., Murcott, S., & Brown, J. 2019. Rapid drinking water safety estimation in cities: Piloting a globally scalable method in Cochabamba, Bolivia. *Science of The Total Environment*, 654:1132-1145. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.11.119>
- Sánchez, N. 2022. Diseño de un filtro para el tratamiento de aguas de aljibe en la vereda sucre occidental en Chiquinquirá. [Tesis de Grado, Fundación Universidad de América]. <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/8832/4/6182507-2022-1-IQ.pdf>
- Santos, A. 2022. Evaluación de calidad físico-química y biológica del agua potable de la ciudadela san miguel, Cantón Montalvo-Provincia de los Ríos. [Tesis de Grado, Universidad Agraria Del Ecuador]. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/SANTOS%20NCHUNDIA%20ROSSANA%20MERCEDES.pdf>
- Van den Berg, H. H. J. L., Friederichs, L., Versteegh, J. F. M., Smeets, P. W. M. H., & de Roda Husman, A. M. 2019. How current risk assessment and risk management methods for drinking water in The Netherlands cover the WHO water safety plan approach. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 222(7):1030-1037. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2019.07.003>