

Evaluación de la concentración de cloro en el sistema de distribución de agua potable de la municipalidad Francisco de Orellana

Erika Calero¹, Derian Alarcón², Liz Aviles, Irene Chanaluisa³, Tannia Vargas⁴

¹erikacalero.2002@hotmail.com

²alarconderian414@gmail.com

³irenechanaluisapauca@gmail.com

⁴tanniajzvt@hotmail.com

* CORRESPONDENCIA

Corresponding Author

erikacalero.2002@hotmail.com

Pikenani Journal

Recibido: 20 Mayo 2023

Aceptado: 28 Junio 2023

Publicado: 13 Julio 20xx

CITACIÓN

Calero, E., Alarcón, D., Aviles, L.,
Chanaluisa, I., Vargas, T. (2023)

Evaluación de la concentración de cloro en el sistema de distribución de agua potable de la municipalidad Francisco de Orellana. Pikenani, 1(2), 13

COPYRIGHT: © 2023. Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia de Atribución Creative Commons, que permite el uso, distribución y reproducción sin restricciones en cualquier medio, siempre que se cite al autor original y la fuente.

Resumen

El cloro es reconocido por su capacidad desinfectante, es crucial para mantener la calidad bacteriológica del agua. Sin embargo, surge la inquietud sobre la calidad del agua para el consumo humano, especialmente en El Coca. Este estudio evaluó la concentración de cloro en el sistema de distribución de agua potable de la municipalidad Francisco de Orellana, empleando un enfoque mixto cuali-cuantitativo y el método de espectrofotometría UV-Vis. Los principales resultados mostraron que, en el Punto 1 la concentración promedio es de 0,55 mg/L, en el Punto 2 es de 0,50 mg/L, y en el Punto 3 es de 0,14 mg/L. El tercer punto reveló una concentración por debajo del límite permisible, pero aún presente, indicando la posibilidad de ausencia en puntos más distantes y aumentando el riesgo de enfermedades bacterianas. Se recomienda implementar estrategias específicas, como ajustes en la dosificación de cloro, para abordar las variaciones en la concentración a lo largo de la red de distribución y garantizar niveles adecuados para la desinfección, asegurando así la salud pública.

Palabras clave: calidad, espectrofotometría, estándares, UV-Vis.

Abstract

Chlorine is recognised for its disinfectant capacity, it is crucial to maintain the bacteriological quality of water. However, concerns have been raised about the quality of water for human consumption, especially in El Coca. This study evaluated the concentration of chlorine in the drinking water distribution system of the Francisco de Orellana municipality, using a mixed qualitative-quantitative approach and UV-Vis. The main results showed that, at Point 1 the average concentration is 0.55 mg/L, at Point 2 it is 0.50 mg/L, and at Point 3 it is 0.14 mg/L. The third point revealed a concentration below the permissible limit, but still present, indicating the possibility of absence at more distant points and increasing the risk of bacterial diseases. It is recommended that specific strategies, such as adjustments in chlorine dosage, be implemented to address variations in concentration along the distribution network and ensure adequate levels for disinfection, thus ensuring public health.

Keywords: quality, spectrophotometry, standards, UV-Vis.

1 Introducción

Un sistema de distribución de agua está diseñado para proveer agua tratada, segura para el consumo humano y cumplir con los parámetros de calidad que son cada vez más estrictos, debido a un crecimiento variado de bacterias en la superficie de los sistemas de distribución, dependiendo de la presencia de materia orgánica (Moreno et al. 2019). Según la Organización Mundial de la Salud, en 2022, el 73% de la población mundial, o, 6000 millones de personas, se abastecen mediante un servicio de abastecimiento de agua para el consumo humano gestionado de forma segura, situado en el lugar de uso, disponible cuando se necesite y no contaminado, (OMS 2023) no obstante, al menos 1700 millones de individuos en el mundo consumen agua de fuentes contaminadas con heces, conociéndose que la presencia de heces en el agua potable constituye la principal causa de la contaminación microbiana, lo que conlleva un mayor riesgo de toxicidad. Según los cálculos, esta contaminación genera cada año una cantidad de 505 000 muertes por enfermedades diarreicas (OMS 2023). En cuanto a la implementación de métodos de desinfección, existen varios que pueden ser utilizados para garantizar la calidad del agua potable, la elección del método adecuado dependerá de las características específicas del sistema de suministro de agua y de las necesidades de la población.

En todo el mundo, los principales métodos de desinfección en los sistemas públicos son la cloración/cloramincación, la radiación ultravioleta (UV) y la ozonización, que pueden usarse individualmente o en combinación. La composición de hipoclorito de sodio (NaClO) y su composición activa, el ácido hipocloroso (HClO), son las fuentes de desinfección a base de cloro más utilizadas en el mundo (Muñoz-Castellanos et al. 2021). Un estudio de 2021 evaluó tres desinfectantes, incluido NDP-Surfapplus, en una concentración del 70 % y encontró una reducción del 90 % en las poblaciones microbianas primarias, sin embargo, si las concentraciones de estos desinfectantes se reducen por debajo de los niveles recomendados, pueden promover el crecimiento bacteriano y representar un peligro para la salud (Ars. Pharmaceutica 2021). Según las pautas de la Organización Mundial de la Salud, se fijó un límite para la presencia de cloro residual en los grifos públicos de agua, situándose entre 0,2 y 0,3 mg/L con un tiempo de contacto de 30 minutos; si es inferior, el agua no es adecuada para el consumo directo de las personas, (OMS 2018) para lo que es necesaria la intervención de la gestión sostenible del agua.

La gestión sostenible del agua en Latinoamérica es un tema crítico que requiere atención urgente según lo manifestado por la UNESCO, ya que, garantizar el acceso al agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos, es uno de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de Naciones Unidas (Corea 2015). En Ecuador, el acceso al agua potable es un problema crítico, según un estudio de la Universidad de Cuenca, solo el 60% de la población rural tiene acceso a agua potable (José Andrés Bayas Urquiza 2018). Además, el 85% de la población urbana posee acceso a fuentes mejoradas de agua potable, mientras que un tercio de la población rural no tiene acceso a agua potable (Futuros y Alicia Fernández Cirelli 2018). Por lo que es necesario establecer políticas para el uso responsable del recurso, promoviendo la conciencia ambiental y asegurando un acceso equitativo para toda la población, puesto que, lo primordial no solo es asegurar su pureza en los puntos de extracción, sino también desarrollar infraestructuras eficientes en las ciudades para su distribución y consumo.

La ciudad de El Coca cuenta con una infraestructura de suministro de agua potable compuesta por cuatro sistemas distintos, las mismas que se han implementado conforme la demanda del servicio. La principal de estas, la Planta de Agua Potable “Los Álamos”, la cual provee el servicio a la mayor parte de la ciudad, sin embargo, en Orellana, debido a la explotación de petróleo, se producen rupturas en los oleoductos y derrames de sustancias contaminantes, provocando la contaminación de los ríos y afectando la disponibilidad y calidad del agua en el Cantón (Cuenca, Gallardo, Domínguez-Gaibor 2021). Aunque se logró rehabilitar el servicio de suministro de agua potable en un 70%, se solicitaron repetidamente a las empresas responsables del derrame los equipos e insumos necesarios para el tratamiento del agua, sin obtener los resultados esperados. Para garantizar el derecho

humano al agua, se mantiene la captación desde el río Payamino, con el sistema operando al 100% en condiciones normales hasta la fecha actual (GAD de la Municipalidad de Francisco de Orellana 2023).

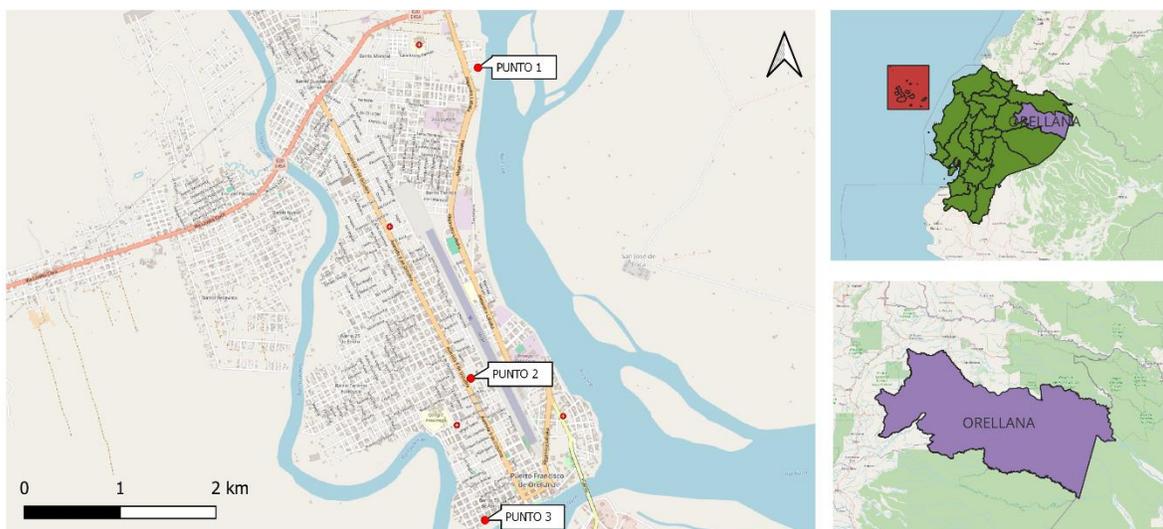
El desconocimiento prevaleciente por la comunidad acerca de la concentración de cloro en la planta de agua potable que abastece a los hogares ha generado preocupación entre la ciudadanía (Qin et al. 2021). Esta incertidumbre se ha acentuado debido a las denuncias realizadas por residentes que perciben colores inusuales en el agua suministrada a sus hogares. Es importante que las autoridades competentes proporcionen información clara y precisa sobre los niveles de cloro presentes en el agua potable para disipar las preocupaciones de la ciudadanía y garantizar la calidad del agua que llega a los hogares. La falta de información clara sobre los niveles de cloro presentes en el sistema de distribución genera dudas y suscita interrogantes sobre la calidad del agua que llega a los grifos (De Santi et al. 2021). Es por esto que, se genera la siguiente pregunta ¿El agua distribuida en la ciudad de El Coca cumple con el rango permisible de la concentración de cloro para el consumo humano?

Para dar respuesta a la pregunta de investigación, el presente estudio tuvo por objetivo central, evaluar la concentración de cloro en el sistema de distribución de agua potable de la municipalidad de Francisco de Orellana. Como pasos a seguir, primero se determinará las concentraciones de cloro residual presentes en las muestras tomadas en tres puntos diferentes de la ciudad, aplicando el método de espectrofotometría UV-Vis. Segundo, se comparará con el rango establecido por la normativa INEN-1108 con el fin de verificar que se cumplan con los estándares de calidad aptos para el consumo humano. Por último, se realizará una revisión bibliográfica de posibles afectaciones para la salud humana vinculadas a variaciones en los niveles de cloro, proporcionando una base informativa integral. (Farooq et al. 2008).

2 Materiales y métodos

2.1 Área de estudio

El presente estudio se desarrolló al norte de la Región amazónica del Ecuador en la ciudad de El Coca capital de la Provincia de Orellana, es además la urbe más grande y poblada de la misma. Se localiza al norte de la Región amazónica del Ecuador, entre los ríos Napo, Coca y Payamino, a una altitud de 255 m s. n. m. y con un clima lluvioso tropical de 24,4 °C en promedio (PDyOT GADMFO 2014-2019). La población del cantón Francisco de Orellana asciende a 72.795 habitantes, con una densidad poblacional de 10 hab/km² (INEC, 2010). El 55,95% de la población del cantón habita en el área urbana, mientras el restante 44,05% se localiza de forma dispersa en



las zonas rurales, lo que la convierte en la trigésima primera ciudad más poblada del país y segunda de la Amazonía ecuatoriana, detrás de Nueva Loja (PDyOT GADMFO 2014-2019).



Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio.

Sus orígenes datan de la época colonial, pero es a mediados del siglo XX, debido a su ubicación geográfica y el descubrimiento de yacimientos petroleros cercanos al lugar, presenta un acelerado crecimiento demográfico hasta establecer un poblado urbano, que sería posteriormente, uno de los principales núcleos urbanos de la región amazónica. En este cantón se desarrollan centros administrativos, económicos, financieros y comerciales. Las actividades principales de la ciudad son la industria petrolera, el transporte, el comercio, la ganadería y la agricultura (PDyOT GADMFO 2014-2019).

2.2 Metodología

La investigación empleó una metodología de tipo aplicada y básica con un alcance descriptivo en los dos primeros objetivos planteados y exploratorio para el último (Arias-Gonzales 2021). Aunque existen componentes experimentales, diseño de medidas repetidas (medición de concentración de cloro), el diseño general de la investigación se inclina hacia el carácter no experimental, específicamente en un diseño descriptivo y comparativo, ya que implica la comparación y revisión de información bibliográfica sin manipulación directa de condiciones experimentales en los otros dos componentes. Este estudio cuenta con un enfoque mixto cuali-cuantitativo.

Respecto de las técnicas se realizó un muestreo en campo los días lunes 11, martes 12 y miércoles 13 de diciembre del 2023, utilizando la técnica metodológica que se basa en normativas estandarizadas para el muestreo de agua INEN 1108, transporte de muestras y el análisis de la concentración de cloro libre residual se realizó mediante el APHA, garantizando la calidad y confiabilidad de los resultados obtenidos, posterior a ello, los resultados se compararon con los límites máximos permisibles de la NORMA INEN 1108 y por último se llevó a cabo una revisión bibliográfica para contextualizar el objeto de estudio y comprender las afectaciones asociadas a niveles altos o bajos de cloro. En respuesta a los objetivos de investigación planteados, se utilizaron diferentes procedimientos, los cuales se detallan en los apartados a continuación.

2.2.1 Recolección y análisis de muestras

Puntos de muestreo

El principal objetivo del estudio fue determinar las concentraciones de cloro en muestras de agua potable obtenidas de 3 puntos, en coordenadas con proyección WGS84/UTM 18 S, el punto 1 en el Barrio Río Coca limitado como el más cercano a la planta en las coordenadas 278619.58 m al Este y 9952064.54 m al Sur, ya que se determinó si existe mayor concentración de cloro, está elección radica en la suposición de que la proximidad a la planta podría influir en las concentraciones de cloro debido a procesos de desinfección y tratamiento, el punto

2 en el Barrio Santa Rosa es el punto intermedio en las coordenadas 278608.56 m al Este y 9948803.70 m al Sur donde no está directamente cerca de la planta de tratamiento esto permite observar si hay variaciones significativas en las concentraciones de cloro a medida que se aleja del punto 1 y en el Barrio 30 de abril el punto 3 en las coordenadas 278849.41 m al Este y 9947344.35 m al Sur, la elección de este punto se debió a factores como la distancia relativa a la planta de tratamiento, la infraestructura local o la presencia de posibles fuentes de contaminación específicas en este barrio para diagnosticar si existe mayor presencia de cloro. FIGURA 1

Toma de muestras

Las muestras se recolectaron en frascos estériles, previamente a ello se siguió con el procedimiento adecuado de desinfección de la llave donde se tomó cada muestra y se esperó 2 minutos que el agua corra para poder tomar la muestra (NTE INEN-ISO 5667-1, Calidad del agua—Muestreo—Parte 1: Guía para el diseño de los programas de muestreo y técnicas de muestreo). En el transporte de la muestra se siguieron estrictamente las políticas de calidad, confidencialidad y código de ética, debidamente se transportaron las muestras en un cooler a 4 °C de temperatura las cuales llegaron al Laboratorio de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo, Sede Orellana, Ecuador (NTE INEN-ISO 5667-3, Calidad del agua—Muestreo—Parte 3: Conservación y manipulación de las muestras de agua).

Análisis de muestras

La concentración de cloro se determinó mediante el método colorimétrico del N, N-Dietil-1,4-fenilendiamino sulfato (DPD) (Espectrofotometría UV-Vis) que se encuentra en el APHA- Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales, sección 4500 Cl- (APHA-AWWA-WPCF, 1992). El rango permisible para la concentración de cloro libre residual en agua potable es de 0,3 a 1,5 mg/L, (INEN 1108). En el Espectrofotómetro UV-Vis se trabajó con el programa N.º 82-Cloro libre medio (TRL) 0-2.00 mg/L y con una curva referenciada de longitud de onda de 530 nm. Para cada lectura de las muestras se realizó una lectura A, en donde a la muestra se le añadió reactivo de DPD y una lectura B, donde únicamente se coloca la muestra de agua sin reactivo, para posteriormente, realizar una diferencia de A con B y así obtener la concentración de cloro libre residual. Antes del análisis de las muestras se corroboró el buen funcionamiento del equipo realizando un blanco y un estándar de trabajo como control de calidad. A partir del estándar madre de permanganato de potasio 1000 ppm (KMnO₄), con una concentración de 1000 mg/L, se preparó un estándar de trabajo de concentración de 1 mg/L en 100 mL mediante la fórmula de dilución en soluciones, por tanto, se tomó del estándar madre 0,1 mL de solución y se aforó con agua destilada en un balón volumétrico de 100 mL.

2.2.2 Comparación de los resultados con los estándares de calidad

Para el segundo objetivo planteado en el estudio se aplicó un análisis comparativo. En esta etapa, se compararon los resultados obtenidos mediante espectrofotometría UV-visible con los límites establecidos por la Normativa para consumo humano (INEN 1108, 2020), que están entre el rango de 0,3 a 1,5 mg/L. Este proceso implicó evaluar si las concentraciones de cloro libre residual medidas cumplen con los estándares de calidad del agua potable.

2.2.3 Afectaciones a la salud en niveles de cloro

Para abordar este último objetivo planteado, se llevó a cabo una revisión bibliográfica de primer orden, literatura gris (artículos y tesis), en la búsqueda exhaustiva se realizó un análisis crítico de la literatura existente sobre el tema, utilizando diversos buscadores, repositorios y bases de datos académicos como: Google Académico, SciELO, Nature y Scopus, donde se encontró diversos documentos, de los cuales se consideraron 15. En estos, se obtuvo

una comprensión detallada de las afectaciones para la salud, asociadas tanto a niveles elevados como bajos de cloro en el agua potable destinada al consumo humano.

3 Resultados

3.1 Determinación de las concentraciones de cloro libre residual

Los resultados analíticos de la concentración de cloro libre residual en las muestras de agua potable se resumen en la Tabla 1; en la cual se observa que en el punto más cercano a la planta (Punto 1) la concentración promedio es de 0,55 mg/L, en el punto intermedio (Punto 2) la concentración es de 0,50 mg/L y en el punto más lejano a la planta (Punto 3) la concentración es de 0,14 mg/L.

Tabla 1. Concentración de cloro libre residual (mg/L) en muestras de agua potable tomadas durante 3 días en los tres puntos georreferenciados.

	DÍA 1	DÍA 2	DÍA 3	PROM
PUNTO 1	0,50	0,80	0,36	0,55
PUNTO 2	0,62	0,60	0,27	0,50
PUNTO 3	0,13	0,14	0,15	0,14

Punto 1: Barrio Río Coca con coordenadas 278619.58 m al Este y 9952064.54 m al Sur. **Punto 2:** Barrio Santa Rosa con coordenadas 278608.56 m al Este y 9948803.70 m al Sur. **Punto 3:** Barrio 30 de abril con coordenadas 278849.41 m al Este y 9947344.35 m al Sur.

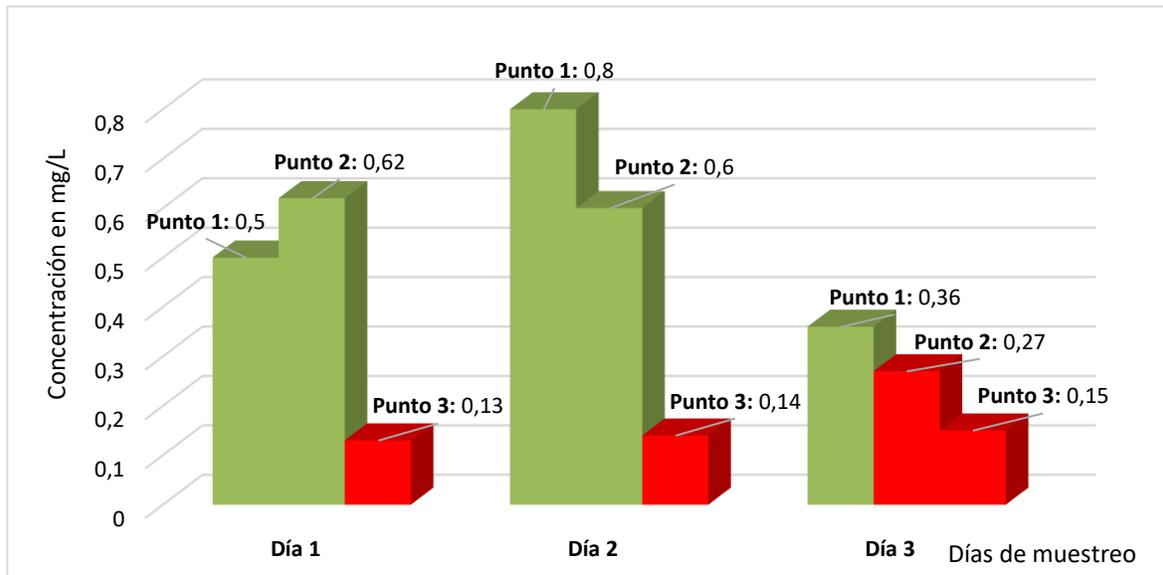


Figura 2. Concentraciones de cloro libre residual en los 3 puntos de muestreo de los diferentes días.

3.2 Comparación de los resultados con la Normativa INEN 1108

Los resultados de las concentraciones de cloro libre residual en los diferentes puntos se compararon con los límites permisibles establecidos por la Normativa para el consumo humano (INEN 1108, 2020) que se encuentra en el rango de 0,3 a 1,5 mg/L. Donde claramente se observa que el punto 1 y 2 ingresan dentro del rango establecido por la normativa mientras que, en el punto 3 donde se obtuvo una concentración de 0,14 mg/L resultado que no ingresa dentro del rango permisible representando así un riesgo para la salud.

Tabla 2. Comparación de las concentraciones (mg/L) con los límites permisibles por la normativa INEN-1108

	Concentración	Lim min.	Lim máx.
PUNTO 1	0,55	0,30	1,50
PUNTO 2	0,50	0,30	1,50
PUNTO 3	0,14	0,30	1,50

(INEN 1108, 2020) Normativa de calidad del agua potable apta para el consumo (Servicio Ecuatoriano de Normalización). Rango de 0,3 a 1,5 mg/L= límites permisibles de cloro libre residual.

3.3 Afectaciones a la salud en niveles de cloro

En el presente estudio se identificó que a una distancia considerable el consumo de agua potable es adecuado porque ingresa en los límites permisibles con una concentración apta, por otro lado, a una distancia extensa no se abastece la concentración de cloro, siendo esto peligroso para el consumo humano, sin embargo las altas concentraciones de cloro causan enfermedades gastrointestinales provocando quemaduras graves en la boca, en la garganta y el estómago, en casos severos, la ingestión de cloro puede conducir daños renales e incluso la muerte (Zarate C. 2023). A diferencia de las bajas concentraciones de cloro existen riesgos en la salud que se ven afectados por la irritación leve de la nariz, irritación de los ojos, irritación de la garganta, vómitos, alteraciones del ritmo cardiaco. La exposición a bajas concentraciones de cloro durante periodos prolongados de tiempo puede causar una variedad de efectos a largo plazo, incluyendo síntomas como dificultad para respirar, problemas crónicos respiratorios como asma, daños a los pulmones, daño al hígado y al sistema nervioso (Huilcas C. 2023).

4 Discusión

Este estudio presenta un resultado un poco alarmante para los moradores del barrio “30 de Abril” (Punto 3), respecto a la concentración de cloro libre residual analizada en los 3 puntos a lo largo de la distribución de agua potable de la municipalidad de Francisco de Orellana. La concentración en el punto 1 es de 0,55 mg/L y el 2 es de 0,50 mg/L; estos ingresan dentro de los límites permisibles de agua potable para consumo humano, que es de 0,30 mg/L a 1,5 mg/L. Mientras que, en el punto 3 la concentración es de 0,14 mg/L que es el más lejano a la planta de agua, este refleja una concentración baja, que no ingresa dentro de los límites permisibles de acuerdo con la Normativa. Según (Alonso, 2022) manifiesta que la distancia a la que disminuye la concentración de cloro libre residual en un sistema de distribución de agua potable puede variar según diversos factores, y no hay una distancia específica que se aplique universalmente.

La disminución de la concentración de cloro libre residual en un sistema de distribución de agua potable puede deberse a diversas causas, y los autores (Ferro M.P.; Ferró G.F.; Ferró G.L. 2019) sugieren que una de las razones podría ser por degradación química donde el cloro libre residual puede oxidarse o experimentar reacciones químicas con diversas sustancias presentes en el agua, como compuestos orgánicos, materiales en suspensión y otros contaminantes. Estas reacciones químicas pueden dar lugar a la formación de subproductos de desinfección, algunos de los cuales pueden ser indeseables.

(Estrada P.E. 2022) manifiesta que, la concentración disminuye debido a una degradación microbiológica, donde la interacción con microorganismos, principalmente ciertas especies de bacterias pertenecientes a géneros como *Pseudomonas*, *Aeromonas* y otras bacterias *heterotróficas* presentes en el agua, pueden degradar o consumir el cloro libre residual como parte de su metabolismo. En áreas con una mayor carga bacteriana, la interacción con microorganismos puede ser más pronunciada, lo que significa que el cloro libre residual puede ser más rápidamente consumido o inactivado, resultando en una disminución más rápida de su concentración en el agua potable. Es importante destacar que no todos los microorganismos presentes en el agua son degradadores de cloro, algunas bacterias pueden ser resistentes al cloro o no se ven afectadas significativamente por él.

Por otro lado (Siemens G. 2020) menciona que, es posible que la concentración disminuya debido a la fotosensibilidad del cloro. La fotosensibilidad se refiere a la sensibilidad de una sustancia, en este caso, el cloro, a la luz, especialmente a la luz ultravioleta (UV). La exposición a la luz UV puede desencadenar reacciones fotoquímicas que resultan en la volatilización o descomposición del cloro. Cuando el cloro libre residual es expuesto a la luz solar directa o a la luz UV en el entorno, puede experimentar fotólisis, un proceso en el cual la luz rompe los enlaces químicos en el cloro. Esto puede dar lugar a la liberación de cloro gaseoso o a la formación

de especies químicas menos activas como el ácido hipocloroso. La fotólisis puede contribuir a la pérdida de la efectividad del cloro como desinfectante.

En el tercer punto se encuentra una concentración bajo el límite permisible, pero sí existe la presencia de cloro en un promedio de 0,14 mg/L, por lo tanto, si no existiera cloro a puntos más lejanos o si hubiera algún tipo de ruptura en el sistema de distribución se podría ocasionar según (Aroca y Toapanta 2023) la supervivencia y transmisión de *Shigella*, aumentando el riesgo de infecciones intestinales graves, como la disentería bacilar, entre aquellos que consumen agua contaminada. La Shigelosis es una enfermedad bacteriana causada por diversas especies del género *Shigella*, y la baja concentración de cloro libre residual en el agua potable puede favorecer la propagación de esta bacteria. Según (Escalante P.C. 2020) bacterias como *Escherichia coli*, y *Salmonella* pueden proliferar en aguas con bajos niveles de cloro, causando infecciones gastrointestinales, diarrea y otras enfermedades. Por otro lado, el autor (Cabellos et al. 2021) manifiesta que la presencia de microorganismos como *Legionella* en sistemas de agua sin desinfección adecuada puede dar lugar a enfermedades respiratorias, como la Legionelosis.

Por lo tanto, se debe garantizar la concentración de cloro libre residual adecuada a lo largo de la distribución hasta el punto más lejano. Debe existir la supervisión continua de los niveles de cloro en varios puntos del sistema, ya que es esencial para garantizar la efectividad de la desinfección en todas las áreas de la red de distribución, por lo que se recomienda que se pueden implementar estrategias específicas, como ajustes en la dosificación de cloro, para abordar las variaciones en la concentración a lo largo de la red de distribución y asegurar que el agua llegue a los usuarios con niveles adecuados de cloro para la desinfección y de esta manera garantizar la salud pública.

5 Conclusión

Se logró la determinación de cloro residual en las diferentes muestras de agua potable tomadas en los tres puntos durante tres días en la ciudad de El Coca, Punto 1 (Barrio Río Coca), Punto 2 (Barrio Santa Rosa) y Punto 3 (Barrio 30 de Abril). Utilizando el método de espectrofotometría UV-Vis, el cual arrojó resultados positivos en su mayoría, por lo que, se comprobó que los controles de calidad fueron óptimos para detectar el buen funcionamiento del equipo y así se logró determinar las concentraciones en cada una de las muestras de los distintos puntos en diferentes días. La espectrofotometría UV-Vis demostró ser una técnica eficaz para la medición del cloro residual. en la cual se observa que en el punto más cercano a la planta (Punto 1) la concentración promedio es de 0,55 mg/L, en el punto intermedio (Punto 2) la concentración es de 0,50 mg/L y en el punto más lejano a la planta (Punto 3) la concentración es de 0,14 mg/L.

Se comparó en este estudio los resultados de las concentraciones promedio de cloro libre residual en los 3 puntos, con los límites establecidos por la normativa para el consumo humano de agua potable (INEN 1108, 2020), que establece un rango de 0,3 a 1,5 mg/L. Los puntos 1 y 2 presentaron concentraciones promedio de 0.55 mg/L y 0.50 mg/L respectivamente, dentro del rango recomendado por la normativa; sin embargo, el punto 3 mostró un valor de 0.14 mg/L, inferior a dicho rango. Esta disparidad en las concentraciones de cloro libre residual sugiere la necesidad de abordar y corregir los procesos de desinfección en el punto 3 para garantizar la seguridad del agua potable. En consecuencia, se destaca la importancia de monitorear y mantener estrictos controles de calidad del agua, especialmente en aquellos puntos donde se identifican concentraciones fuera de los límites permitidos, con el fin de salvaguardar la salud pública y cumplir con los estándares normativos establecidos.

Examinando los valores de los puntos de estudio en la presente investigación, se ha logrado identificar las afectaciones a la salud cuando el agua se encuentra bajo los límites permisibles para el consumo humano o en casos donde no exista concentración de cloro. Esto debido a diversos factores tales como, degradación química, microbiológica o fotosensibilidad del cloro donde hace que el cloro disminuya o pierda su concentración. El tercer punto se encontró con una concentración promedio de 0,14 mg/L, que está por debajo de los límites permisibles

establecidos en la norma INEN 1108, situación que es preocupante ya que se puede propiciar la supervivencia y transmisión de bacterias como la *Shigella*, también, la *Legionella*, aumentando el riesgo de graves infecciones gastrointestinales, como la disentería bacilar, mencionando también que, la presencia insuficiente de cloro libre residual en el agua potable favorece la Shigelosis y Legionelosis. Ahora bien, se debe concientizar la implementación de medidas de monitoreo rigurosas y la adopción de regulaciones efectivas son esenciales para garantizar la seguridad y la salud de la población en relación con el consumo de agua potable. Se sugiere la realización de investigaciones futuras para profundizar en las concentraciones de cloro en puntos más lejanos, junto con ello, los efectos a largo plazo de la exposición a concentraciones bajas de cloro y desarrollar estrategias preventivas más efectivas.

Finalmente, las limitaciones de la actual investigación fueron, principalmente, la falta de reactivos y equipos más avanzados, un obstáculo significativo para obtener una cantidad mayor de muestras para garantizar la robustez y la veracidad de los resultados. Además, la restricción de tiempo durante el trabajo de campo limitó la capacidad de realizar un muestreo exhaustivo, lo que habría proporcionado resultados más sólidos y confiables. En concreto, estos datos abren paso para comparar y realizar nuevas investigaciones de la concentración de cloro en el sistema de distribución de agua potable de la municipalidad Francisco de Orellana. Se recomienda realizar nuevas investigaciones en el área de estudio o zonas aledañas.

6 Conflicto de intereses

“Los autores declaran que la investigación se ha llevado a cabo en ausencia de relaciones comerciales o financieras que pudieran interpretarse como un posible conflicto de intereses.”

7 Contribuciones de los autores

“EC y DA contribuyeron a la concepción y el diseño del estudio. LA y IC organizaron la base de datos. EC realizó el análisis estadístico. EC redactó el primer borrador del manuscrito. EC, DA, LA y IC redactaron partes del manuscrito. EC, DA, LA, IC y TV todos los autores contribuyeron a la revisión del manuscrito, leído y aprobado la versión presentada ”.

8 Financiamiento

Deben facilitarse detalles de todas las fuentes de financiación, incluidos los números de subvención, si procede. Asegúrese de añadir toda la información de financiación necesaria, ya que después de la publicación esto ya no es posible.

9 Agradecimientos

Agradecemos sinceramente a todos los colaboradores por su dedicación y esfuerzo en este proyecto de investigación; su invaluable contribución ha sido fundamental. Expresamos nuestra gratitud a la Ingeniera Tannia Vargas por su colaboración e interés en este trabajo, y, en segundo lugar, agradecemos al Ingeniero Carlos Mestanza por proporcionarnos acceso a datos y apoyo técnico, siendo esenciales para la culminación de este trabajo.

9 Material suplementario

El material suplementario debe cargarse por separado en el momento del envío; si hay figuras suplementarias, incluya el pie de foto en el mismo archivo que la figura.

10 Referencias

APHA-AWWA-WPCF, 1992. MÉTODOS NORMALIZADOS Para el análisis de aguas potables y residuales. 17. © Ediciones Díaz de Santos, S. A., Madrid (España); AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION AMERICANWATERWORKS ASSOCIATION WATER POLLUTION CONTROL FEDERATION. ISBN 0854046356.

ALONSO, J., 2022. Factores que afectan la disminución de la concentración de cloro en el agua potable. Revista de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. AIDIS Argentina. [en línea], Disponible en: https://issuu.com/aidisar/docs/isa_143.

ARIAS-GONZALES, J., 2021. Diseño y metodología de la investigación. ENFOQUES C. Arequipa-Perú: s.n. ISBN 9786124844423.

AROCA, S.A.S. Y TOAPANTA, V.H.G., 2023. Calidad Microbiológica del Agua de Consumo Humano: La realidad en el Ecuador: Microbiological Quality of Water for Human Consumption: The reality in Ecuador. LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades. [en línea], Disponible en: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwit_6Oy6oyEAXUHUjABHYPQBLYQFnoECA0QAQ&url=https%3A%2F%2Flatam.redilat.org%2Findex.php%2Fflt%2Farticle%2Fdownload%2F690%2F897%2F1261&usq=AOvVaw2rSfgNh1X8lc98baheo70t&opi=89978449.

ARS. PHARMASEUTICA, 2021. Vol. 62(2) [en línea]. S.l.: s.n. vol. 62. ISBN 0000000256. Disponible en: <https://revistaseug.ugr.es/index.php/ars/issue/view/1075/4>.

ATSDR, 2010. División de Toxicología y Medicina Ambiental. [en línea], Disponible en: https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs172.pdf.

CABELLOS A.L., C.J.S., 2021. ESTUDIO DEL CLORO LIBRE Y TOTAL EN LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE SANTA APOLONIA Y EL MILAGRO DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA-2021. [en línea], Disponible en: [https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/30177/Cabellos Angulo Betsie Lucerito_Cubas Díaz Jossy Stefhany.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/30177/Cabellos%20Angulo%20Betsie%20Lucerito_Cubas%20Díaz%20Jossy%20Stefhany.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

COREA, R. de, 2015. VII FORO MUNDIAL DEL AGUA República de Corea, abril 2015.

CUENCA, J., GALLARDO, K. y DOMÍNGUEZ-GAIBOR, I., 2021. Percepción social de la calidad y servicio de agua potable en la ciudad de El Coca, Orellana-Ecuador Social perception of the quality and service of drinking water in El Coca city, Orellana-Ecuador.

DE SANTI, Michael et al., 2021. Forecasting point-of-consumption chlorine residual in refugee settlements using ensembles of artificial neural networks. npj Clean Water. Vol. 4, no. 1, p. 35. DOI 10.1038/s41545-021-00125-2.

DE SOUSA, C., COLMENARES, M.C. y CORREIA, A., 2008. Contaminación bacteriológica en los sistemas de distribución de agua potable: Revisión de las estrategias de control. Boletín de Malariología y Salud Ambiental [en línea], vol. 48, no. 1, [consulta: 28 diciembre 2023]. ISSN 1690-4648. Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S169046482008000100002&lng=es&nrm=iso&tlng=es.

ESCALANTE P.C., 2020. Determinación de Cloro residual en la red de distribución de agua potable de los anexos del distrito de Matucana- Octubre. [en línea], Disponible en: <https://repositorio.uroosevelt.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14140/495/TESIS>.

ESTRADA P.E., T.E., 2022. EVALUACIÓN DEL CLORO RESIDUAL LIBRE EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE EN EL BARRIO DE SANTA ANA - HUANCVELICA, 2021. [en línea], Disponible en: <https://apirepositorio.unh.edu.pe/server/api/core/bitstreams/0339f3bd-794f-499d-858d-9e77822f50ac/content>.

FERRO M.P. ; FERRÓ G.F. ; FERRÓ G.L., 2019. Distribución temporal de las enfermedades diarreicas agudas, su relación con la temperatura y cloro residual del agua potable en la ciudad de Puno, Perú. REV. INVESTIG. ALTOANDIN. [en línea], vol. 21, DOI <http://dx.doi.org/10.18271/ria.2019.446>. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/ria/v21n1/a06v21n1.pdf>.

FUTUROS, P. y ALICIA FERNÁNDEZ CIRELLI, P., 2018. Universidad Nacional de San Martín Fundación Innovación y Tecnología (FUNINTEC) Director: Alberto Pochettino El agua en Latinoamérica. ,

FAROOQ, Shaukat et al., 2008. Monitoring of coliforms and chlorine residual in water distribution network of Rawalpindi, Pakistan. Environmental monitoring and assessment. Vol. 140, pp. 339-347.

GAD DE LA MUNICIPALIDAD DE FRANCISCO DE ORELLANA, ., 2023. Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Francisco de Orellana 2023. Municipio de Francisco de Orellana.

HUILCAS C., T.L., 2023. CLORO RESIDUAL LIBRE EN AGUA POTABLE Y LOS CASOS DE ENFERMEDADES DIARREICAS AGUDAS (EDAs) EN NIÑOS MENORES DE 5 AÑOS EN EL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE YAULI. [en línea], Disponible en: <https://repositorio.unh.edu.pe/items/f1650992-fc06-4420-94f5-002b18a3c593>.

JOSÉ ANDRÉS BAYAS URQUIZO, 2018. UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERIA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL. ,

JIMENEZ, T., 2020. CS258257-A ToxFAQs™ sobre el cloro. , MORENO, Y., MORENO, L., PONCE, A. y CERVERA, J., 2019. Estudio de las poblaciones bacterianas en biofilms de sistemas de distribución de agua potable mediante metagenómica. Tecnoagua [en línea], no. 37, Disponible en: www.tecnoagua.es.

MUÑOZ-CASTELLANOS, L.N., BORREGO-LOYA, A., VILLALBA-BEJARANO, C.V., GONZÁLEZ-ESCOBEDO, R., ORDUÑO-CRUZ, N., VILLEZCAS-VILLEGAS, G.P., RODRÍGUEZ-ROQUE, M.J., AVILA-QUEZADA, G.D. y VARGAS-ARISPURO, I., 2021. Chlorine and its importance in the inactivation of bacteria, can it inactivate viruses? Revista Mexicana de Fitopatología, Mexican Journal of Phytopathology [en línea], vol. 39, no. 4, DOI [10.18781/r.mex.fit.2021-4](https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.2021-4). Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0185-33092021000400009&script=sci_arttext&tlng=es.

OMS, 2018. Guías para la calidad del agua de consumo humano: cuarta edición que incorpora la primera adenda. Organización Mundial de la Salud, vol. 4,

OMS, 2023. Agua para consumo humano. OMS [en línea]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>.

PARA SUSTANCIAS TÓXICAS EL REGISTRO DE ENFERMEDADES, A., 2010. RESUMEN DE SALUD PÚBLICA Cloro. [en línea], [consulta: 28 diciembre 2023]. Disponible en: www.atsdr.cdc.gov/es.

PÉREZ-LÓPEZ, M.E., 2013. COORDNACIÓN GENERAL DE GESTIÓN AMBIENTAL. ,

QIN, Xinyi et al., 2021. Effect of residual chlorine on iron particle formation considering drinking water conditions. *Journal of Environmental Chemical Engineering*. Vol. 9, no. 6, p. 106377. DOI <https://doi.org/10.1016/j.jece.2021.106377>.

RIVAS-PARRAGA, A., 2018. Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Municipalidad de Francisco de Orellana. Gadmfo [en línea], Disponible en: https://www.orellana.gob.ec/docs/PDyOT_GADMFO_2014-2019.pdf.

SALDAÑA, E., 2020. NIVELES DE CLORO LIBRE RESIDUAL EN AGUA PARA CONSUMO HUMANO DE LA CIUDAD DE BAMBAMARCA Y SUS EFECTOS EN LA SALUD HUMANA.

MORA-ALVARADO, D., OROZCO-GUTIÉRREZ, J., SOLÍS-CASTRO, Y., RIVERA-NAVARRO, P.C., CAMBRONERO-BOLAÑOS, D., ZÚÑIGA-ZÚÑIGA, L.A. y GARCÍA-AGUILAR, J., 2018. Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano en Costa Rica (IRCACH). *Revista Tecnología en Marcha*, vol. 31, no. 3, ISSN 0379-3982. DOI 10.18845/tm.v31i3.3897.

ZARATE C., 2023. Cloro residual en el agua de consumo humano con relación a las enfermedades diarreicas agudas de los pobladores del distrito de Huayllay, Pasco. [en línea], Disponible en: http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/3489/1/T026_71241696_T.pdf.