

## RESUMEN

Debido a la importancia de contar con un tratamiento efectivo de desinfección del agua potable proveniente del río Tambo, se realiza el presente trabajo de investigación en la ciudad de Entre Ríos, en el que se plantea la siguiente hipótesis: La calidad del agua potable es afectada por la dosificación inadecuada de hipoclorito de Calcio, al carecer del Cloro residual, establecido en las Normas NB-512 reglamento nacional para el control de la calidad de agua para consumo humano y norma boliviana NB 512 – 04 “Agua potable – Requisitos”.

La metodología empleada es bajo el enfoque cuantitativo y cualitativo con una tipología experimental, donde se utilizaron diversas técnicas e instrumentos en la obtención de la información primaria y secundaria para lograr la determinación de la dosis necesaria a emplear en la dosificación de hipoclorito de Calcio, para la ciudad de Entre Ríos.

En la evaluación de la dosis adecuada de hipoclorito de Calcio se empleó como punto de muestreo el Garaje de la Alcaldía, donde se realizaron diferentes tomas de muestra para la determinación del Cloro Residual, empleando el método cuali-cuantitativo D.P.D (Dietil-parafenilen-diaminareactivo) para Cloro residual Hanna Instruments, los resultados obtenidos del muestreo de Cloro residual, se emplearon como referencia, para la regulación del caudal de la solución Clorada proveniente del tanque de cloración de la comunidad “Las Lomas” y se fue comparando cada resultado de dichos muestreos con la normativa, hasta quedar dentro de los parámetros establecidos en la NB-512.

Como conclusión del presente trabajo se determinó que para tener una buena calidad de agua potable es indispensable que se realice una dosificación óptima de Hipoclorito de Calcio, debido a que una dosis inadecuada no garantiza que el rango de Cloro Residual de las casas más cercanas al tanque Clorador esté dentro de 0,7 y 1,0 mg/ℓ, para asegurar la desinfección de los puntos más alejados, puesto que el Cloro es muy reactivo, y con el recorrido dentro de la red de distribución tiende a perderse, por lo tanto, las viviendas más alejadas deben cumplir como parámetro mínimo 0,2- 0,3 mg/ℓ.

## **I. INTRODUCCIÓN. -**

Uno de los primeros tratamientos implementados para tratar de evitar las enfermedades infecciosas transmitidas por el agua fue la sedimentación y filtración, que disminuyen la carga microbiana pero no garantizan la desinfección total. Los éxitos de estas experiencias hicieron que en Inglaterra se empleara la cloración como una medida preventiva de contaminación microbiológica del agua, se implementó la cloración como un proceso de tratamiento en la potabilización del agua, y se hizo evidente la disminución de incidencia de enfermedades infecciosas en los consumidores. (CNAM, 2015)

La cloración ha desempeñado una función crítica al proteger los sistemas de abastecimiento de agua potable de las enfermedades infecciosas transmitidas por el agua durante casi un siglo. Se ha reconocido ampliamente a la cloración del agua potable como uno de los avances más significativos en la protección de la salud pública. La filtración y la cloración prácticamente han eliminado las enfermedades transmitidas por el agua (como el cólera, la tifoidea, la disentería y la hepatitis A) en los países desarrollados. En los Estados Unidos, más de 98% de los sistemas de abastecimiento que desinfectan el agua potable usan Cloro debido a su potencial germicida, economía y eficiencia. Además, los desinfectantes basados en Cloro son los únicos desinfectantes importantes con las propiedades residuales duraderas que previenen un nuevo crecimiento microbiano y proporcionan protección continua durante todo el proceso de distribución de la Planta de Tratamiento al hogar. (Christman K, 1997)

La cloración es un medio sencillo y eficaz para desinfectar el agua y hacerla potable, su dosificación (dosis) debe determinarse en laboratorio a través de la Prueba de Demanda de Cloro. Aunque se necesita una cantidad importante de Cloro para neutralizar esta materia orgánica, solo hace falta, el denominado Cloro residual libre, para tratar posibles contaminaciones posteriores del agua en la red o las viviendas. (OMS, 2006).

De todos los agentes desinfectantes, el Cloro sigue siendo el de mayor aplicación en sistemas de abastecimiento de agua, entre otras ventajas, principalmente, por su efecto residual, su bajo costo y la facilidad para su aplicación. (Fustamante N, 2017).

## **II. JUSTIFICACIÓN. -**

El abastecimiento de agua, a la población en cantidad y calidad suficientes es de vital importancia para la salud pública, la pérdida de las características naturales de ésta puede contribuir en gran medida a la propagación de enfermedades. (ISPCSCM, 2004).

Hasta el año 2004 el sistema de tratamiento de agua para consumo humano, que disponía la Ciudad de Entre Ríos contaba con un filtro para la retención de sólidos, en suspensión muy pequeño, el cual no cumplía óptimamente su función de retener partículas suspendidas, y el material coloidal entre otros. A partir del 2004, con la nueva infraestructura si bien se tuvo la visión de mejorar el sistema de tratamiento, con una remodelación importante en sus partes operativas, pero la operación de cloración quedó insuficiente, posiblemente por falta de personal técnico, o por falta de presupuesto entre otros. (Camacho R, op. cit, 2016).

Al no existir información técnica cualitativa y cuantitativa sobre la aplicación del Cloro se habló con los encargados del área saneamiento básico, que dieron a conocer el proceso del tratamiento, de las aguas del río Tambo en la ciudad de Entre Ríos, donde se realiza el procedimiento de cloración manual con hipoclorito de Calcio, en el tanque de almacenamiento de la comunidad Las Lomas, la dosificación, es de siete gotas por segundo, la preparación de la solución clorada es cada cuatro días, por lo tanto, su funcionamiento todavía no ha demostrado su real efectividad en todo el sistema de distribución de agua potable, es necesario describir el procedimiento actual para conocer su versatilidad y facilitar la preparación de la solución, descarga y conservación de la solución a los tanques respectivos.

El hospital San Juan de Dios de Entre Ríos, registra varios casos de enfermedades gastrointestinales, siendo una de las posibles causas el consumo de agua no tratada, el tratamiento de cloración permite eliminar de forma sencilla y poco costosa la mayor

parte de los microbios, las bacterias, los virus y los gérmenes responsables de enfermedades como la disentería, las fiebres tifoideas y el cólera.

Si bien las propiedades más importantes del Cloro son su potencia germicida de amplio espectro y su persistencia en los sistemas de distribución de agua, también su capacidad para abordar eficaz y económicamente muchas otras preocupaciones relacionadas con el tratamiento del agua ha contribuido a su amplio uso. Los compuestos basados en Cloro son los únicos desinfectantes importantes que presentan propiedades residuales duraderas. La protección residual impide un nuevo crecimiento microbiano y previene la contaminación del agua durante su recorrido desde la planta de tratamiento hasta los grifos domésticos. (Christman K, 1997)

Este Cloro residual es importante que se encuentre en niveles seguros para el consumo humano. Si este se encuentra en exceso, el Cloro puede resultar tóxico para el consumo. Además, por ser una sustancia tan activa, un exceso de Cloro puede reaccionar con distintos compuestos orgánicos, por lo que aumenta el riesgo de que se produzcan trihalometanos, que son compuestos carcinógenos para el humano. Los trihalometanos se encuentran en el agua potable como un resultado de la interacción del Cloro con materia orgánica natural que se encuentra en el agua. (Ocasio N, et.al, 1998).

Para garantizar la calidad del agua potable de consumo público es necesario un control continuo, regulado de acuerdo con las Normas Bolivianas NB 512, NB689 y el Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica, y lograr la dosificación óptima para evitar daños a la salud pública por exceso o falta del Cloro residual.

### III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA. –

Los resultados de las dos muestras para el análisis de Cloro residual tomadas en diferentes fechas, no cumplen con los valores requeridos, teniendo como resultado en la red de distribución 0,00 mg/ℓ y la norma exige que los resultados de Cloro residual deben estar dentro de un rango de 0,2 mg/ℓ como límite inferior, y 1.0 mg/ℓ como valor máximo aceptable. (Altamirano D, 2013)

Los resultados del análisis microbiológico en la red de distribución obtenidos en los que se detectaban presencias bacteriológicas 8 de coliformes totales y 5 de origen fecal en sus unidades de medición NMP/100 ml, ahora podemos decir que aquellos resultados tienen coherencia, la presencia bacteriológica se debe a la falta de cloración, ya que el proceso de cloración se realiza en los dos tanques de almacenamiento por separado, que es una actividad exhaustiva para un personal reducido que se encarga de este proceso. (Altamirano D, 2013)

Los resultados microbiológicos que se obtuvieron con el parámetro de Coliformes Termo resistentes dio como resultado un valor de 12 UFC/100ml, en relación a las Normas Bolivianas 512, la misma que indica un valor máximo aceptable de “0” UFC/100 ml, por consiguiente, dichas aguas presentan contaminación bacteriana, por lo que se debe desinfectar antes del consumo humano. (Camacho R, 2016).

La cloración es el procedimiento más extendido en la desinfección de aguas de consumo en razón a que el Cloro reúne la mayoría de las propiedades del "desinfectante ideal".(Pérez J y Espigares M, 1995)

El poder desinfectante del Cloro o sus compuestos radica en su capacidad de oxidación, que a su vez se mide por el potencial de oxidación reducción (redox), que puede considerarse como la capacidad del Cloro para reaccionar con otras sustancias. (Pérez J y Espigares M, 1995)

El no aplicar una dosis adecuada de Cloro tiene como consecuencia obtener niveles bajos de Cloro residual, en la red de distribución de agua potable de la ciudad de Entre Ríos, lo que significa el libre tránsito de organismos microbiológicos, (bacterias, virus, hongos, etc.) Algunos patógenos como es el caso de las bacterias de coliformes fecales como la escherichia Coli, que tiene capacidades de causar severos problemas de salud, como ser malestar estomacal acompañado de diarrea, vómitos y fiebre.

Es importante que el Cloro residual se encuentre en niveles seguros, los cuales están enmarcados en la NB-512, para el consumo humano, debiendo encontrarse entre 0,2 como mínimo, y 1.0 mg/l como máximo, si este se encuentra en exceso, puede resultar tóxico para el consumo, y si es menos de lo necesario, el agua puede retener bacterias, protozoos y virus patógenos que amenacen la salud del consumidor.

#### **IV. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA. -**

¿La afectación de la calidad del agua potable se puede evitar con una dosificación adecuada de Hipoclorito de Calcio?

#### **V. HIPÓTESIS. –**

La calidad del agua potable es afectada por la dosificación inadecuada de hipoclorito de Calcio, al carecer del Cloro residual, establecido en las Normas NB-512 reglamento nacional para el control de la calidad de agua para consumo humano y norma boliviana NB 512 – 04.

#### **VI. OBJETIVO GENERAL. -**

Evaluar la dosis adecuada de Hipoclorito de Calcio en el sistema de cloración, en base al Cloro residual, para la desinfección del agua potable y evitar la afectación de la calidad del agua potable, de la ciudad de Entre Ríos.

## **VII. OBJETIVOS ESPECÍFICOS. -**

- Determinar la calidad del agua para el consumo humano, mediante los parámetros de control mínimo, antes y después del proceso de desinfección.
- Determinar la cantidad de Cloro residual de la solución suministrada actualmente en las 2 viviendas más alejadas del sistema de cloración, mediante toma de muestras.
- Evaluar la dosis adecuada de hipoclorito de calcio para la red de distribución del sistema de agua potable, en base a la cantidad de Cloro residual obtenido de las muestras en la vivienda más cercana del sistema de cloración.
- Considerar la cantidad óptima de hipoclorito de calcio en estado sólido para la desinfección del agua en la P.T.A.P, de acuerdo a las dosificaciones realizadas.
- Estimar los costos del proceso de desinfección para el tratamiento de cloración con hipoclorito de calcio.