

## Evaluación de la eficiencia de la planta potabilizadora del sitio El Paraíso, cantón Bolívar, provincia de Manabí

Evaluation of the efficiency of the water treatment plant at El Paraíso, Bolívar district, Manabí province

Avaliação da eficiência da estação de tratamento de água do local El Paraíso, cantão de Bolívar, província de Manabí

Recibido: 04/09/2025 | Revisado: 11/09/2025 | Aceptado: 11/09/2025 | Publicado: 12/09/2025

**José Balderramo**

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-9345-8226>  
Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí “Manuel Félix López”. Ingeniería Ambiental, Ecuador  
E-mail: jose.balderramo.41@espm.edu.ec

**Marcos Vera**

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-9630-1543>  
Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí “Manuel Félix López”. Ingeniería Ambiental, Ecuador  
E-mail: mjvera@espm.edu.ec

**José Giler**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7338-1559>  
Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí “Manuel Félix López”. Ingeniería Ambiental, Ecuador  
E-mail: jose.giler@espm.edu.ec

### Resumen

El objetivo de esta investigación fue evaluar la eficiencia de la planta de tratamiento de agua potable (PTAP) en El Paraíso, cantón Bolívar, Manabí, verificando si el agua tratada cumple con los estándares de calidad de la norma ecuatoriana NTE INEN 1108 para su consumo humano. Se adoptó un diseño no experimental, cuantitativo y descriptivo. Se analizaron parámetros fisicoquímicos (pH, turbidez, nitritos, nitratos, cloro libre residual) y microbiológicos (coliformes fecales) en cuatro muestras de agua (dos en época seca y dos en lluviosa). Las pruebas se realizaron con técnicas estandarizadas como potenciómetría, espectrofotometría, colorimetría y NMP, comparando los resultados con la norma NTE INEN 1108 mediante métodos analítico-sintético e inductivo-deductivo. Los análisis mostraron que el agua tratada cumple con los estándares de pH, turbidez, nitritos, nitratos y ausencia de coliformes fecales en ambas épocas. No obstante, la ausencia de cloro libre residual reveló una debilidad en la etapa de desinfección. La PTAP de El Paraíso es eficiente en la remoción de contaminantes, pero requiere ajustes en la dosificación de cloro para evitar riesgos de contaminación secundaria. Los resultados confirman la calidad del agua para consumo humano y proponen mejoras para alinearse con el ODS 6.

**Palabras clave:** Agua Potable; Planta de Tratamiento; Calidad de Agua; NTE INEN 1108.

### Abstract

The objective of this research was to evaluate the efficiency of the drinking water treatment plant (PTAP) in El Paraíso, Bolívar canton, Manabí, verifying whether the treated water complies with the quality standards of Ecuadorian standard NTE INEN 1108 for human consumption. A non-experimental, quantitative, and descriptive design was adopted. Physicochemical parameters (pH, turbidity, nitrites, nitrates, free residual chlorine) and microbiological parameters (fecal coliforms) were analyzed in four water samples (two in the dry season and two in the rainy season). The tests were performed using standardized techniques such as potentiometry, spectrophotometry, colorimetry, and NMP, comparing the results with the NTE INEN 1108 standard using analytical-synthetic and inductive-deductive methods. The analyses showed that the treated water complies with the standards for pH, turbidity, nitrites, nitrates, and absence of fecal coliforms in both seasons. However, the absence of free residual chlorine revealed a weakness in the disinfection stage. The El Paraíso PTAP is efficient in removing contaminants, but requires adjustments in chlorine dosing to avoid risks of secondary contamination. The results confirm the quality of the water for human consumption and propose improvements to align with ODS 6.

**Keywords:** Drinking Water; Treatment Plant; Water Quality; NTE INEN 1108.

### Resumo

O objetivo desta investigação foi avaliar a eficiência da estação de tratamento de água potável (PTAP) em El Paraíso, cantão Bolívar, Manabí, verificando se a água tratada cumpre as normas de qualidade da norma equatoriana NTE

INEN 1108 para consumo humano. Foi adotado um desenho não experimental, quantitativo e descritivo. Foram analisados parâmetros físico-químicos (pH, turbidez, nitritos, nitratos, cloro residual livre) e microbiológicos (coliformes fecais) em quatro amostras de água (duas na estação seca e duas na estação chuvosa). Os testes foram realizados com técnicas padronizadas, como potenciometria, espectrofotometria, colorimetria e NMP, comparando os resultados com a norma NTE INEN 1108 por meio de métodos analítico-sintéticos e indutivo-dedutivos. As análises mostraram que a água tratada cumpre os padrões de pH, turbidez, nitritos, nitratos e ausência de coliformes fecais em ambas as estações. No entanto, a ausência de cloro livre residual revelou uma fraqueza na etapa de desinfecção. A PTAP de El Paraíso é eficiente na remoção de contaminantes, mas requer ajustes na dosagem de cloro para evitar riscos de contaminação secundária. Os resultados confirmam a qualidade da água para consumo humano e propõem melhorias para se alinhar com o ODS 6.

**Palavras-chave:** Água Potável; Estação de Tratamento; Qualidade da Água; NTE INEN 1108.

## 1. Introducción

El agua es un recurso natural limitado y un bien público indispensable para la vida y la salud humana (Antúnez & Guanoquiza, 2019; Ortega et al., 2020; Dueñas & Hinojosa, 2021). Así mismo es imprescindible para la realización de prácticamente todas las actividades diarias, desde la higiene y la alimentación hasta la producción y el desarrollo social (Pacheco et al, 2021). Como necesidad fundamental, el agua no solo permite la hidratación, sino que también posibilita prácticas de saneamiento e higiene indispensables para conservar la vida y el bienestar (Hídricos, 2021) y es que, asegurar el suministro de agua en calidad adecuada no solo es vital para preservar la salud, sino también para favorecer el desarrollo económico y el equilibrio social de la población (Figueroa et al, 2023).

La calidad del agua destinada al consumo humano representa una preocupación creciente tanto en naciones en vías de desarrollo como en aquellas ya industrializadas, debido al impacto directo que ejerce sobre la salud pública. Este aspecto no solo se relaciona con la prevención de enfermedades transmitidas por el agua, sino también con la garantía de condiciones de vida dignas y seguras para la población (Obando et al, 2019). La falta de agua de buena calidad se presenta como un reto en la Salud Pública (Conejeros et al, 2021); obstaculizando el desarrollo humano, incrementa el índice de pobreza y profundiza la desigualdad, impactando de manera significativa la calidad de vida y la economía (Aguilar & Obando, 2020; Correa, 2022; Ganchozzo & Raju, 2022). Además, la presencia de compuestos inorgánicos en el agua potable está influenciada tanto por los procesos de tratamiento químico como por la composición hidrogeoquímica de las fuentes de agua, ya sean subterráneas o superficiales, así mismo la concentración y el tipo de minerales disueltos inciden directamente en las características organolépticas del agua, como su sabor, lo que a su vez afecta la percepción y aceptación por parte de los consumidores (Torres et al 2020).

Para cumplir su función vital, debe ser segura y estar libre de riesgos que puedan causar enfermedades, procurando beneficios para la salud (Carreño et al., 2019; Parrales et al., 2022). Sin embargo, la contaminación del agua sigue siendo una de las principales causas de enfermedad y mortalidad a nivel mundial (Martínez et al., 2020). Este problema se agrava frente a la creciente escasez de agua potable: se estima que, en la actualidad, el 80% de la población mundial enfrentará una grave limitación en el acceso a este recurso esencial, especialmente en áreas rurales (Huaquisto & Chambilla, 2019; Moreno, 2020). Por otro lado, Hídricos (2020) menciona que cerca de 4 mil millones de personas experimentan escasez física de agua al menos un mes cada año. Además, alrededor de 1.6 mil millones equivalentes a casi una cuarta parte de la población global enfrentan limitaciones económicas relacionadas con el agua, ya que no cuentan con la infraestructura adecuada para acceder a este recurso, agudizando la situación en las próximas décadas, y para el año 2050 aproximadamente el 52% de la población mundial residirá en zonas sometidas a estrés hídrico.

Se considera que un cuerpo de agua está contaminado cuando sus propiedades fisicoquímicas y biológicas se modifican de manera que su utilización normal se ve restringida, afectando tanto al consumo humano como a procesos

productivos y recreativos (Fernández & Guardado, 2021). La contaminación fisicoquímica de los cuerpos de agua se produce cuando sustancias químicas, metales pesados y partículas físicas se encuentran presentes en concentraciones que comprometen la calidad del agua. Este tipo de contaminación no solo afecta la salud de quienes dependen de estas fuentes para el consumo humano, sino que también representa un riesgo significativo para los ecosistemas acuáticos (Franco et al, 2023). Por otro lado, las propiedades microbianas del agua dependen de los tipos y cantidades de microorganismos que contiene, los cuales influyen de manera significativa en su calidad. Algunos de estos organismos pueden ser patógenos y causar enfermedades transmitidas por el agua, conocidas como enfermedades hídricas, representando un riesgo directo para la salud de quienes consumen o entran en contacto con el agua contaminada (Rossel et al, 2020).

La obtención de agua apta para el consumo humano requiere la integración de diferentes saberes, tecnologías e infraestructuras, que van desde mecanismos simples de filtración hasta redes complejas de acueductos (Camargo & Camacho, 2019). En este contexto, las plantas de tratamiento de agua potable (PTAP) desempeñan un papel crucial. Estas instalaciones transforman agua cruda con características fisicoquímicas y biológicas, para la obtención de agua potable adecuada que sea saludable para el consumo humano, se debe eliminar microorganismos y a su vez, compuestos químicos, para cumplir con los estándares técnicos de calidad (Atará et al., 2024; Araque, 2022; Cedeño, 2020; Vera et al, 2024).

Un sistema de abastecimiento de agua potable consiste en un conjunto de instalaciones diseñadas para garantizar que la población reciba agua en cantidad suficiente y con la calidad adecuada. Sus componentes fundamentales incluyen la captación, las conducciones principales, las plantas de potabilización, los tanques de almacenamiento y la red de distribución (Castro et al, 2022). Se denomina planta potabilizadora a la infraestructura y conjunto de procesos diseñados para convertir el agua obtenida de fuentes naturales como ríos, lagos, embalses, aguas subterráneas e incluso agua de mar en agua segura para el consumo humano. Estas plantas aplican diversos tratamientos fisicoquímicos y biológicos al agua cruda con el objetivo de garantizar su potabilidad, cumpliendo con los estándares de calidad establecidos y asegurando que el recurso sea seguro para la salud de la población y adecuado para satisfacer las necesidades diarias de consumo (Rudas et al, 2023). Sin embargo, a nivel mundial, los procesos de potabilización no se han implementado de manera uniforme, lo que genera deficiencias en la calidad y seguridad del agua, afectando tanto a zonas urbanas como rurales (Isuiza, 2022). En consecuencia, garantizar procesos de potabilización efectivos es fundamental para la salud pública (Arcila et al., 2024; León et al., 2022).

En Ecuador, la cobertura de agua potable alcanza el 82% a nivel nacional, con una marcada diferencia entre zonas urbanas (94%) y rurales (57%) debiéndose principalmente a factores como la infraestructura insuficiente, la dispersión geográfica de las comunidades rurales, y las limitaciones en recursos económicos y técnicos para implementar sistemas de tratamiento de agua en áreas rurales. (Izurieta et al., 2019). La situación es especialmente crítica en la provincia de Manabí, donde muchos cantones carecen de plantas potabilizadoras adecuadas para cubrir las necesidades de su población (Plaza, 2024). En el cantón Bolívar, estudios recientes han identificado que la calidad del agua potable está comprometida por la presencia de coliformes fecales, lo que representa un riesgo significativo para la salud pública (Palacios y Pinargote, 2024).

La planta de tratamiento de agua potable del sitio El Paraíso, en el cantón Bolívar, es una instalación clave que abastece de agua a la comunidad local. Su proceso de potabilización incluye la filtración mediante capas de arena, grava y carbón activado, seguida por la cloración del agua como etapa final de desinfección. Aunque el sistema no presenta problemas significativos relacionados con la turbidez, su evaluación es esencial para determinar la eficiencia en la eliminación de contaminantes microbiológicos y garantizar el cumplimiento de los estándares nacionales, como los establecidos en la normativa ecuatoriana NTE INEN 1108.

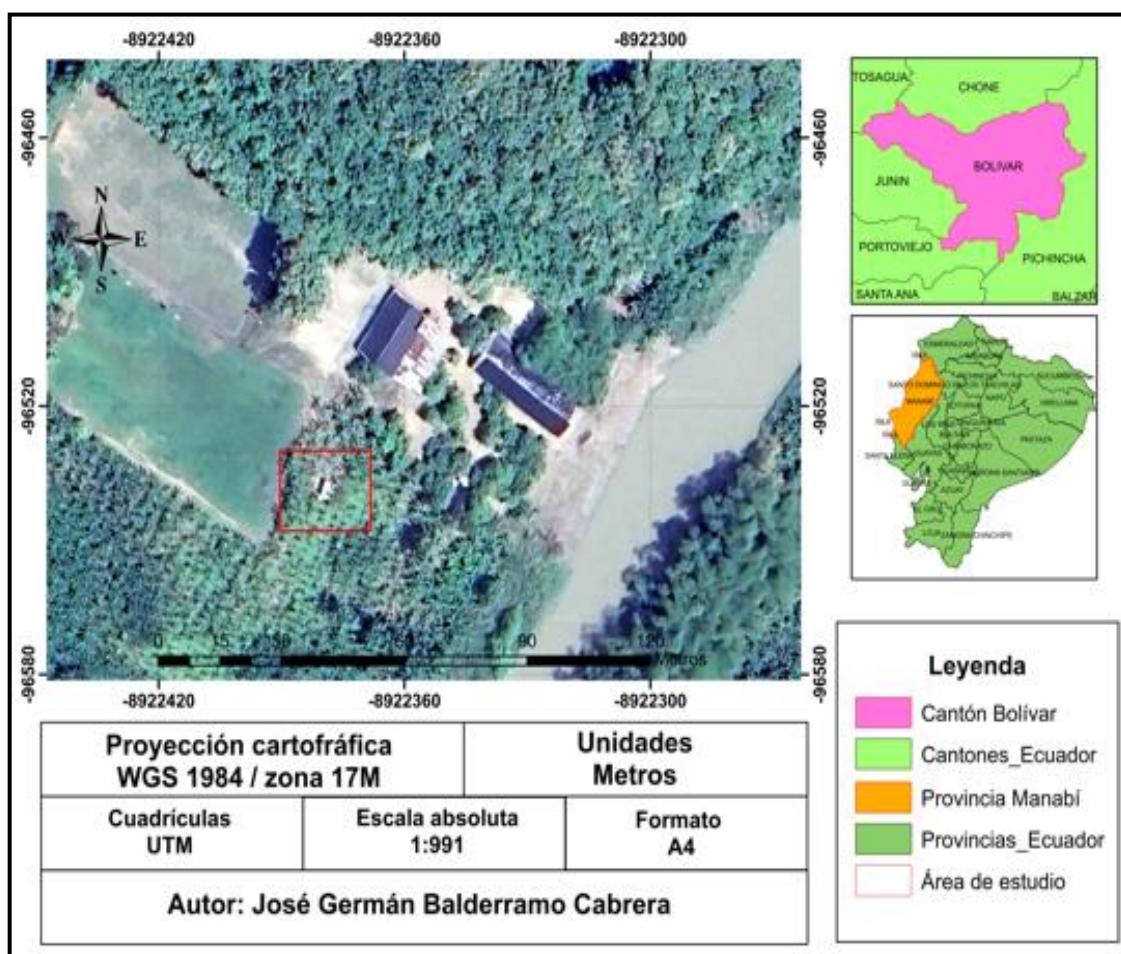
El objetivo de esta investigación fue evaluar la eficiencia de la planta de tratamiento de agua potable (PTAP) en El Paraíso, cantón Bolívar, Manabí, verificando si el agua tratada cumple con los estándares de calidad de la norma ecuatoriana

NTE INEN 1108 para su consumo humano. Este análisis permitirá identificar posibles deficiencias, optimizar el sistema y fortalecer la calidad del agua potable en beneficio de la población. Además, los resultados contribuirán a mejorar la sostenibilidad del proceso, alineándose con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), específicamente el ODS 6: Agua limpia y saneamiento.

## 2. Metodología

La planta de tratamiento de agua potable ubicada en el sitio El Paraíso, cantón Bolívar-Manabí (Figura 1); (coordenadas UTM: X 594454; Y 9904139), cuenta con un sistema de tratamiento que incluye filtros rápidos de arena y carbón activado, un mecanismo de retrolavado y un clorinador automático, integrados junto a la estación de bombeo. Esta última se encuentra en terrenos privados a 44 msnm y extrae agua de un pozo somero de 20 metros de profundidad y 6 pulgadas de diámetro. Equipado con una bomba sumergible de 220 voltios, 1.5 Hp y un diámetro de salida de 2 pulgadas, el sistema proporciona un caudal de 2 litros por segundo, impulsando el agua hasta un tanque de reserva situado a 72 msnm.

**Figura 1** - Mapa de ubicación de la planta potabilizadora, Sitio El Paraíso, cantón Bolívar, Manabí.



Fuente: Elaboración propia.

### Tipo de investigación

La investigación es no experimental, ya que los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua tratada se

examinan tal como se encuentran en su entorno natural, sin modificar las variables del proceso de potabilización. De acuerdo con Silva et al (2024), este enfoque permite observar y analizar los fenómenos en su forma auténtica, asegurando que los resultados reflejen las condiciones reales del sistema.

### **Enfoque de la investigación**

La investigación es cuantitativa y se basa en la recopilación y análisis de datos numéricos para evaluar los resultados de la potabilización y determinar la eficiencia del proceso de tratamiento de agua (Calizaya et al., 2020).

### **Alcance de la investigación**

La investigación es descriptiva, centrada en observar y documentar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua en el proceso de potabilización. Esto permitirá entender la estructura y comportamiento de los fenómenos y comparar los datos con otras fuentes y normativas de calidad del agua, contrastando con lo señalado por Guevara et al 2020, quien afirma que la investigación descriptiva analiza y documenta de manera objetiva las características de los fenómenos, facilitando su comprensión.

## **Métodos y técnicas**

### **Métodos**

Se empleó el método analítico-sintético, ya que permitió un análisis detallado de cada etapa del proceso y la integración de los resultados para evaluar la eficiencia global. Este método combina la revisión y recomposición de conceptos, lo que permite entender elementos fundamentales y unificarlos en ideas completas (Herszenbaum, 2022). Además, se incorporó el método inductivo-deductivo, lo que permitió la recolección de datos para identificar patrones y probar hipótesis relacionadas con la eficiencia del proceso en comparación con los estándares de calidad. Este método combina la observación de casos específicos para generar generalizaciones y utilizar estas generalizaciones para validar ideas mediante la deducción científica (Palmett, 2020).

### **Técnicas**

- Se empleó técnicas de análisis de laboratorio para evaluar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua potable en las diferentes etapas del proceso de tratamiento. Estas pruebas se realizaron utilizando equipos calibrados y siguiendo métodos estandarizados para garantizar resultados precisos y fiables.
- Se llevó a cabo la técnica de análisis documental; se revisó la normativa la NTE INEN 1108 y se proporcionó un marco de referencia para comparar los resultados obtenidos con los estándares y criterios de calidad establecidos.
- Se realizó un análisis causal lo que permitió identificar oportunidades de mejora y desarrollar propuestas de optimización, comprendiendo las causas profundas de los problemas y proponer soluciones específicas y prácticas.

### **Muestra**

Para la recolección de muestras se utilizó envases de plástico esterilizados de 150 ml. Posteriormente se trasladaron las muestras al laboratorio.

### Métodos y Técnicas empleadas en el análisis de agua

Se realizará el análisis de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua (Tabla 1), establecidos en la NTE INEN 1108, utilizando métodos estándar.

**Tabla 1** - Parámetros analizados y método, técnica empleados.

PARÁMETRO	UNIDAD	MÉTODOS/TÉCNICA
pH	---	Potenciometría
Turbidez	NTU	Espectrofotometría
Nitritos	mg/L	Espectrofotometría
Nitratos	mg/L	Espectrofotometría
Cloro Libre Residual	mg/L	Colorimetría
Coliformes Fecales	UFC/ml	NMP

Fuente: Elaboración propia.

### 3. Resultados y Discusión

Para realizar los análisis fisicoquímicos y microbiológicos del agua se recolectaron 4 muestras de agua en total, 2 muestras se tomaron en época seca y 2 muestras en épocas lluviosas. Los puntos de muestreos escogidos para la toma de muestras fueron: la entrada del agua cruda y la salida del agua tratada.

#### Análisis realizados en época seca

##### Parámetros fisicoquímicos evaluados en época seca

Una vez realizado los análisis de los parámetros fisicoquímicos del agua en época seca se obtuvo los siguientes resultados (Tabla 2):

**Tabla 2** - Parámetros fisicoquímicos evaluados en época seca.

Parámetro	Unidad	Muestra	
		Agua Cruda	Aqua Tratada
pH	----	7,2	7,0
Turbidez	NTU	2.36	0.56
Nitritos	mg/L	0	0
Nitratos	mg/L	24	24
Cloro Libre Residual	mg/L	0	0

Fuente: Elaboración propia.

##### Parámetros microbiológicos evaluados en época seca

Los análisis microbiológicos que se realizaron fueron coliformes fecales (Tabla 3), los cuales presentaron los siguientes resultados:

**Tabla 3** - Parámetros microbiológicos evaluados en época seca.

Parámetro	Unidad	Muestra	
		Aqua Cruda	Aqua Tratada
Coliformes Fecales	UFC/ml	0	0

Fuente: Elaboración propia.

### Análisis comparativo con la norma NTE INEN 1108

Una vez obtenido los resultados de los análisis de agua en época seca se llevó a cabo una comparación de los resultados obtenidos con los límites permitidos en la norma NTE INEN 1108 (Tabla 4).

**Tabla 4** - Análisis comparativo con la norma NTE INEN 1108.

Parámetro	Unidad	Muestra		Límite Permitido
		Agua Cruda	Agua Tratada	
pH	----	7,2	7,0	6,5 - 8,0
Turbidez	NTU	2.36	0.56	5
Nitritos	mg/L	0	0	3
Nitratos	mg/L	24	24	50
Cloro Libre Residual	mg/L	0	0	0,3 a 1,5
Coliformes Fecales	UFC/ml	0	0	Ausencia

Fuente: Elaboración propia.

### Análisis realizados en época lluviosa

#### Parámetros fisicoquímicos realizados en época lluviosa

Realizados los análisis de agua en época lluviosa se obtuvo los siguientes resultados (Tabla 5):

**Tabla 5** - Parámetros fisicoquímicos evaluados en época lluviosa.

Parámetro	Unidad	Muestra	
		Agua Cruda	Agua Tratada
pH	----	7,1	7,0
Turbidez	NTU	3.07	0.73
Nitritos	mg/L	0	0
Nitratos	mg/L	25	25
Cloro Libre Residual	mg/L	0	0

Fuente: Elaboración propia.

#### Parámetros microbiológicos evaluados en época lluviosa

Los resultados obtenidos de los parámetros evaluados en época lluviosa fueron los siguientes (Tabla 6):

**Tabla 6** - Parámetros microbiológicos evaluados en época lluviosa.

Parámetro	Unidad	Muestra	
		Agua Cruda	Agua Tratada
Coliformes Fecales	UFC/ml	0	0

Fuente: Elaboración propia.

### Análisis comparativo de los resultados obtenidos con la norma NTE INEN 1108

Tras obtener los resultados de los análisis de agua realizados en la época lluviosa, se efectuó una comparación con los valores límite establecidos en la norma NTE INEN 1108 (Tabla 7).

**Tabla 7** - Análisis comparativo de los parámetros con la norma NTE INEN 1108

Parámetro	Unidad	Muestra		LMP
		Agua Cruda	Agua Tratada	
pH		7,1	7,0	6,5 - 8,0
Turbidez	NTU	3,07	0,73	5
Nitritos	mg/L	0	0	3
Nitratos	mg/L	25	25	50
Cloro Libre Residual	mg/L	0	0	0,3 a 1,5
Coliformes Fecales	UFC/ml	0	0	Ausencia

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos en la presente investigación demuestran que el agua tratada en la planta potabilizadora del sitio El Paraíso cumple con los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos establecidos en la norma NTE INEN 1108, a su vez demuestra que la eficiencia de la planta potabilizadora es muy buena en las diferentes épocas del año.

Este resultado es consistente con estudio previo realizado por (Castillo et al, 2019) en donde la turbidez y los niveles de nitratos generalmente se mantienen dentro de los límites permitidos, atribuible a la baja contaminación del agua subterránea.

El buen desempeño de los filtros de arena y carbón activado confirma su eficiencia en la eliminación de partículas y compuestos químicos. Sin embargo, la fase de cloración final requiere mejoras en la dosificación y el monitoreo continuo. Se sugiere establecer un control sistemático del cloro y capacitar al personal encargado de la operación, los resultados constituyen un punto de partida para optimizar el sistema y contribuir al cumplimiento del Objetivo de Desarrollo Sostenible 6, enfocado en garantizar agua limpia y saneamiento.

El análisis de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua tratada en la planta potabilizadora del sitio El Paraíso evidenció un comportamiento estable tanto en época seca como lluviosa, lo que demuestra la consistencia del sistema de filtración rápida con arena y carbón activado. Los valores de pH se mantuvieron dentro del rango establecido por la NTE INEN 1108 (6,5 – 8,0), lo que confirma la neutralidad del agua y su idoneidad para el consumo humano. Este hallazgo es coherente con lo reportado por Torres et al. (2020), quienes destacan que la estabilidad del pH está influenciada por la composición hidrogeoquímica de las fuentes subterráneas y la eficiencia del tratamiento.

En cuanto a la turbidez, los valores registrados (0,56 NTU en época seca y 0,73 NTU en lluviosa) se encuentran muy por debajo del límite máximo permisible (5 NTU). Estos resultados reflejan un adecuado desempeño de los filtros, incluso en la época lluviosa, cuando se espera un mayor arrastre de sólidos en suspensión. Investigaciones previas, como la de Martínez et al. (2020), señalan que la turbidez es un parámetro clave en la evaluación de la eficiencia de las plantas de tratamiento, pues garantiza la remoción de partículas que podrían proteger a los microorganismos de la acción desinfectante.

Respecto a los nitratos, se observaron concentraciones de 24 mg/L en época seca y 25 mg/L en lluviosa, valores inferiores al límite permitido (50 mg/L). Aunque estos resultados no representan un riesgo sanitario inmediato, sugieren la influencia de posibles actividades agrícolas en la zona de recarga del acuífero. Este comportamiento es comparable con lo encontrado por Castillo et al. (2019), quienes identificaron niveles moderados de nitratos en aguas subterráneas asociadas a zonas de uso agrícola.

El análisis microbiológico mostró ausencia total de coliformes fecales en ambas épocas, lo que confirma la efectividad del proceso de filtración. Este resultado coincide con lo planteado por Rossel et al. (2020), quienes destacan que las barreras físicas y los procesos de desinfección inicial son determinantes para garantizar la inocuidad microbiológica del agua.

Sin embargo, una limitación crítica identificada fue la ausencia de cloro libre residual en todas las muestras de agua tratada. Según la normativa ecuatoriana, este parámetro debe mantenerse en un rango de 0,3 a 1,5 mg/L para asegurar la

desinfección continua durante la distribución. La falta de cloro residual implica una vulnerabilidad significativa, ya que el agua puede recontaminarse en el sistema de almacenamiento o transporte. Este hallazgo es consistente con lo señalado por Vera et al. (2024), quienes reportan que la inadecuada dosificación de cloro constituye uno de los problemas más frecuentes en los sistemas de potabilización rurales del Ecuador.

#### 4. Conclusión

Los análisis fisicoquímicos y microbiológicos realizados en las épocas seca y lluviosa mostraron que el agua tratada cumple con los parámetros requeridos para potabilidad. El pH, la turbidez, los nitratos y los nitritos se mantuvieron dentro de los valores aceptables, y se constató la ausencia de coliformes fecales, lo que indica que el proceso de filtración por arena y carbón activado es eficiente en la eliminación de partículas y microorganismos. La comparación de los resultados con los límites máximos permisibles establecidos en la normativa ecuatoriana confirmó que el agua producida por la planta se encuentra dentro de los rangos aceptables para consumo humano. Este cumplimiento asegura que el sistema de potabilización es funcional en condiciones normales y representa un beneficio directo para la salud pública de la comunidad. Aunque los parámetros analizados cumplen la norma, la ausencia de cloro libre residual en el agua tratada evidencia una debilidad en la etapa de desinfección final. Esto podría implicar un riesgo en caso de contaminación secundaria durante la distribución o almacenamiento del agua, por lo que es necesario ajustar el sistema de dosificación de cloro y realizar un monitoreo constante de este parámetro.

#### Referencias

- Aguilar, A. C. & Obando, F. F. (2020). Aprendizaje automático para la predicción de calidad de agua potable. *Ingeniare*, (28), 47-62. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8051524>
- Antúnez, A. & Guanoquiza, L.L. (2019). La contaminación ambiental en los acuíferos de Ecuador. *Revista Visión Contable*, (19), 64-101. <https://publicaciones.unaula.edu.co/index.php/VisionContable/article/view/567/743>
- Araque, M. (2022). Diseño hidráulico de plantas de tratamiento de agua potable. Editorial Abya-Yala. <https://books.scielo.org/id/m8d8m/pdf/araque-9789978108208.pdf>
- Arcila, C. C; Correa, G.; & Arango, Á. (2024). Remoción de turbiedad en el proceso de potabilización del agua utilizando Moringa oleífera y Opuntia ficus-indica. *Revista Producción + Limpia*, 19(1), 5-12. <https://revistas.unilasallista.edu.co/index.php/pl/article/view/3407/210210933>
- Atará, C. A.; Gaona, L. G.; García, M. J.; Rodríguez, M. J.; Samacá, L. V.; & Avellaneda, E. M. (2023). Prototipo a escala laboratorio de una planta de tratamiento de agua potable (PTAP) para el municipio de Sutamarchán, Boyacá. *L'esprit Ingénieur*, 14(1), 60-61. <https://revistas.santototunja.edu.co/index.php/lingenieur/article/view/3152/2484>
- Calizaya, J. M.; Bellido, R. S.; Alemán, V. Y.; Morales, P. B.; Monzón, G.I. & Ceballos, F. E. (2020). Capítulo 2: Planteamiento del problema y marco teórico en la investigación cuantitativa. *Universidad Ciencia y Tecnología*, 24(107), 4-18. <https://es.scribd.com/document/693165205/418-article-1324-1-10-20201225-1>
- Camargo, A. & Camacho, J. (2019). Convivir con el agua. *Revista colombiana de antropología*, 55(1), 7-25. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0486-65252019000100007&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0486-65252019000100007&script=sci_arttext)
- Carreño, Á. L.; Lucas, L. R.; Hurtado, E. A.; Barrios, R.; & Silva, R. (2018). Sistema de tratamiento de aguas superficiales para consumo humano en la Microcuenca del río Carrizal, Ecuador//Surface water treatment system for human consumption in the Microbasin of the Carrizal River, Ecuador. *Ciencia Unemi*, 11(28), 76-87. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7018035>
- Castillo, S; Barrezueta, S. & Arvito, J. (2019). Evaluación de la calidad de aguas subterránea de la parroquia La Peña, provincia El Oro, Ecuador. *Revista Ciencia Unemi*, 12(31), 64-73. <https://www.redalyc.org/journal/5826/582661248007/582661248007.pdf>
- Castro, F. F; Castro, E. P; Osorio, J. C; & Merizalde, J. E. (2022). Causas de retraso en la construcción de proyectos de agua potable y alcantarillado en Ecuador. *Gaceta Técnica*, 23(1), 3-19. [https://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S1856-95602022000100003&script=sci\\_arttext](https://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S1856-95602022000100003&script=sci_arttext)
- Cedeño, H. A. (2020). Análisis de los parámetros de calidad del agua del efluente del río muerto para su posible reutilización del Cantón Manta, Ecuador. *Polo del Conocimiento: Revista científico-profesional*, 5(2), 579-604. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7435323>
- Conejeros, A., Hueichaqueo, C., Martínez, B. L. & Placeres, A. (2021). Monitoreo de calidad del agua en sistema de agua potable rural. *ingeniería Electrónica, Automática y Comunicaciones*, 42(3), 60-70. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1815-59282021000300060&script=sci\\_arttext&tlang=pt](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1815-59282021000300060&script=sci_arttext&tlang=pt)

Correa, G. (2022). Disponibilidad, acceso y calidad del agua: una reflexión socioambiental para Colombia. Revista de la Universidad de la Salle, 1(87), 151-166. <https://revistauls.lasalle.edu.co/files-articles/ruls/vol2021/iss87/8/fulltext.pdf>

Dueñas, C. & Hinojosa, L. (2021). La calidad del agua potable y su influencia en la salud humana. Revista Investigación e Innovación Científica y Tecnológica, 1(3), 1-10. <https://www.journal.gnosiswisdom.pe/index.php/revista/article/view/19/15>

Fernández, M.; & Guardado, R. M. (2021). Evaluación del índice de calidad del agua (icasup) en el río Cabaña, Moa-Cuba. Minería y Geología, 37(1), 105-119. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1993-80122021000100105&script=sci\\_arttext](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1993-80122021000100105&script=sci_arttext)

Figueroa, J. L; Rodríguez, A; Cole, F; Mundo, V; Muñoz, A; Figueroa, J. C; Boudart, Z; Téllez, M.M; Bautista, A; Sánchez, B; & Roberts, E. F. (2023). *¿Agua para todos? La intermitencia en el suministro de agua en los hogares en México.* salud pública de méxico, 65, s181. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12257473/pdf/nihms-2094163.pdf>

Franco, E. F; Ramos, R; Ovando, A; Montero, E; Bonilla, S; & Veda, A. (2023). Sensores de calidad de agua para el control de la contaminación fisicoquímica en los acuíferos de Latinoamérica: una revisión.: <https://bvearmb.do/bitstream/handle/123456789/3626/Ciencia%2c%20ambiente%20y%20clima%2c%e2%80%af6%281%29%2c%2045%e2%80%9370.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ganchozo, D. V. & Raju, N. (2022). Evaluación de calidad del agua de los ríos canuto y carrizal en época seca, Manabí, Ecuador. Polo del Conocimiento: Revista científico-profesional, 7(9), 537-554. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9401593>

Guevara, G. P; Verdesoto, A. E; & Castro, N. E. (2020). Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción). Recimundo, 4(3), 163-173. <https://www.recimundo.com/index.php/es/article/view/860/1363>

Herszenbaum, M. (2022). Método analítico y la carencia de síntesis en “El conocer analítico” de la Ciencia de la lógica de Hegel. Nuevo Itinerario, 18(2), 92-102. <https://revistas.unne.edu.ar/index.php/nit/article/view/6199/5876>

Hídricos, R. (2020). Agua y Cambio climático. Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos. [https://www.pseau.org/outils/ouvrages/unesco\\_informe\\_mundial\\_de\\_las\\_naciones\\_unidas\\_sobre\\_el\\_desarrollo\\_de\\_los\\_recursos\\_hidricos\\_2020\\_agua\\_y\\_cambio\\_climatico\\_datos\\_y\\_cifras\\_2020.pdf](https://www.pseau.org/outils/ouvrages/unesco_informe_mundial_de_las_naciones_unidas_sobre_el_desarrollo_de_los_recursos_hidricos_2020_agua_y_cambio_climatico_datos_y_cifras_2020.pdf)

Hídricos, R. (2021). El valor del agua. Programa Mundial de la UNESCO. <https://bibliotecadigital.ciren.cl/server/api/core/bitstreams/97a9a861-f2b6-4651-9669-46e63dbde603/content>

Huaquisto, S. & Chambilla, I. G. (2019). Análisis del consumo de agua potable en el centro poblado de Salcedo, Puno. Revista Investigación y Desarrollo, 19(1), 2-12. [https://repositorio.upb.edu/bitstream/handle/123456789/102/admin%2c%2bGestor\\_a%2bd%2bla%2brevista%2c%2b194-1067-1-CE.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.upb.edu/bitstream/handle/123456789/102/admin%2c%2bGestor_a%2bd%2bla%2brevista%2c%2b194-1067-1-CE.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Isuiza, I. (2022). Aplicación de la coagulación en el proceso de potabilización para la reducción de protozoarios Entamoeba histolytica y Giardia intestinalis, quebrada Rumiyacu, Moyobamba. Tesis de Grado, Universidad Nacional de San Martín. Perú. <https://repositorio.unsm.edu.pe/backend/api/core/bitstreams/531aa25d-d48e-435e-9f80-8dbacc401c0/content>

Izurieta, R.; Campaña, A.; Calles, J.; Estévez, E. & Ochoa, T. (2019). Calidad del agua en Ecuador. Calidad del Agua en las Américas, 284. [https://www.researchgate.net/profile/Diego-Chalarca-Rodriguez/publication/335686525\\_Calidad\\_del\\_agua\\_en\\_Colombia/links/5d74ff734585151ee4a69aeb/Calidad-del-agua-en-Colombia.pdf#page=285](https://www.researchgate.net/profile/Diego-Chalarca-Rodriguez/publication/335686525_Calidad_del_agua_en_Colombia/links/5d74ff734585151ee4a69aeb/Calidad-del-agua-en-Colombia.pdf#page=285)

Martínez, M. R.; Mendoza, J. Y.; Medrano, B. E.; Gómez, L. M. & Zafra, C. A. (2020). Evaluación de la turbiedad como parámetro indicador del tratamiento en una planta potabilizadora municipal. Revista UIS Ingenierías, 19(1), 16-24.. <https://www.redalyc.org/journal/553768131002/553768131002.pdf>

Moreno, J. O. (2020). Los retos del acceso a agua potable y saneamiento básico de las zonas rurales en Colombia. Revista de ingeniería, (49), 1-10. <https://revistas.uniandes.edu.co/index.php/rdi/article/view/7488/7887>

Obando, J. A; Mora, E; Lievano, L. T; Hernandez, M. A; & Cardenas, D. (2019). La calidad del agua y su impacto social. Espacios, 40(43), 13-28. <https://www.revistaespacios.com/a19v40n43/a19v40n43p13.pdf>

Ortega, A.; Cáceres, L. & Castiblanco, L. (2020). Introducción al uso de coagulantes naturales en los procesos de potabilización del agua. Revista Ambiental Agua, Aire y Suelo, 11(2), 2-14. <https://ojs.unipamplona.edu.co/index.php/aaas/article/view/873/2819>

Pacheco, J. G; Tabaco, B. H; & Castellanos, L. (2021). Calidad del agua para sistemas de riego en Colombia. Revista Ambiental Agua, Aire y Suelo, 12(2), 10-20. <https://ojs.unipamplona.edu.co/index.php/aaas/article/view/2573/5185>

Palacios, L. A. & Pinargote, V. J. (2024). Análisis correlacional del consumo de agua potable y su incidencia en la salud de los habitantes de la ciudad de calceta. Revista Científica Multidisciplinaria InvestiGo, 5(9), 192-205.

<https://www.revistainvestigo.com/EditorInvestigo/index.php/hm/article/view/85/r9a15h>

Palmett, A. M. (2020). Métodos inductivo, deductivo y teoría de la pedagogía crítica. Revista Crítica Transdisciplinar, 3(1), 36-42. Obtenido de: <https://petroglifosrevistacratica.org.ve/wp-content/uploads/2020/08/D-03-01-05.pdf>

Plaza, J. S. (2024). Análisis comparativo de calidad del agua potable distribuida en la zona norte y sur de la provincia de Manabí. Trabajo de Titulación, Universidad Estatal del Sur de Manabí. Ecuador. <https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/6657/1/PLAZA%20BARRE%20JAIME%20SIMON.pdf>

Rossel, L. J; Bernedo, R; Alberth, L; Mayhua, F; Ferro, A. L; & Zapana, R. R. (2020). Radiación ultravioleta-c para desinfección bacteriana (coliformes totales y termotolerantes) en el tratamiento de agua potable. Revista de Investigaciones Altoandinas, 22(1), 68-77. [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2313-29572020000100068&script=sci\\_arttext&tlang=en](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2313-29572020000100068&script=sci_arttext&tlang=en)

Rudas, D; Trejos, M; Castro, F. F; & Cabrera, V. D. L. C. (2023). Procesos de calidad de agua en la planta potabilizadora Antonio Yepes de León. Revista Científica Guacamaya, 8(1), 31-52. [https://www.researchgate.net/profile/Francisco-Farnum/publication/374670774\\_Procesos\\_de\\_calidad\\_de\\_agua\\_en\\_la\\_Planta\\_Potabilizadora\\_Antonio\\_Yepes\\_De\\_Leon/links/6529b00e06bdd619c48c12e9/Procesos-de-calidad-de-agua-en-la-Planta-Potabilizadora-Antonio-Yepes-De-Leon.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Francisco-Farnum/publication/374670774_Procesos_de_calidad_de_agua_en_la_Planta_Potabilizadora_Antonio_Yepes_De_Leon/links/6529b00e06bdd619c48c12e9/Procesos-de-calidad-de-agua-en-la-Planta-Potabilizadora-Antonio-Yepes-De-Leon.pdf)

Silva, M.; Correa, R. & Mc-Guire, P. (2024). Metodologías activas con inteligencia artificial y su relación con la enseñanza de la matemática en la educación superior en Chile: Estado del arte. Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología, no. 37, pp. 20-29, 2024. doi:10.24215/18509959.37.e2. [https://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/168188/Documento\\_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/168188/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Torres, S; Tapia, I; Goetschel, L; & Pazmiño, E. (2020). Análisis físico-químico e influencia de los minerales disueltos en el sabor del agua potable, de las principales plantas de tratamiento de Quito. Enfoque UTE, 11(4), 57-70. Obtenido de: [http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1390-65422020000400057](http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-65422020000400057)

Vera, M. J.; Giler, J. M.; Patiño, K. A. & Alcívar, F. E. (2024). Calidad del agua potable y funcionamiento de su red de distribución: un análisis de caso en Ecuador. CIENCIA UNEMI, 17(46), 34-59. <https://ojs.unemi.edu.ec/index.php/cienciaunemi/article/view/2060/1897>