

Concentración de compuestos clorados en la red de distribución de agua potable en la ciudad de Acobamba, Huancavelica, Perú

Víctor Guillermo Sánchez Araujo

Universidad Nacional de Huancavelica
victor.sanchez@unh.edu.pe

Pedro Antonio Palomino Pastrana

Universidad Nacional de Huancavelica
pedro.palomino@unh.edu.pe

Reyna Antezana Gavilán

Universidad Nacional de Huancavelica
antezanareyna25@gmail.com

Humberto Guillermo Garayar Tasayco

Universidad Nacional de Huancavelica
humberto.garayar@unh.edu.pe

Liz Giovanna Espinoza Flores

Universidad Nacional de Huancavelica
giovis187@hotmail.com

Julio Daniel Enriquez Quispe

daniel.enriquez@unh.edu.pe
Universidad Nacional de Huancavelica

Braulio Ccora Repuello

brauliogow@gmail.com
Universidad Nacional de Huancavelica

RESUMEN

En el trabajo de investigación se tuvo la finalidad de evaluar la concentración de compuestos clorados en la red de distribución de agua potable de la ciudad de Acobamba, y compararlos con los límites máximos permisibles del DS. N° 031-2010-SA. Se realizó el método de investigación inductivo - deductivo, a través del diseño de investigación no experimental – tipo transversal. Los instrumentos de recolección de datos fueron el comparador de cloro (cloro total) y clorímetro tipo disco (cloro residual libre), ficha de recojo de datos y el DS. N° 031-2010-SA. Para la técnica y procesamiento de análisis de datos se utilizó la prueba de Z a través del cálculo directo y la comprobación con el software Minitab 18 y Microsoft Excel para realizar las gráficas y otros cálculos. Los resultados obtenidos fueron que la concentración de los compuestos clorados se encuentra en niveles por debajo de los LMP establecidos en el DS.

N° 031-2010-SA. Los cuales son ≤ 5 mg/L para cloro total y ≥ 0.5 mg/L para cloro residual libre. En conclusión, la concentración de los compuestos clorados en la red de distribución de agua potable de la ciudad de Acobamba para el cloro total está dentro de los límites máximos permisibles, pero en cantidades mínimas, por lo tanto, el agua es apto para consumo humano, pero no garantiza una buena calidad de agua potable a la ciudad de Acobamba por la inadecuada cloración, por otro lado, el cloro residual libre no cumple con los límites máximos permisibles, por lo tanto, el agua no es apta para el consumo humano.

Palabras clave: *compuestos clorados; cloro residual libre; cloro total; agua para consumo humano.*

Concentration of chlorinated compounds in the drinking water distribution network in the city of Acobamba, Huancavelica, Peru

ABSTRACT

The purpose of the research work was to evaluate the concentration of chlorinated compounds in the drinking water distribution network of the city of Acobamba, and to compare them with the maximum permissible limits of the DS. No. 031-2010-SA. The inductive-deductive research method was carried out, through the non-experimental research design - cross-sectional type. The data collection instruments were the chlorine comparator (total chlorine) and disk type chlorimeter (free residual chlorine), data collection sheet and the DS. No. 031-2010-SA. For the data analysis technique and processing, the Z test was used through direct calculation and verification with the Minitab 18 software and Microsoft Excel to perform the graphs and other calculations. The results obtained were that the concentration of the chlorinated compounds is at levels below the LMP established in the DS. No. 031-2010-SA. Which are ≤ 5 mg / L for total chlorine and ≥ 0.5 mg / L for free residual chlorine. In conclusion, the concentration of chlorinated compounds in the drinking water distribution network of the city of Acobamba for total chlorine is within the maximum permissible limits, but in minimum quantities, therefore, the water is suitable for human consumption. , but it does not guarantee a good quality of drinking water to the city of Acobamba due to inadequate chlorination, on the other hand, the free residual chlorine does not comply with the maximum permissible limits, therefore, the water is not suitable for human consumption.

Keywords: chlorinated compounds; free residual chlorine; total chlorine; water for human consumption.

Artículo recibido: 05 de Abril 2021
Aceptado para publicación: 28 de Mayo 2021
Correspondencia: victor.sanchez@unh.edu.pe
Conflictos de Interés: Ninguna que declarar

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad la organización mundial de salud (OMS) recomienda realizar la cloración del agua como una medida sanitaria efectiva para lograr el abastecimiento de agua segura y prevenir enfermedades de transmisión hídrica (Quispe & Torres, 2018).

Santafé (2009) afirma que el agua como recurso natural el cual es extraída de los ecosistemas para la utilización del hombre, pero un mayor suministro de agua significa una mayor descarga de aguas residuales, trayendo consigo una alteración de los ecosistemas; es aquí donde hay que dar importancia al desarrollo sostenible, que es aquel que permite racionalizar el uso de los recursos con la conservación de los ecosistemas. Se piensa que el agua siempre estará allí para nosotros cuando nosotros la queremos. Asimismo, Reascos y Yar (2010), afirman que, sin agua, los seres vivos morirían. Es necesaria para la vida del hombre, los animales y las plantas. Es parte importante de la riqueza de un país.

Es significa que, el hombre usa el agua existente en la naturaleza para consumirla y utilizarla, pero es evidente que, debido sus características químicas, físicas y biológicas del agua, ésta no puede ser utilizada de forma directa, y por lo tanto dicha agua requiere de una serie de correcciones y tratamientos que eliminen aquellas partículas o sustancias perjudiciales para el hombre. (HANNA Instruments, 2016).

La importancia que ha cobrado la calidad del agua en el Perú ha generado que sean ideados procesos de tratamiento que garanticen su potabilidad para consumo diario o para su utilización en actividades domésticas, industriales o agrícolas. Para garantizar la seguridad del agua potable, los sistemas de desinfección del agua se aplican generalmente en una etapa final del tratamiento del agua (Pérez & Ramos, 2018).

Los sistemas de abastecimiento de agua potable en el medio rural que funcionan a gravedad y no tienen tratamiento o el tratamiento son deficiente, generan enfermedades gastrointestinales en los usuarios por el consumo de agua no desinfectada. Todos los sistemas de abastecimiento de agua potable, deben de brindar agua de buena calidad apta para el consumo humano. El Ministerio de Salud establece mediante norma, el monitoreo del control de calidad del agua para que se garantice su potabilización (Quispe & Torres, 2018).

La desinfección del agua es un proceso que consiste en la reducción de los microorganismos patógenos para el humano hasta alcanzar un nivel que no represente un peligro para la salud. Esto significa que la adición al agua de cloro elemental o sus derivados constituye uno de los procesos químicos más utilizados en los procesos de desinfección del agua, este proceso es

conocido como cloración; otros agentes desinfectantes usados son el ozono, el permanganato de potasio, el bromo y el yodo (Moreno y López 1991).

La CNA (2007) menciona que, actualmente el cloro se aplica tanto en potabilización como depuración e incluye funciones adicionales a la desinfección, como son el control de sabor y olor, la prevención del crecimiento de algas en la infraestructura hidráulica, el mantenimiento de filtros, la remoción de hierro y manganeso, la destrucción del ácido sulfhídrico, la remoción de color por ciertos colorantes orgánicos y el mantenimiento de sistemas de distribución de agua (para controlar el limo). Hoy en día, se dispone de nuevos y eficientes sistemas para el manejo, control y análisis de la cloración y por ello es el método de desinfección más utilizado a nivel mundial 87% de los procesos.

Mediante el desarrollo de esta investigación se pretende mejorar la calidad de vida de los pobladores que consumen agua tratada, para que no se enfermen, y de esta manera se resuelve el problema de desnutrición de los niños haciendo que consuman agua de calidad y a su vez generar en la población una cultura de educación ambiental sobre el cuidado y protección del agua (Tomaylla, 2017).

En la ciudad de Acobamba la Unidad de Gestión de Servicios de Saneamiento (UGSS), tiene una planta de tratamiento de agua potable (PTAP), planta número 8, los informes municipales afirman que: La planta número 8 tiene una capacidad máxima de tratamiento de 160 L/seg, abastece al 80% de la población con el servicio. Últimamente la UGSS ha informado que la población se ha incrementado y que los reservorios con los que se cuenta ya no logran abastecer a toda la ciudad, el agua viene solo por dos horas en las mañanas (6:00 am – 8:00 am) para todo Acobamba.

Esto ha traído consigo que, vecinos de diversos sectores de la ciudad denuncian que el agua que llega a sus hogares no es agua para consumo humano y solo viene dos horas al día. Indican que al abrir los grifos el agua sale turbia, con tierra y a veces sin presencia de cloro. Además, otro grupo de pobladores de la parte baja de la ciudad se vienen quejando, preocupados por la falta de agua durante el día y la mala calidad de agua que reciben en sus hogares. Asimismo, Sofía Torres Parodi, usuaria de la ciudad de Acobamba domiciliado en la Av. San Martín S/N, afirma que: El agua sale con poco de tierra y con escasez de cloro, quizás no realizan limpieza en el reservorio o no están clorando adecuadamente el agua. El propósito fundamental del estudio fue evaluar la concentración de compuestos clorados en la red de distribución de agua potable

de la ciudad de Acobamba, y comparar con los límites máximos permisibles del DS. N° 031-2010-SA, en la ciudad de Acobamba, departamento de Huancavelica.

2. ESTRATEGIAS METODOLÓGICAS O MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó el tipo de investigación aplicada, de un nivel descriptivo, se usó el método inductivo – deductivo, y se ha utilizado un diseño de investigación no experimental, transversal. No experimental, porque no se manipulan las variables de estudio y no poseen grupo de control. solo se observan y estudian los hechos de la realidad después de su ocurrencia, Transversal, porque se obtuvieron los datos en un momento específico del tiempo (Carrasco, 2006).

Población, muestra y muestreo

El total de agua potable (160 L/s) que circula a través de la red de distribución, la cual está conectada al reservorio, a la Planta de Tratamiento de Agua Potable y a la captación existente de la ciudad de Acobamba. Se tomaron un total de 60 muestras de 10 ml del agua potable de los grifos de la zona urbana de la ciudad de Acobamba, es decir por cada sector (sector 01, sector 02, sector 03 y sector 04) se tomaron quince (15) muestras durante el mes de marzo del 2020.

Los muestreos del agua para las pruebas fueron no probabilísticos y por conveniencia, debido a que la elección de los puntos de muestreo no depende de la probabilidad (formula), sino por la conveniencia del investigador y se pretende que las muestras sean estadísticamente representativas de la población.

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica utilizada fue la observación, para la recolección de los datos de la red de distribución de agua potable de la ciudad de Acobamba, se utilizará como instrumento de recolección de datos el equipo de medición de los parámetros estudiados: el cloro total y cloro residual libre. Se identificó y georreferenció mediante un GPS los puntos para la toma de muestras de agua (Tabla 1) de la red de distribución de agua potable de la ciudad de Acobamba. La toma de muestra se realizó a través de las conexiones domiciliarias enlazadas directamente a la red de distribución de agua potable de la ciudad de Acobamba.

Tabla 1 *Plan de muestreo para el análisis*

Sectores	Ubicación georreferenciada	Horas de la toma de muestra	Total de muestras por sector
Sector 01	Jr. Bolognesi 0546603.21 m E 8580588.48 m S	07:00 a.m.	15

Sector 02	Av. Leoncio Prado 0546804.94 m E 8580324.09 m S	07:00 a.m.	15
Sector 03	Av. Dos de Mayo 0546624.10 m E 8580105.29 m S	07:00 a.m.	15
Sector 04	Av. Manco Cápac 0546910.93 m E 8580031.05 m S	07:00 a.m.	15
Total de muestras			60

Protocolo de toma de muestras.

Acciones previas. De las conexiones domiciliarias, se limpió previamente el interior del grifo, sobre todo de los óxidos, ya que estos pueden alterar los resultados de la prueba, se desinfectó el grifo interna y externamente con algodón o hisopo embebido en alcohol 96° y se dejó correr el agua antes de la toma de muestras de uno a tres minutos.

Medición de parámetros de campo. Utilizando unos guantes para la toma de muestras y de acuerdo al Decreto Supremo N° 031-2010-SA. Reglamento de agua para consumo humano, se evaluaron los parámetros de cloro total y cloro residual libre.

Verificación del monitoreo. Fue realizada in situ (en el mismo lugar), ya que cloro es muy volátil, por lo que se realizó inmediatamente después que la muestra fue colecta, para evitar pérdida de cloro, evitando exceso de luz y agitación.

Toma de muestras. Se enjuagó los tubos del comparador de cloro 03 veces con la misma agua analizada. Se llenó el tubo con el agua analizada hasta 10 mL, se calibro el equipo de determinación de cloro, se agregó un sobre DPD, en el tubo y se agito hasta obtener una mezcla y desarrollo del color. En presencia de cloro cambio a un color rosa (la coloración varia de tenue a intensa dependiendo de la concentración de cloro).

Análisis de la muestra. Se colocó el tubo para su análisis en el clorímetro comparando la coloración de la muestra con la de los estándares de calidad de agua con el apoyo del clorímetro tipo disco y comparador de cloro. Se procedió a realizar la lectura por comparación de color orientado el kit hacia una fuente de luz clara. Se anotó el resultado tomando en cuenta la escala numérica establecida. Los resultados de la medición, fueron registrados en el formato adjunto.

Técnicas y procesamiento de análisis de datos.

Para el análisis de los datos de la dosis de cloro total y cloro residual libre se utilizó el análisis de la estadística descriptiva para obtener los mínimos, máximos, media de concentración del

cloro, los resultados que se obtengan, se clasificaran de acuerdo a los límites máximos permisibles establecidos en el Reglamento de Calidad del Agua para Consumo Humano el D.S. N° 031-2010-SA (Nuñez, 2019).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

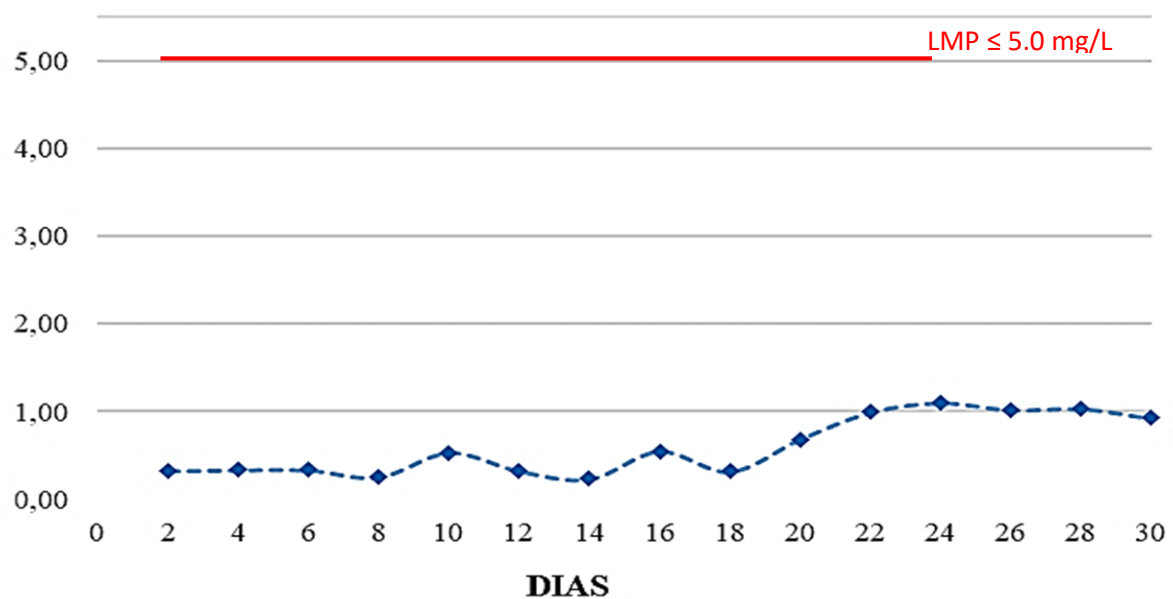
En los presentes resultados, se describe la concentración de los compuestos clorados por sectores de la red de distribución de agua potable de la ciudad de Acobamba.

Tabla 2 *Tabla de resultados obtenidos de cloro total en mg/L del mes de marzo*

Sector/ día	Cloro total en mg/L														
	02	04	06	08	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
Sector 01	0.41	0.37	0.27	0.03	0.56	0.36	0.42	0.49	0.25	0.70	1.21	1.21	1.04	0.98	0.89
Sector 02	0.27	0.61	0.34	0.42	0.70	0.26	0.26	0.56	0.24	0.94	1.15	1.17	1.06	1.05	0.96
Sector 03	0.19	0.24	0.32	0.34	0.65	0.35	0.15	0.55	0.42	0.78	0.30	0.75	0.95	1.06	0.79
Sector 04	0.43	0.09	0.40	0.22	0.22	0.32	0.00	0.60	0.35	0.32	1.31	1.28	1.03	1.05	1.06
Prom.	0,33	0,34	0,33	0,25	0,53	0,32	0,23	0,55	0,32	0,69	0,99	1,10	1,02	1,04	0,93

En la tabla 2, se presentan los resultados obtenidos de cloro total, en función a cada uno de los sectores de monitoreo, realizado a partir del día 02 al 30 de marzo del 2020, un monitoreo por día, en los 15 días de evaluación, haciendo un total de 60 datos de cloro total.

Figura 1 *Variación del cloro total a lo largo del tiempo.*



En la ciudad de Acobamba (promedio de los 04 sectores) el cloro total, se encuentran dentro del rango permitido por los Límites Máximos Permisibles (LMP), pero en mínimas cantidades, llegando a un máximo de 1.10 mg/L en el día 24. Según Nuñez (2019) en su investigación de cloro total residual para la ciudad de Cajamarca, está dentro de los LMP dispuestos por el DS. N° 031-2010-SA; el cual es ≤ 5 mg/L; pero en cantidades pequeñas, por lo tanto, el investigador concluye que el agua es apta para el consumo humano, pero no beneficia una calidad del agua a la ciudad de Cajamarca, cabe mencionar que el cloro total solo evalúa que no exista gran cantidad de cloro total en el agua. Los resultados del cloro total en el estudio también están dentro de los LMP (DS. N° 031-2010-SA); pero con valores mínimas; por lo tanto, también podemos concluir que el agua es apta para consumo humano, pero este no favorece para una buena calidad de agua potable, debido a que no se añade suficiente cantidad de cloro inicialmente al agua.

En la investigación de Quispe (2018), se tomaron 30 muestras por viniendo encontrándose: en la vivienda más próxima al reservorio el 57% está dentro de los límites permisibles y el 43% se encuentra por debajo; en la vivienda intermedia de la red el 27% está dentro de los límites permisibles y el 73% se encuentra por debajo; y en la vivienda más alejada de la red el 3% está dentro de los límites permisibles y el 97% se encuentra por debajo; En el presente trabajo de investigación se analizaron los resultados por sectores de toda la ciudad de Acobamba porque el objetivo fue determinar la concentración del cloro total en la red de distribución; se recomienda para futuras investigaciones analizar los resultados por puntos (inicio de la red, intermedio de la red y más aleja de la red). Según Guzmán, Nava, & Díaz (2012) estudio la calidad del agua para consumo humano y su asociación con la morbimortalidad en Colombia, 2008-2012; se encontró un alto porcentaje de municipios donde el valor de potabilidad del agua no se ajustaba a lo establecido por la norma vigente; problemas relacionados con la presencia de E. coli, coliformes totales y la ausencia de cloro residual libre, los cuales fueron más agudos en la zona rural por tanto la calidad del agua demostró tener un impacto importante en la mortalidad infantil, por lo que se requiere la adopción de políticas que fortalezcan los sistemas de suministro de agua.

Según Pérez & Ramos (2018) el cloro total en el reservorio varía entre un mínimo de 0.4 mg/L y un máximo 0.5 mg/L, por lo cual demuestran que la dosificación no es correcta para el volumen de ingreso de agua al reservorio; sin embargo en la presente tesis el cloro total varía entre un mínimo de 0.0 mg/L y un máximo 1.31 mg/L; por lo cual también podemos mencionar que en el reservorio de la ciudad de Acobamba no realizan una cloración adecuada. Las

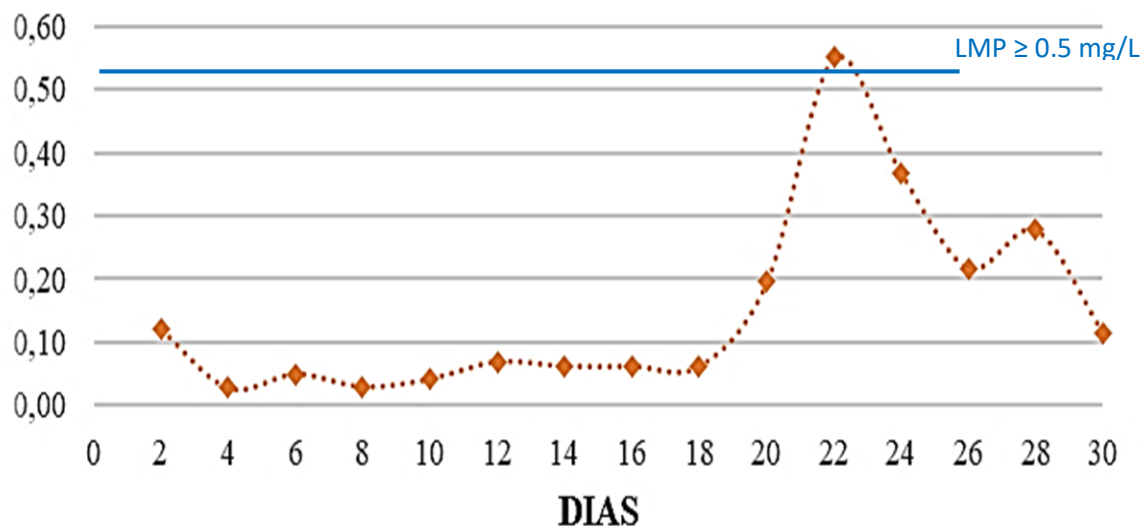
concentraciones en toda la red de distribución se observan que las 60 muestras realizadas ninguna supera el límite máximo permisible para cloro total de menor o igual a 5 mg/L, pero los valores están mínimas cantidades, lo cual, indica que el agua es apta para consumo humano, ya que, los niveles de concentración están dentro de los parámetros dispuestos por el DS. N° 031-2010-SA, por lo tanto, la calidad de agua potable no garantiza al 100% por la inadecuada cloración que realizan en la planta N°8 (reservorio) de la ciudad de Acobamba.

Tabla 3 *Tabla de resultados obtenidos de cloro residual en mg/L del mes de marzo*

Sector/ día	cloro residual libre en mg/L														
	02	04	06	08	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
Sector 01	0.07	0.05	0.02	0.01	0.05	0.03	0.12	0.09	0.06	0.14	0.92	0.69	0.09	0.20	0.08
Sector 02	0.03	0.06	0.16	0.08	0.05	0.10	0.10	0.06	0.07	0.50	0.86	0.50	0.41	0.20	0.12
Sector 03	0.01	0.00	0.02	0.02	0.04	0.02	0.02	0.05	0.02	0.04	0.05	0.06	0.31	0.36	0.16
Sector 04	0.37	0.00	0.00	0.01	0.03	0.13	0.01	0.05	0.10	0.10	0.37	0.22	0.06	0.35	0.10
Prom.	0,12	0,03	0,05	0,03	0,04	0,07	0,06	0,06	0,06	0,20	0,55	0,37	0,22	0,28	0,12

En la tabla 3, se presentan los resultados obtenidos de cloro residual libre, por cada sector de monitoreo, realizándose muestreos inter diarios a partir del día 02 al 30 de marzo del 2020, al día se tomaron 04 muestras de este parametro, durante los 15 días de evaluación, haciendo un total de 60 datos de cloro residual libre.

Figura 2 *Variación del cloro residual libre a lo largo del tiempo*



En la ciudad de Acobamba (promedio de los 04 sectores) el cloro residual libre, solo el día 22 con 0.55 mg/L, se encuentra dentro del rango permitido por los Límites Máximos Permisibles (LMP), de modo que los demás resultados se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles. Según la investigación de Rodríguez (2017) observó que los niveles de cloro residual rebasaron los límites permisibles (0.2 - 1.00 mg/L) establecidos por la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA-1-1994; de la misma forma que se observó en la presente tesis que los niveles de cloro residual que no cumple con los límites máximos permisibles (≥ 0.5 mg/L) establecidos por el DS. N° 031-2010-SA. Por la inadecuada cloración que realizan, Sin embargo, en la investigación de Barbolla et al. (2013) para la ciudad de Tabasco-México; cumple con los límites de cloro residual libre; debido a que realizan una cloración adecuada. Asimismo, Murillo (2015) en su tesis titulada control estadístico de la calidad del agua respecto al cloro residual y turbidez en la planta de tratamiento SEDA Juliaca de 2015, se obtuvo que el proceso es capaz de cumplir con las normas del Ministerio de Salud Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano – DS N° 031-2010-SA; Las cuales son 0,5 - 5 mg/l para cloro residual y 0 – 5 UNT para turbiedad.

Según la tesis de Puebla (2017), en la norma para el cloro residual de República de Cuba, los límites están entre 0.3 y 0.6 mg/L; obteniendo resultados en su investigación menores a 0.3 mg/L un 52.38%, dentro de los límites establecidos un 42.85% y superando el 0.6 mg/L un 4.76%, conllevando a aumentar el riesgo de contraer enfermedades como la: gastroenteritis, la desinteria, la hepatitis, el tifus, el cólera y la guardias; de igual forma en la actual tesis el 93.33% de los datos no supera los LMP (≥ 0.5 mg/L), solo el 6.67% están dentro de los LMP; por lo tanto, la población de Acobamba se encuentra con mucho mayor riesgo de contraer las enfermedades mencionadas. Asimismo, Según Campoverde (2015) en su trabajo de análisis del efecto toxicológico que provoca el consumo humano de agua no potable, mediante la determinación de cloro libre residual en aguas tratadas de las parroquias rurales del cantón cuenca; se ha planteado este proyecto, para evaluar los efectos toxicológicos y ambientales que el consumo de esta agua provoca en la población que la consume, mediante la determinación cuali cuantitativa de cloro libre residual, para tener un sustento informativo y un indicador para vigilar la calidad de agua.

Según Pérez & Ramos (2018), el cloro libre residual en las redes de distribución varía entre un mínimo de 0.0 mg/L y un máximo 0.39 mg/L, con ello se concluye que no se cumple con lo recomendado por el reglamento de calidad de agua de consumo humano; sin embargo en la

presente tesis el cloro residual libre varía entre un mínimo de 0.0 mg/L y un máximo 0.92 mg/L; por lo cual también podemos mencionar que en el agua no cumple con lo recomendado por el reglamento de calidad de agua de consumo humano DS. N° 031-2010-SA. Asimismo, Según Murillo (2015) en su tesis titulada control estadístico de la calidad del agua respecto al cloro residual y turbidez en la planta de tratamiento SEDA Juliaca de 2015, se obtuvo que el proceso es capaz de cumplir con las normas del Ministerio de Salud Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano – DS N° 031-2010-SA; Las cuales son 0,5 - 5 mg/l para cloro residual y 0 – 5 UNT para turbiedad.

Según Landeo (2018) en su trabajo relación de los métodos por goteo y la eficiencia del cloro residual en la instalación de sistemas de cloración en zonas rurales, obteniendo como resultados que el 99% de los resultados de cloro residual en el inicio de la red estarán en el intervalo de (0.71 mg/l; 1.03 mg/l), en la mitad de la red estarán en el intervalo de (0.67 mg/l; 1.01 mg/l) y al final de la red estarán en el intervalo de (0.57 mg/l; 0.91 mg/l), donde se comprobó que el sistema de cloración por goteo con flotador adaptado es el más económico con una diferencia de S/. 111.5, con el sistema de cloración por goteo por embalse.

Mantilla y Rucoba (2014) en su estudio evaluación de la concentración de cloro en el agua de consumo humano en Cajamarca-Perú 2014, concluyen que se puede observar de los 18 puntos de monitoreo, 16 presentan exceso de cloro en la planta de tratamiento Santa Apolonia en el mes de julio del 2014, y que de la concentración de cloro de los lugares provenientes de la planta El Milagro en el mes de junio del 2014 en distintos puntos de monitoreo la mayoría en concentraciones muy altas.

Según Garcia (2016) en su tesis titulado modelo de decaimiento de cloro libre en la red de distribución de agua potable en la ciudad de azogues, Ecuador, se determinó que el cloro influye en la corrosión de tuberías de cobre, los modelos predicen la calidad del agua, pudiéndose usar como una herramienta de gestión para optimizar la calidad del servicio proporcionada por las empresas operadoras. Según Pérez (2016) en su artículo científico titulado control de calidad en aguas para consumo humano en la región occidental de Costa Rica; el estudio arrojó resultados muy favorables, ya que las muestras cumplen con la regulación vigente en el país en cuanto a parámetros de calidad del agua; no obstante, cabe destacar que en los casos de la prueba de alcalinidad total de las muestras de las zonas de San Ramón y San Carlos, los resultados sobrepasan lo recomendado por los parámetros de calidad.

Asimismo, Gutierrez y Torrez (2013), en el estudio comparativo y estadístico de la calidad del agua potable en las redes de distribución de la Parroquia Guapán del Cantón Azogue, llegan a la conclusión de que el análisis físico-químico realizado en cada una de las redes de distribución de EMAPAL, FISE y PI demuestra que el agua de la red de EMAPAL y PI cumple con la normativa de referencia, en comparación con el agua de la red de distribución del FISE que no cumple con dos parámetros de calidad como son la turbiedad y cloro residual, mientras que los demás parámetros físico químicos se encuentran dentro de la NTE INEN 1108:1.

Las concentraciones en toda la red de distribución se encuentran por debajo de lo que establece la ley, lo que significa que la cloración es deficiente, o que el cloro residual libre por diversos factores ha ido reaccionando dentro de la red de distribución. Según el DS. N° 031-2010-SA, el cloro residual libre ≥ 0.5 mg/L, en el punto más alejado de la red

Si los niveles de cloro se encuentran por debajo de 0.4 mg/L, es necesario añadir más cloro en un punto intermedio de la red de tuberías”. Como se observa en su mayoría no cumple con lo establecido en la normativa vigente, no garantizando así que el agua sea apta para el consumo humano.

Según los valores encontrados de la concentración de compuestos clorados (cloro total y cloro residual libre) en la red de distribución de agua potable de la ciudad de Acobamba, no cumplen con los parámetros establecidos en el DS. N° 031-2010-SA. El Cloro total cumple con los parámetros establecidos ≤ 5 mg/L, en cloro residual libre en su mayoría están por debajo de 0.5 mg/L, incumpliendo con lo establecido en la normativa vigente, por lo tanto, el proceso de desinfección es deficiente no garantizando así la calidad de agua, siendo esta no apta para el consumo humano.

4. CONCLUSIÓN O CONSIDERACIONES FINALES

- De las sesenta (60) muestras determinadas la concentración de cloro total en la red de distribución de agua potable de la ciudad de Acobamba se observa que, cumplen con los Límites Máximos Permisibles (LMP), el cloro total es menor o igual a 5.0 mg/L, por lo que, los niveles de concentración están dentro de los parámetros dispuestos por el DS. N° 031-2010-SA.
- En el análisis del cloro residual libre de las sesenta (60) muestras, sus máximos valores encontrados fueron de 0.92 y 0.86 en el día 22; y 0.69 y 0.50 en el día 24 son los únicos valores que cumplen con los Límites Máximos Permisibles (LMP), por lo tanto, el resto de los valores no cumplen con los parámetros DS. N° 031-2010-SA, de ≥ 0.5 mg/L.

- Se llega a la conclusión, que la concentración de los compuestos clorados en la red de distribución de agua potable de la ciudad de Acobamba es baja y no cumplen con los límites máximos permisibles; por lo tanto, el proceso de cloración en la red de distribución de agua potable de la Ciudad de Acobamba es deficiente, puesto que, los valores encontrados en todo el monitoreo de los compuestos clorados son bajos en comparación a los parámetros dispuestos por el DS. 031- 2010-SA, por lo tanto, no garantizan la calidad del agua potable.

5. LISTA DE REFERENCIAS

- Barbolla, M., De la Cruz, L., Piña, O., De la Fuente, J., & Garrido, S. (2013). Calidad del agua en Tabasco, 9(1), 170–177. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=48709106>
- Campoverde, J. (2015). Análisis del efecto toxicológico que provoca el consumo humano de agua no potable, mediante la determinación de cloro libre residual en aguas tratadas de las Parroquias Rurales del Cantón Cuenca., 1–110.
- Carrasco, S. (2006). Metodología de la Investigación Científica. *San Marcos*.
- CNA. (2007). Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento: Desinfección para sistemas de Agua Potable y Saneamiento. México, México: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua
- HANNA. (17 de marzo de 2016). La importancia de Potabilizar y realizar la Desinfección del Agua [Mensaje en un Blog]. Recuperado de <http://www.hannachile.com/blog/cat/art%C3%ADculos>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación. Journal of Chemical Information and Modeling*.
- García, F. F. (2016). Modelo de decaimiento de cloro libre en la red de distribución de agua potable en la ciudad de Azogues, Ecuador. Repositorio Institucional - UNALM, 8. Retrieved from <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3845>
- Guzmán, B. L., Nava, G., & Díaz, P. (2012). La calidad del agua para consumo humano y su asociación con la morbilidad en Colombia, 2008-2012. *Biomedica*, 35(3), 177–190. <https://doi.org/10.7705/biomedica.v35i0.2511>
- Gutiérrez, D. y Torrez, L. (2013). Estudio comparativo y estadístico de la calidad del agua potable en las redes de distribución de la parroquia Guapán del Cantón Azogues (Tesis de grado). Universidad de Cuenca. Ecuador
- Ministerio de Salud. (2011). Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA. *El Peruano*, 20–25.

- Moreno, A. F. y López, R. (1991). Determinación del Cloro Residual. Recuperado de <https://www.ircwash.org/sites/default/files/245.11-91AD-9089.pdf>
- Murillo, Y. (2015). Control estadístico de la Calidad del Agua respecto al Cloro Residual y Turbidez en la Planta de Tratamiento Seda Juliaca de 2015. *Universidad Nacional Del Altiplano*. Retrieved from <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/2378>
- Núñez, E. (2019). Concentración de compuestos clorados en la red de distribución de agua potable del Reservorio N° 2 de la Planta El Milagro en la Ciudad de Cajamarca – 2018.
- Organización Mundial de La Salud. (2011). Guías para la calidad del agua de consumo humano. Cuarta edición. Incorpora la primera adenda. *Organización Mundial de La Salud*, 4, 608. Retrieved from <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/272403/9789243549958-spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Pérez, R., & Ramos, G. (2018). Dosis de cloro y cloro residual libre en el sistema de agua potable del sector de Puyhúan Grande del distrito y provincia de Huancavelica. *Repositorio Institucional - UNH*, 166. Retrieved from <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/2181>
- Pérez, E. (2016). Quality control of water for human consumption in the region of the West in Costa Rica. *Tecnología En Marcha*, 29, 3–14. <https://doi.org/10.18845/tm.v29i3.2884>
- Puebla, Y. (2017). Evaluación de la Materia Orgánica ,el Cloro Residual en las aguas de consumo humano de la ciudad de Moa en el Periodo febrero -Abril de 2009., 5, 78.
- Quispe, J., & Torres, C. (2018). Diseño de un sistema automatizado de dosificación de cloro para mejorar la calidad del agua potable en el sistema de abastecimiento de la comunidad La planta – Paiján - La Libertad. *Repositorio Institucional - UNITRU*, 159. Retrieved from http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/10532/QuispeLozano_J - TorresEsparta_C.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Quispe, M. (2018). Evaluación y planteamiento de diseño del sistema de dosificación de cloro en el tratamiento de agua potable del Centro Poblado de Cayacaya - Putina. *Universidad Nacional Del Altiplano*. Retrieved from <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/7879>
- Reascos, B.A. y Yar, B.M. (2010). Evaluación de la calidad del agua para el consumo humano de las comunidades del Cantón Cotacachi y propuesta de medidas correctivas (tesis de

grado). Universidad Técnica del Norte, Ecuador. Recuperado de <http://repositorio.utn.edu.ec/>

Rodriguez, E. (2017). Variabilidad temporal de cloro residual y presencia de Fe, Cu y Mn en una red de distribución de agua potable en Ciudad del Carmen, Campeche., (December 2012). <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.27644.03208>

Santafé, M. F. (2009). Situación actual del estado de la depuración biológica. Explicación de los métodos y sus fundamentos. Recuperado de <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/>

Tomaylla, N. (2017). Diseño, construcción y evaluación de un sistema de cloración por goteo en la desinfección de agua para consumo de la comunidad de Capillapata - Los Morochucos - Cangallo, Ayacucho - 2016, 52.