

## Eficiencia del proceso de cloración en la eliminación de coliformes termotolerantes en una planta de tratamiento de agua potable

Efficiency of the chlorination process in the elimination of thermotolerant coliforms in a drinking water treatment plant

Wilmer Gonzales Vasquez<sup>1</sup>  Mariela Núñez Figueroa<sup>1,\*</sup> 

<sup>1</sup>Universidad Nacional Autónoma de Chota (UNACH). Escuela Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental, Ciudad Universitaria Colpamatara, 06120, Chota, Cajamarca, Perú

\*Autor correspondiente [e-mail: marielanf@gmail.com]

### RESUMEN

La eliminación eficiente de coliformes termotolerantes en agua para consumo humano es fundamental para la salud humana. Por esta razón el trabajo realizado tuvo como objetivo determinar la eficiencia del proceso de cloración en la eliminación de coliformes termotolerantes de la Planta de tratamiento de agua potable (PTAP) "Santa Rosa" – Chota. Se tomaron 10 muestreos de agua distribuidos en época de lluvia y de estiaje tanto para el agua cruda como para el agua tratada. El análisis de datos se realizó mediante muestras simples. Se definió buena calidad bacteriológica: agua con cloro libre adecuado, ausencia de coliformes totales. Para realizar la toma de muestras de agua se tuvo en cuenta el Protocolo establecido por la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) del Ministerio de Salud de Perú. Los resultados determinaron la presencia de coliformes termotolerantes en el agua cruda, con variaciones de 149 NMP/100mL a 168 NMP/100 mL respectivamente; sin embargo, el proceso de cloración logró eliminar coliformes termotolerantes con una eficiencia del 100%. El agua tratada cumplió con los Límites Máximos Permisibles (LMP) para agua de consumo humano.

*Palabras clave:* época de estiaje, época de lluvia, consumo humano.

### ABSTRACT

The efficient removal of thermotolerant coliforms in drinking water is essential for human health. For this reason, the objective of the work carried out was to determine the efficiency of the chlorination process in the elimination of thermotolerant coliforms from the "Santa Rosa" Drinking Water Treatment Plant (PTAP) - Chota. 10 samples of water distributed in the rainy and dry season were carried out for both raw water and treated water. Data analysis was performed using simple samples. Good bacteriological quality was defined: water with adequate free chlorine, absence of total coliforms. To take water samples, the Protocol established by the General Directorate of

Environmental Health (DIGESA) of the Ministry of Health was taken into account. The results determined the presence of thermotolerant coliforms in raw water, with variations from 149 NMP / 100mL to 168 NMP / 100 mL respectively; however, the chlorination process managed to eliminate thermotolerant coliforms with an efficiency of 100%. The treated water met the Maximum Permissible Limits (LMP) for water for human consumption.

*Keywords:* dry season, rainy season, human consumption.

## INTRODUCCIÓN

El agua es un elemento vital para los seres vivos, por consiguiente, el acceso al agua potable es esencial para la vida, sin embargo, el crecimiento de la población, el incremento de la industrialización, la escasez de fuentes de agua para consumo, libres de contaminantes o inocuas, constituye un problema que enfrenta la población peruana (Neira et al., 2007). El agua puede convertirse en un vehículo transmisor de diversas enfermedades como enfermedades diarreicas aguda en el ser humano, sobre todo en la población infantil.

Perú enfrenta problemas de abastecimiento y contaminación de agua sobre todo en las zonas rurales o recientemente pobladas (MINSA, 2010). En las zonas rurales, frecuentemente existen problemas de disponibilidad de agua, falta de potabilización y contaminación de agua, debido a que una parte de la población consume agua potable, otras se abastecen de agua que proviene de manantiales, ríos, arroyos u otras fuentes naturales de agua, que están expuestas a partículas orgánicas e inorgánicas.

La calidad bacteriológica del agua de consumo humano incluye indicadores capaces de detectar la contaminación fecal del agua y brinda una idea de la posible presencia de agentes patógenos que pongan en riesgo la salud de la población. En este sentido, el recuento de heterótrofos y la presencia de coliformes totales dan una idea de la calidad del agua; *Escherichia coli* y los enterococos son

indicadores de contaminación fecal (Ishii y Sadowsky, 2008)

La demanda de agua para consumo humano es cada vez mayor, debido al incremento de la población, siendo necesario cumplir con los Estándares de calidad ambiental (ECA) establecidos en la normativa vigente de MINAM (2017).

La presencia o aumento de bacterias, parásitos, virus y hongos en el agua surge usualmente por efecto directo o indirecto de cambios en el medio ambiente y en la población tales como urbanización no controlada, crecimiento industrial, pobreza, ocupación de regiones antes deshabitadas, y la disposición inadecuada de excretas humanas y animales. Los cambios relacionados con las actividades antropogénicas se ven reflejados directamente en el entorno y, por consiguiente, en el recurso hídrico. Las principales actividades que favorecen la contaminación de aguas son las agropecuarias como movilización de animales, cultivos, abonos orgánicos mal procesados y disposición inadecuada de aguas residuales que afectan la calidad microbiológica de las fuentes de agua (Núñez y Lizarazu, 2009).

Las enfermedades transmitidas por el agua son de distribución mundial, causantes de epidemias tanto en países desarrollados como en vía de desarrollo. Son una de las principales razones de los 4 mil millones de casos de diarrea, que causan anualmente 1,6 millones de muertes en el mundo; como agravante es responsable del

21% de muertes en niños menores de cinco años de edad (Neira et al., 2007).

Las fuentes de agua que abastecen a una población pueden proceder de la lluvia, de aguas superficiales o de aguas subterráneas. En el Perú el agua que se trata para consumo humano es de origen superficial, por lo que pueden presentar diferentes contaminantes, los cuales pasan por diferentes procesos con el objetivo de que el agua llegue a cumplir los Límites Máximos Permisibles establecidos para los parámetros y es aquí que el proceso de cloración además de otros procesos complementarios constituye una alternativa para mejorar la calidad del agua y hace que ésta sea apta para el consumo humano. El proceso de cloración en una planta de tratamiento de agua potable o de uso en sistemas convencionales de desinfección directa tiene por finalidad brindar al consumidor un agua exenta de bacterias patógenas (CEPIS et al., 2006)

En el Perú, los análisis para el control del proceso y de la calidad de las aguas tratadas se hacen de acuerdo al Reglamento de Calidad de Agua para Consumo Humano (MINSa, 2010).

En la ciudad de Chota, Cajamarca, en un informe presentado por el Hospital José Hernán Soto Cadenillas de Chota, 2017 a través de la Oficina del Programa Articulado Nutricional menciona que se han reportado 212 casos de enfermedades diarreicas agudas (EDA), 9 casos de EDA disintérica y 5 casos de EDAs con complicaciones, dichos casos podrían estar relacionados con la contaminación por alimentos o por agua. Por lo antes mencionado, se tuvo objetivo analizar la eficiencia del proceso de

cloración en la eliminación de Coliformes termotolerantes de la planta de tratamiento de agua potable (PTAP) "Santa Rosa".

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Localización del estudio

El estudio fue realizado en el caserío de Santa Rosa, distrito y provincia de Chota, región de Cajamarca, localizado geográficamente en las Coordenadas UTM Datum WGS 1984, Zona 17S: 0761354 E, 9274539 N a altitud de 2523 m.s.n.m. El clima de la provincia de Chota, es del tipo lluvioso, semifrío y húmedo, con ausencia de lluvias en las estaciones de otoño e invierno, se caracteriza por presentar medias de 16,5°C; 3,2 mm/día y 83,1% de temperatura, precipitación pluvial y humedad relativa, respectivamente (Aybar et al., 2017).

### Toma de muestras

Las muestras fueron tomadas en la Planta de tratamiento de agua potable (PTAP) "Santa Rosa", para esto se establecieron dos puntos para realizar la toma de muestras. El Primer punto estuvo ubicado al ingreso (afluente) y el segundo punto se ubicó en la salida (efluente).

La toma de muestras se realizó entre los meses de enero a agosto de 2020; se colectaron cinco (5) muestras en temporada de lluvia y cinco (5) muestras en temporada de estiaje, obteniendo un total de 10 muestras; dicho muestreo se realizó aplicando el Protocolo de monitoreo de calidad sanitaria de los recursos hídricos superficiales de DIGESA (MINSa, 2010).



Figura 1. Mapa de ubicación de la Planta de tratamiento de agua potable Santa Rosa – Chota, Cajamarca, Perú.

El tipo de cloración empleado se denomina Autocompente, es decir si el caudal de agua varía se regulará la dosis de cloro. El desinfectante utilizado para el proceso de cloración fue hipoclorito de calcio  $\text{Ca}(\text{ClO})_2$  granulado al 68%. La dosis de la solución suministrada fue de 4 kg en 600 litros de agua. La frecuencia de desinfección fue mensual, esta actividad fue realizada por el personal de la Municipalidad Provincial de Chota. Así mismo el análisis de las muestras fue realizado por el Laboratorio de la Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental – Chota. Para realizar el análisis de la eficiencia se usó la siguiente fórmula (Ec. 1):

$$E = (S - Sf) / So \quad (\text{Ec. 1})$$

Donde: E- eficiencia de remoción del sistema, o de uno de sus componentes (%), Sf- concentración en el efluente en mg/L (UFC), So- concentración en el influente en mg/L (UFC)

#### Análisis estadístico

En el análisis de datos se usó estadística descriptiva, en la presentación de los resultados se utilizaron tablas; para o cual se empleó el software Office Excel 2016.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1, se observan los resultados de las muestras de agua para coliformes en la entrada de la Planta de tratamiento, presentan valores similares en cuanto a la concentración de coliformes fecales; sin embargo, las muestras de agua en la salida tienen un valor de cero (0), estos resultados se explican por la aplicación de hipoclorito de calcio granulado al 68% empleando el sistema autocompente. Caceres et al. (2021), determinaron para hipoclorito de calcio eficiencia en el tratamiento de aguas residuales del 94.48% en sólidos totales en suspensión, 98.41% en la demanda bioquímica de oxígeno, 100.00% de coliformes termotolerantes, con un pH final del agua de 7.51.

Tabla 1. Resultados de las muestras para coliformes termotolerantes en época de lluvia,

Muestra	Entrada	Salida
	Coliformes fecales: 45,5°C (NMP/100mL)	Coliformes fecales: 45,5°C (UFC/100mL)
1	126,0	0,0
2	164,0	0,0
3	165,0	0,0
4	126,0	0,0
5	164,0	0,0
Media	149,0	0,0

Todos los cuerpos superficiales de agua presentan concentraciones de coliformes termotolerantes debido a su exposición con materia fecal de animales de sangre caliente, debido a esto el agua debe tener un tratamiento adecuado como lo señalan Molina y Jiménez (2017) quienes refieren que las aguas superficiales destinadas para consumo humano deben ser tratadas teniendo en cuenta la época del año y la concentración de coliformes termotolerantes y los tratamientos deben ser

más severos cuando las concentraciones son mayores. De la misma manera el MINSA (2010) en el DS N° 031-2010-SA del Reglamento de Agua para Consumo Humano señala que el agua para esta categoría debe estar exenta de bacterias termotolerantes; También el MINAM (2017) en el D.S 004-2017 menciona que el agua para uso poblacional destinada a ser potabilizada debe estar exenta de bacterias termotolerantes.

Tabla 2. Resultados de las muestras para coliformes termotolerantes en época de estiaje

Muestra	Entrada	Salida
	Coliformes fecales (NMP/100mL)	Coliformes fecales (UFC/100mL)
1	160,0	0,0
2	180,0	0,0
3	170,0	0,0
4	170,0	0,0
5	160,0	0,0
Media	168,0	0,0

Al comparar las concentraciones de coliformes fecales en época de lluvia (Tabla 1) y época de estiaje (Tabla 2), en la época de estiaje se incrementa en 12,75% los coliformes fecales; esto se explica porque en época de estiaje se incrementan los sólidos suspendidos por la disminución del caudal de ingreso a la PTAP. En tanto que, también muestra eficiencia de tratamiento de la PTAR (Tabla 2) en época de estiaje, con presencia de coliformes

termotolerantes (fecales) en el agua a la entrada; sin embargo, en la salida, el agua tratada no se presenta coliformes termotolerantes. Al respecto Ríos et al.(2017), coinciden en que la variación de la presencia de bacterias, parásitos, virus y hongos en el agua está relacionada directa o indirectamente con los cambios en el medio ambiente como las estaciones, los efectos de las actividades humanas y la disposición inadecuada de excretas humanas y animales.

### Eficiencia de cloración en la eliminación de coliformes termotolerantes época de lluvia y estiaje

Los resultados muestran que la PTAP tiene una eficiencia del 100% en la eliminación de coliformes termotolerantes, tanto en época de lluvia como en época de estiaje (Tabla 1 y 2), cumpliendo con los lineamientos de del DS 031-2010 SA del MINSA (2010)

En los resultados microbiológicos señalan que el agua cruda procedentes de cuerpos superficiales como es en el caso de las aguas del Túnel Conchano, Suro y la Zarza, existe la presencia de coliformes termotolerantes en 145 NMP/100mL procedentes de excretas de humanos y animales, por tanto no se consideran aptas para el consumo humano directo debido a sus potencialidad para provocar enfermedades y deben ser tratadas para quedar exentas de estas bacterias según D.S N 031-2010 SA del MINSA(2010) tal y como muestran los resultados del agua de salida de la PTAP la concentración es de 0 UFC/100mL. También, Viale (2008) menciona que la presencia de coliformes termotolerantes en el agua es un bioindicador de contaminación fecal procedente de animales de sangre caliente. Es fundamental recalcar que el agua con concentraciones de coliformes fecales representa un grave riesgo para la salud y no es apta para el consumo humano sin tratamiento previo.

### CONCLUSIONES

El proceso de desinfección que se utiliza en la Planta de Tratamiento de agua potable "Santa Rosa" fue Autocompenzante mediante la suministración de Hipoclorito de calcio  $\text{Ca}(\text{ClO})_2$  granulado al 68%.

Los resultados de los promedios de los análisis realizados a las 10 muestras señalan que hay presencia de coliformes termotolerantes en el agua cruda, con variaciones tanto en épocas de lluvia y de estiaje.

El proceso de cloración empleado para eliminar las coliformes termotolerantes (fecales) tiene una eficiencia del 100%.

El agua tratada cumple con los Límites Máximos Permisibles para agua de consumo humano ya que los resultados arrojaron un contenido de 0,6 mg/L estando en el intervalo de 0,5 a 1 de la normativa.

### REFERENCIAS

- Aybar, C.; Lavado-Casimiro, W.; Huerta, A.; Fernández, C.; Vega, F.; Sabino, E. & Felipe-Obando, O. (2017). Uso del Producto Grillado "PISCO" de precipitación en Estudios, Investigaciones y Sistemas Operacionales de Monitoreo y Pronóstico Hidrometeorológico. Nota Técnica 001. Disponible en: <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/014025/ENA-8.pdf>
- Caceres Pom, D. K.; Calisaya Vera, G. M. Y Bedoya-Justo, E. (2021). Eficiencia de Eisenia foetida, Eichornia crassipes e hipoclorito de calcio en la depuración de aguas residuales domésticas en Moquegua, Perú. *Ecol. Apl.* 2021: 20(1): 83-92. <http://dx.doi.org/10.21704/rea.v20i1.1692>.
- OMS (2006). Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente [CEPIS], Organización Panamericana de la Salud /Organización Mundial de la Salud (2004/2006). Tratamiento de agua para consumo humano. Manual I: Teoría. Tomos I y II. Lima. Disponible en: <https://sinia.minam.gob.pe/fuente->

- informacion/centro-panamericano-ingenieria-sanitaria-ciencias-ambiente
- Ishii S, Sadowsky MJ. *Escherichia coli* in the environment: Implications for water quality and human health. *Microbes Environ.* 2008;23:101-8
- MINAM-Ministerio del Ambiente (2017)- D.S. N° 004-2017. Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias. Normas Legales. Diario Oficial El Peruano. Lima, Perú.
- MINSA- Ministerio de Salud (2010). D.S N° 031-2010 SA. Reglamento de Calidad de Agua para Consumo Humano. Lima. Disponible en: <http://www.digesa.minsa.gob.pe/publicaciones/descargas/reglamento>
- MINSA-Ministerio de Salud (2017). Programa Nacional Articulado de nutrición. Lima -Perú. Disponible en: [https://www.mef.gob.pe/contenidos/presu\\_public/documentac/PE0001\\_Programa\\_Articulado\\_Nutricional.pdf](https://www.mef.gob.pe/contenidos/presu_public/documentac/PE0001_Programa_Articulado_Nutricional.pdf)
- Molina, G., & Jiménez, I. (2017). Análisis de contaminación por coliformes termotolerantes en el estuario del río Ranchería la Guajira (Colombia). *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. U. de Caldas*, 21(2): 41-50. DOI: 10.17151/bccm.2017.21.2.3.
- Neira-Munoz, E., Okoro, C., & McCarthy, N. D. (2007). Outbreak of waterborne cryptosporidiosis associated with low oocyst concentrations. *Epidemiology & Infection*, 135(7), 1159-1164.

Recibido: 30-08-2021    Aceptado: 30-10-2021    Publicado: 27-12-2021