

Evaluación de compuestos clorados en el suministro de agua potable en Villa El Salvador

Dayana Valladares Aponte, Daniel Yataco Gutierrez, Luis Romero Echevarria

Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur, Villa El Salvador, Lima, Perú

Recibido el 14 de junio del 2024. Aceptado el 14 de septiembre del 2024. Publicado el 12 de febrero del 2024

Resumen

Ante la creciente inquietud acerca de la calidad del agua potable en los hogares de Villa el Salvador (V.E.S.), se realizó una evaluación exhaustiva. Se determinaron tres parámetros fundamentales: cloro total, cloro libre residual y pH. Se empleó un enfoque que implicaba la selección aleatoria de hogares y la toma de muestras de agua potable de grifo. Estas muestras fueron analizadas in situ utilizando métodos estandarizados y validados para cada parámetro específico. Esta investigación combina el enfoque inductivo y deductivo, dentro de un diseño de investigación no experimental de tipo transversal. Los resultados mostraron una amplia variabilidad en los valores de cloro total, cloro libre residual, y pH, en las muestras analizadas, tanto dentro de una misma muestra a lo largo del tiempo como entre diferentes muestras recogidas en distintos hogares. Los resultados fueron comparados con los límites máximos permitidos por el Reglamento de Calidad de Agua para Consumo Humano del Ministerio de Salud (D.S. N° 031-2010-SA) y los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua (D. S. N° 004-2017-MINAM) [1] [2]. Se observó que en el Sector 3, las mediciones de pH oscilan entre 7.7 y 8.1, los niveles de cloro total varían entre 0.55 mg/L y 1.13 mg/L y las concentraciones de cloro residual libre se encuentran entre 0.34 mg/L y 0.95 mg/L. El 20% de las viviendas presentó una concentración menor a 0.5 mg/L en cuanto a cloro residual libre y no cumple con el estándar, asimismo todas las mediciones de cloro total se encuentran dentro del límite, aunque en cantidades mínimas y el pH es ligeramente alcalino pero cumple con el rango establecido de 6.5-8.5. En promedio, para todos los puntos muestreados se registraron niveles de cloro y pH adecuados. Este estudio resalta la importancia crítica de monitorear regularmente estos parámetros para garantizar la seguridad y calidad del agua potable, así como la necesidad de implementar medidas efectivas para abordar cualquier desviación de los estándares y mejorar continuamente el suministro de agua para proteger la salud pública en la comunidad de V.E.S.

Descriptor: *calidad de agua potable, cloro libre residual, cloro total, pH, estándares de calidad de agua potable*

Abstract

In response to the growing concern about the quality of drinking water in households in Villa el Salvador (V.E.S.), a comprehensive evaluation was conducted. Three fundamental parameters were determined: total chlorine, free residual chlorine, and pH. An approach was employed that involved the random selection of households and the collection of tap water samples. These samples were analyzed on-site using standardized and validated methods for each specific parameter. This research combines both inductive and deductive approaches within a non-experimental, cross-sectional research design. The results showed a wide variability in the values of total chlorine, free residual chlorine, and pH in the analyzed samples, both within the same sample over time and between different samples collected from various households. The results were compared with the maximum limits allowed by the Water Quality Regulation for Human Consumption of the Ministry of Health (D.S. N° 031-2010-SA) and the Environmental Quality Standards (ECA) for Water (D. S. N° 004-2017-MINAM) [1] [2]. It was observed that in Sector 3, pH measurements ranged from 7.7 to 8.1, total chlorine levels varied from 0.55 mg/L to 1.13 mg/L, and free residual chlorine concentrations ranged from 0.34 mg/L to 0.95 mg/L. 20% of the households had a concentration of free residual chlorine below 0.5 mg/L, not meeting the standard. Additionally,

all total chlorine measurements were within the limit, although at minimal levels, and the pH was slightly alkaline but within the established range of 6.5-8.5. On average, for all sampled points, adequate levels of chlorine and pH were recorded. This study highlights the critical importance of regularly monitoring these parameters to ensure the safety and quality of drinking water, as well as the need to implement effective measures to address any deviations from the standards and continually improve the water supply to protect public health in the V.E.S. community.

Keywords: *drinking water quality, free chlorine residual, total chlorine, pH, drinking water quality standards*

1. Introducción

El agua es fundamental para la vida de todos los seres vivos, y el acceso a agua potable es crucial para la supervivencia. En Perú, el crecimiento de la población, el aumento de la industrialización y la escasez de fuentes de agua seguras y libres de contaminantes representan un problema significativo [3]. El agua se utiliza para diversas actividades como la agricultura, el uso doméstico, urbano e industrial, pero su uso más importante es para el consumo humano. La falta de fuentes inocuas de agua potable expone a la población a enfermedades diarreicas agudas (EDA): cólera, fiebre tifoidea y paratifoidea, salmonelosis, entre otras; que afectan principalmente a los niños [4].

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), la EDA es la tercera causa de morbilidad en los países en desarrollo. En 2023, el Hospital de Emergencias de Villa El Salvador, registró 4010 episodios de EDAs (2879 en 2022), lo cual representa el 68.9% del total de registros en el Perú. Esta cifra puede estar influenciada por la alta prevalencia de factores de riesgo, como el acceso limitado a agua segura y servicios de saneamiento, en una proporción significativa de la población [4].

Perú se sitúa en el tercer lugar entre los países de América Latina y el Caribe con mayores recursos de agua dulce renovable. No obstante, esta abundancia no se distribuye equitativamente [5]. Según un informe del Instituto Nacional de Estadística e Informática del 2023, el 91,8% de la población del área urbana accede a agua mediante la red pública, en tanto en el área rural representa el 78,5%; mientras que el 10,9% consume agua no potable de otras fuentes como ríos, manantiales o camiones cisterna. Asimismo, el 40,3% consumió agua por red pública que tuvo un nivel del cloro adecuado (es decir que la concentración del cloro es mayor igual a 0,5 mg/l.), el 18,0% un nivel inadecuado y el 41,7% accedió a agua sin cloro [6].

El cloro se utiliza ampliamente como desinfectante en el tratamiento del agua. Una de sus principales ventajas es su efecto residual, que permite una

acción prolongada y facilita el monitoreo continuo, tal como lo recomienda la Organización Mundial de la Salud [7]. Al añadir cloro al agua potable, se busca reducir o eliminar los microorganismos causantes de enfermedades transmitidas por el agua, aplicándolo en varios puntos del sistema de distribución para asegurar la eliminación de cualquier agente contaminante que pudiera entrar después del tratamiento. La concentración de cloro residual se monitorea frecuentemente in situ como un parámetro clave para evaluar la seguridad microbiológica del agua [8].

A nivel nacional, el control de la calidad de las aguas tratadas se hace de acuerdo al Reglamento de Calidad de Agua para Consumo Humano del Ministerio de Salud [1] y para los cuerpos naturales de agua destinadas a la producción de agua potable mediante el reglamento de Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua del Ministerio del Ambiente [2]. Por ende, este estudio tuvo como objetivo analizar los niveles de pH y cloro residual libre y total en el agua potable del Sector 3 de Villa El Salvador, comparando los resultados con los rangos establecidos por el MINSA y la OMS. Los datos obtenidos proporcionarán una base científica para la formulación de políticas y estrategias que garanticen un suministro de agua potable seguro y confiable para toda la población de Villa El Salvador.

2. Metodología

El tipo de investigación fue aplicada con un diseño no experimental, transversal de enfoque descriptivo.

2.1. Población, muestra y muestreo

El total de agua potable que circula a través de la red de distribución, la cual está conectada a la Planta de Tratamiento de Agua-La Atarjea. Se tomaron 210 muestras de 10 ml de agua de los grifos de cocina en 10 hogares del sector 3 del distrito de Villa El Salvador.

Los muestreos de agua fueron no probabilísticos y por conveniencia puesto que se pretende obtener muestras representativas de la población. Los

puntos de monitoreo se eligieron de acuerdo a la cercanía a lugares como: colegios, centros de salud y mercados.

2.2. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica empleada fue la observación, en cuanto la recolección de datos del suministro de agua potable de V.E.S., se utilizará como instrumento de recolección de datos los equipos de medición: pHmetro (Figura 5), HI711-Colorímetro Checker para cloro total (Figura 3) y HI701-Colorímetro Checker para cloro libre residual (Figura 4). La toma de muestra se realizó a través de las conexiones domiciliarias enlazadas directamente a la red de distribución de agua potable en V.E.S. (Figura 2)

Se identificó y georreferenció mediante GPS los puntos para la toma de muestras de agua (Tabla 1) del suministro de agua potable de V.E.S.

Las muestras fueron tomadas a las 07:00, 13:00 y 19:00 horas, teniendo un rango de 50 minutos para su análisis en cada horario establecido; tomándose un total de 30 al día.



Figura 2: Toma de muestra de la vivienda N° 1



Figura 3: Cloro Total de la vivienda N° 5

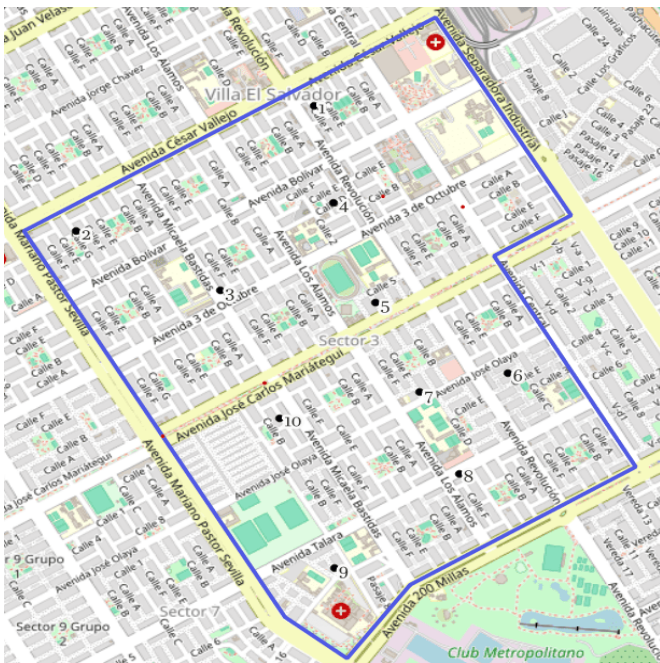


Figura 1: Vista de puntos de muestreo



Figura 4: Cloro libre residual de la vivienda N° 2



Figura 5. Medición de pH de la vivienda N° 3

Tabla 1: Puntos de muestreo

Viviendas de Villa El Salvador		
N° Vivienda	Grupo	Ubicación
1	7	12°12'50.6"S 76°56'08.3"W
2	25A	12°13'06.7"S 76°56'36.1"W
3	20	12°13'14.0"S 76°56'19.2"W
4	14	12°13'02.6"S 76°56'06.4"W
5	15	12°13'15.6"S 76°56'01.4"W
6	11	12°13'24.8"S 76°55'46.3"W
7	16	12°13'27.0"S 76°55'56.5"W
8	18	12°13'37.9"S 76°55'52.0"W
9	31	12°13'50.4"S 76°56'06.1"W
10	22A	12°13'30.6"S 76°56'12.6"W

3. Resultados

En los presentes resultados, se detalla el nivel de pH y compuestos clorados (cloro total y cloro residual libre) del suministro de agua potable del sector 3 en el distrito de Villa el Salvador.

Tabla 2: Resultados obtenidos de pH del 25 al 31 de mayo de la vivienda N° 1

Medición de pH							
horario/día	25	26	27	28	29	30	31
7:00	7.7	7.9	7.9	7.8	7.9	7.9	7.8
13:00	7.9	7.8	8	7.8	7.9	7.9	7.9
19:00	7.9	7.8	7.8	7.8	7.8	7.8	7.9
Prom.	7.8	7.8	7.9	7.8	7.9	7.9	7.9

En la tabla 2, se presentan los resultados obtenidos de pH por cada monitoreo para la vivienda 1, realizándose muestreos diarios a partir del día 25 al 31 de mayo del 2024. Al día se tomaron 03 muestras de este parámetro, durante los 7 días de evaluación, haciendo un total de 21 datos de pH.

Asimismo, se registraron datos dentro del rango 7.7-8.0 lo cual cumple con el DS. N° 031-2010-S que establece un pH adecuado de 6.5-8.5.

Tabla 3: Resultados obtenidos de cloro total en mg/L del 25 al 31 de mayo de la vivienda N° 1

Cloro total en mg/L							
horario/día	25	26	27	28	29	30	31
7:00	0.64	0.52	0.55	0.91	0.68	0.56	0.76
13:00	0.51	0.54	0.59	0.59	0.65	0.52	0.71
19:00	0.58	0.58	0.57	0.67	0.69	0.57	0.65
Prom.	0.577	0.547	0.570	0.723	0.673	0.550	0.707

En la tabla 3, se presentan los datos de cloro total por cada monitoreo, realizándose muestreos diarios a partir del día 25 al 31 de mayo del 2024, al día se tomaron 03 muestras de este parámetro, durante los 7 días de evaluación, haciendo un total de 21 datos de cloro total.

Para la vivienda 1, se observaron concentraciones bajas de cloro total teniendo como valor máximo 0.91 mg/L. Las mediciones están dentro del rango establecido menor o igual a 5 mg/L.

Tabla 4: Resultados obtenidos de cloro residual libre en mg/L del 25 al 31 de mayo de la vivienda N° 1

Cloro residual libre en mg/L							
horario/día	25	26	27	28	29	30	31
7:00	0.31	0.38	0.49	0.75	0.51	0.49	0.53
13:00	0.32	0.45	0.37	0.48	0.53	0.51	0.55
19:00	0.38	0.49	0.36	0.55	0.57	0.53	0.59
Prom.	0.337	0.440	0.407	0.593	0.537	0.510	0.557

En la tabla 4, se presentan los resultados obtenidos del cloro residual libre por cada monitoreo para el hogar N°1, realizándose muestreos diarios a partir del día 25 al 31 de mayo del 2024, con un registro total de 21 datos.

Tabla 5: Resultados obtenidos de pH del 25 al 31 de mayo de 10 viviendas

Medición de pH							
vivienda/día	25	26	27	28	29	30	31
1	7.8	7.8	7.9	7.8	7.9	7.9	7.9
2	7.9	7.8	7.8	7.8	7.8	7.7	7.8
3	7.8	7.8	7.8	7.8	7.9	7.8	7.8
4	7.7	7.7	7.8	7.8	7.9	7.8	7.9
5	7.8	7.9	7.9	7.9	7.8	7.8	7.9
6	7.8	7.8	7.7	8.0	7.8	7.8	7.9
7	7.9	8.1	7.9	7.9	7.8	7.9	7.9
8	7.7	7.8	7.7	7.9	7.9	7.8	7.8
9	7.8	7.8	7.9	7.8	7.8	7.9	7.8
10	7.8	7.8	7.8	7.8	7.8	7.8	7.9
Prom.	7.80	7.83	7.82	7.85	7.83	7.82	7.84

En la vivienda 1, se obtuvieron datos dentro del rango 0.31-0.75 mg/L, los cuales en promedio no cumplen con este parámetro que asegura la calidad del agua potable recibida (≥ 0.5 mg/L)

Tabla 6: Resultados obtenidos de cloro total en mg/L del 25 al 31 de mayo de 10 viviendas

Cloro total en mg/L							
vivienda/día	25	26	27	28	29	30	31
1	0.58	0.55	0.57	0.72	0.67	0.55	0.71
2	0.66	0.79	0.87	0.95	0.86	0.86	0.87
3	0.83	0.83	0.88	0.96	1.00	0.78	0.88
4	0.58	0.70	0.66	0.76	0.57	0.80	0.68
5	1.10	1.05	0.95	1.13	0.92	1.06	1.05
6	0.85	0.80	0.79	0.71	0.97	0.82	0.88
7	0.61	0.58	0.57	0.62	0.64	0.55	0.60
8	1.04	0.83	0.92	0.82	1.09	0.97	0.84
9	1.01	0.97	0.93	0.97	0.97	0.79	0.91
10	0.86	0.87	0.84	0.90	0.81	0.85	0.85
Prom.	0.811	0.797	0.800	0.854	0.850	0.804	0.827

En la tabla 5, se presentan los resultados promedios diarios de las 10 viviendas del sector 3 de V.E.S., obteniendo un total de 70 datos de pH. Los valores registrados oscilan entre 7.80-7.85 por ende cumplen con el parámetro establecido.

En la tabla 6, se presentan los resultados promedios diarios de las 10 viviendas del sector 3 de V.E.S. Todas las mediciones se encuentran por debajo de 5 mg/L (parámetro de cloro total) entre los rangos 0.55-1.13 mg/L, aunque en mínimas cantidades, lo cual indica agua apta para consumo humano.

Tabla 7: Resultados obtenidos de cloro residual libre en mg/L del 25 al 31 de mayo de 10 viviendas

Cloro residual libre en mg/L							
vivienda/día	25	26	27	28	29	30	31
1	0.34	0.44	0.41	0.59	0.54	0.51	0.56
2	0.57	0.60	0.82	0.65	0.77	0.92	0.95
3	0.69	0.75	0.82	0.87	0.86	0.72	0.77
4	0.35	0.50	0.49	0.50	0.45	0.53	0.47
5	0.86	0.83	0.86	0.89	0.74	0.76	0.83
6	0.72	0.65	0.72	0.51	0.79	0.69	0.64
7	0.50	0.50	0.51	0.53	0.54	0.50	0.52
8	0.76	0.65	0.77	0.59	0.77	0.83	0.66
9	0.67	0.77	0.67	0.83	0.84	0.68	0.76
10	0.56	0.64	0.60	0.59	0.57	0.68	0.76
Prom.	0.602	0.634	0.668	0.654	0.687	0.681	0.692

En la tabla 7, se presentan los resultados promedios diarios de cloro residual libre de las 10 viviendas del sector 3 de V.E.S. Según la OMS y el DS. N° 031-2010-SA, para que la desinfección sea eficaz, debe haber una concentración de cloro residual libre mayor o igual 0.5 mg/l y este valor se debe mantener en todo el sistema de distribución [7] [1]. En esta investigación los niveles promedio de cloro residual libre oscilan entre 0.6-0.7 mg/L cumpliendo con ≥ 0.5 mg/L.

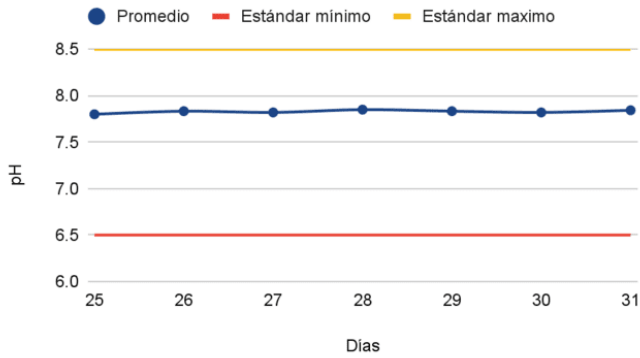


Figura 6: Variación de pH a lo largo del tiempo

Los valores promedio del nivel de pH diario de los 10 hogares del sector 3 se visualizan en la Figura 6 con ligeras variaciones, un pico máximo de 7.85 el día miércoles 28 y mínimo el día domingo 25 de mayo.

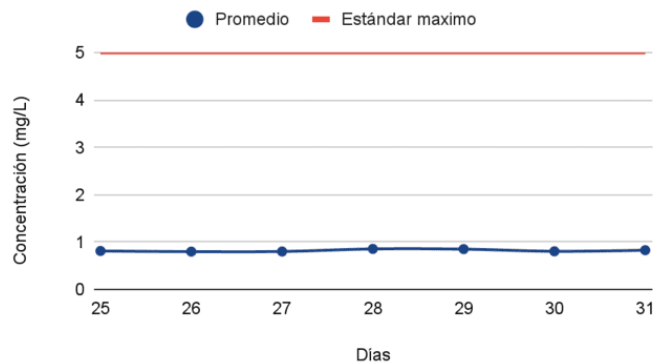


Figura 7: Variación de cloro total a lo largo del tiempo

En la Figura 7, se presentan los resultados promedio del nivel de cloro total diario de los 10 hogares del sector 3. Todos los valores se presentan en poca concentración sin embargo cumplen el parámetro ≤ 5 mg/L.

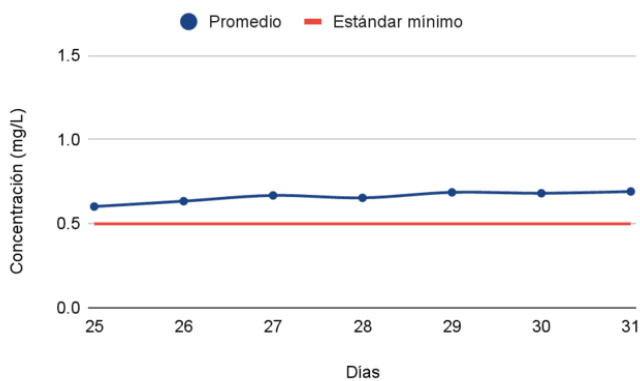


Figura 8: Variación de cloro residual libre a lo largo del tiempo

Los resultados promedio del nivel de cloro residual libre diario de los 10 hogares del sector 3 se observan en la Figura 8. Se puede visualizar el punto más bajo de concentración el día domingo 25 de mayo y el más alto el viernes 31 de mayo. Todas las muestras cumplen con el parámetro ≥ 0.5 mg/L.

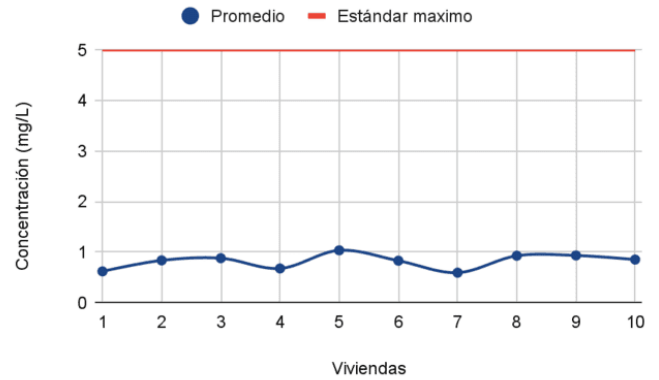


Figura 9: Variación de cloro total en 10 viviendas

A nivel de viviendas, el 30 % de los puntos muestreados-1, 4 y 7-fueron los que presentaron niveles de cloro total más bajos (0.62, 0.68 y 0.6 mg/L respectivamente) a comparación de los restantes, correspondientes a hogares de los grupos 7, 14 y 16 del sector 3 de Villa El Salvador.

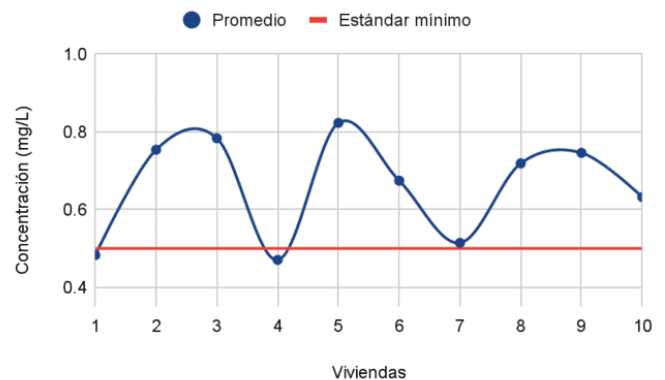


Figura 10: Variación de cloro residual libre en 10 viviendas

En cuanto a cloro residual libre, en la Figura 10 se observa concentraciones promedio por debajo al estándar mínimo para las viviendas 1 y 4 de los grupos 7 y 14 respectivamente, esto corresponde al 20% de puntos muestreados. De manera similar sigue la tendencia la vivienda 7 del grupo 16 la cual presenta una concentración promedio de 0.51 mg/L, muy cerca al estándar ≥ 0.5 mg/L.

4. Conclusiones

En el Sector 3 de Villa El Salvador, los valores de pH registrados en las viviendas oscilan entre 7.7 y 8.1, con un promedio que indica ligera alcalinidad del agua. Según la normativa de la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) [9], el Decreto Supremo N° 031-2010-SA establecido por el Ministerio de Salud (MINSA) y el Decreto Supremo N° 004-2017 establecido por el Ministerio del Ambiente (MINAM), el rango aceptable de pH para agua potable está entre 6.5 y 8.5. Esto sugiere que el agua en el ámbito de investigación se encuentra dentro de los límites seguros y es apta para el consumo humano.

Las concentraciones de cloro total varían entre 0.55 mg/L y 1.13 mg/L. La normativa de la OMS recomienda que el cloro total en agua potable no supere los 5 mg/L, mientras que la EPA establece un límite máximo de 4 mg/L. Los valores obtenidos en las viviendas del Sector 3 de Villa El Salvador están muy por debajo de estos límites, indicando que el nivel de cloro total es adecuado para la desinfección del agua sin presentar riesgos significativos para la salud.

Las concentraciones de cloro residual libre varían entre 0.34 mg/L y 0.95 mg/L. La OMS recomienda que el cloro residual libre se mantenga entre 0.2 mg/L y 0.5 mg/L para garantizar la desinfección continua del agua a lo largo de la red de distribución. Según la normativa del Ministerio de Salud de Perú, el cloro residual libre debe tener una concentración no menor a 0.5 mg/L para asegurar una adecuada protección contra patógenos. Los valores obtenidos en el 20% de los puntos muestreados están por debajo de estas recomendaciones, lo que podría implicar un riesgo potencial de contaminación microbiológica si no se ajustan los niveles de dosificación de cloro.

Los resultados analizados indican que la calidad del agua en términos de pH y compuestos clorados es adecuada, aunque se podrían considerar ajustes menores en algunas viviendas para asegurar que todas cumplan con los niveles óptimos de cloro residual libre.

Referencias

[1] Plataforma digital única del Estado Peruano, “Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano”, 2010. [Online]. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/minsa/normas-legales/244805-031-2010-sa>

- [2] Plataforma digital única del Estado Peruano, “Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y Disposiciones Complementarias”, 2017. [Online]. Disponible en: <https://www.minam.gob.pe/disposiciones/dec-reto-supremo-n-004-2017-minam/>
- [3] W. Gonzales y M. Núñez, “Eficiencia del proceso de cloración en la eliminación de coliformes termotolerantes en una planta de tratamiento de agua potable”, *Rev. Cien. Nor.*, vol. 4, no. 2, pp. 70–76, diciembre 2021. <https://doi.org/10.37518/2663-6360X2021v4n2p70>
- [4] H. Cabrera, “Boletín Epidemiológico Diciembre SE. N° 52-2023”, 2023. [Online]. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/heves/colecciones/19665-boletines-epidemiologicos>
- [5] A. Hernandez, C. Rojas, D. Marques, M. Santero, G. Bendezu, T. Barrientos y J. Miranda, “Inequalities in access to safe drinking water in Peruvian households according to city size: an analysis from 2008 to 2018”. *Int. J. Equity Health*, vol. 20, no. 133, pp. 1-10, junio 2021, <https://doi.org/10.1186/s12939-021-01466-7>
- [6] Plataforma digital única del Estado Peruano, “Informe técnico Perú: Formas de Acceso al Agua y Saneamiento Básico”, 2023. [Online]. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/inei/colecciones/29516-agua-y-saneamiento>
- [7] OMS, *Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first and second addenda*. 4th ed. Brasil: Interligar, 2022.
- [8] P. Ferro, L. Rossel, A. Ferró y I. Vaz, “Quality Control of Drinking Water in the City of Ilave, Region of Puno, Peru”. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, vol. 19, no. 17, pp. 1-9, agosto 2022, <https://doi.org/10.3390/ijerph191710779>
- [9] U.S. Environmental Protection Agency, “Stage 1 and Stage 2 Disinfectants and Disinfection Byproducts Rules”, 2023. [Online]. Disponible en: <https://www.epa.gov/dwreginfo/stage-1-and-stage-2-disinfectants-and-disinfection-byproducts-rules>