

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ambiental

Trabajo de Investigación

**Evaluación de los subproductos de cloración en  
el tratamiento de agua potable en el distrito  
de Pilcomayo, 2020**

Menny Vanessa Zanabria Porras

Para optar el Grado Académico de  
Bachiller en Ingeniería Ambiental

Huancayo, 2020

Repositorio Institucional Continental  
Trabajo de investigación



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

**ASESOR**

José Vladimir Cornejo Tueros

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, agradezco a Dios por permitir tener con vida y buena salud a mis papas y a mi hermana, quienes me han acompañado en cada uno de mis pasos y me impulsaron a realizar lo que anhelaba. A los docentes que me fueron enseñando nuevos conocimientos desde que ingresé a la universidad y que gracias a ellos ahora estoy a punto de finalizar con éxito para seguir los nuevos rumbos y metas a cumplir.

Asimismo, agradecer a mis jefes inmediatos de las practicas preprofesionales Fernando, Diana, Inés y Gesenia que con sus conocimientos ya adquiridos me dieron nuevos conocimientos, consejos y críticas constructivas que hicieron que mejore cada día más en lo personal, laboral, social, etc., practicando los buenos valores que harán de mí una buena futura profesional.

Agradecer al Ing. Marlon Gutiérrez por hacer constar que el instrumento para la recolección de datos y la metodología utilizada reúnen los requisitos suficientes y necesarios para ser considerados válidos y confiables.

Agradecer a mi docente y asesor de tesis José Vladimir Cornejo Tueros, por su apoyo en la realización de mi tesis y las recomendaciones encomendadas para la mejora continua y la presentación de esta.

No podría haber culminado satisfactoriamente con la ayuda de todos ustedes.

Gracias a todos.

## **DEDICATORIA**

Dedicado a mis padres Carmen y Efraín y mi hermana Angela que siempre me brindaron su apoyo y amor incondicional y por motivarme cada día a ser mejor, porque después de cada caída hay que aprender a levantarse y seguir con más fuerza.

**(Todo sacrificio tiene su recompensa...)**

## ÍNDICE GENERAL

PORTADA	
AGRADECIMIENTOS.....	IV
DEDICATORIA .....	V
ÍNDICE GENERAL .....	VI
ÍNDICE DE TABLAS.....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
RESUMEN.....	X
ABSTRACT .....	XI
INTRODUCCIÓN.....	XII
PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO.....	12
1.1. Planteamiento y formulación del problema.....	12
1.1.1. Planteamiento del problema.....	12
1.1.2. Formulación del problema.....	13
1.2. Objetivos .....	14
1.2.1. Objetivo general.....	14
1.2.2. Objetivos específicos .....	14
1.3. Justificación e importancia .....	14
1.4. Hipótesis y descripción de variables .....	15
1.4.1. Hipótesis general .....	15
1.4.2. Hipótesis nula .....	15
1.4.3. Hipótesis específicas .....	15
1.4.4. Hipótesis específicas nulas .....	15
1.4.5. Operacionalización de variables .....	16
CAPÍTULO II.....	17
MARCO TEÓRICO .....	17
2.1. Antecedentes del problema.....	17

2.1.1. Antecedentes internacionales .....	17
2.1.2. Antecedentes nacionales .....	19
2.2. Bases teóricas .....	20
2.2.1. Fundamentos teóricos.....	20
2.3. Definición de términos básicos .....	30
CAPÍTULO III .....	31
METODOLOGÍA .....	31
3.1. Método y alcance de la investigación.....	31
3.1.1. Método.....	31
3.1.2. Nivel.....	31
3.1.3. Tipo de investigación .....	31
3.2. Diseño de la Investigación .....	32
3.2.1. Diseño experimental .....	32
3.3. Población y muestra .....	33
3.4. Técnica e instrumentos de recolección de datos .....	33
CAPÍTULO IV .....	35
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	35
4.1. Resultados del tratamiento y análisis de la información .....	35
4.2. Prueba de Hipótesis.....	47
4.3. Discusión de resultados .....	51
CONCLUSIONES .....	53
RECOMENDACIONES .....	54
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	55
ANEXOS .....	59

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables .....	16
Tabla 2 Resumen de los Estándares de Calidad Ambiental para agua (ECA-Agua).....	22
Tabla 3 Límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos y parasitológicos.....	23
Tabla 4 Límites máximos permisibles de parámetros de calidad organoléptica.....	24
Tabla 5 Límites máximos permisibles de parámetros químicos inorgánicos y orgánicos.....	24
Tabla 6 Valores de referencia correspondiente a productos químicos usados en el tratamiento de agua o procedentes de materiales en contacto con el agua cuya presencia en el agua de consumo humano puede afectar la salud .....	28
Tabla 7 Regulaciones y niveles guía de Subproductos de desinfección.....	29
Tabla 8 Descripción de puntos de muestreo .....	33
Tabla 9 Técnica para la medición de parámetros .....	34
Tabla 10 Características de los SPD.....	35
Tabla 11 Resultados del análisis de Cloro residual y Trihalometanos totales .....	37
Tabla 12 Resumen de análisis Cloro residual - Trihalometanos .....	37
Tabla 13 Resultado del análisis de Cloro residual, Bromato, Clorito y Clorato .....	39
Tabla 14 Resumen de los análisis Cloro residual - Bromato -Clorito - Clorato .....	40
Tabla 15 Resultados de la modelación del análisis químico del agua.....	41
Tabla 16 Información toxicológica de los SPD.....	44
Tabla 17 Clasificación CIIC .....	47
Tabla 18 Resultados de la Correlación de Pearson .....	48
Tabla 19 Tendencia de incremento de Bromato y Cloro Residual .....	49
Tabla 20 Tendencia de Clorito y Cloro Residual .....	50
Tabla 21 Tendencia de Clorato y Cloro Residual.....	50



## ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1 Análisis de Cloro Residual y Trihalometanos .....	38
Ilustración 2 Análisis de Cloro residual, Bromato, Clorito y Clorato .....	40
Ilustración 3 Resultado de la modelación de los análisis de THMs, Bromato, Clorito y Clorato .....	42
Ilustración 4 Formación de Trihalometanos .....	44
Ilustración 5 Reacción halomorfo de THMs.....	45
Ilustración 6 Hidrólisis de THMs .....	45
Ilustración 7 Formación de Bromato .....	45
Ilustración 8 Formación de Clorito y Clorato .....	46
Ilustración 9 Tendencia de incremento de THMSs y Cloro Residual .....	49
Ilustración 10 Monitoreo de Cloro Residual - Salud Ambiental Pilcomayo, Julio .....	60
Ilustración 11 Monitoreo de Cloro Residual detallado - Salud Ambiental Pilcomayo, Julio.....	62
Ilustración 12 Monitoreo de Cloro Residual - Salud Ambiental Pilcomayo, Setiembre.....	63
Ilustración 13 Monitoreo de Cloro Residual detallado - Salud Ambiental Pilcomayo, Setiembre .....	64

## RESUMEN

La presente investigación “Evaluación de los subproductos de cloración en el tratamiento de agua potable en el distrito de Pilcomayo,2020”, tuvo como objetivo evaluar a los subproductos de cloración (SPD) en el tratamiento de agua potable, para evaluar dichos subproductos de realizo la identificación de los SPD producidos en la potabilización de agua como Trihalometanos, Bromato, Clorito y Clorato principalmente que se encuentran regulados en la Reglamentación de la Calidad de agua, además que se determinó la relación que existe entre la dosificación de cloro y la formación de subproductos a través de una simulación de datos obtenidos por otras fuentes bibliográficas, dando como resultado que en el primer tratamiento que es el testigo (agua clorada con 0.5 mg/L de Cloro residual) tuvo como resultado 0.025 mg/L de Trihalometanos, 0.012 mg/L de Bromato, 0.006 mg/L de Clorito y 0.137 mg/L de Clorato, el segundo tratamiento es el agua clorada más 1 mg/L de Dosis de Cloro, tuvo como resultado 0.076 mg/L de Trihalometanos, 0.036 mg/L de Bromato, 0.018 mg/L de Clorito y 0.410 mg/L de Clorato, el tercer tratamiento es el agua clorada más 3 mg/L de Dosis de Cloro, tuvo como resultado 0.178 mg/L de Trihalometanos, 0.085 mg/L de Bromato, 0.042 mg/L de Clorito y 0.956 mg/L de Clorato, el cuarto tratamiento es el agua clorada más 5 mg/L de Dosis de Cloro, tuvo como resultado 0.280 mg/L de Trihalometanos, 0.133 mg/L de Bromato, 0.067 mg/L de Clorito y 1.502 mg/L de Clorato y por último el quinto tratamiento es el agua clorada más 7 mg/L de Dosis de Cloro, tuvo como resultado 0.381 mg/L de Trihalometanos, 0.182 mg/L de Bromato, 0.091 mg/L de Clorito y 2.048 mg/L de Clorato, teniendo una tendencia (incremento) de la concentración de Subproductos de cloración a medida que aumenta los ppm del Cloro Residual, lo que demuestra que si las personas que consumen esta agua con altos niveles de cloro, estarían exponiéndose a la ingesta de los Subproductos de cloración formados en el agua, y por tanto teniendo e riesgo de sufrir enfermedades cancerígenas.

**Palabras claves:** Subproductos de cloración, cloro residual, concentración, toxicidad.

## ABSTRACT

The present investigation "Evaluation of chlorination by-products in the treatment of drinking water in the district of Pilcomayo, 2020", aimed to evaluate the chlorination by-products (SPD) in the treatment of drinking water, to evaluate said by-products of realization the identification of the SPD produced in the purification of water such as Trihalomethanes, Bromate, Chlorite and Chlorate mainly that are regulated in the Water Quality Regulation, in addition to determining the relationship between the dosage of chlorine and the formation of by-products through a simulation of data obtained by other bibliographic sources, resulting in that in the first treatment that is the control (chlorinated water with 0.5 mg / L of residual Chlorine) resulted in 0.025 mg / L of Trihalomethanes, 0.012 mg / L of Bromate, 0.006 mg / L of Chlorite and 0.137 mg / L of Chlorate, the second treatment is chlorinated water plus 1 mg / L of Chlorine Dose, the result was In addition to 0.076 mg / L of Trihalomethanes, 0.036 mg / L of Bromate, 0.018 mg / L of Chlorite and 0.410 mg / L of Chlorate, the third treatment is chlorinated water plus 3 mg / L of Chlorine Dose, resulting in 0.178 mg / L of Trihalomethanes, 0.085 mg / L of Bromate, 0.042 mg / L of Chlorite and 0.956 mg / L of Chlorate, the fourth treatment is chlorinated water plus 5 mg / L of Chlorine Dose, resulting in 0.280 mg / L of Trihalomethanes, 0.133 mg / L of Bromate, 0.067 mg / L of Chlorite and 1.502 mg / L of Chlorate and finally the fifth treatment is chlorinated water plus 7 mg / L of Chlorine Dose, which resulted in 0.381 mg / L L of Trihalomethanes, 0.182 mg / L of Bromate, 0.091 mg / L of Chlorite and 2.048 mg / L of Chlorate, having a trend (increase) of the concentration of Chlorination By-products as the ppm of Residual Chlorine increases, which shows that if people who consume this water with high levels of chlorine, would be exposing themselves to the intake of chlorination by-products formed in the water, and therefore having the risk of suffering from cancer diseases.

**Keywords:** Chlorination by-products, residual chlorine, concentration, toxicity.

## INTRODUCCIÓN

El agua es uno de los recursos más importantes y escasos que tienen las personas en el mundo, muchas de las poblaciones de nuestro país se ven obligados a consumir agua de fuentes cuya calidad se desconoce, produciendo un sin fin de enfermedades a niños y adultos (1), asimismo el consumo de agua no clorada son algunos de los grandes problemas que enfrenta nuestro país.

El distrito de Pilcomayo cuenta con dos tipos de sistema de abastecimiento de agua potable, y se diferencia por el tipo de fuente de agua; manantial y pozo tubular (ambas subterráneas), abasteciendo a la mayoría de la población pilcomaína. Ambos sistemas, en la etapa de desinfección son tratadas con cloro para eliminar todo tipo de microorganismos patógenos, además porque es económico y el más utilizado en la desinfección del agua para que esta sea inocua y segura de consumir.

Debido a que la mayoría usa el cloro como desinfectante, este puede cumplir una función muy importante para disminuir los riesgos de contraer alguna enfermedad producidos por agentes patogénicos presentes en el agua, asimismo este producto puede ser el causante de otros tipos de enfermedades como el cáncer principalmente, ya que el cloro al hacer contacto con la materia orgánica presente en el agua, reaccionan y se da la formación de Subproductos de cloración (SPD) siendo cancerígenos para la salud de los que están expuestos a este agua.

Los principales Subproductos de cloración son los Trihalometanos, Ácidos haloacéticos, Bromato, Clorito y Clorato, aunque estas ya están reguladas para cumplir los Límites Máximos Permisibles no dejan de ser un riesgo para la salud, y más cuando no se cumple. Uno de los principales factores de la formación de los SPD es la incorrecta dosificación de cloro, ya que a medida que hay más concentración de cloro residual en el agua, mayor es la formación de los Subproductos de cloración, es por ello que la dosificación de cloro debe ser la correcta para que cumpla la función de eliminar patógenos y prevenir una posible contaminación mientras pasa por las redes de distribución hasta que sean consumidas por las personas, asimismo la Autoridad administradora del servicio del agua debe estar en constante capacitación ya que cada día se descubren nuevas cosas y hay nuevas investigaciones acerca de estos Subproductos de cloración que podrían estar afectando la salud de las personas.

## PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

### 1.1. Planteamiento y formulación del problema

#### 1.1.1. Planteamiento del problema

El agua es uno de los recursos más importantes y escasos que tienen las personas en el mundo, muchas de las poblaciones de nuestro país se ven obligados a consumir agua de fuentes cuya calidad se desconoce, produciendo un sin fin de enfermedades a niños y adultos (1), asimismo el consumo de agua no clorada son algunos de los grandes problemas que enfrenta nuestro país.

Para que el agua potable sea un agua inocua y segura de consumir, debe pasar por diversos tratamientos y parámetros físicos, químicos y biológicos que deben ser vigilados y aprobados por la autoridad competente, por el contrario, se estaría consumiendo agua con el riesgo de contener agentes biológicos patogénicos y agentes químicos que afectarían la salud de las personas y a la larga podrían provocar incluso la muerte.

“Todo proceso de potabilización involucra la adición de sustancias químicas con el objeto de mejorar las propiedades físico-químicas y bacteriológicas del agua” (2), estas sustancias pueden ser adición de yodo, sales de plata y el cloro, siendo el ultimo el reactivo más utilizado y el más económico para la desinfección de agua, sin embargo, la adición de cloro en la potabilización de agua potable puede tener efectos secundarios en la salud, pero más peligroso seria no utilizarlo debido a que la aparición de enfermedades transmitidas por el agua seria elevada.

Por otra parte, el cloro además de eliminar o reducir organismos (generalmente bacterias) patógenos, “el cloro reacciona con la materia orgánica presente en el agua, lo que genera subproductos de cloración, específicamente compuestos orgánicos sintéticos, estos subproductos pueden tener potencialmente efectos en la salud humana” (3). Estos subproductos de desinfección que están más presentes son los Trihalometanos (THMs) y los Ácidos Haloacéticos (HAAs) que son considerados cancerígenos.

El Distrito de Pilcomayo hoy en día cuenta con dos tipos de sistemas de abastecimiento de agua potable, de gravedad sin tratamiento y bombeo sin tratamiento, las cuales su fuente captada es de tipo subterránea (manantial y pozo tubular). Para la desinfección usan el cloro, en su forma de hipoclorito de calcio, en su mayoría con una concentración de 70%, entre los equipos dosificadores de cloro se encuentran el dosificador por goteo y el dosificador a presión (cloro gas), Actualmente la municipalidad es la autoridad administradora del servicio de agua, donde los operadores son los encargados de la aplicación de la dosis de cloro al agua potable, los cuales presentan dificultades por la falta de materiales, equipos, además que no reciben capacitación continua para la correcta dosificación de cloro, lo que es evidenciado en el monitoreo de la calidad de agua, además que estaría generando problemas a la salud de la población que es abastecida. Por lo cual se busca evaluar a los subproductos de desinfección originados por la dosificación de cloro en el tratamiento de agua potable en el distrito de Pilcomayo, 2020.

## **1.1.2. Formulación del problema**

### **1.1.2.1. Problema general**

¿Cuál es el efecto de la aplicación de cloro en el tratamiento de agua potable en el distrito de Pilcomayo?

### **1.1.2.2. Problemas específicos**

¿Cuáles son los subproductos de desinfección producidos por el cloro en el tratamiento de agua potable?

¿Qué relación existe entre la dosificación de cloro y la formación de subproductos de desinfección en el tratamiento del agua potable?

¿Cómo es la formación, características y efectos de los subproductos de desinfección de agua potable del distrito de Pilcomayo?

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo general**

Evaluar los subproductos de cloración producidos en el tratamiento de agua potable.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

Identificar los subproductos de desinfección producidos por el cloro en el tratamiento de agua potable.

Determinar la relación que existe entre la dosificación de cloro y la formación de subproductos de desinfección en el tratamiento de agua potable.

Analizar la formación, características y efectos de los subproductos de desinfección de agua potable.

## **1.3. Justificación e importancia**

En los tratamientos de potabilización de agua utilizan el cloro, que es el producto más utilizado y el más económico, consumir agua con ausencia o exceso de cloro podría ser perjudicial para la salud humana, debido a que este producto al hacer contacto con la materia orgánica (sustancias húmicas) presente en el agua reacciona y se da lugar a la formación de subproductos de cloración como los trihalometanos, ácidos haloacéticos, cloritos, bromatos, etc., todos ellos con efectos cancerígenos (4).

Desde el punto de vista social la presente investigación permitirá ampliar los conocimientos a la autoridad administradora del agua y a la población atendida que es abastecida con el agua potable del distrito de Pilcomayo acerca de los efectos negativos de los subproductos de desinfección en la salud de las personas, asimismo que contribuyan a prevenir, controlar y resolver los posibles problemas que generaría estos subproductos cancerígenos a las personas que consumen esta agua.

## **1.4. Hipótesis y descripción de variables**

### **1.4.1. Hipótesis general**

H1: Los efectos de la aplicación de cloro en el tratamiento de agua potable, influyen en la formación de subproductos de desinfección.

### **1.4.2. Hipótesis nula**

H0: Los efectos de la aplicación de cloro en el tratamiento de agua potable, no influyen en la formación de subproductos de desinfección.

### **1.4.3. Hipótesis específicas**

HE1: Los subproductos de desinfección medidos en el agua potable, indican que su formación es a causa de la aplicación de cloro.

HE2: La dosificación de cloro tiene una relación directa en la formación de subproductos de desinfección en el tratamiento de agua potable.

HE3: La formación y las características permitirá identificar su peligrosidad en la salud de las personas.

### **1.4.4. Hipótesis específicas nulas**

H01: Los subproductos de desinfección medidos en el agua potable, no indican que su formación es a causa de la aplicación de cloro.

H02: La dosificación de cloro no tienen relación en la formación de subproductos de desinfección en el tratamiento de agua potable.

H03: La formación y características no permitirá identificar su peligrosidad en la salud de las personas.



### 1.4.5. Operacionalización de variables

Tabla 1 Operacionalización de variables

Tipo de variable	Variable	Dimensiones	Definición conceptual	Indicador	Unidad de medida	Tipo de variable (según su naturaleza)	Escala de medición
<b>Variable Independiente</b>	Dosificación de cloro	Aplicación de dosis de cloro	Aplicación de dosis de cloro (cantidad) para la desinfección de agua, eliminando agentes patogénicos y convertirla a potable.	Concentración de cloro	mg/L	Cuantitativa continua	Razón
<b>Variable Dependiente</b>	Subproductos de cloración	Cantidad de subproductos de cloración	Subproductos de cloración como trihalometanos, bromato, clorito, clorato, etc. como resultado de la reacción del cloro libre residual con la materia orgánica presente en el agua.	Concentración de subproductos de cloración	mg/L	Cuantitativa continua	Razón

Fuente: Elaboración propia

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes del problema

##### 2.1.1. Antecedentes internacionales

En la tesis titulada “Reacción del cloro con sustancias exopolímeras provenientes de biopelículas de agua potable: Subproductos de desinfección, características y toxicidad”, realizado en la Universidad de los Andes - Colombia, plantea como objetivo identificar los subproductos de desinfección y sus efectos toxicológicos en las personas. A través de métodos donde se diseñó un equipo experimental que simulara un sistema de producción de agua bajo dos condiciones operativas: alto y bajo cloro, donde en dicho sistema fue inoculado biopelícula que estarían expuestas a dos ambientes diferentes de desinfección, para observar el efecto de cloro sobre los subproductos de desinfección, sustancias exopolímeras y su toxicidad, obteniendo como resultados que muchos de los subproductos de desinfección, no han sido identificados y se cree que hay más de 600 compuestos de los cuales solo los AHA<sup>1</sup>, los THM<sup>2</sup>, los cloritos y los bromatos son regulados en el agua potable de algunos países, así como la relación de la exposición a los THM y los AHA con la formación de tumores en hígado y vejiga de ratones y ratas expuestos por vía oral, así como problemas de desarrollo y daño clastogénico o en la cadena del DNA. Asimismo, recomienda evaluar otros escenarios como los tiempos de reacción que se podrían incrementar debido a reacción lenta con la materia orgánica presente en el agua, también analizar otras sustancias que están siendo evaluadas toxicológicamente como los haloacetaldehídos (HAL) o un indicador general de compuestos orgánicos halogenados (5).

En la tesis titulada “Subproductos de Cloración Inorgánicos y Orgánicos en las Aguas de Castilla y León. Estado Actual y Perspectivas ante la Revisión de la Directiva Europea”, realizado en la Universidad de Salamanca – España, plantea como objetivo

---

<sup>1</sup> AHA: Ácidos haloacéticos

<sup>2</sup> THM: Trihalometanos

investigar el origen y monitorizar las concentraciones de trihalometanos (THMs), bromato, clorito y clorato en el agua potable de fuente superficial. A través de métodos de monitoreo de trihalometanos en aguas para consumo obtenidas de fuente superficial, monitoreo de bromato, clorito y clorato en las aguas desinfectadas con reactivos de hipoclorito, obteniendo como resultados la disminución de las concentraciones de trihalometanos en los años 2006 y 2007, hasta medirse en el año 2008 donde sus valores se encontraban debajo del nuevo límite legal, en ese entonces 100 µg/L, asimismo el monitoreo de bromato, clorito y clorato de las aguas tratadas con hipoclorito incumplían el valor paramétrico del reglamento vigente del 2008. Recomiendan el uso de la ecuación y los valores individuales de la tabla que se indican en la investigación para otros posibles estudios (4).

En el artículo titulado “Investigación de trihalometanos en agua potable del Estado Carabobo, Venezuela”, realizada en la Universidad de Carabobo (CITUC) – Venezuela, se menciona que la desinfección de agua con cloro en las plantas de potabilización da lugar a la formación de subproductos de desinfección (SPD) como los Trihalometanos, dicha investigación se planteó como objetivo determinar la concentración de este SPD en los dos principales sistemas de potabilización de agua del Estado Carabobo. A través de métodos de análisis de muestras se determinó la concentración de THM por cromatografía de gases, mediante la técnica de headspace, obteniendo como resultado que la concentración de THM totales estuvo entre 47,84 y 93,23 µg/l., sobrepasando el valor máximo admisible establecido por La Agencia de Protección Ambiental de los EE.UU. (EPA), además que el cloroformo (componente del Trihalometano) fue el predominante, representando el 83% de total de THM (6).

En el artículo “Subproductos de la desinfección del agua potable: formación, aspectos sanitarios y reglamentación”, realizada en la Universidad Laval – Canadá, menciona que el cloro cumple un rol importante en la desinfección del agua, pero, así como se encarga de la eliminación de patógenos, el cloro reacciona con la MO<sub>3</sub> generando subproductos de cloración que pueden tener consecuencias en la salud de las personas, dicha investigación tuvo como objetivos determinar los “ [...] mecanismos y los factores que determinan la formación y la presencia de subproductos de la desinfección en el agua potable” (3), además de presentar los aspectos normativos de estos SPD y

---

<sup>3</sup> MO: Materia Orgánica

estrategias para limitar su formación en el agua de consumo humano, obteniendo como resultados que el cloro se utiliza para el control de contaminación por microorganismos, eliminando patógenos y previniendo la reaparición de estos en el agua potable, y que además si habrá formación de estos subproductos y que ya depende de los encargados de suministrar el agua, que éste se encuentre libre de patógenos y la minimización de los SPD que se forman al reaccionar el cloro residual libre con la materia orgánica (3).

En el artículo “Consideraciones sobre los subproductos de desinfección”, menciona que la desinfección con cloro es uno de los logros reconocidos por eliminar enfermedades transmitidas por el agua, pero sin embargo la preocupación ha crecido por los efectos secundarios de los subproductos de desinfección (SPD) como trihalometanos, ácidos haloacéticos, etc. que estarían asociados con los riesgos a la salud. Dicha investigación tiene como objetivo presentar la discusión de los beneficios de la desinfección con cloro y los riesgos asociados con la formación de los SPD, obteniendo como resultados que el cloro además de eliminar agentes patógenos mejoran la estética del agua para que sea consumida (color, sabor y olor), sin embargo cuando cloro se mezcla con material orgánico, el mal olor y sabor desagradable pueden exceder, además que en países desarrollados en vía de desarrollo, sus largas tuberías que no han sido cambiados o revestidos pueden influir en la formación de estos SPD, o peor aún que se consuma el cloro residual libre en su totalidad y este corra el riesgo de una recontaminación más adelante, pero hoy en día hay nuevos métodos de tratamiento donde los subproductos y el material orgánico pueden ser eliminados del agua (7).

### **2.1.2. Antecedentes nacionales**

En la tesis titulada “Dosis de cloro y cloro residual libre en el sistema de agua potable del sector de Puyhúan Grande del distrito y provincia de Huancavelica – 2018”, realizado en la Universidad Nacional de Huancavelica – Perú, plantea como objetivo evaluar los niveles de dosis de cloro en el reservorio, encargados por la Junta administradora de Servicio de Saneamiento, asimismo evaluar la concentración de cloro residual libre que se encuentra en las redes de distribución de los domicilios. A través de métodos inductivos y deductivos se obtendrá una muestra representativa de la

población general, obteniendo como resultado que se observó que la dosificación mínima se efectuó en la primera quince días de mayo [el autor escribe en 2018], la 2da y 4ta quincena tienen las dosificaciones más elevadas, lo que demuestra que no se dosifica el hipoclorito de calcio ( $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ ) con disciplina y que se encuentra por debajo de lo recomendado, además que se refleja en los resultados de cloro residual libre en las redes de distribución. Así mismo recomienda incrementar el caudal de  $\text{Ca}(\text{ClO})_2$  con ello se incrementará la dosis de cloro para que el cloro residual sea óptimo en las redes de distribución, además de conseguir un equipo para la medición de cloro residual, y así evitar errores cuando se monitorea, mantener sus reactivos en sitios adecuados y que no se encuentren vencidos (8).

En el artículo “Subproductos de la desinfección en el agua potable y sus riesgos en la salud humana”, realizada por la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión – Perú, menciona a los mecanismos y factores causantes de la formación de los SPD en el agua potable, dichos subproductos que pueden causar problemas a la salud, también se presentan los aspectos normativos para regular estos contaminantes y algunas estrategias para limitar su presencia en el agua que será consumida. Detallan que el cloro al ser una sustancia activa, aplicar un exceso en el agua podría reaccionar con compuestos orgánicos, provocando la formación de subproductos de cloración como los Trihalometanos, además que la concentración del material orgánico determinan las concentraciones de los subproductos, de las cuales éstas repercuten en la salud según diversos estudios que se han realizado, es por ello que la USEPA<sup>4</sup> estima que son millones de personas que están expuestos a estos SPD, por lo consiguiente se ha reglamentado para reducir su exposición y reducir los casos de cáncer (9).

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Fundamentos teóricos**

En el Perú para mayo 2019 – abril 2020, el 90.8% (29 millones 525 mil) de la población tiene agua para consumo, de los cuales el 91.5% de la población de Junín accede a esta agua, sin embargo, sólo el 26.1 % de esta población consume agua con un nivel de cloro

---

<sup>4</sup> USEPA: United States Environmental Protection Agency (Agencia de Protección Ambiental)

adecuado ( $\geq 0,5$  mg/l) (10). Estas cifras son preocupantes ya que más de la mitad de la población del departamento de Junín estaría consumiendo agua que no es apta para su consumo debido al deficiente sistema de cloración que poseen. Si bien es cierto que la aplicación de cloro en la desinfección de agua es un método eficaz (utilidad y económico), debemos tener en cuenta que el cloro si no es dosificado correctamente puede ocasionar diversos problemas a la salud, diversos estudios indican que el cloro residual presente en el agua se debe encontrar en niveles seguros para que sean consumidos, de lo contrario si este se encuentra en exceso podría resultar tóxico para la salud, al igual que si se encuentra en menor cantidad, los microorganismos patógenos podrían prevalecer en el agua con el riesgo de ser ingerida (11). Según la OMS los parámetros que deben realizarse como mínimo en sistemas de abastecimiento de agua potable para evaluar la calidad de agua y el riesgo de transmisión de enfermedades son *E. coli* y el cloro residual (si se usa el cloro para desinfección), si se practica la cloración lo más probable es que haya una formación de SPD, las cuales son peligrosas para la salud después de una exposición prolongada, siendo la finalidad principal del cloro, la desinfección microbiana, el cloro también puede eliminar algunas sustancias químicas y también generar inconvenientes cuando el cloro reacciona con la materia orgánica formando Trihalometanos y SPD halogenados, que pueden controlarse optimizando el sistema de tratamiento (12).

#### ✓ ESTÁNDAR DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUA

El presente decreto establece los niveles de concentración de los diversos parámetros presentes en el agua para que no generen riesgos a la salud de las personas ni para el medio ambiente, además para “garantizar la conservación de la calidad ambiental mediante el uso de instrumentos de gestión ambiental sofisticados y de evaluación detallada” (13). Para aplicar los ECA se considera la categoría en la que se encuentra el cuerpo receptor, en caso de la Categoría 1: Poblacional y recreacional, de las aguas destinadas para agua potable que se subdividen de acuerdo al tipo de tratamiento que debe tener para que esta agua sea inocua y segura de consumir (14).

Tabla 2 Resumen de los Estándares de Calidad Ambiental para agua (ECA-Agua)

Categoría	Clasificación	Sub Clasificación	N° Parámetros	
<b>CATEGORÍA 1</b>	Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable	Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	A1	85
		Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	A2	85
		Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado	A3	82
	Aguas superficiales destinadas al uso recreacional	Contacto primario	B1	84
		Contacto secundario	B2	83
	<b>CATEGORÍA 2</b>		Extracción y cultivo de moluscos bivalvos	C1
Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas			C2	23
Otras actividades			C3	23
<b>CATEGORÍA 3</b>	Parámetros para riego de vegetales de tallo bajo y tallo alto			55
	Parámetros para bebida de animales			49
<b>CATEGORÍA 4</b>	Lagos	Ecosistemas marino costeras	D1	26
	Ríos	Ríos selva	D2	23
		Estuarios		25
	Ecosistemas marino costeras	Marinos		23

Fuente: D.S. N° 004 - 2017 – MINAM (14).

#### ✓ REGLAMENTO DE LA CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO

El artículo 107° de la Ley N° 26842, Ley general de la salud, nos indica que el abastecimiento de agua queda sujetos a las disposiciones que dicte la autoridad de salud competente, la que vigilará su cumplimiento, por tanto, el presente reglamento tiene la finalidad de garantizar la inocuidad del agua, prevenir riesgos que afecten a la salud y promover el bienestar para la población. En el título IX del reglamento indica los requisitos que debe tener el agua para que se pueda consumir y que debe ser de control obligatorio, uno de los cuales son

que el agua debe ser apta para el consumo humano y que debe estar exenta de parámetros microbiológicos como bacterias coliformes totales, termotolerantes y *Escherichia coli*, virus y larvas de helmintos o protozoarios patógenos, etc. También indican que antes de la distribución del agua a la población, esta debe pasar por una desinfección para eliminar todo microorganismo y dejar un residual para proteger al agua de una posible contaminación biológica más adelante, la cual no debe ser menor a 0.5 mgL-1 de cloro residual libre.

*Tabla 3 Límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos y parasitológicos*

<b>Parámetros</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Límite máximo permisible</b>
1. Bacterias Coliformes Totales.	UFC/100 mL a 35°C	0 (*)
2. E. Coli	UFC/100 mL a 44,5°C	0 (*)
3. Bacterias Coliformes Termotolerantes o Fecales.	UFC/100 mL a 44,5°C	0 (*)
4. Bacterias Heterotróficas	UFC/mL a 35°C	500
5. Huevos y larvas de Helmintos, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos.	Nº org/L	0
6. Virus	UFC / mL	0
7. Organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nemátodos en todos sus estadios evolutivos	Nº org/L	0

UFC = Unidad formadora de colonias

(\*) En caso de analizar por la técnica del NMP por tubos múltiples = < 1,8 /100 ml

Fuente: D.S. N° 031 - 2010 – SA (15).



*Tabla 4 Límites máximos permisibles de parámetros de calidad organoléptica*

<b>Parámetros</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Límite máximo permisible</b>
1. Olor	---	Aceptable
2. Sabor	---	Aceptable
3. Color	UCV escala Pt/Co	15
4. Turbiedad	UNT	5
5. pH	Valor de pH	6,5 a 8,5
6. Conductividad (25°C)	µmho/cm	1 500
7. Sólidos totales disueltos	mgL <sup>-1</sup>	1 000
8. Cloruros	mg Cl <sup>-</sup> L <sup>-1</sup>	250
9. Sulfatos	mg SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> L <sup>-1</sup>	250
10. Dureza total	mg CaCO <sub>3</sub> L <sup>-1</sup>	500
11. Amoníaco	mg N L <sup>-1</sup>	1,5
12. Hierro	mg Fe L <sup>-1</sup>	0,3
13. Manganeso	mg Mn L <sup>-1</sup>	0,4
14. Aluminio	mg Al L <sup>-1</sup>	0,2
15. Cobre	mg Cu L <sup>-1</sup>	2,0
16. Zinc	mg Zn L <sup>-1</sup>	3,0
17. Sodio	mg Na L <sup>-1</sup>	200

UCV = Unidad de color verdadero  
 UNT = Unidad nefelométrica de turbiedad

Fuente: D.S. N° 031 - 2010 – SA (15).

*Tabla 5 Límites máximos permisibles de parámetros químicos inorgánicos y orgánicos*

Parámetros Inorgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Antimonio	mg Sb L <sup>-1</sup>	0,020
2. Arsénico (nota 1)	mg As L <sup>-1</sup>	0,010
3. Bario	mg Ba L <sup>-1</sup>	0,700
4. Boro	mg B L <sup>-1</sup>	1,500
5. Cadmio	mg Cd L <sup>-1</sup>	0,003
6. Cianuro	mg CN <sup>-</sup> L <sup>-1</sup>	0,070
7. Cloro (nota 2)	mg L <sup>-1</sup>	5
8. Clorito	mg L <sup>-1</sup>	0,7
9. Clorato	mg L <sup>-1</sup>	0,7
10. Cromo total	mg Cr L <sup>-1</sup>	0,050
11. Flúor	mg F L <sup>-1</sup>	1,000
12. Mercurio	mg Hg L <sup>-1</sup>	0,001
13. Níquel	mg Ni L <sup>-1</sup>	0,020
14. Nitratos	mg NO <sub>3</sub> L <sup>-1</sup>	50,00
15. Nitritos	mg NO <sub>2</sub> L <sup>-1</sup>	3,00 Exposición corta 0,20 Exposición larga
16. Plomo	mg Pb L <sup>-1</sup>	0,010
17. Selenio	mg Se L <sup>-1</sup>	0,010
18. Molibdeno	mg Mo L <sup>-1</sup>	0,07
19. Uranio	mg U L <sup>-1</sup>	0,015

Parámetros Orgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Trihalometanos totales (nota 3)		1,00
2. Hidrocarburo disuelto o emulsionado; aceite mineral	mgL <sup>-1</sup>	0,01
3. Aceites y grasas	mgL <sup>-1</sup>	0,5
4. Alacloro	mgL <sup>-1</sup>	0,020
5. Aldicarb	mgL <sup>-1</sup>	0,010
6. Aldrín y dieldrín	mgL <sup>-1</sup>	0,00003
7. Benceno	mgL <sup>-1</sup>	0,010
8. Clordano (total de isómeros)	mgL <sup>-1</sup>	0,0002
9. DDT (total de isómeros)	mgL <sup>-1</sup>	0,001
10. Endrín	mgL <sup>-1</sup>	0,0006
11. Gamma HCH (lindano)	mgL <sup>-1</sup>	0,002
12. Hexaclorobenceno	mgL <sup>-1</sup>	0,001
13. Heptacloro y heptacloroepóxido	mgL <sup>-1</sup>	0,00003
14. Metoxicloro	mgL <sup>-1</sup>	0,020
15. Pentaclorofenol	mgL <sup>-1</sup>	0,009
16. 2,4-D	mgL <sup>-1</sup>	0,030
17. Acrilamida	mgL <sup>-1</sup>	0,0005
18. Epiclorhidrina	mgL <sup>-1</sup>	0,0004
19. Cloruro de vinilo	mgL <sup>-1</sup>	0,0003
20. Benzopireno	mgL <sup>-1</sup>	0,0007
21. 1,2-dicloroetano	mgL <sup>-1</sup>	0,03
22. Tetracloroetano	mgL <sup>-1</sup>	0,04

Parámetros Orgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
23. Monocloramina	mgL <sup>-1</sup>	3
24. Tricloroetano	mgL <sup>-1</sup>	0,07
25. Tetracloruro de carbono	mgL <sup>-1</sup>	0,004
26. Ftalato de di (2-etilhexilo)	mgL <sup>-1</sup>	0,008
27. 1,2- Diclorobenceno	mgL <sup>-1</sup>	1
28. 1,4- Diclorobenceno	mgL <sup>-1</sup>	0,3
29. 1,1- Dicloroetano	mgL <sup>-1</sup>	0,03
30. 1,2- Dicloroetano	mgL <sup>-1</sup>	0,05
31. Diclorometano	mgL <sup>-1</sup>	0,02
32. Ácido edético (EDTA)	mgL <sup>-1</sup>	0,6
33. Etilbenceno	mgL <sup>-1</sup>	0,3
34. Hexaclorobutadieno	mgL <sup>-1</sup>	0,0006
35. Acido Nitrilotriacético	mgL <sup>-1</sup>	0,2
36. Estireno	mgL <sup>-1</sup>	0,02
37. Tolueno	mgL <sup>-1</sup>	0,7
38. Xileno	mgL <sup>-1</sup>	0,5
39. Atrazina	mgL <sup>-1</sup>	0,002
40. Carbofurano	mgL <sup>-1</sup>	0,007
41. Clorotoluron	mgL <sup>-1</sup>	0,03
42. Cianazina	mgL <sup>-1</sup>	0,0006
43. 2,4- DB	mgL <sup>-1</sup>	0,09
44. 1,2- Dibromo-3- Cloropropano	mgL <sup>-1</sup>	0,001
45. 1,2- Dibromoetano	mgL <sup>-1</sup>	0,0004
46. 1,2- Dicloropropano (1,2- DCP)	mgL <sup>-1</sup>	0,04
47. 1,3- Dicloropropeno	mgL <sup>-1</sup>	0,02
48. Dicloroprop	mgL <sup>-1</sup>	0,1
49. Dimetato	mgL <sup>-1</sup>	0,006
50. Fenoprop	mgL <sup>-1</sup>	0,009
51. Isoproturon	mgL <sup>-1</sup>	0,009
52. MCPA	mgL <sup>-1</sup>	0,002
53. Mecoprop	mgL <sup>-1</sup>	0,01
54. Metolacloro	mgL <sup>-1</sup>	0,01
55. Molinato	mgL <sup>-1</sup>	0,006
56. Pendimetalina	mgL <sup>-1</sup>	0,02
57. Simazina	mgL <sup>-1</sup>	0,002
58. 2,4,5- T	mgL <sup>-1</sup>	0,009
59. Terbutilazina	mgL <sup>-1</sup>	0,007
60. Trifluralina	mgL <sup>-1</sup>	0,02
61. Cloropirifos	mgL <sup>-1</sup>	0,03
62. Piriproxifeno	mgL <sup>-1</sup>	0,3
63. Microcistin-LR	mgL <sup>-1</sup>	0,001

Parámetros Orgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
64. Bromato	mgL <sup>-1</sup>	0,01
65. Bromodichlorometano	mgL <sup>-1</sup>	0,06
66. Bromoformo	mgL <sup>-1</sup>	0,1
67. Hidrato de cloral (tricloroacetaldehído)	mgL <sup>-1</sup>	0,01
68. Cloroformo	mgL <sup>-1</sup>	0,2
69. Cloruro de cianógeno (como CN)	mgL <sup>-1</sup>	0,07
70. Dibromoacetnitrilo	mgL <sup>-1</sup>	0,1
71. Dibromoclorometano	mgL <sup>-1</sup>	0,05
72. Dicloroacetato	mgL <sup>-1</sup>	0,02
73. Dicloroacetnitrilo	mgL <sup>-1</sup>	0,9
74. Formaldehído	mgL <sup>-1</sup>	0,02
75. Monocloroacetato	mgL <sup>-1</sup>	0,2
76. Tricloroacetato	mgL <sup>-1</sup>	0,2
77. 2,4,6- Triclorofenol		

**Nota 1:** En caso de los sistemas existentes se establecerá en los Planes de Adecuación Sanitaria el plazo para lograr el límite máximo permisible para el arsénico de 0,010 mgL<sup>-1</sup>.

**Nota 2:** Para una desinfección eficaz en las redes de distribución la concentración residual libre de cloro no debe ser menor de 0,5 mgL<sup>-1</sup>.

**Nota 3:** La suma de los cocientes de la concentración de cada uno de los parámetros (Cloroformo, Dibromoclorometano, Bromodichlorometano y Bromoformo) con respecto a sus límites máximos permisibles no deberá exceder el valor de 1,00 de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\frac{C_{\text{cloroformo}}}{LMP_{\text{cloroformo}}} + \frac{C_{\text{Dibromoclorometano}}}{LMP_{\text{Dibromoclorometano}}} + \frac{C_{\text{Bromodichlorometano}}}{LMP_{\text{Bromodichlorometano}}} + \frac{C_{\text{Bromoformo}}}{LMP_{\text{Bromoformo}}} \leq 1$$

donde, C: concentración en mg/L, y LMP: límite máximo permisible en mg/L

Fuente: D.S. N° 031 - 2010 – SA (15).

## ✓ GUÍA PARA LA CALIDAD DEL AGUA DE CONSUMO HUMANO - OMS

Debido a que al agua se le añaden deliberadamente algunas sustancias para su tratamiento resulta beneficioso como en la desinfección, pero por otra parte algunas de estas sustancias quedan involuntariamente retenidas en el agua tratada, originando una contaminación química que al estar expuestas a las personas podrían tener efectos en su salud.

Tabla 6 Valores de referencia correspondiente a productos químicos usados en el tratamiento de agua o procedentes de materiales en contacto con el agua cuya presencia en el agua de consumo humano puede afectar la salud

Sustancias	Valor de referencia <sup>a</sup>		Observaciones
	µg/l	mg/l	
<b>Desinfectantes</b>			
Cloro	5 000 (C)	5 (C)	Para que la desinfección sea eficaz, debe haber una concentración residual de cloro libre de $\geq 0.5$ mg/l tras un tiempo de contacto de al menos 30 minutos a un pH <8.0. Se debe mantener una concentración residual de cloro a lo largo del sistema de distribución. En el punto de entrega, la concentración residual mínima del cloro libre debe ser 0.2 mg/l.
Monocloramina	3 000	3	
Dicloroisocianurato de sodio	50 000	50	Como dicloroisocianurato de sodio
	40 000	40	Como ácido cianúrico
<b>Subproductos de la desinfección</b>			
Bromato	10 <sup>a</sup> (A, T)	0.01 <sup>a</sup> (A, T)	
Bromodichlorometano	60 <sup>a</sup>	0.06 <sup>a</sup>	
Bromoformo	100	0.1	
Clorato	700 (D)	0.7 (D)	
Clorito	700 (D)	0.7 (D)	
Cloroformo	300	0.3	
Dibromoacetnitrilo	70	0.07	
Dibromoclorometano	100	0.1	
Dicloroacetato	50 <sup>a</sup> (D)	0.05 <sup>a</sup> (D)	
Dicloroacetnitrilo	20 (P)	0.02 (P)	
Monocloroacetato	20	0.02	
N-Nitrosodimetilamina	0.1	0.0001	
Tricloroacetato	200	0.2	
2,4,6-Triclorofenol	200 <sup>a</sup> (C)	0.2 <sup>a</sup> (C)	
Trihalometanos			La suma de los cocientes de la concentración de cada uno y sus respectivos valores de referencia no debe ser mayor a 1.

Valor de referencia provisional	<i>Cloroformo</i> : 0.3 mg/l (300 µg/l)
	<i>Bromoformo</i> : 0.1 mg/l (100 µg/l)
	<i>Dibromoclorometano (DBCM)</i> : 0.1 mg/l (100 µg/l)
	<i>BromBromodichlorometano (BDCM)</i> : 0.06 mg/l (60 µg/l)
Presencia	No se prevé la presencia de trihalometanos en el agua no tratada (a menos que esté cerca de una fuente de contaminación), pero suelen hallarse en el agua tratada o clorada, generalmente en concentraciones menores de 100 µg/l. En la mayoría de las circunstancias, el cloroformo es el compuesto dominante

Fuente: Guías para la calidad del agua de consumo humano (16)

✓ REGULACIONES Y NIVELES GUÍA PARA LA CALIDAD DE AGUA DE ORGANISMOS INTERNACIONALES

*Tabla 7 Regulaciones y niveles guía de Subproductos de desinfección.*

<b>SUBPRODUCTOS DE DESINFECCIÓN</b>		
<b>U.S. EPA</b>	<b>Max. Cont. Level (µg/L)</b>	<b>Max. Cont. Level (mg/L)</b>
THMs	80	0.08
Bromato	10	0.01
Clorito	1000	1
Clorato	1000	1
<b>O.M.S.</b>	<b>Niveles Guía (µg/L)</b>	<b>Niveles Guía (mg/L)</b>
Cloroformo	300	0.3
Bromodichlorometano	60	0.06
Clorodibromometano	100	0.1
Bromoformo	100	0.1
Ácido Monocloroacético	20	0.02
Ácido Dicloroacético	50	0.05
Ácido Tricloroacético	200	0.2
Bromato	10	0.01
Clorito	700	0.7
Clorato	700	0.7
<b>UNION EUROPEA</b>	<b>Valor Paramétrico (µg/L)</b>	<b>Valor Paramétrico (mg/L)</b>
THMs	100	0.1
Bromato	10	0.01

Fuente: (4)

### 2.3. Definición de términos básicos

a) Agua para consumo humano

Agua segura de consumir y para todo uso doméstico e higiene personal, libre de organismos patógenos y sustancias que pueden causar problemas en la salud de las personas (17).

b) Cloro

Es un desinfectante, su accesibilidad es en casi todos los países del mundo, por su bajo costo, su alta capacidad oxidante, que es el mecanismo de destrucción de la materia orgánica. La cloración ha desempeñado una función crítica para proteger el sistema de abastecimiento de agua de las enfermedades infecciosas que son transmitidas del agua (18).

c) Cloro residual libre

Es la cantidad de cloro que debe estar presente en el agua para contrarrestar una posible contaminación biológica después de su cloración en el tratamiento (19), y permanece en el agua hasta que sea consumido por una nueva contaminación o se pierda en el exterior (20).

d) Materia Orgánica

La materia orgánica del agua está compuesta principalmente por sustancias húmicas, que son macromoléculas que no son utilizadas por los microorganismos acuáticos (21), es el resultado de la descomposición y metabolismo de células (restos de tejidos animales y vegetales) (4), compuesta por millones de componentes que pueden causar olor, color sabor o el desarrollo de microorganismo patógenos (22).

e) Subproductos de desinfección

Son compuestos producidos por la reacción de la materia orgánica con el desinfectante (cloro, ozono, etc.), durante el tratamiento de agua potable (23), muchos de estos son emergentes y pueden ser más tóxicos que los regulados (24) que pueden ocasionar problemas a la salud (5).

f) Trihalometanos

Son compuestos orgánicos derivados del metano ( $\text{CH}_4$ ), conformado por cloroformo, bromodichlorometano, dibromoclorometano y bromoformo, además que está influenciada por la cantidad y características químicas de la materia orgánica, fuente del agua y de la estación del año (25).

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1. Método y alcance de la investigación**

##### **3.1.1. Método**

El método general utilizado en esta investigación es el analítico y sintético (26). El método analítico porque se hará una disgregación de un todo, descomponiendo en sus elementos para observar sus causas, la naturaleza y sus efectos, relacionándolos con el todo, como las causas de la formación de subproductos de cloración y sus efectos. El método sintético, como proceso para reconstruir un todo, a partir de los elementos identificados por el análisis (27), así como ambos métodos se contraponen también se complementan en todo el proceso, y no pueden existir el uno sin el otro (28).

##### **3.1.2. Nivel**

El nivel de esta investigación es descriptivo – correlacional (29), porque se va describir acerca de los efectos de la aplicación de cloro en el tratamiento de agua potable, además se describirá como se da la formación, características de los subproductos formados con esta aplicación, se detallará como son y como se manifiestan. Correlacional porque se medirá el grado de asociación que existe entre la dosificación de cloro y la formación de subproductos de cloración.

##### **3.1.3. Tipo de investigación**

El tipo de investigación es aplicada, debido a que cumple con el propósito fundamental de resolver problemas (30), además que se trabajó con conocimientos que existen en todo el proceso de investigación. Asimismo, este tipo de investigación permite crear nuevos conocimientos para la creación de nuevas técnicas de desinfección de agua potable para evitar la formación de subproductos de cloración.



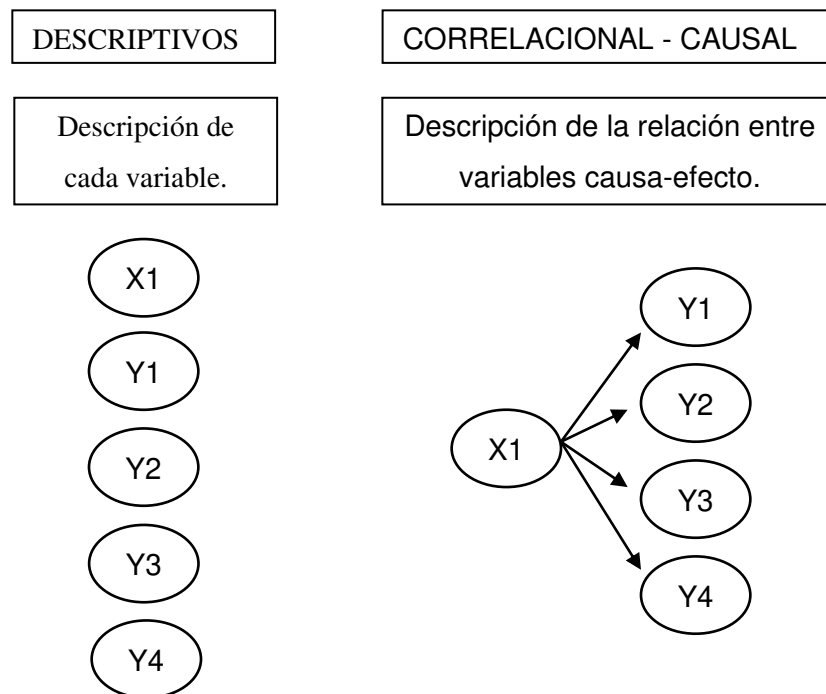
## 3.2. Diseño de la Investigación

### 3.2.1. Diseño experimental

El diseño de la investigación es no experimental (31), debido a que no se va a manipular las variables, lo que si se realiza es la observación de los fenómenos tal como se dan en su contexto natural, para que después sean analizados; además no se puede influir en ellas porque ya ocurrieron del mismo modo que sus efectos. Asimismo, porque se trabajará con datos ya establecidos para realizar una simulación de datos para el Distrito de Pilcomayo dándole mayor énfasis a la metodología de tratamiento de datos para poder encontrar las respuestas a los problemas planteados.

#### 3.2.1.1. Transeccional o transversal

El tipo de diseño es transeccional o transversal (32), debido a que se describirán las variables y se analizará la relación entre ellos; serán de tipo descriptivo – correlacional, porque se proporcionara la descripción de las variables y correlacional porque se va describir estas relaciones entre variables en función de relación causa-efecto.



Fuente: Hernández (32)

### 3.3. Población y muestra

La población está constituida por el agua potable del distrito de Pilcomayo.

La fuente de los resultados obtenidos de los monitoreos y análisis del agua potable fueron tomadas de informes de Tesis “Subproductos de Cloración Inorgánicos y Orgánicos en las Aguas de Castilla y León. Estado Actual y Perspectivas ante la Revisión de la Directiva Europea” (4). Las muestras de agua siguieron métodos analíticos listados por métodos estándares para su respectivo estudio y observación.

Los datos obtenidos de las fuentes bibliográficas serán simulados para los siguientes puntos de muestreo:

*Tabla 8 Descripción de puntos de muestreo*

Código	Descripción	Distrito - Provincia	Coordenadas UTM (WGS 84)	
APC01 <sup>5</sup>	Agua clorada en diferentes puntos de muestreo del sistema de agua potable (10 muestras).	Pilcomayo - Huancayo	473245.94 E	8667625.16 S
			473239.83 E	8667591.89 S
			473299.75 E	8667565.83 S
			473392.04 E	8667558.44 S
			473348.12 E	8667547.39 S
			473376.41 E	8667543.88 S
			473328.89 E	8667563.52 S
			473365.49 E	8667563.00 S
			473245.94 E	8667625.16 S
			473559.25 E	8667586.88 S

Fuente: Elaboración propia

### 3.4. Técnica e instrumentos de recolección de datos

La estrategia empleada en la recolección de datos fueron informes y base de datos de los monitoreos, los análisis de la calidad de agua potable de la Red de Salud del Valle del Mantaro, Artículos científicos y Tesis relacionados al tema de investigación como Subproductos de Cloración Inorgánico y Orgánico en las Aguas de Castilla y León (4), Determinación de la presencia de Trihalometanos Totales en el agua para consumo humano provenientes de aguas subterráneas de la ciudad de Guatemala (33), etc.

<sup>5</sup> APC: Agua potable clorada

La técnica utilizada por los autores de los documentos estudiados para la medición de parámetros fueron las siguientes:

*Tabla 9 Técnica para la medición de parámetros*

<b>PARÁMETROS ANALIZADOS</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>MÉTODO</b>
<b>Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)</b>	DBO <sub>5</sub> mg BDO5/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23 rd Ed. Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test 2017
<b>Bromato</b>	BrO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg/L	EPA 300.0 Rev. 2.1, 1993 (VALIDADO - Aplicado fuera del alcance) Determination of inorganic anions by ion chromatography 2019
<b>Clorito</b>	ClO <sub>2</sub> <sup>-</sup> mg/L	
<b>Clorato</b>	ClO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg/L	
<b>TRIHALOMETANOS</b>		
<b>Cloroformo</b>	CHCl <sub>3</sub> mg/L	EPA Method 8260D (Volatile Organic Compounds by Gas Chromatography/Mass Spectrometry(GC/MS))
<b>Bromodichlorometano</b>	CHBrCl <sub>2</sub> mg/L	
<b>Dibromoclorometano</b>	CHBr <sub>2</sub> Cl mg/L	
<b>Bromoformo</b>	CHBr <sub>3</sub> mg/L	

Fuente: Elaboración propia

Los instrumentos que fueron utilizados por los autores de los documentos estudiados para la recolección de datos, han sido realizados a través de estos equipos:

- Equipo Colorímetro digital
- Medidor digital de pH
- Medidor digital de turbiedad
- Medidor digital de conductividad
- Envases de vidrio y plástico de boca ancha esterilizados
- Reactivos para preservar las muestras
- Cuaderno de campo, cooler, cámara fotográfica

La técnica usada para el análisis de los datos fueron la Hoja de Cálculo Excel y el Software IBM SPSS Statistics 25.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Resultados del tratamiento y análisis de la información

- a) Identificación de los subproductos de desinfección (SPD) producidos por el cloro en el tratamiento de agua potable.

Se realizó la identificación de los SPD, resultantes del tratamiento de desinfección del agua, generados por la reacción del cloro residual y la materia orgánica principalmente (9), aunque hay diversos factores que pueden ayudar a la formación de dichos subproductos como la temperatura, el pH, la dosis de cloro, el tiempo de contacto (3), y otras unidades que componen el sistema de abastecimiento de agua como las paredes de las tuberías, accesorios y tanques que varían el comportamiento del cloro en todo su recorrido (5).

Se han realizado diversos estudios donde indican que la materia orgánica del agua es el factor principal de la generación de SPD, así como los Trihalometanos y Ácidos haloacéticos que son los SPD más evaluados en la comunidad científica, esa importancia se debe a que son considerados cancerígenos. Se cree que hay más de 600 subproductos de cloración, de las cuales algunos están regulados y otros no, es por ello que no se ha evaluado sus posibles efectos en la salud de quien lo consumen e incluso podrían superar a los SPD regulados, asimismo de los SPD no identificados que podrían estar ocasionando otros problemas a la salud.

*Tabla 10 Características de los SPD*

<b>Clase de SPD</b>	<b>Características</b>
<b>Trihalometanos (THMs)</b>	Está conformado por cloroformo (CHCl <sub>3</sub> ), dicloro bromoformo (CHCl <sub>2</sub> Br), dibromocloroformo (CHClBr <sub>2</sub> ) y bromoformo (CHBr <sub>3</sub> ), donde el cloroformo tiene más prevalencia en el agua potable. Los THMs han mostrado una mayor estabilidad dentro de la red de agua, y aumenta a

	medida que el flujo transcurre (5).	
<b>Ácidos haloacéticos (AHA)</b>	Son compuestos no volátiles, que pueden encontrarse en el agua con mayores concentraciones de THMs, en función del pH del agua (9), si el pH disminuye la concentración de AHA tiende a aumentar (7).	Regulado EPA
<b>Cloritos</b>	Su formación se da por el tratamiento con dióxido de cloro o en la cloración cuando es usado el hipoclorito de sodio.	Regulado EPA
<b>Bromato</b>	Es un subproducto de desinfección generado en mayores concentraciones por el ozono, aunque se han detectado en agua tratada con hipoclorito	Regulado EPA
<b>Clorato</b>	SPD originado por el hipoclorito sódico o dióxido de cloro, que se acelera con las exposiciones a altas temperaturas.	Regulado EPA

Fuente: (5)

b) Resultado del análisis químico de agua

**a. Resultados del análisis de Cloro y Trihalometanos**

En la siguiente tabla se muestran los resultados de los 10 monitoreos realizados por los autores sobre el Cloro residual y Trihalometanos, de las cuales se hicieron dos muestreos por cada punto de control.

Tabla 11 Resultados del análisis de Cloro residual y Trihalometanos totales

CLORO RESIDUAL mg/L		CLORO RESIDUAL PROMEDIO mg/L	TRIHALOMETANOS mg/L		TRIHALOMETANOS PROMEDIO mg/L
1er muestreo	2do muestreo		1er muestreo	2do muestreo	
0.85	0.7	0.775	0.04	0.06	0.05
0.81	0.75	0.78	0.05	0.05	0.05
0.84	0.73	0.785	0.05	0.05	0.055
0.8	0.7	0.75	0.03	0.04	0.035
0.81	0.69	0.75	0.04	0.04	0.04
0.78	0.77	0.775	0.03	0.02	0.05
1.79	0.7	1.245	0.04	0.0	0.095
0.78	0.7	0.74	0.04	0.03	0.035
0.87	0.82	0.845	0.05	0.05	0.065
0.85	0.78	0.815	0.06	0.05	0.060
PROMEDIO		0.83	PROMEDIO		0.042

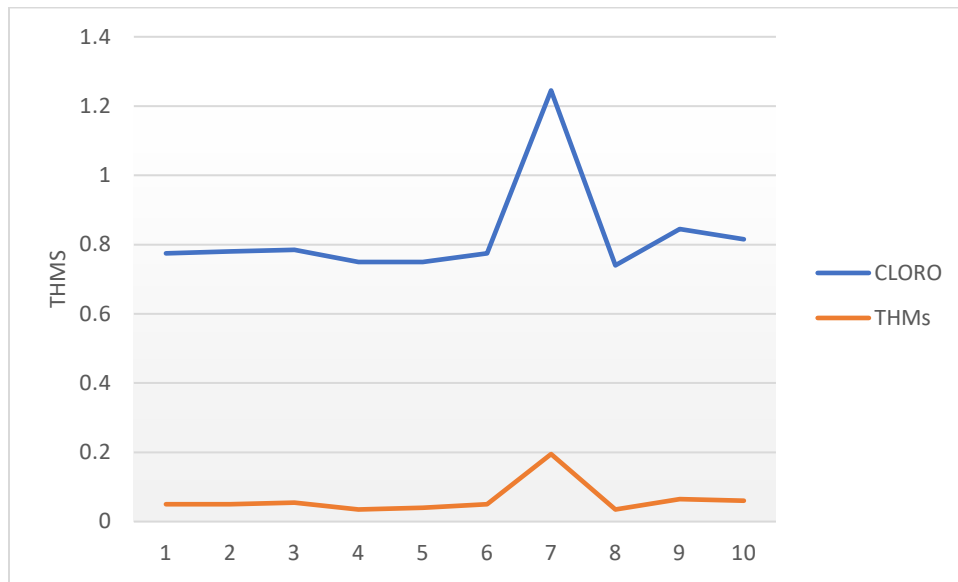
Fuente: (4)

Tabla 12 Resumen de análisis Cloro residual - Trihalometanos

CLORO RESIDUAL mg/L	TRIHALOMETANOS mg/L
0.775	0.05
0.78	0.05
0.785	0.055
0.75	0.035
0.75	0.04
0.775	0.05
1.245	0.195
0.74	0.035
0.845	0.065
0.815	0.060
<b>PROMEDIO</b>	0.076

Fuente: (4)

*Ilustración 1 Análisis de Cloro Residual y Trihalometanos*



Fuente elaboración propia

A continuación, se observan los resultados simulados del análisis de Cloro Residual y Trihalometanos de las 10 muestras del Distrito de Pilcomayo, la octava muestra tiene el valor más bajo de cloro con 0,74 mg/L y teniendo como respuesta 0,035 mg/L de Trihalometanos, y la séptima muestra fue el del valor más alto de Cloro residual con 1,245 mg/L, teniendo como respuesta 0,195 mg/L de Trihalometanos, teniendo una tendencia (incremento) a medida que aumenta los ppm del Cloro Residual.

**b. Resultados del análisis de Cloro Residual, Bromato, Clorito y Clorato.**

En la siguiente tabla se muestran los resultados de los 10 monitoreos realizados por los autores sobre el Cloro residual, Bromato, Clorito y Clorato.

*Tabla 13 Resultado del análisis de Cloro residual, Bromato, Clorito y Clorato*

CLO RO mg/L	BROMATO ug/L		BROMA TO PROME DIO ug/L	BROMA TO PROME DIO mg/L	CLORITO ug/L		CLORIT O PROME DIO ug/L	CLORIT O PROME DIO mg/L	CLORATO ug/L		CLORAT O PROME DIO ug/L	CLORAT O PROME DIO mg/L
	1er muestr eo	2do muestr eo			1er muestr eo	2do muestr eo			1er muestr eo	2do muestr eo		
<b>0.775</b>	27	17	22	0.022	3	2	2.5	0.0025	521	0	260.5	0.2605
<b>0.78</b>	14	38	26	0.026	3	3	3	0.003	360	220	290	0.29
<b>0.785</b>	24	23	23.5	0.0235	2	8	5	0.005	334	251	292.5	0.2925
<b>0.75</b>	23	11	17	0.017	2	2	2	0.002	0	0	0	0
<b>0.75</b>	3	22	12.5	0.0125	2	2	2	0.002	0	0	0	0
<b>0.775</b>	41	5	23	0.023	2	2	2	0.002	81	98	89.5	0.0895
<b>1.245</b>	31	37	34	0.034	45	2	23.5	0.0235	273	792	532.5	0.5325
<b>0.74</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>0.845</b>	38	21	29.5	0.0295	2	45	23.5	0.0235	279	517	398	0.398
<b>0.815</b>	26	21	23.5	0.0235	4	7	5.5	0.0055	681	104	392.5	0.3925
<b>0.826</b>	<b>PROMEDIO</b>		21.10	0.0211	<b>PROMEDIO</b>		6.90	0.0069	<b>PROMEDIO</b>		225.55	0.22555

Fuente: (4)

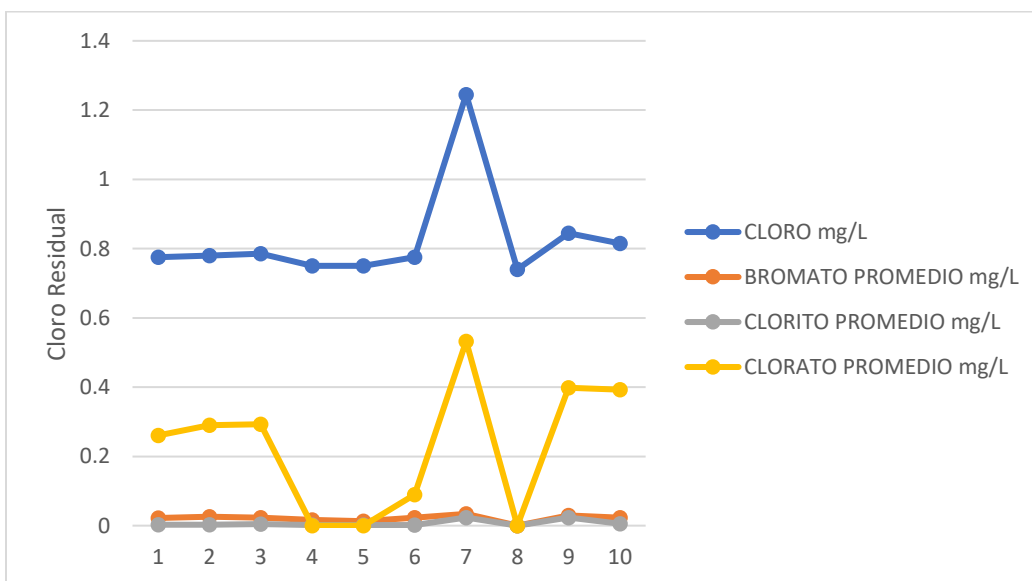


Tabla 14 Resumen de los análisis Cloro residual - Bromato -Clorito - Clorato

	<b>COLORO mg/L</b>	<b>BROMATO PROMEDIO mg/L</b>	<b>CLORITO PROMEDIO mg/L</b>	<b>CLORATO PROMEDIO mg/L</b>
	0.775	0.022	0.0025	0.2605
	0.78	0.026	0.003	0.29
	0.785	0.0235	0.005	0.2925
	0.75	0.017	0.002	0
	0.75	0.0125	0.002	0
	0.775	0.023	0.002	0.0895
	1.245	0.034	0.0235	0.5325
	0.74	0	0	0
	0.845	0.0295	0.0235	0.398
	0.815	0.0235	0.0055	0.3925
<b>PROMEDIO</b>	<b>0.826</b>	<b>0.0211</b>	<b>0.0069</b>	<b>0.22555</b>

Fuente: (4)

Ilustración 2 Análisis de Cloro residual, Bromato, Clorito y Clorato



Fuente elaboración propia

Se observa los resultados simulados del análisis del Cloro Residual, Bromato, Clorito y Clorato de las 10 muestras del Distrito de Pilcomayo, siendo la octava muestra el que tiene el valor más bajo de Cloro Residual con 0.74 mg/L y teniendo como respuesta 0 mg/L de Bromato, 0 mg/L de Clorito y 0 mg/L de clorato, y la séptima muestra fue el de más concentración de Cloro Residual con 1,245 mg/L con respuesta de 0.034 mg/L de Bromato, 0.0235 mg/L de Clorito y 0.5325 mg/L de Clorato, teniendo una tendencia (incremento) a medida que aumenta los ppm del Cloro Residual.

**C. Resultados de la modelación del análisis de Trihalometanos, Bromato, Clorito y Clorato**

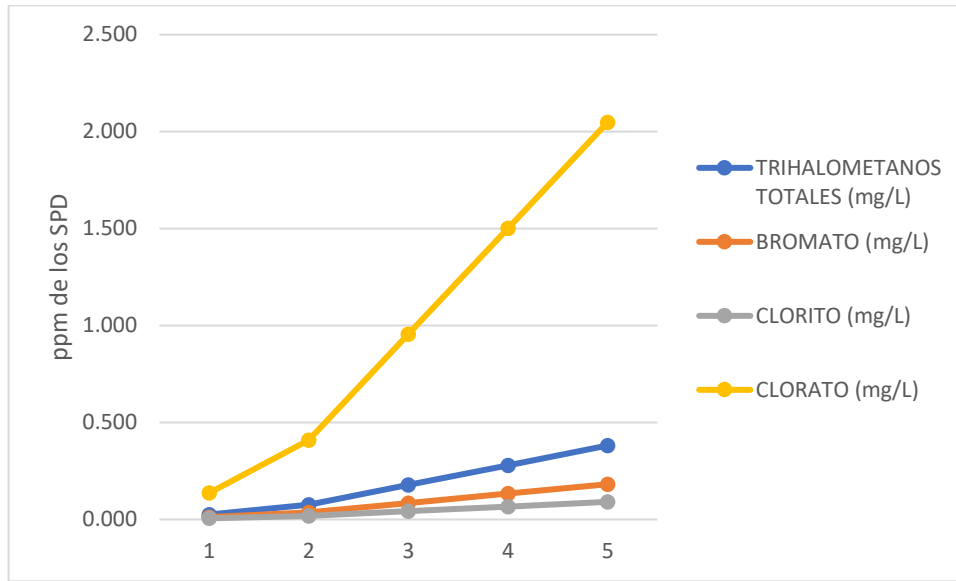
En el siguiente cuadro se muestran los resultados de la modelación de ppm de Trihalometanos, Bromato, Clorito y Clorato según el tratamiento dado.

*Tabla 15 Resultados de la modelación del análisis químico del agua*

<b>TRATAMIENTO</b>	<b>TRIHALOMETANOS TOTALES (mg/L)</b>	<b>BROMATO (mg/L)</b>	<b>CLORITO (mg/L)</b>	<b>CLORATO (mg/L)</b>
<b>1 (testigo)</b>	0.025	0.012	0.006	0.137
<b>2 (agua clorada + 1mg/L Dosis de cloro)</b>	0.076	0.036	0.018	0.410
<b>3 (agua clorada + 3mg/L Dosis de cloro)</b>	0.178	0.085	0.042	0.956
<b>4 (agua clorada + 5mg/L Dosis de cloro)</b>	0.280	0.133	0.067	1.502
<b>5 (agua clorada + 7mg/L Dosis de cloro)</b>	0.381	0.182	0.091	2.048

Fuente: elaboración propia

Ilustración 3 Resultado de la modelación de los análisis de THMs, Bromato, Clorito y Clorato



Fuente elaboración propia

Se observa los resultados de la modelación que se realizó para medir la concentración en ppm de Trihalometanos, Bromato, Clorito y Clorato y su relación con el Cloro residual, donde el tratamiento 1 es el testigo (agua clorada con 0.5 mg/L de Cloro residual) tiene como resultado 0.025 mg/L de Trihalometanos, 0.012 mg/L de Bromato, 0.006 mg/L de Clorito y 0.137 mg/L de Clorato. El segundo tratamiento es el agua clorada más 1 mg/L de Dosis de Cloro, teniendo como resultado 0.076 mg/L de Trihalometanos, 0.036 mg/L de Bromato, 0.018 mg/L de Clorito y 0.410 mg/L de Clorato. El tercer tratamiento es el agua clorada más 3 mg/L de Dosis de Cloro, teniendo como resultado 0.178 mg/L de Trihalometanos, 0.085 mg/L de Bromato, 0.042 mg/L de Clorito y 0.956 mg/L de Clorato. El cuarto tratamiento es el agua clorada más 5 mg/L de Dosis de Cloro, teniendo como resultado 0.280 mg/L de Trihalometanos, 0.133 mg/L de Bromato, 0.067 mg/L de Clorito y 1.502 mg/L de Clorato. Por último, el quinto tratamiento es el agua clorada más 7 mg/L de Dosis de Cloro, teniendo como resultado 0.381 mg/L de Trihalometanos, 0.182 mg/L de Bromato, 0.091 mg/L de Clorito y 2.048 mg/L de Clorato, teniendo una tendencia (incremento) a medida que aumenta los ppm del Cloro Residual.

c) Formación, características y toxicidad de los Subproductos de Cloración

La exposición a estos Subproductos de Desinfección, representa un peligro para la salud de las personas, ya que estos son considerados potencialmente cancerígenos, como son los Trihalometanos (THMs), SPD que se encuentra en mayores concentraciones en el agua, está compuesto por Cloroformo clasificado como B2 probable carcinógeno en humanos con pruebas suficientes a partir de estudios en animales y falta de pruebas en estudios epidemiológicos (34) , Dibromoclorometano clasificado como C posible carcinógeno humano con pruebas limitadas en animales y ausencia de información en humanos, Bromodiclorometano y Bromoformo clasificados como B2 probable carcinógeno en humanos, cada uno de ellos con efectos nocivos como cáncer en el hígado, riñones, efectos sobre la reproducción, etc. (3).

Los compuestos orgánicos como Bromatos y Cloritos, considerados como B2 probable carcinógeno en humanos con pruebas suficientes a partir de estudios en animales y falta de pruebas en estudios epidemiológicos y D no clasificable como carcinógeno humano con pruebas inadecuadas en humanos y animales (34).

Tabla 16 Información toxicológica de los SPD

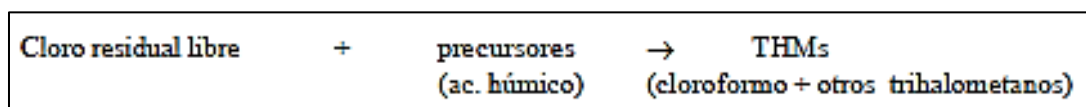
Clase de subproducto	Compuesto	Clasificación EPA	Efectos nocivos
Trihalometanos (THM)	Cloroformo	B2	Cáncer, hígado, riñón, efectos sobre la reproducción
	Dibromoclorometano	C	Sistema nervioso, hígado, riñón, efectos sobre la reproducción
	Bromodichlorometano	B2	Cáncer, hígado, riñón, efectos sobre la reproducción
	Bromoformo	B2	Cáncer, sistema nervioso, hígado, efectos sobre el riñón
Haloacetónitrilo (HAN)	Tricloroacetónitrilo	C	Cáncer, efectos mutagénicos y clastogénicos
Aldehidos halogenados y cetonas	Formaldehído	B1	Mutagénicos *
Halofenol	2-Chlorofenol	D	Cáncer, agente de tumores
Ácidos haloacéticos (AHA)	Ácido dicloroacético	B2	Cáncer, efectos sobre la reproducción y el desarrollo
	Ácido tricloroacético	C	Hígado, riñón, bazo, efectos sobre el desarrollo
Compuestos inorgánicos	Bromatos	B2	Cáncer
	Cloritos	D	Efectos sobre el desarrollo y la reproducción

Fuente: (3)

#### Formación de Trihalometanos

La formación de los trihalometanos, se da debido a que el cloro residual reacciona con las sustancias húmicas (materia orgánica) que contiene el agua.

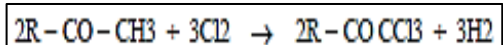
Ilustración 4 Formación de Trihalometanos



Fuente: (7)

El fenómeno de la formación de trihalometanos se puede representar a través de la siguiente “reacción halomorfo”:

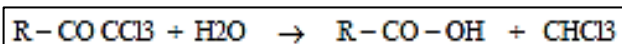
*Ilustración 5 Reacción halomorfo de THMs*



Fuente: (7)

Y una hidrólisis posterior:

*Ilustración 6 Hidrólisis de THMs*

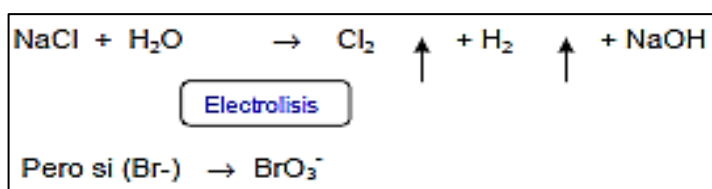


Fuente: (7)

### Formación de Bromato

Su presencia se da en el agua por el uso de hipoclorito especialmente cuando se realiza con la presencia de la luz solar; para la obtención del cloro se da a partir de la hidrolisis de una salmuera, entonces el hipoclorito de sodio se obtiene de la reacción del mismo cloro con el hidróxido de sodio que también está en el mismo proceso. Esta sal usada como materia prima puede contener bromuro y con el pH, todo se convierte a bromato (4).

*Ilustración 7 Formación de Bromato*



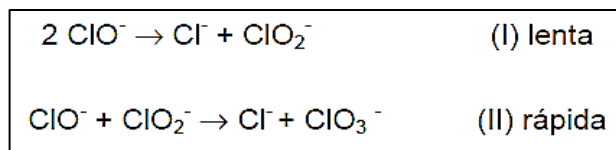
Fuente: (4)

### Formación de Clorito y Clorato

Se originan por el uso de hipoclorito sódico o dióxido de cloro. Estas concentraciones son inestables debido a que van perdiendo su concentración inicial, estas soluciones se descomponen a cloruro y clorato sódico. Estas reacciones se dan un paso lento y un paso

rápido; en el paso lento se forma el clorito sódico y en el paso rápido entre el hipoclorito y el clorito para dar lugar a la formación del clorato (4).

*Ilustración 8 Formación de Clorito y Clorato*



Fuente: (4)

Toxicidad de los Subproductos de Cloración

Desde su descubrimiento, han realizado diferentes estudios sobre su comportamiento en todo el sistema de abastecimiento de agua potable y principalmente la toxicidad que existe por la exposición a estos SPD, varios ensayos han relacionado a la exposición de Trihalometanos con la formación de tumores en el hígado, vejiga en ratones y mala formación (5).

La toxicidad de los Trihalometanos, se ha podido observar que pueden generar tumores en hígado, riñones e intestinos, también efectos mutagénicos, también hay estudios de laboratorio donde el bromodiclorometano una actividad espermatotóxica (35). Se han evaluado los efectos en las personas tras estar en exposición a piscinas cloradas, en el cual se les determinó que tienen variaciones de THMs en la orina y en la sangre (5).

La toxicología del bromato, El Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer (CIIC) determina que no hay suficientes datos para considerarlos cancerígenos en humanos, lo que si hay evidencia de sus tratamientos en animales que si dieron positivos. No existen tantos datos que puedan avalar que el bromato pueda ocasionar cáncer de tiroides o tumores peritoneales (4).

La toxicidad del clorito y el clorato, el CIIC determinó que al clorito no se le puede clasificar como cancerígeno para humanos, pero el estrés oxidativo que da lugar a cambios en los glóbulos de la sangre es el principal hallazgo. Con el clorato se realizaron exámenes de intoxicación, y no hay datos para considerarlos como mutagénicos o cancerígenos, pero igual se recomienda prevenir la aportación del mismo (4).

El Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer (CIIC) clasifica a los compuestos químicos de acuerdo a la evaluación del riesgo de cáncer que estas conducen (16).

Tabla 17 Clasificación CIIC

SUBPRODUCTO ORGÁNICO	CLASIFICACIÓN CIIC	
	GRUPO	
<b>Trihalometanos</b>		
<b>Cloroformo</b>	2B	Posiblemente cancerígeno para los seres humanos
<b>Bromodiclorometano</b>	2B	Posiblemente cancerígeno para los seres humanos
<b>Dibromoclorometano</b>	3	No clasificable con respecto a su capacidad cancerígena para los seres humanos
<b>Bromoformo</b>	3	No clasificable con respecto a su capacidad cancerígena para los seres humanos
SUBPRODUCTO INORGÁNICO	CLASIFICACIÓN CIIC	
	GRUPO	
<b>Bromato</b>	2B	Posiblemente cancerígeno para los seres humanos
<b>Clorito</b>	3	No clasificable con respecto a su capacidad cancerígena para los seres humanos
<b>Clorato</b>	3	No clasificable con respecto a su capacidad cancerígena para los seres humanos

Fuente: Guías para la calidad del agua de consumo humano (16).

## 4.2. Prueba de Hipótesis

- Hipótesis de investigación

H.E.1: Hipótesis Alterna: La dosificación de cloro tiene una relación directa en la formación de subproductos de desinfección en el tratamiento de agua potable.

H.E.0: Hipótesis Nula: La dosificación de cloro no tiene una relación directa en la formación de subproductos de desinfección en el tratamiento de agua potable.



Tabla 18 Resultados de la Correlación de Pearson

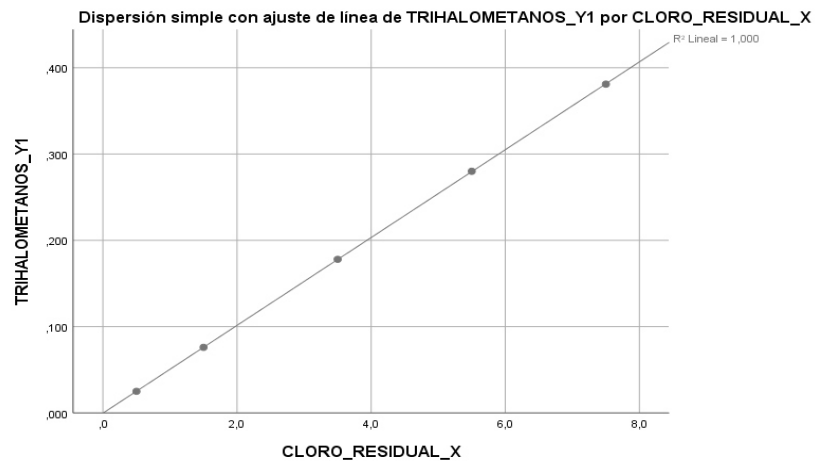
		Correlaciones				
		COLORO_ RESIDUA L_X	TRIALO METANO S_Y1	BROMAT O_Y2	CLORITO _Y3	CLORATO _Y4
CLORO RESIDUAL_X	Correlación de Pearson	1	1,000**	1,000**	1,000**	1,000**
	Sig. (bilateral)		,000	,000	,000	,000
	N	5	5	5	5	5
TRIALOMETA NOS_Y1	Correlación de Pearson	1,000**	1	1,000**	1,000**	1,000**
	Sig. (bilateral)	,000		,000	,000	,000
	N	5	5	5	5	5
BROMATO_Y2	Correlación de Pearson	1,000**	1,000**	1	1,000**	1,000**
	Sig. (bilateral)	,000	,000		,000	,000
	N	5	5	5	5	5
CLORITO_Y3	Correlación de Pearson	1,000**	1,000**	1,000**	1	1,000**
	Sig. (bilateral)	,000	,000	,000		,000
	N	5	5	5	5	5
CLORATO_Y4	Correlación de Pearson	1,000**	1,000**	1,000**	1,000**	1
	Sig. (bilateral)	,000	,000	,000	,000	
	N	5	5	5	5	5

\*\* . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Fuente elaboración propia elaborado con SPSS

Para el resultado del estudio de correlación se usó el Software SPSS, el cual nos indica que la correlación es significativa en el nivel 0.01, por tanto, se concluye que los datos tienen una relación directa y fuerte, en tanto si hay aumento de ppm de Cloro Residual hay un aumento de ppm de Subproductos de Cloración (Trihalometanos, Bromato, Clorito y Clorato), por tanto se acepta la Hipótesis Alterna que nos dice la dosificación de cloro tiene una relación directa en la formación de subproductos de desinfección en el tratamiento de agua potable.

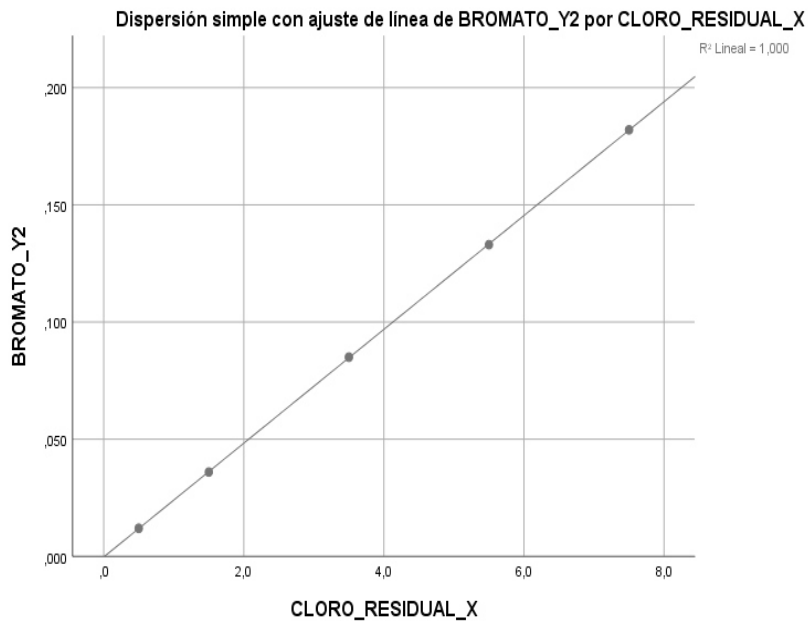
*Ilustración 9 Tendencia de incremento de THMSs y Cloro Residual*



Fuente elaboración propia elaborado con SPSS

El gráfico muestra que hay una tendencia de incremento de concentración de Trihalometanos, a medida que aumenta los ppm de Cloro Residual.

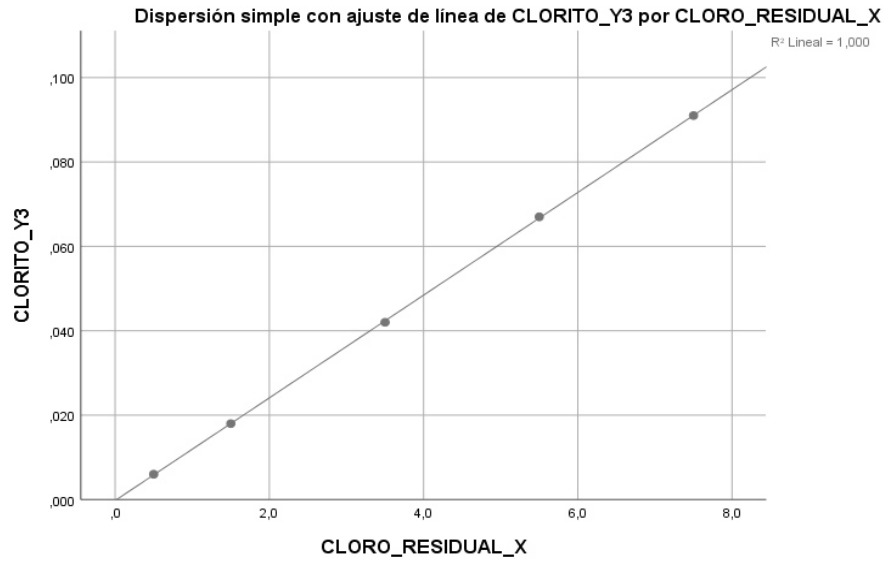
*Tabla 19 Tendencia de incremento de Bromato y Cloro Residual*



Fuente elaboración propia elaborado con SPSS

El gráfico muestra que hay una tendencia de incremento de concentración de Bromato, a medida que aumenta los ppm de Cloro Residual.

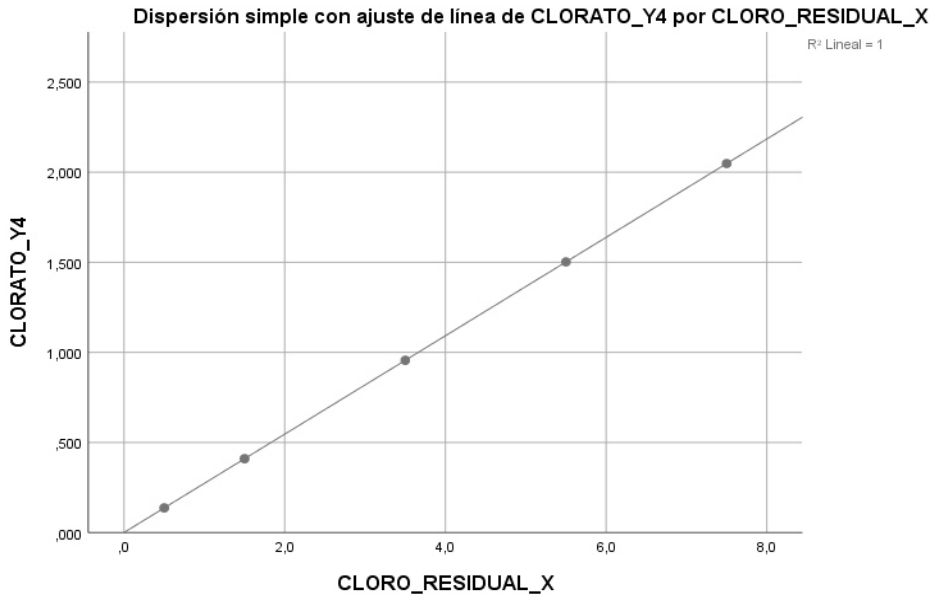
Tabla 20 Tendencia de Clorito y Cloro Residual



Fuente elaboración propia elaborado con SPSS

El gráfico muestra que hay una tendencia de incremento de concentración de Clorito, a medida que aumenta los ppm de Cloro Residual.

Tabla 21 Tendencia de Clorato y Cloro Residual



Fuente elaboración propia elaborado con SPSS

El gráfico muestra que hay una tendencia de incremento de concentración de Clorato, a medida que aumenta los ppm de Cloro Residual.

### 4.3. Discusión de resultados

A partir de los datos obtenidos, aceptamos la hipótesis alterna que la dosificación de cloro tiene una relación directa en la formación de subproductos de desinfección en el tratamiento de agua potable, el resultado establece que hay una correlación directa y que a medida que aumenta la concentración de Cloro Residual en el agua va a tener un efecto de aumento en la concentración de Subproductos de Cloración.

Estos resultados tienen relación con lo que afirma el autor Nuñez (33), dicho trabajo de investigación “Determinación de la presencia de Trihalometanos totales (TTHMs) en el agua para consumo humano proveniente de aguas subterráneas de la ciudad de Guatemala” (33) demostró que el aumento de Trihalometanos está relacionado con las variables como el cloro residual, pH, tiempo de contacto, etc.; y que a mayores concentraciones se incrementan los niveles de Trihalometanos.

En el estudio realizado “Trihalometanos y Haloácidos en agua de la zona sur de la ciudad de México” (36), se determinó un análisis estadístico de correlación, afirmando que el cloro residual y los nitratos influían sobre la producción de cloroformo y trihalometanos totales, y que la temperatura y otros parámetros fisicoquímicos no influyen en la formación de Trihalometanos.

Según el estudio “Desarrollo de métodos de análisis y control de subproductos de desinfección en aguas de abastecimiento público” (37), en el efecto de dosis de cloro se obtuvo una fuerte correlación entre las dosis empleadas de cloro en la planta de tratamiento de agua potable y la formación de Trihalometanos en el sistema de distribución. Además, señalan que el incremento de la dosis de cloro se traduce en un incremento de la formación de Subproductos de Cloración, y teniendo como principal precursor a la materia orgánica presente en el agua, donde al hacer contacto con el cloro aumentaría rápidamente la formación de Trihalometanos.

Respecto a la toxicidad de los Subproductos de cloración, se hicieron varias investigaciones donde indican que, si las concentraciones de Cloro Residual, Trihalometanos, Bromato, Clorito y Clorato se encuentran dentro de los Límites Máximos Permisibles, no son perjudiciales para la salud de las personas que consumen de esta agua (38). Aunque los riesgos para la salud producidos por los SPD son menores si comparamos con las enfermedades de transmisión hídrica, no debemos dejar de lado, ya que al estar expuestos a estos Subproductos

de cloración tienen efectos adversos para la salud, como el daño en funciones reproductoras (disminución de fertilidad, riesgos de abortos), perjuicios en el desarrollo fetal ( bajo peso al nacer, crecimiento intrauterino retardado, etc), y desarrollo de cáncer principalmente en la vejiga urinaria (35).

Estudios sobre “Efectos de los trihalometanos sobre la salud” (39), indica que el nivel de riesgo para la salud humana por efecto de la cloración es difícil de determinar debido a que los diversos estudios epidemiológicos que se han realizado no son suficientes para determinar el peligro de cáncer que está asociado con los subproductos de cloración, además que la solución para prevenir este tipo de enfermedades o algún efecto perjudicial para la salud es que se tiene que eliminar los compuestos orgánicos antes que el cloro tenga contacto con estas y den por resultado la formación de subproductos de cloración.

## CONCLUSIONES

Se ha realizado una simulación de datos obtenidos del informe de investigación “Subproductos de Cloración Inorgánicos y Orgánicos en las Aguas de Castilla y León. Estado Actual y Perspectivas ante la Revisión de la Directiva Europea” (4), de las cuales se realizó el análisis de 10 muestras, evaluando las concentraciones del Cloro Residual, Trihalometanos, Bromato, Clorito y Clorato.

Se evidenció en los resultados que, a menor concentración de Cloro Residual, hay menor concentración de Subproductos de cloración (Trihalometanos, Bromato, Clorito y Clorato) y a medida que el Cloro residual aumenta, hay mayor concentración de los SPD.

Se realizó 5 tratamientos para determinar la influencia directa de la dosificación del Cloro residual en la formación de los Subproductos de cloración; en el tratamiento 1 es el testigo (agua clorada con 0.5 mg/L de Cloro residual) tiene como resultado 0.025 mg/L de Trihalometanos, 0.012 mg/L de Bromato, 0.006 mg/L de Clorito y 0.137 mg/L de Clorato. El segundo tratamiento es el agua clorada más 1 mg/L de Dosis de Cloro, teniendo como resultado 0.076 mg/L de Trihalometanos, 0.036 mg/L de Bromato, 0.018 mg/L de Clorito y 0.410 mg/L de Clorato. El tercer tratamiento es el agua clorada más 3 mg/L de Dosis de Cloro, teniendo como resultado 0.178 mg/L de Trihalometanos, 0.085 mg/L de Bromato, 0.042 mg/L de Clorito y 0.956 mg/L de Clorato. El cuarto tratamiento es el agua clorada más 5 mg/L de Dosis de Cloro, teniendo como resultado 0.280 mg/L de Trihalometanos, 0.133 mg/L de Bromato, 0.067 mg/L de Clorito y 1.502 mg/L de Clorato. Por último, el quinto tratamiento es el agua clorada más 7 mg/L de Dosis de Cloro, teniendo como resultado 0.381 mg/L de Trihalometanos, 0.182 mg/L de Bromato, 0.091 mg/L de Clorito y 2.048 mg/L de Clorato, teniendo una tendencia (incremento) a medida que aumenta los ppm del Cloro Residual, concluyendo que hay una influencia directa por parte del Cloro Residual para la formación de los Subproductos de cloración.

El Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer (CIIC) ha clasificado a los compuestos químicos de acuerdo a la evaluación del riesgo de cáncer que estas conducen, los Trihalometanos compuestos por el Cloroformo clasificado como 2B probable carcinógeno en humanos (34) , Dibromoclorometano clasificado como 2B posible carcinógeno humano, Bromodichlorometano y Bromoformo clasificados como 3 No clasificable con respecto a su capacidad cancerígena para los seres humanos, cada uno de ellos con efectos nocivos como cáncer en el hígado, riñones, efectos sobre la reproducción, etc. (3). Al Bromato lo clasificó como 2B Posiblemente cancerígeno para los seres humanos y el Clorito y Clorato lo clasificó como 3 No clasificable con respecto a su capacidad cancerígena para los seres humanos.

## **RECOMENDACIONES**

Se recomienda realizar monitoreos permanentes de las concentraciones de Cloro Residual, así como de los compuestos químicos Trihalometanos, Bromato, Clorito y Clorato en toda la jurisdicción de Pilcomayo, a fin de que se tenga información para la toma de decisiones respecto a la dosificación de cloro y la formación de estos SPD, para que cumplan los Límites Máximos Permisibles y no causen daño a la población abastecida.

Se recomienda que la Autoridad Administradora del agua se encuentre en constante capacitación sobre las funciones que cumple el Cloro, así como la correcta dosificación que se debe realizar al agua para que no genere efectos secundarios.

Se debe realizar limpieza y mantenimiento del sistema de abastecimiento de agua potable, para la reducción o eliminación de materia orgánica que también es originada por las tuberías o accesorios a falta de limpieza.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **CRUZ SANCHEZ, Edward.** [aut. libro] DIGESA. *Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano*. Lima : s.n., 2011, pág. 8.
2. *Evaluation of the sub-products from the chlorination process at the Lucio Baldó Soulés Water Treatment Plant.* **MALLIA, AUXILIA, y otros.** Zulia : Fobeca, 2008, Rev. Téc. Ing. Univ. Zulia . ISSN 0254-0770 .
3. *Subproductos de la desinfección del agua potable: formación, aspectos sanitarios y reglamentación.* **RODRIGUEZ, Manuel J., y otros.** 11, Caracas : Interciencia, Noviembre de 2007, Redalyc, Vol. XXXII, págs. 749-756. ISSN 0378-1844.
4. **DANTAS LEITE, María Vilani.** *Subproductos de Cloración Inorgánicos y Orgánicos en las Aguas de Castilla y León. Estado Actual y Perspectivas ante la Revisión de la Directiva Europea.* Universidad de Salamanca. Salamanca : s.n., 2011. Tesis doctoral.
5. **LEMUS PEREZ, Mildred Fernanda.** *Reacción del cloro con sustancias exopoliméricas provenientes de biopelículas de agua potable: Subproductos de desinfección, características y toxicidad.* Universidad de los Andes. Bogotá : s.n., 2017. Tesis.
6. *Investigación de trihalometanos en agua potable del estado de Carabobo, Venezuela.* **SARMIENTO, A, y otros.** Valencia : s.n., 2003, Gaceta Sanitaria, págs. 137-143.
7. **DIAZ DELGADO, Carlos.** *Consideraciones sobre los subproductos de la desinfección.* México : CYTED, 2003. págs. 168 - 180.
8. **PEREZ CHANCA, Roli Elito y RAMOS CASTELLANOS, Gisela.** *Dosis de cloro y cloro residual libre en el sistema de agua potable del sector de Puyhúan Grande del distrito y provincia de Huancavelica – 2018.* Huancavelica, Universidad Nacional de Huancavelica. Huancavelica : s.n., 2018. Tesis.
9. *Subproductos de la desinfección en el agua potable y sus riesgos en la salud humana.* **NUNJA GARCIA, José Vicente, NARVASTE TORRES, Israel y LUNA GARCIA, Gladys Marina.** Huacho : s.n., 2013, pág. 14.
10. **Instituto Nacional de Estadística e Informática.** *Perú: Formas de Acceso al Agua y Saneamiento Básico.* Lima : s.n., 2020.
11. **Ocasio, Natalia y López Diez, Manuel.** *El uso de cloro en la desinfección de agua.* Universidad de Puerto Rico. Recinto de Río Piedras : s.n. págs. 1-9.
12. **Organización Mundial de la Salud.** *Guías para la calidad del agua potable.* Tercera. 2020. págs. 127-148. Vol. I. ISBN 92 4 154696 4.
13. **Ministerio del Medio Ambiente.** Portal de transparencia estándar -MINAM. *MINAM.* [En línea] 2020. [Citado el: 04 de Octubre de 2020.] <http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/estandares-de-calidad-ambiental/>.



14. **Ministerio del Ambiente.** *Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias.* Lima. Lima : s.n., 2017. págs. 1-10, Decreto Supremo.
15. **Ministerio de Salud.** Límites Máximos Permisibles . [aut. libro] Dirección General de Salud Ambiental. *Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano.* Primera. Lima : J.B. GRAFIC, 2010, pág. 46.
16. **Organización Mundial de la Salud.** *Guías para la calidad del agua de consumo humano.* Cuarta. Ginebra : WHO Graphics, 2011. ISBN 978-92-4- 354995-8.
17. **Organización Panamericana de la Salud.** PAHO. *OPS Perú.* [En línea] 2012. [Citado el: 11 de Octubre de 2020.]  
[https://www.paho.org/per/index.php?option=com\\_content&view=article&id=943:marco-mejoramiento-calidad-agua-consumo-humano&Itemid=0](https://www.paho.org/per/index.php?option=com_content&view=article&id=943:marco-mejoramiento-calidad-agua-consumo-humano&Itemid=0).
18. *Calidad de agua: desinfección efectiva.* **CRHISTMAN, Keith.** Arlington : s.n., 1998.
19. **Dirección General de Salud Ambiental, MINSA.** *Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano.* Primera. Lima : s.n., 2011. pág. 10.
20. **CAMPOVERDE BARROS, Jahanina Alexandra.** *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.* Universidad Estatal de Cuenca. Cuenca : s.n., 2015. Tesis magisterial.
21. *Caracterización de la Materia Orgánica natural del agua: Su separación secuencial y análisis por espectrometría ultravioleta infrarroja.* **RODRIGUEZ VIDAL, Francisco Javier, y otros.** 191, 1999, págs. 20-26. ISSN 0211-8173.
22. **USEPA.** Drinking water standards and health advisories. *United States Environmental Protection Agency.* [En línea] 2004. [Citado el: 24 de Mayo de 2020.]  
<http://water.eoa.gov/drink/standardsrisk-management.cfm>.
23. *Occurrence, genotoxicity, and carcinogenicity of regulated and emerging disinfection by-products in drinking water: A review and roadmap for research.* **RICHARDSON, Susan, y otros.** 1-3, 2007, Vol. 636, págs. 178-242.
24. *The formation and control of emerging disinfection by-products of health concern.* **KRASNER, Stuart.** 1904, 2009, Vol. 367, págs. 4077-4095.
25. **MELENDRERAS RUIZ, Fuensanta.** *Estudio de la formación de Trihalometanos en las fases de elaboración de transformados vegetales y en procesos auxiliares de la industria alimentaria.* Universidad de Murcia. Murcia : s.n., 2015. págs. 57-60, Tesis doctoral.
26. **RUIZ, Ramón.** *El método científico y sus etapas.* Mexico : s.n., 2007. págs. 13-15.
27. **RUIZ, Ramón.** *El método científico y sus etapas.* Mexico : s.n., 2007. págs. 15-17.
28. **ROJAS SORIANO, Raül.** *El Proceso de la Investigación Científica.* México : Trillas, 2004. págs. 78-82.

29. **HERNÁNDEZ SAMPIERI, Roberto, FERNANDEZ COLLADO, Carlos y BAPTISTA LUCIO, María del Pilar.** *Metodología de la investigación*. Sexta. México : McGRAW-HILL, 2014. págs. 92-95. ISBN 978-1-4562-2396-0.
30. **PASTOR ROMAN, Isidoro, Coria Pàez, Ana Lilia y Torres Hernandez, Sacarias.** *Propuesta de metodología para elaborar una investigación científica en el área de Administración de*. Barranquilla : Pensamiento y Gestión, 2013. pág. 6. 1657-6276.
31. **HERNÁNDEZ SAMPIERI, Roberto, FERNANDEZ COLLADO, Carlos y BAPTISTA LUCIO, María del Pilar.** *Metodología de la investigación*. Sexta. México : McGRAW-HILL, 2014. pág. 152. ISBN 978-1-4562-2396-0.
32. —. *Metodología de la investigación*. Sexta. México : McGRAW-HILL, 2014. págs. 154-158. ISBN 978-1-4562-2396-0.
33. **NUÑEZ CERRATO, Erikson.** *Determinacion de la presencia de Trihalometanos totales (TTHM's) en agua para consumo humano proveniente de aguas subterráneas de la ciudad de Guatemala*. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala : s.n., 2020. págs. 1-79, Tesis magistral.
34. **SOLANS LAMPURLANÉS, Xavier y REGIDOR BRAOJOS, Leandro.** *NTP 465: Sustancias carcinogénicas, criterios para su clasificación*. España : s.n., 1999. págs. 1-6, Artículo.
35. **OLMEDO SANCHEZ, María Teresa.** *Subproductos de la desinfección del agua por el empleo de compuestos de cloro. Efectos sobre la salud*. Granada : s.n., 2008. págs. 335-342, Artículo.
36. **MAZARI HIRIART, Marisa, HERNÁNDEZ EUGENIO, Cristina y RIVERA PAZOS, Clara.** *Trihalometanos y Haloácidos en agua de la zona sur de la ciudad de Mexico*. México : s.n., 2001. Informe de Tesis.
37. **DOMINGUEZ TELLO, Antonio.** *Desarrollo de métodos de análisis y control de subproductos de desinfección en aguas de abastecimiento público*. Universidad de Huelva. Huelva : s.n., 2017. Tesis doctoral.
38. **PEREZ MONTEZA, Jenry y ROMERO MEJIA, Miller.** *Determinación de la concentración de Cloro Residual y Trihalometanos (Thm's) y su impacto en la salud según sectores de abastecimiento de agua potable en la ciudad de Moyobamba – 2015*. Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto. Moyobamba : s.n., 2017. Informe de tesis.
39. **SANCHEZ ZAFRA, Alicia.** *Efectos de los trihalometanos sobre la salud*. Centro de Salud de Almanjáyar. Granada : s.n., 2008. págs. 1-11, Artículo científico. ISSN 1579-1734.
40. **BULEGE, Wilfredo.** *Ponencia: Diseños de investigación*. [Video de YouTube] Huancayo : s.n., 2013.
41. **HERNÁNDEZ SAMPIERI, Roberto, FERNANDEZ COLLADO, Carlos y BAPTISTA LUCIO, María del Pilar.** *Metodología de la investigación*. Sexta. México : McGRAW-HILL, 2014. págs. 175-176;189-197. ISBN 978-1-4562-2396-0.

42. **SANCHEZ, Luis y RUIS, Ana.** *Humedales*. Lima : LIMUSA, 2015.
43. **SEGURA ABANTO, Horacio Gilberto.** *Influencia del carbòn activado obtenido de Huaranago (Acacia macracantha) en la remocion de cloro libre residual en agua potable, Celendin*. Universidad Nacional de Cajamarca. Cajamarca : s.n., 2017. pág. 11, Tesis.

## ANEXOS

### MATRIZ DE CONSISTENCIA

**TITULO: “EVALUACIÓN DE LOS SUBPRODUCTOS DE CLORACIÓN EN EL TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL DISTRITO DE PILCOMAYO, 2020”**

Formulación del Problema	Objetivo	Hipótesis	Variable	Metodología
<p><b>Problema General</b> ¿Cuál es el efecto de la aplicación de cloro en el tratamiento de agua potable en el distrito de Pilcomayo?</p> <p><b>Problemas Específicos</b> ¿Cuáles son los subproductos de desinfección producidos por el cloro en el tratamiento de agua potable? ¿Qué relación existe entre la dosificación de cloro y la formación de subproductos de desinfección en el tratamiento del agua potable? ¿Cómo es la formación, características y concentración de los subproductos de desinfección de agua potable?</p>	<p><b>Objetivo General</b> Evaluar los subproductos de cloración producidos en el tratamiento de agua potable en el Distrito de Pilcomayo.</p> <p><b>Objetivos Específicos</b> Identificar los subproductos de desinfección producidos por el cloro en el tratamiento de agua potable. Determinar la relación que existe entre la dosificación de cloro y la formación de subproductos de desinfección en el tratamiento de agua potable. Analizar la formación, características y evaluar la concentración de los subproductos de desinfección de agua potable.</p>	<p><b>Hipótesis General</b> Los efectos de la aplicación de cloro en el tratamiento de agua potable, influyen en la formación de subproductos de desinfección.</p> <p><b>Hipótesis Nula</b> Los efectos de la aplicación de cloro en el tratamiento de agua potable, no influyen en la formación de subproductos de desinfección.</p> <p><b>Hipótesis Específicas</b> Los subproductos de desinfección medidos en el agua potable, indican que su formación es a causa de la aplicación de cloro. La dosificación de cloro tiene una relación directa en la formación de subproductos de desinfección en el tratamiento de agua potable. La formación, características y concentración permitirá identificar su peligrosidad en la salud de las personas.</p>	<p><b>Variable Independiente</b> Dosificación de cloro</p> <p><b>Variable Dependiente</b> Subproductos de cloración</p>	<p><b>Diseño de la Investigación</b> El diseño general es experimental</p> <p><b>Nivel de investigación</b> El nivel de investigación es descriptivo - correlacional</p> <p><b>Población de estudio</b> La población está constituida por el agua potable del distrito de Pilcomayo.</p> <p><b>Muestra</b> 12 muestras de agua</p>

### CONSTANCIA DE VALIDACIÓN POR JUICIO DE EXPERTOS

Quien suscribe, Ing. Sanitario Marlon Christian Gutiérrez Guerrero, identificado con DNI N° 43369001, CIP N°155789, mediante la presente hago constar que el instrumento para la recolección de datos y la metodología de procesamiento de datos utilizados del informe de investigación para obtener el grado de Bachiller en Ingeniería Ambiental, titulado "EVALUACIÓN DE LOS SUBPRODUCTOS DE CLORACIÓN EN EL TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL DISTRITO DE PILCOMAYO, 2020", elaborado por la Bach. ZANABRIA PORRAS MENNY VANESSA; reúne los requisitos suficientes y necesarios para ser considerados válidos y confiables y, por tanto, aptos para ser aplicados en el logro de los objetivos que se plantearon en la investigación.

Atentamente

Huancayo, 30 de noviembre de 2020

MG2 ASOCIADOS S.A.C.  
Marlon Christian Gutiérrez Guerrero  
Gerente General  
Ing. Marlon Christian Gutiérrez Guerrero  
CIP: 155789

Dr./ Mg./ Lic. Nombre: Ing. Marlon Christian Gutiérrez Guerrero

Cargo Actual: Gerente General de MG2 ASOCIADOS S.A.C.




Ilustración 11 Monitoreo de Cloro Residual detallado - Salud Ambiental Pilcomayo, Julio

RED DE SALUD VALLE DEL MANTARO  
CONFORMIDAD DEL USUARIO POR EL SUMINISTRO DE AGUA  
MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO

IPRESS: **C.S. PILCOMAYO**      AÑO: **2020**  
DISTRITO: **PILCOMAYO**      MES: **JULIO**

N°	DIRECCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO	NOMBRE DEL USUARIO	DNI	FECHA	HORA	CLORO RESIDUAL	Cuántas Horas de suministro de agua tiene en su vivienda	Como califica el servicio de suministro de agua que brinda (EPS, JASS, SEDAM, (Bueno/Regular/Malo)	FIRMA
1	Residencia tradicional	Rosa Violeta Paez	45271743	5/06/20	8:20	0.6	24h	Bueno	[Firma]
2	C.S. Pilcomayo	Néstor Rubén Ramírez	19851820	14/07/20	10:50	0.5	24h	Bueno	[Firma]
3	Tr. 8 octubre S/A	Humberto Comascompa	19932341	17/06/20	9:30	0.5	24h	Malo	[Firma]
4	Tr. Casa Vieja S/A	Ramón Cristóbal Espino	45561650	20/06/20	10:00	0.5	24h	Regular	[Firma]

  
**Yvelia Vásquez Apolinaro**  
 DNI 19970669  
 Firma y Sello del Responsable de Monitoreo  
 DNI: \_\_\_\_\_  
 DATOS: \_\_\_\_\_

Fuente: Red de Salud del Valle del Mantaro

Ilustración 12 Monitoreo de Cloro Residual - Salud Ambiental Pilcomayo, Setiembre

**FORMATO N°1**  
**MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO**

Sistema de Abastecimiento

SUBIR, RED VALLE DEL MANTARO, RINCÓN RED DEL MANTARO C.S. PILCOMAYO

Año: 2020  
Mes: Septiembre

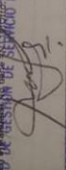
Estación de Toma	Nombre del Sistema	Nombre del Sistema	Procedimiento de Muestreo	Tipo de Muestra (Gravimétrica, Volumétrica, etc.)	Nº de Muestra	Ubicación del punto de muestreo	Punto de Toma de Muestra	DIRECCIÓN DALLORCA (REFERENCIA UTM)		Fecha de muestreo	PRECIO GARANTADO		MUESTRA IDENTIFICADA LABORATORIO		MÉTODOS	
								Eje X	Eje Y		Cloro residual (mg/L)	Temperatura	Nombre del Laboratorio	Fecha de entrega y laboratorio	C. Titulo	C. Parametro
1	Red de Salud del Valle del Mantaro	Red de Salud del Valle del Mantaro	1	Residual	1	2	2			09/9 0.7						
2	Red de Salud del Valle del Mantaro	Red de Salud del Valle del Mantaro	1	Residual	1	3	4			23/9 0.5						
3	Red de Salud del Valle del Mantaro	Red de Salud del Valle del Mantaro	1	Residual	1	4	4			27/9 0.5						

**Observaciones:**

1) Cloración ordinaria.  
2) Cloración instantánea.

**Comentarios:**

1) Cloración ordinaria.  
2) Cloración instantánea.

  
**Bach. Ronald Beltozar Clemente**  
 JEFE

MINISTERIO DE SALUD  
 GOBIERNO REGIONAL DE JUNIN  
 RED DE SALUD DEL VALLE DEL MANTARO  
 P.I.S. PILCOMAYO  
 Calle del Ejercito de la Salud  
 Nombre: [ ]  
 Cédula: [ ]  
 Celular: 983 863 367

RECIBI 3 muestras  
 12:33 pm  
 23/09/20

YAGQUEME YONNE TEJEDA REVOLLAR  
 ZTEC. LABORATORIO CLINICO

Fuente: Red de Salud del Valle del Mantaro




Ilustración 13 Monitoreo de Cloro Residual detallado - Salud Ambiental Pilcomayo, Setiembre

RED DE SALUD VALLE DEL MANTARO  
CONFORMIDAD DEL USUARIO POR EL SUMINISTRO DE AGUA  
MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO

IPRESS: **PILCOMAYO**  
DISTRITO: **PILCOMAYO**

AÑO: **2020**  
MES: **Setiembre**

N°	DIRECCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO	NOMBRE DEL USUARIO	DNI	FECHA	HORA	COLOR RESIDUAL	Cuántas Horas de suministro de agua tiene en su vivienda	Como califica el servicio de suministro de agua que brinda (EPS, JASS, SEDAM) (Bueno/Regular/Malo)	FIRMA
1	Jr. Inka Corval S/A	Reserva Hotel Perce	45271947	4/09/20	8:00	0.6	24h	Regular	[Firma]
2	C.S. Villcamp	Alfonso Eguad Hoy	41301617	11/09/20	9:00	0.5	48h 4h c/b	Regular	[Firma]
3	Jr. 3 Octubre S/A	Veronica Conquisha Huayra	78828208	17/09/20	10:00	0.3	24h 2h c/b	Malo	[Firma]
4	Jr. Basilio de Vicalde S/L	Rommel Rastros Espinoza	00108018	21/09/20	9:00	0.5	48h 4h c/b	Regular	[Firma]



Firma y Sello del Responsable de Monitoreo:  
**[Firma]**  
 DNI: **00070000**  
 DATOS:

Fuente: Red de Salud del Valle del Mantaro