

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONIO GUILLERMO URRELO



Facultad de Ingeniería

Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental y Prevención de Riesgos

TESIS

**EFECTO DEL DIÓXIDO DE CLORO EN LA REDUCCIÓN DE
ESCHERICHIA COLI, COLIFORMES TOTALES Y
TERMOTOLERANTES DEL AGUA DEL MANANTIAL DEL CASERÍO
CARAHUANGA, OTUZCO - 2022**

Autores:

Bach. Vaneza Yudith Calderon Paredes

Bach. William Robert Herrera Castrejón

Asesor:

Dr. Miguel Àngel Arango Llantoy

Cajamarca- Perú

Diciembre – 2022

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONIO GUILLERMO URRELO



Facultad de Ingeniería

Escuela Profesional de Ingeniería y Prevención de Riesgos

TESIS

**EFECTO DEL DIÓXIDO DE CLORO EN LA REDUCCIÓN DE
ESCHERICHIA COLI, COLIFORMES TOTALES Y
TERMOTOLERANTES DEL AGUA DEL MANANTIAL DEL CASERÍO
CARAHUANGA, OTUZCO - 2022**

Tesis presentada en cumplimiento parcial de los requerimientos para optar en Título

Profesional de Ingeniero Ambiental y Prevención de Riesgos

Autores:

Bach. Vaneza Yudith Calderon Paredes

Bach. William Robert Herrera Castrejón

Asesor:

Dr. Miguel Ángel Arango Llantoy

Cajamarca- Perú

Diciembre – 2022

COPYRIGHT © 2022 BY:

Vaneza Yudith Calderon Paredes

William Robert Herrera Castrejón

Todos los Derechos Reservados

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONIO GUILLERMO URRELO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y PREVENCIÓN DE
RIESGOS**

**APROBACIÓN DE TESIS PARA OPTAR TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AMBIENTAL**

**EFECTO DEL DIÓXIDO DE CLORO EN LA REDUCCIÓN DE
ESCHERICHIA COLI, COLIFORMES TOTALES Y
TERMOTOLERANTES DEL AGUA DEL MANANTIAL DEL
CASERÍO CARAHUANGA, OTUZCO - 2022**

Presidente :

Secretario :

Vocal :

Asesor :

Dedicatoria

A:

A Dios, por brindarme la fuerza y fortaleza a mis padres Ricardina, Wilson y hermana por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años. A todas las personas maravillosas que me apoyaron, me apoyan y me motivan a ser cada vez mejor profesional y persona.

Vaneza Yudith, Calderon Paredes

A:

A Dios, que día a día guía mis pasos por el camino del bien. Me cuidó y fortaleció para poder afrontar con sabiduría todos los problemas que se presentaron durante mi formación profesional.

A mis padres por todo su esfuerzo y sacrificio, mi gratitud eterna por sus enseñanzas, y todas las personas que contribuyeron de una u otra forma en mi formación profesional.

William Robert, Herrera Castrejón

Agradecimiento

- En primer lugar, agradecer a Dios por ser mi guía y acompañarnos en el transcurso de nuestra existencia, brindando sabiduría para culminar de manera exitosa nuestras metas propuestas.
- A nuestros padres por ser los forjadores de mi vida, su apoyo incondicional pese a las adversidades que se presentaron.
- A nuestro Asesor Dr. Miguel Àngel Arango Llantoy quien con su experiencia y conocimientos motivaron a concluir nuestro proyecto con éxito.
- A todos nuestros docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, sus enseñanzas y apoyo en nuestra formación profesional.
- A la Universidad que nos dio la bienvenida como tal, las oportunidades que me ha brindado son incomparables.
- Agradezco mucho por la ayuda de mis maestros, compañeros de carpeta y a la Universidad en general por todo lo anterior, en conjunto con todos los conocimientos que me ha otorgado durante mi formación profesional.

TABLA DE CONTENIDOS

Dedicatoria	v
Agradecimientos.....	¡Error! Marcador no definido.
TABLA DE CONTENIDOS	vii
LISTA DE TABLAS.....	viii
TABLA DE ILUSTRACIONES	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT.....	x
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	11
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	14
2.1 Antecedentes	14
2.2 Bases teóricas	15
2.3 Discusión teórica	24
2.4 Definición de términos	24
2.5 Ubicación de la zona de Estudio	26
2.4 Hipótesis.....	27
2.5 Operacionalización de variables.....	27
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA.....	28
3.1 Unidad de Análisis, Universo y Muestra	28
3.2 Método de Investigación	28
3.3 Técnicas de investigación	29
3.4 Instrumentos	29
3.5 Técnicas de Análisis de Datos (Estadísticas)	30
3.6 Aspectos éticos de la investigación	30
CAPÍTULO IV. RESULTADO y DISCUSIÓN	31
4.1 Resultados	31
4.2 Discusión	34
CAPITULO V. CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES	36
5.1 Conclusiones	36
5.2 Recomendaciones.....	36
REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍAS.....	37

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos y parasitológicos	20
Tabla 2 Operacionalización de variables	27
Tabla 3 Resultados obtenidos del Laboratorio Regional del Agua	31
Tabla 4 Estadísticos descriptivos para determinar presencia o no de Coliformes Totales después del tratamiento.....	31
Tabla 5 Estadísticos descriptivos para determinar presencia o no de Coliformes Termotolerantes después del tratamiento.	31
Tabla 6 Estadísticos descriptivos para determinar presencia o no de <i>Escherichia coli</i> después del tratamiento.	32
Tabla 7 Prueba de normalidad para las muestras	32
Tabla 8 Comparación de los valores de Coliformes Totales antes y después del tratamiento con dióxido de cloro.	33
Tabla 9 Comparación de los valores de Coliformes Termotolerantes antes y después del tratamiento con dióxido de cloro.....	33
Tabla 10 Comparación de los valores de <i>Escherichia coli</i> antes y después del tratamiento con dióxido de cloro.	34

TABLA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Ubicación de la toma de muestra.....	26
--	----

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se aborda con la Formulación del problema: ¿Cuál es el efecto del dióxido de cloro en la reducción de *Escherichia coli*, Coliformes Totales y Termotolerantes del agua del Manantial Los Berros, Caserío Carahuanga II, Otuzco - 2022?, como objetivo general: Determinar el efecto del dióxido de cloro en la reducción de *Escherichia coli*, Coliformes Totales y Termotolerantes del agua del Manantial Los Berros, Caserío Carahuanga II, Otuzco – 2022, como hipótesis de investigación se tiene: El dióxido de cloro reduce significativamente la concentración de *Escherichia coli*, Coliformes Totales y Termotolerantes del agua del Manantial Los Berros, Caserío Carahuanga II, Otuzco - 2022. Se han considerado como variable independiente al dióxido de cloro y como dimensión dependiente al *Escherichia coli*, a los Coliformes Totales y a los Coliformes Termotolerantes. El tipo de investigación fue cuantitativa, de nivel de investigación explicativa, de diseño de investigación experimental, longitudinal, observacional y prospectivo. La metodología aplicada fue la empírica para su demostración estadística. La muestra analizada consistió en 0.5 litros de agua para la muestra testigo y 1.5 litros de agua para la muestra bajo tratamiento, las que se extrajeron del Manantial Los Berros, Caserío Carahuanga II, Otuzco, la que se observa en la fig. 1, La prueba estadística utilizada para la descripción de las variables fue la media y su error estándar, y como prueba inferencial se utilizó la “t” de Student para muestras relacionadas. Se concluye finalmente que el efecto que causa el tratamiento del agua con dióxido de cloro en la reducción de *Escherichia coli*, Coliformes Totales y Termotolerantes del agua del Manantial Los Berros, Caserío Carahuanga II, Otuzco es significativo.

Palabras claves: calidad, fisicoquímica, microbiológica, agua, manantial.

ABSTRACT

The present research work was approached with the Formulation of the problem: What is the effect of chlorine dioxide on the reduction of *Escherichia coli*, Total Coliforms and Thermotolerants of the water of the Los Berros Spring, Caserío Carahuanga II, Otuzco - 2022?, as General objective: To determine the effect of chlorine dioxide on the reduction of *Escherichia Coli*, Total and Thermotolerant Coliforms in the water of the Los Berros Spring, Caserío Carahuanga II, Otuzco - 2022, as a research hypothesis: Chlorine dioxide significantly reduces the concentration of *Escherichia coli*, Total and Thermotolerant Coliforms of the water of Los Berros Spring, Caserío Carahuanga II, Otuzco - 2022. Chlorine dioxide has been considered as an independent variable and *Escherichia coli*, Total Coliforms and Thermotolerant Coliforms as a dependent dimension. The type of research was quantitative, explanatory research level of experimental, longitudinal, observational and prospective research design. The applied methodology was empirical for its statistical demonstration. The sample analyzed consisted of 0.5 liters of water for the control sample and 1.5 liters of water for the sample under treatment, which were extracted from Los Berros Spring, Caserío Carahuanga II, Otuzco, which is observed in fig. 1, The statistical test used to describe the variables was the mean and its standard error, and Student's t test was obtained for related samples as inferential test. Finally, it is concluded that the effect caused by the treatment of water with chlorine dioxide in the reduction of *Escherichia coli*, Total Coliforms and Thermotolerants of the water of Los Berros Spring, Caserío Carahuanga II, Otuzco is significant.

Keywords: quality, physicochemical, microbiological, water, spring.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

Según el Programa Conjunto OMS/UNICEF de Monitoreo del Abastecimiento de Agua y del Saneamiento, al menos 2 000 millones de personas en todo el mundo beben agua que puede estar expuesta a la contaminación de las heces. Un número aún mayor consume agua que se distribuye a través de sistemas vulnerables a otros tipos de contaminación. (ONU, 2022)

El agua no potable y el saneamiento deficiente son las principales causas de mortalidad infantil. La diarrea infantil asociada a la escasez de agua, saneamientos inadecuados, aguas contaminadas con agentes patógenos de enfermedades infecciosas y falta de higiene causa la muerte a 1,5 millones de niños al año. La mayoría de ellos menores de cinco años en países en desarrollo. (ONU, 2022)

Es sabido que el agua en la ciudad de Cajamarca y el Perú entero se potabiliza con hipoclorito de sodio a diferencia de otros países que en la actualidad usan diferentes métodos como el Cloro, Dióxido de cloro, otros como el Ozono, plata, cloraminas, combinaciones, entre otros. Luís (2008) menciona que el agua contiene habitualmente ácidos húmicos y ácidos fúlvicos, habiéndose identificado su presencia tanto en el agua superficial como en la profunda. Los ácidos húmicos (cuyo nombre deriva de humus), son el producto de la degradación de sustancias vegetales (maderas, tallos, raíces, etc.) como la lignina. En contacto con los derivados del cloro utilizados para la desinfección del agua se forman compuestos como trihalometanos tenemos compuestos como el cloroformo, bromoformo, bromo y dibromoclorometano, cloro, dicloro y triclorofenoles, etc. Asegura también que las consecuencias de estos productos sobre la salud pueden ser varias, que mucho de estos productos tienen una gran afinidad para unirse con las grasas del cuerpo, son lipofílicas (de lipo = grase y filos = amar, querer). Dicho investigador asegura que se ha estudiado en primer lugar si las sustancias del agua potabilizada pueden tener efectos mutagénicos, esto es, si son capaces de producir mutaciones, de alterar la estructura genética del núcleo celular. Dice también que los estudios son pocos significativos. En uno de ellos realizado por el Dr. Carlton y sus colaboradores, se observó que las ratas alimentadas con agua clorada no presentaban alteraciones detectables en su comportamiento reproductivo, en la fertilidad o en la aparición de malformaciones congénitas. Sin embargo, menciona que la cloración del agua de bebida ha demostrado ser capaz, en estudios de laboratorio, de producir mutaciones en células bacterianas, de roedores y humanas. Asegura que el problema surge cuando en la

práctica diaria nos encontramos que la exposición a estos productos es a dosis muy bajas, pero durante periodos de tiempo muy prolongados. Todo ello hace que aún persistan muchas dudas y que no existan estudios definitivos al respecto. Una de las relaciones más estudiadas es la del agua clorada con el cáncer de vejiga urinaria, de colon y del recto. El riesgo se ha calculado epidemiológicamente, y hoy se admite que uno de cada diez cánceres de vejiga de personas fumadoras puede ser atribuido a la cloración de las aguas, mientras que entre los fumadores puede alcanzar hasta la cuarta parte.

Deininger, Ancheta y Ziegler (s. f.) aseguran que la ventaja principal del dióxido de cloro es que mejora el gusto y el olor, y reduce la formación de subproductos orgánicos, como los trihalometanos (THM). Además, el dióxido de cloro resulta efectivo en un amplio rango de valores de pH.

Kalker (2016) menciona que la toxicidad siempre depende de la cantidad y el lugar, así que, si se ingiere una gran cantidad concentrada, puede experimentar irritaciones incluso fuertes, aunque la mayoría de las personas no se expondrán a cantidades suficientemente grandes como para dañar permanentemente su cuerpo. La inhalación masiva sí es tóxica, ya que ocupa el espacio alveolar. El problema se formuló con la siguiente pregunta: ¿Cuál es el efecto del dióxido de cloro en la reducción de *Escherichia Coli*, Coliformes totales y termotolerantes del agua del Manantial Los Berros, Caserío Carahuanga II, ¿Otuzco - 2022?

El presente trabajo de investigación tiene una justificación teórica puesto que existe muy poca información referente a la utilización del dióxido de cloro, esto se agrava más sabiendo que mucho menos información se encuentra en nuestro medio. La generación de conocimientos a través de esta investigación contribuirá con futuros investigadores interesados con el tema a contrastar o refutar este trabajo de acuerdo a los hallazgos de la presente investigación. Además, este trabajo incentivará a otros investigadores interesados en el tema a formularse interrogantes para satisfacer las inquietudes correspondientes mediante futuras investigaciones contribuyendo con la comunidad científica.

Además tiene una justificación social puesto que la afirmación de que la potabilización del agua con hipoclorito de sodio trae problemas a la salud con el tiempo de consumo se hace cada vez más evidente, es por ello que se debe buscar nuevas alternativas como la potabilización del agua para consumo humano que no traiga efectos secundarios debido a

compuestos generados por la sustancia que potabiliza como el que generara el cloro debido al humus presente en al agua, producto según Lluís (2008) procede de la degradación de sustancias vegetales (maderas, tallos, raíces, etc.) como la lignina que en contacto con los derivados del cloro utilizados para la desinfección del agua forman compuestos como trihalometanos, halofenoles, ácidos haloacéticos o dihaloacetoneitrilos, cuyas consecuencias de estos productos sobre la salud pueden ser variadas. Realizar este trabajo ayudará a demostrar que existe otra alternativa de potabilizar el agua que puede ser aprovechada por la comunidad local.

El objetivo general planteado para este trabajo fue determinar el efecto del dióxido de cloro en la reducción de *Escherichia coli*, Coliformes Totales y Termotolerantes del agua del Manantial Los Berros, Caserío Carahuanga II, Otuzco – 2022; y como objetivos específicos:

1. Describir los valores de *Escherichia coli*, Coliformes Totales y Termotolerantes del agua del Manantial Los Berros, Caserío Carahuanga II, Otuzco – 2022 antes y después de la aplicación del dióxido de cloro.
2. Comparar los valores de *Escherichia coli*, Coliformes Totales y Termotolerantes del agua del Manantial Los Berros, Caserío Carahuanga II, Otuzco – 2022 antes y después de la aplicación del dióxido de cloro.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

2.1.2 Internacionales

Hernández (2008) realizó la investigación titulada Dióxido de cloro para el control de *Escherichia coli* O157:H7 en pimiento verde. Quien tuvo como objetivo general determinar el efecto de la concentración, pH y tiempo de contacto del dióxido de cloro en la reducción de *Escherichia coli* O157:H7 inoculada en frutos de pimiento verde y compararla con la reducción del hipoclorito de sodio a distintos tiempos de contacto y pH. Aplicaron la metodología de tratar la superficie del pimiento verde mediante la aspersión con soluciones de hipoclorito de sodio al 200 mg/L y con 2 y 5 mg/L ambos a pH 6 y 8, durante 10, 20 y 30 segundos de contacto; como testigo se aplicó una solución amortiguadora de fosfato. Posterior a la aspersión, la bacteria fue recuperada por el método de esponja y se realizaron diluciones decimales, las cuales se sembraron por extensión en agar UFC y se incubaron por 24 horas para realizar el conteo de la UFC/colonia. El investigador concluye que los tratamientos más efectivos para el lavado del pimiento verde fueron el dióxido de cloro a 5 mg/L a pH 6 y 8 y en 10, 20 o 30 segundos de aspersión del dióxido sobre los frutos del pimiento verde, seguidos por los tratamientos con hipoclorito de sodio 200 mg/L solo a pH 6 en cualquiera de los tres tiempos de aplicación, seguido este por el tratamiento con dióxido de cloro a 2 mg/L durante 30 segundos de aspersión a cualquiera de los pH de tratamiento.

2.1.2 Antecedentes nacionales

Guzmán (2017) en su trabajo de investigación titulado Actividad antimicrobiana in vitro del dióxido de cloro estabilizado en flora mixta de dorso de lengua se planteó como objetivo determinar la actividad antimicrobiana in vitro del dióxido de cloro estabilizado en flora mixta de dorso de lengua, para lo cual empleó el método de Test de Difusión en Agar. La flora mixta del dorso de la lengua fue obtenida de las muestras tomadas a 18 pacientes sanos y mayores de edad atendidos en la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. La solución de dióxido de cloro estabilizado al 5 % es obtenido de la empresa peruana Juandy E.I.R.L y las diluciones usadas fueron al 0,03 %, 0,12 % y al 0,30 %. Los resultados de las diluciones al 0,03 % y al 0, 12% indican una sensibilidad nula (5 mm.) tanto en condiciones de aerobiosis como de anaerobiosis facultativa en el 100 % de los casos; y sensibilidad límite (9-12 mm.) para las diluciones al 0,30 %, en condiciones de aerobiosis es 50 % de los casos y en condiciones de anaerobiosis facultativa es 39% de los

casos. Por lo tanto, el autor concluye, que el dióxido de cloro estabilizado sí presenta una actividad antimicrobiana en flora mixta de dorso de lengua a la concentración de 0,30 %, presentando una sensibilidad límite según Duraffourd.

Pérez (2017). Realizó el trabajo de investigación titulado Efecto desinfectante del dióxido de cloro en la carga microbiana de huacatay (*Tagetes elliptica*) y rocoto (*Capsicum pubescens*) para la elaboración de queso aromatizado dicha investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto del Dióxido de cloro como desinfectante de huacatay y rocoto para la elaboración de queso aromatizado. Para evaluar el efecto desinfectante del dióxido de cloro, se trabajó con dos concentraciones (0.3 y 0.8 mL de Dióxido de cloro/L de agua) y dos tiempos de contacto (5 y 15 minutos); la menor carga microbiana para huacatay y rocoto se obtuvo con la concentración de 0.8 mL de Dióxido de cloro/L de agua, por 15 minutos; cumpliendo con lo requerido según NTS N° 071–MINS/DIGESA-V.01.

2.2 Bases teóricas

Agua

Sustancia líquida inodora, incolora e insípida en estado puro. (RAE, 2014)

Agua de manantial

Agua de origen subterráneo que emerge naturalmente de la superficie de la tierra o se recupera mediante obras realizadas al efecto, con las características naturales de pureza que permiten su consumo, y las que se mantienen intactas por la protección natural del acuífero frente a cualquier riesgo. de la contaminación; Asimismo, deberán cumplir las condiciones previstas en el reglamento. (RAE, 2014)

El tratamiento del agua y su pureza

Desde principios de la década de 1970, se sabe que los compuestos a base de cloro comúnmente utilizados como desinfectantes pueden reaccionar con algunos de los compuestos orgánicos que se encuentran comúnmente en el agua (como las sustancias húmicas). La capacidad de causar mutaciones celulares y se ha demostrado que causa cáncer en animales de laboratorio. La finalidad del tratamiento del agua es obtener agua potable, ya que se trata de agua más pura. Esto puede ser una paradoja, ya que estamos hablando de agua tratada. El tratamiento del agua incluye no solo el uso de cloro, sino que antes de la desinfección se debe pasar por un filtro de carbón activado o arena (o ambos), coagularse con aluminio y luego se le agrega un desinfectante. Evidentemente, el grado de tratamiento del

agua dependerá del estado original en el que se recogió. Si el agua que proviene de un pozo o acuífero es bastante pura, solo necesita agregar cloro y un poco de tratamiento adicional; Pero si se trata de agua superficial proveniente de un río algo contaminado (lo cual es común en todas las ciudades grandes y medianas), entonces los procedimientos de tratamiento son necesariamente más estrictos. A pesar de los tratamientos, algunas sustancias no se pueden eliminar total o parcialmente. Entre ellos se encuentran elementos comunes como el sodio, y otros más nocivos como los nitratos o algunos pesticidas. Son muchas las enfermedades que se pueden transmitir a través del agua potable, y algunas de ellas se pueden transmitir como la giardiasis, la hepatitis A o la salmonelosis (que provoca el tifus y los anteojos); Mientras que otros están relacionados con la composición tóxica del agua (exceso de algunos elementos nocivos como nitratos, nitritos, plomo, sodio, solventes, benceno, pesticidas, etc.) (Lluís, 2008).

Filtración del agua

Los procesos previos de filtración son quizás los más adecuados para realizar exhaustivamente en el agua de bebida, previos a la desinfección. El proceso de filtración se realiza principalmente para reducir los niveles de materias sólidas en suspensión, aunque también pueden filtrar otros productos nocivos, como veremos a continuación. La filtración con arena reduce los niveles de ftalatos, clorobencenos y alquilbencenos; mientras que la filtración con carbón activado reduce los niveles de compuestos hidrocarbonados clorurados, nitrobencenos, aldehidos y alkanos. Posterior a la cloración, el carbón activado reduce los niveles de los peligrosos trihalometanos. Sin embargo, hay que decir que en el tratamiento público de las aguas no suele haber filtros después de la desinfección, ya que éste es el último proceso en el tratamiento del agua. Esto sin embargo tiene interés en el tratamiento casero, ya que muchos purificadores de agua que se venden en los comercios, para uso doméstico, son básicamente filtros de carbón activado o de arena. El problema de los filtros de carbón activado es la regeneración de éste, ya que pasado un tiempo deja de filtrar adecuadamente; sin embargo, su uso nos trae más ventajas que desventajas, ya que mejora la calidad del agua en olor, sabor y calidad biológica (Lluís, 2008).

Potabilización del agua

De acuerdo con el Artículo 60°.- Parámetros microbiológicos y otros organismos del D.S. N° 031-2010-SA, (2011) toda agua destinada para el consumo humano, como se indica en el Anexo I de dicha norma, debe estar exenta de bacterias coliformes totales, termotolerantes y *Escherichia coli*; virus; huevos y larvas de helmintos, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos; organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos y nemátodos en todos sus estadios evolutivos; y para el caso de Bacterias Heterotróficas menos de 500 UFC/ml a 35°C.

De acuerdo a lo mencionado en el párrafo anterior en la presente investigación solo se estudiará el primer numeral: Bacterias coliformes totales, termotolerantes y *Escherichia coli*.

La cloración del agua

La cloración del agua se suele hacer por dos compuestos principales, el cloro y la monocloramina. De estos dos productos el más inocuo es la monocloramina, aunque hay que reconocer que no hay grandes diferencias entre ambos. El agua contiene habitualmente ácidos húmicos y ácidos fúlvicos, habiéndose identificado su presencia tanto en el agua superficial como en la profunda. Los ácidos húmicos (cuyo nombre deriva de humus), son el producto de la degradación de sustancias vegetales (maderas, tallos, raíces, etc.) como la lignina. En contacto con los derivados del cloro utilizados para la desinfección del agua se forman compuestos como trihalometanos, halofenoles, ácidos haloacéticos o dihaloacetoneitrilos. Entre los trihalometanos tenemos compuestos como el cloroformo, bromoformo, bromo y dibromoclorometano, cloro, dicloro y triclorofenoles, etc. Las consecuencias de estos productos sobre la salud pueden ser variadas. Muchos de estos productos tienen una gran afinidad para unirse con las grasas del cuerpo, son lipofílicas (de lipo = grasa y filio = amar, querer). Se ha estudiado en primer lugar si las sustancias del agua potabilizada pueden tener efectos mutagénicos, esto es, si son capaces de producir mutaciones, de alterar la estructura genética del núcleo celular. Los estudios a este respecto son poco significativos. En uno de ellos realizado por el Dr. Carlton y sus colaboradores, se observó que las ratas alimentadas con agua clorada no presentaban alteraciones detectables en su comportamiento reproductivo, en la fertilidad o en la aparición de malformaciones congénitas. Sin embargo, la cloración del agua de bebida se ha demostrado capaz, en estudios de laboratorio, de producir mutaciones en células bacterianas, de roedores y humanas. El problema surge cuando en la práctica diaria

nos encontramos que la exposición a estos productos es a dosis muy bajas, pero durante períodos de tiempo muy prolongados. Todo ello hace que aún persistan muchas dudas y que no existan estudios definitivos al respecto. Una de las relaciones más estudiadas es la del agua clorada con el cáncer de vejiga urinaria, de colon y del recto. El riesgo se ha calculado epidemiológicamente y hoy se admite que uno de cada diez cánceres de vejiga de personas fumadoras puede ser atribuido a la cloración de las aguas, mientras que entre los no fumadores puede alcanzar hasta la cuarta parte. Esto es debido a que, sin lugar a ninguna duda, es un factor de mucho más riesgo el tabaco que la toma de agua clorada. Un segundo efecto adverso sobre la salud de las aguas cloradas fue estudiado por los Doctores Wones y Glueck, quienes hallaron que el agua tratada puede elevar los niveles de colesterol en animales de experimentación. Esta elevación, sin embargo, era discreta pero estadísticamente detectable (Lluís, 2008).

Para Chulluncuy (2011) la desinfección del agua es el último proceso de tratamiento del agua, que consiste en la destrucción selectiva de los organismos potencialmente infecciosos. Lo que significa que no todos los organismos patógenos son eliminados en este proceso, por lo que requieren procesos previos como la coagulación, sedimentación y filtración para su eliminación. Los factores que influyen en la desinfección son:

- Los microorganismos presentes y su comportamiento.
- La naturaleza y concentración del agente desinfectante.
- La temperatura del agua.
- La naturaleza y calidad del agua.
- El pH del agua.
- El tiempo de contacto.

La efectividad de la desinfección se mide por el porcentaje de organismos muertos dentro de un tiempo, una temperatura y un pH prefijados. La resistencia de estos microorganismos varía, siendo las esporas bacterianas las más resistentes, le siguen en resistencia los quistes de protozoarios, virus entéricos y por último las bacterias vegetativas (coliformes). La presencia de sólidos reduce la eficacia de la desinfección debido a que los organismos asociados a estos sólidos pueden estar protegidos de la acción del agente desinfectante físico o químico. Los agentes químicos más importantes son el cloro, el bromo, el yodo, el ozono, el permanganato de potasio, el agua oxigenada y los iones metálicos. Los agentes físicos más usados son los sistemas de coagulación-floculación, sedimentación, filtración, el calor, la luz y los rayos

ultravioleta. El cloro es el agente desinfectante más importante; puede utilizarse en forma de gas, de líquido o de sal (hipoclorito de sodio). Es de fácil aplicación, manejo sencillo y bajo costo. En dosis adecuadas no produce riesgos para el hombre ni para los animales. Su efecto residual protege al agua de contaminarse en las redes de distribución. Es importante tomar precauciones en el uso del cloro, debido a la formación de trihalometanos, los cuales son considerados potencialmente peligrosos. La Agencia para la Protección del Ambiente de Estados Unidos ha fijado un límite máximo permisible de 0,08 mg/l para los trihalometanos en el agua para consumo humano (Chulluncuy, 2011).

El tratamiento con ozono

El tratamiento desinfectante del agua con ozono parece más adecuado que el tratamiento con cloro, aunque también es un proceso más caro y puede producir alguna sustancia con efectos secundarios indeseables. Muchas de estas sustancias son similares a las que hemos citado para el tratamiento con cloro, especialmente cloroformo, tetracloroetileno y hexaclorodifenilos. Las sustancias con anillos de tipo aromático pueden degradarse, rompiendo este anillo y formando otras sustancias como ácidos ftálico, glioxílico y oxálico, y benzaldehidos. A diferencia de los compuestos clorados, los ácidos húmicos y fúlvicos no suelen degradarse con el ozono, pero se produce una oxidación de ellos. Aun así, el tratamiento con ozono es el que menos residuos orgánicos deja en el agua. Se han de hacer más estudios para evaluar qué pasa con las sustancias orgánicas presentes; ya que se postula que se degradan por oxidación (recordemos que a diferencia del oxígeno molecular $-O_2-$, el ozono está compuesto por tres átomos de oxígeno $-O_3-$). El resto de sustancias no orgánicas en su mayoría se presentan en concentraciones más reducidas que con la cloración, a excepción de unas, denominadas alquilaldehidos. Cuando un agua previamente clorada se trata con el ozono posteriormente, presenta una mayor formación de subproductos no deseables que si el agua está sin clorar previamente. Al igual que con el cloro, el agua debería ser tratada con sustancias orgánicas o inorgánicas después de la ozonización, y no antes; aunque esto crea problemas porque se reduce su capacidad de desinfección. Esto, sin embargo, es importante ya que existen pequeños aparatos caseros de «ozonización» del agua que en principio no deberían ser utilizados sobre el agua previamente clorada, sino tan sólo para desinfectar un agua de origen natural, no tratada, de la que tengamos dudas sobre su calidad microbiológica (Lluís, 2008).

Tabla 1 Límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos y parasitológicos

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Bacterias Coliformes Totales.	UFC/100 mL a 35°C	0 (*)
2. <i>E. coli</i>	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

Nota. UFC = Unidad formadora de colonias. (*) En caso de analizar por la técnica del NMP por tubos múltiples = < 1,8 /100 ml. Extraído del D.S. N° 031-2010-SA, 2011

Bacterias indicadoras de contaminación fecal

El control de la calidad microbiológica del agua de consumo y de vertido, requiere de análisis dirigidos a determinar la presencia de microorganismos patógenos. La alternativa para realizar un control fiable, económico y rápido de la calidad microbiológica del agua es el uso de indicadores de contaminación fecal. Entre los indicadores de contaminación fecal más utilizados se encuentran los coliformes totales y termotolerantes, *Escherichia coli* y enterococos. Las bacterias indicadoras permiten realizar la clasificación sanitaria de las aguas para diferentes usos, la determinación de criterios para las normas de calidad, la identificación de contaminantes, el control de procesos de tratamiento de agua y estudios epidemiológicos, etc. (Larrea et-al, 2012).

Coliformes totales

Los coliformes totales se definen como bacterias Gram negativas en forma bacilar que fermentan la lactosa a temperatura de 35 a 37 ° C y producen ácido y gas (CO₂) en 24 h, aerobias o anaerobias facultativas, son oxidasa negativa, no forman esporas y presentan actividad enzimática β-galactosidasa. Entre ellas se encuentran *Escherichia coli*, *Citrobacter*, *Enterobacter* y *Klebsiella*. La prueba más relevante utilizada para la determinación de coliformes, es la hidrólisis de la lactosa. El rompimiento de este disacárido es catalizado por la enzima β-D-galactosidasa. Para la determinación de la β-Dgalactosidasa se utilizan medios cromogénicos tales como el Agar Chromocult para coliformes. Actualmente, no se recomienda para la evaluación de la calidad de las aguas debido a que muchos de sus

miembros pueden encontrarse de forma natural en aguas, suelos o vegetación (Larrea et-al, 2012).

Coliformes termotolerantes

Los coliformes termotolerantes (CTE), denominados así porque soportan temperaturas hasta de 45 ° C, comprenden un número muy reducido de microorganismos, los cuales son indicadores de calidad por su origen. En su mayoría están representados por *E. coli*, pero se pueden encontrar de forma menos frecuente las especies *Citrobacter freundii* y *Klebsiella pneumoniae*. Estas últimas forman parte de los coliformes termotolerantes, pero su origen normalmente es ambiental (fuentes de agua, vegetación y suelos) y solo ocasionalmente forman parte del microbiota normal. Por esto algunos autores plantean que el término de coliformes fecales, comúnmente utilizado, debe ser sustituido por coliformes termotolerantes. Los coliformes termotolerantes integran el grupo de los coliformes totales, pero se diferencian de estos últimos, en que son indol positivo, su intervalo de temperatura óptima de crecimiento es muy amplio (hasta 45 ° C) y son mejores indicadores de higiene en alimentos y agua. La presencia de estos microorganismos indica la existencia de contaminación fecal de origen humano o animal, ya que las heces contienen coliformes termotolerantes que están presentes en el microbiota intestinal, siendo *E. coli* la más representativa, con un 90-100 % (Larrea et-al, 2012).

Escherichia coli

Escherichia coli es miembro de la familia Enterobacteriaceae. Es una bacteria Gram negativa, anaerobia facultativa que forma parte del microbiota normal del intestino del ser humano y los animales homeotermos, siendo la más abundante de las bacterias anaerobias facultativas intestinales. Se excreta diariamente con las heces (entre 10⁸-10⁹ Unidades Formadoras de Colonias (UFC).g⁻¹ de heces) y por sus características, es uno de los indicadores de contaminación fecal más utilizados últimamente. Carrillo y Lozano señalan que es la única especie dentro de las enterobacterias que posee la enzima β-Dglucuronidasa (GUD), que degrada el sustrato 4-metilumbeliferil-β-D-glucurónico (MUG), formando 4-metilumbeliferona. Por otra parte, Carrillo y Lozano refieren que son bacilos capaces de producir indol a partir de triptófano, en 21 ± 3h a 44 ± 0.5 ° C. Poseen la enzima β-D-galactosidasa (GAL), que reacciona positivamente en el ensayo del rojo de metilo y pueden

descarboxilar el ácido L-glutámico, pero no son capaces de utilizar citrato como única fuente de carbono o de crecer en un caldo con cianuro de potasio (Larrea et-al, 2012).

Dióxido de cloro

Según el NEW JERSEY DEPARTMENT OF HEALTH AND SENIOR SERVICES (2005) el Dióxido de cloro es un gas de color amarillo a rojo con un irritante olor a cloro que se usa para decolorar la pulpa de la madera, textiles y aceites, en el procesamiento de la harina y en la purificación del agua.

El dióxido de cloro (ClO_2) es un gas de color amarillento-rojizo que se descompone rápidamente en el aire y es soluble en el agua. Al entrar al contacto con el aire, la luz solar rompe las moléculas de dióxido de cloro formando cloro gaseoso y oxígeno. Por otro lado, al entrar en contacto con el agua, durante la oxidación de la materia orgánica, el dióxido de cloro se reduce al ion clorito. A estos iones de clorito también se les conoce coloquialmente como “clorito” los cuales, de manera similar al dióxido de cloro, son sustancias muy reactivas. Su alta reactividad permite la eliminación de bacterias y otros microorganismos que puedan encontrarse en el agua. Es por ello, por lo que el dióxido cloro se utiliza dentro del proceso de potabilización del agua (donde el clorito y el clorato suelen ser productos secundarios de desinfección más comunes de la reacción del dióxido de cloro con compuestos orgánicos disueltos en el agua). Adicionalmente, el dióxido de cloro también es utilizado como blanqueador en fábricas de papel y se ha utilizado como agente descontaminante de superficies en zonas públicas. (EsSalud, 2020)

Propiedades del dióxido de cloro

El dióxido de cloro es un gas de color verde amarillento con un peso molecular de 67,46. Es estable y sumamente soluble en soluciones acuosas de hasta 20 g/l. Además de sus propiedades biocidas, el dióxido de cloro mejora la calidad del agua potable, es decir, neutraliza olores, remueve el color y oxida al hierro y al manganeso. Una de las propiedades más interesantes del dióxido de cloro es su eficacia biocida en un amplio rango de pH (3 a 9). El dióxido de cloro es sensible a la luz ultravioleta (Junli y otros, 1997) y su capacidad de oxidación se incrementa con la acidez (Deiningner et al, s. f.).

Uso del dióxido de cloro en el tratamiento del agua

Según Aieta y Berg, (1986) el dióxido de cloro es muy útil para el tratamiento del agua potable. Mientras los desinfectantes de cloro reaccionan con diversas sustancias mediante la oxidación y sustitución electrofílica, el dióxido de cloro sólo reacciona mediante la oxidación (Deininger et al, s. f.).

Anderson y otros, (1982) citado por Deininger et al (s. f.) asegura que, como resultado de ello, el uso de dióxido de cloro puede disminuir la formación de THM en el agua tratada. Cuando se producen niveles más altos de THM en las aguas tratadas con dióxido de cloro, esto a menudo se debe a problemas en los generadores de dióxido de cloro, generalmente un exceso en el suministro de cloro.

Anderson y otros, (1982) citado por Deininger et al (s. f.) afirman que con el tiempo se produce cloroformo en los sistemas de distribución, donde el agua puede permanecer muchos días. El dióxido de cloro produce subproductos en forma de cloritos y cloratos. Los cloritos y cloratos oxidan la hemoglobina y el clorito es un agente hemolítico

Para Haberer (1994) citado por Deininger et al (s. f.) el máximo nivel propuesto de contaminante (MNPC) en los Estados Unidos para el clorito es 1,0 mg/l, mientras que el ion clorato no está reglamentado actualmente. Los datos de las plantas de tratamiento de agua de Alemania indican que la concentración promedio de clorito está por debajo de 200 mg/l en Alemania.

Acción microbicida

Para Finch y otros (1997) citado por Deininger et al (s. f.) el dióxido de cloro es un desinfectante más potente que el cloro y la cloramina. El ozono tiene mayores efectos microbicidas, pero una capacidad de desinfección residual limitada. La investigación reciente en los Estados Unidos y Canadá demuestra que el dióxido de cloro destruye enterovirus, *E. coli* y amebas y es efectivo contra los quistes de *Cryptosporidium*.

Para Junli y otros, (1997b) citado por Deininger et al (s. f.) el dióxido de cloro existe en el agua como ClO_2 (poca o ninguna disociación) y, por lo tanto, puede pasar a través de las membranas celulares de las bacterias y destruirlas.

Junli y otros (1997a) mencionan que el efecto que tiene sobre los virus incluye su adsorción y penetración en la capa proteica de la cápside viral y su reacción con el RNA del virus. Como resultado, se daña la capacidad genética del virus (Deininger et al, s. f.)

Según Deininger et al, (s. f.) en comparación con el cloro, el dióxido de cloro puede ser más efectivo como desinfectante debido a que en el agua existe cloro en forma de HOCl u OCl⁻ y, en consecuencia, las paredes de las células bacterianas se cargan negativamente y repelen estos compuestos, lo que genera una menor penetración y absorción del desinfectante a través de las membranas.

2.3 Discusión teórica

De acuerdo con los métodos de potabilizar el agua cuyos principales son La cloración del agua, El tratamiento con ozono, La fluoración del agua, el filtrado del agua, entre otros, presentan al menos una dificultad, si no es un efecto de riesgo para la salud, entonces puede ser económico u otro. Entre los métodos descritos de acuerdo con los riesgos que presentan y/o inconvenientes, la desinfección del agua aplicando el dióxido de cloro podría ser un método mucho más eficaz ya que no representaría riesgos a la salud puesto que a diferencia con el cloro el dióxido de cloro no deja residuos producto de su reacción con la materia orgánica productos que pueden afectar a la salud. Si lo comparamos con el tratamiento desinfectante del agua con ozono parece más adecuado que el tratamiento con cloro, aunque también es un proceso más caro y puede producir alguna sustancia con efectos secundarios indeseables. A diferencia de los compuestos clorados, los ácidos húmicos y fúlvicos no suelen degradarse con el ozono, pero se produce una oxidación de ellos. Aun así, el tratamiento con ozono es el que menos residuos orgánicos deja en el agua.

En tal sentido se abre una alterativa, que es la utilización del dióxido de cloro una desinfectante del agua de red como lo vienen haciendo muchos otros países sin problema alguno. Cosa que no se da en nuestro país, ni siquiera se ha propuesto para su uso como reemplazo del cloro, el que venimos consumiendo ya muchos años atrás.

2.4 Definición de términos

- 1. Agua cruda:** Es aquella agua, en estado natural, captada para abastecimiento que no ha sido sometido a procesos de tratamiento (D.S. N° 031-2010-SA, 2011)

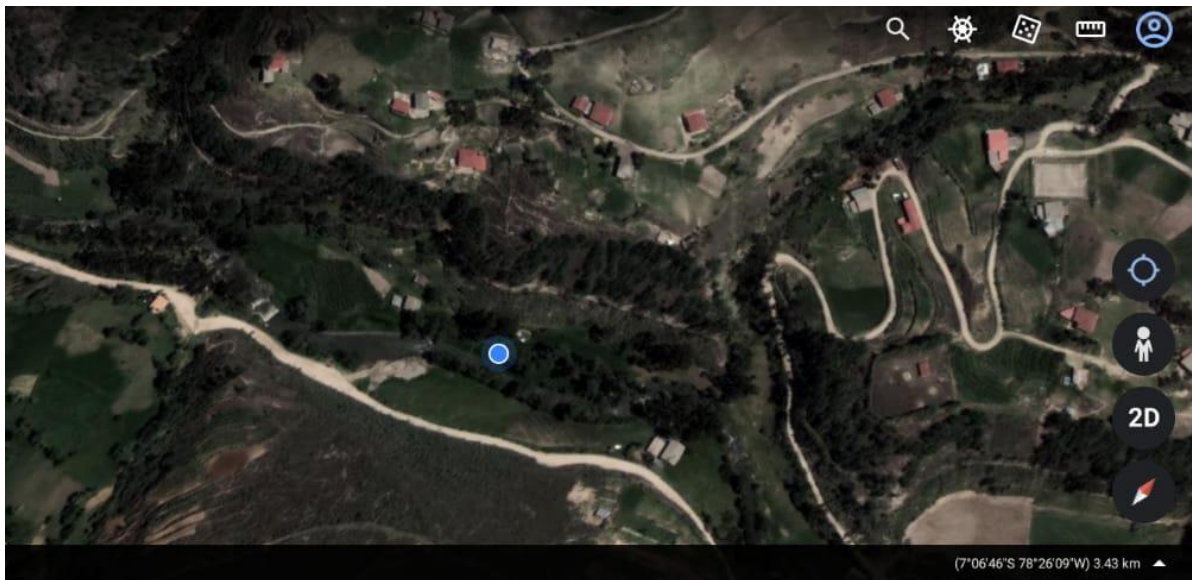
2. **Agua tratada:** Toda agua sometida a procesos físicos, químicos y/o biológicos para convertirla en un producto inocuo para el consumo humano (D.S. N° 031-2010-SA, 2011)
3. **Agua de consumo humano:** Agua apta para consumo humano y para todo uso doméstico habitual, incluida la higiene personal (D.S. N° 031-2010-SA, 2011)
4. **Consumidor:** Persona que hace uso del agua suministrada por el proveedor para su consumo (D.S. N° 031-2010-SA, 2011)
5. **Cloro:** Elemento químico gaseoso, de número atómico 17, de color verde amarillento y olor sofocante, muy venenoso, usado, entre otros; como desinfectante de aguas. (Símbolo Cl).
6. **Cloro residual libre:** Cantidad de cloro presente en el agua en forma de ácido hipocloroso e hipoclorito que debe quedar en el agua de consumo humano para proteger de posible contaminación microbiológica, posterior a la cloración como parte del tratamiento (D.S. N° 031-2010-SA, 2011)
7. **Dióxido:** Óxido cuya molécula contiene dos átomos de oxígeno.
8. **Dióxido de cloro:** es un gas de color amarillo a rojo con un irritante olor a cloro. Se usa para decolorar la pulpa de la madera, textiles y aceites, en el procesamiento de la harina y en la purificación del agua. (NEW JERSEY DEPARTMENT OF HEALTH AND SENIOR SERVICES, 2005)
9. **Gestión de la calidad de agua de consumo humano:** Conjunto de acciones técnico administrativas u operativas que tienen la finalidad de lograr que la calidad del agua para consumo de la población cumpla con los límites máximos permisibles establecidos en el presente reglamento (D.S. N° 031-2010-SA, 2011)
10. **Inocuidad:** Que no hace daño a la salud humana (D.S. N° 031-2010-SA, 2011)
11. **Límite máximo permisible:** Son los valores máximos admisibles de los parámetros representativos de la calidad del agua (D.S. N° 031-2010-SA, 2011)
12. **Monitoreo:** Seguimiento y verificación de parámetros físicos, químicos, microbiológicos u otros señalados en el presente Reglamento, y de factores de riesgo en los sistemas de abastecimiento del agua (D.S. N° 031-2010-SA, 2011)
13. **NMP/100 ml:** Número más probable por cada 100 mililitros de agua.
14. **Parámetros microbiológicos:** Son los microorganismos indicadores de contaminación y/o microorganismos patógenos para el ser humano analizados en el agua de consumo humano (D.S. N° 031-2010-SA, 2011)

15. UFC/cc: Unidades formadoras de colonia por centímetro cubico de agua.

2.5 Ubicación de la zona de estudio

El estudio se realizó con agua extraída del manantial los berros, caserío carahuanga II, Otuzco.

Ilustración 1: *Ubicación de la toma de muestra*



Nota. Ubicación del Manantial Los Berros, Caserío Carahuanga II, Otuzco. Extraído de Google Earth

2.4 Hipótesis

El efecto del dióxido de cloro en la reducción de *Escherichia coli*, Coliformes Totales y Termotolerantes del agua del Manantial Los Berros, Caserío Carahuanga II, Otuzco – 2022 es significativo eliminándolos a dichos microorganismos del medio.

2.5 Operacionalización de variables

Tabla 2 Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN	DIMENSIONES	INDICADOR	INSTRUMENTOS
Variable independiente: 1. Dióxido de cloro	Gas de color amarillo a rojo con un irritante olor a cloro. Se usa entre otros en la purificación del agua. (NEW JERSEY DEPARTMENT OF HEALTH AND SENIOR SERVICES, 2005)	Concentración	1. Con Aplicación 2. Sin aplicación	Ficha de registro de uso.
Variable dependiente: 1. <i>Escherichia coli</i> , 2. Coliformes Totales 3. Termotolerantes	Microorganismos que según el D.S. N° 031-2010-SA, 2011 la cantidad en UFC/100 mL a 44.5, 35 y 44.5 °C respectivamente, presentes en agua apta para el consumo humano deben ser 0. O si es medido en NMP por tubos múltiples deben ser $\leq 1,8 /100$ ml	Cantidad	UFC/cc (NMP/100 mL)	Microscopio de laboratorio

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

3.1 Unidad de Análisis, Universo y Muestra

La unidad de análisis

La unidad que se analizó en este trabajo de investigación fue el agua de un manantial de Otuzco extraída respetando los protocolos de muestreo.

Universo

El universo de la presente investigación está conformado por el agua de uno de los manantiales de la localidad de Otuzco. Cabe resaltar que en dicho manantial sale agua en toda época del año.

Muestra

Se coordinó con el laboratorio del agua del gobierno regional quienes nos proporcionaron los envases para tomar las muestras que fueron de medio litro para la muestra testigo y 1.5 litros para la muestra con tratamiento.

3.2 Métodos de investigación

El tipo de investigación es cuantitativo por analizar datos numéricos estadísticamente. El nivel de investigación explicativo, puesto que explica como el dióxido de cloro influye sobre los *Escherichia coli*, Coliformes Totales y Termotolerantes del agua del Manantial Los Berros, Caserío Carahuanga II.

El diseño empleado para este estudio es el cuasi experimental puesto que se tiene intervención sobre la variable independiente y tuvo solo control externo, longitudinal por que se midieron las muestras en dos momentos. Prospectivo por que se obtuvieron los datos después que se dio inicio a la investigación. Analítico puesto que se analizaron los datos obtenidos mediante el uso de la estadística para explicar cómo afecta el uso del dióxido de cloro en la desinfección del agua de manantial. Con valides externa puesto que los resultados se pueden replicar en diferentes contextos además de este en el que se llevó a cabo la investigación.

Procedimiento:

Para evaluar los efectos del dióxido de cloro en el agua se siguió el siguiente procedimiento:

1. Se Obtuvo dióxido de cloro al 3000 ppm (0.3 %) de concentración, elaborado utilizando clorito sódico al 80 % y ácido cítrico al 50 %. Con estos insumos se hizo reaccionar para formar un gas amarillento que se diluyó en el agua que circundaba la reacción hasta la concentración de 3000 ppm (0.3 %) o 3g/L la misma que formó un líquido amarillo brillante intenso.
2. A cada una de las muestras obtenidas de medio litro se le agregó 0.5 cc de dióxido de cloro al 0.3 %, lo que es lo mismo decir que a un litro de agua se le agregó 1 cc de dióxido de cloro al 0.3 %, en otras palabras, se le agregó 0.003g de dióxido de cloro puro a un litro de agua (3mg/L) el que se diluyó formando una solución al 0.0003 % (3 mg/L). Esta solución fue la que se analizó para averiguar la concentración de micro organismos correspondientes.

Cabe destacar que el método de ensayo para la determinación de Coliformes Totales fue SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A, B, C. 23rd Ed. 2017: Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique. Para Coliformes Termotolerantes se empleó el método SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A, B, C, E. 23rd Ed. 2017: Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure. Para la determinación del *Echerischia coli* se empleo el método SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A, B, C, E, G2. 23rd Ed. 2017: Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Other *Escherichia coli* Procedures.

3.3 Técnicas de investigación

La técnica utilizada en el presente estudio es la observación puesto que a través de esta se llevaron a cabo las mediciones correspondientes en cada muestra en el laboratorio regional del agua con los instrumentos con el que cuenta.

3.4 Instrumentos

El instrumento utilizado en la medición de las muestras fueron los microscopios con los que cuenta el laboratorio regional del agua, esta información se nos la entregó en los documentos correspondientes con el que se llevó a cabo la presente investigación.

3.5 Técnicas de Análisis de Datos (estadísticas)

Para la contrastación de la hipótesis se aplicó primero la media y su error estándar como prueba estadística para la descripción de la variable antes y después del tratamiento, se hizo uso además de la prueba estadística t de Student para muestras independientes para poder identificar las diferencias que existen entre los resultados de las muestras tratadas y el grupo control.

3.6 Aspectos éticos de la investigación

Para el presente trabajo se previó que toda información sea verídica y real y, para dar fe se considerarán en los anexos las evidencias con las que se tiene en la realización del presente trabajo de investigación.

CAPÍTULO IV. RESULTADO y DISCUSIÓN

4.1 Resultados

4.1.1 Descripción de los valores de *Escherichia coli*, Coliformes Totales y Termotolerantes del agua del manantial del caserío Carahuanga, Otuzco – 2022 antes y después de la aplicación del dióxido de cloro.

En este apartado se hace una caracterización de los valores de *Escherichia coli*, Coliformes Totales y Termotolerantes del agua del manantial del caserío Carahuanga, Otuzco antes y después, la misma que se puede observar en la tabla 3.

Tabla 3 Resultados obtenidos del Laboratorio Regional del Agua

Parámetro	Unidad	Sin tratamiento	Con tratamiento	Con tratamiento	Con tratamiento	LCM
Coliformes Totales	NMP/ 100mL	46	<1.8	<1.8	<1.8	1.8
Coliformes Termotolerantes	NMP/ 100mL	6.8	<1.8	<1.8	<1.8	1.8
<i>Escherichia coli</i>	NMP/ 100mL	4.5	<1.8	<1.8	<1.8	1.8

Los resultados muestran que el agua sin tratamiento tiene para Coliformes Totales en promedio 46 como NMP/100 ml, para Coliformes Termotolerantes, 6.8 como NMP/100 ml y para *Escherichia coli* 4.5 como NMP/100 ml en promedio. Se observa además que para las tres repeticiones y para cada parámetro tiene menos de 1.8 como NMP/100 ml lo que significa que el resultado es equivalente a cero, pues no se aprecian estructuras biológicas en la muestra, según el laboratorio de ensayo acreditado por el organismo peruano de acreditación INACAL-DA con registro N° LE-084 (Laboratorio Regional del Agua del Gobierno Regional de Cajamarca) lugar donde se hicieron los análisis.

Tabla 4 Estadísticos descriptivos para determinar presencia o no de Coliformes Totales después del tratamiento.

		Media NMP/100 ml	N	Desviación estándar	Media de error estándar
Par 1	ANTES	46.0	3	2.0	1.15470
	DESPUES	0.0	3	0.0	0.0

Tabla 5 Estadísticos descriptivos para determinar presencia o no de Coliformes Termotolerantes después del tratamiento.

		Media NMP/100 ml	N	Desviación estándar	Media de error estándar
Par 1	ANTES	6.8	3	0.2	0.11547
	DESPUES	0.0	3	0.0	0.0

Tabla 6 Estadísticos descriptivos para determinar presencia o no de *Escherichia coli* después del tratamiento.

		Media NMP/100 ml	N	Desviación estándar	Media de error estándar
Par 1	ANTES	4.5	3	1.5	0.86603
	DESPUES	0.0	3	0.0	0.0

En las tablas 4, 5 y 6 se observa como disminuye los valores tanto para Coliformes Totales, Coliformes Termotolerantes y *Escherichia coli* de un número determinado como Media del NMP/100 ml, considerando que los valores <1.8 equivalen a 0.

4.1.2 Comparación de los valores de Coliformes Totales, Coliformes Termotolerantes y *Escherichia coli* del agua del Manantial Los Berros, Caserío Carahuanga II, Otuzco – 2022 antes y después de la aplicación del dióxido de cloro.

Para realizar las comparaciones de la cantidad de microorganismos antes y después del tratamiento del agua del Manantial Los Berros, Caserío Carahuanga II con el dióxido de cloro se verificó la normalidad de los datos:

Tabla 7 Prueba de normalidad para las muestras

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
ANTES_C_TOTALES	0.314	3		0.893	3	0.363
DESPUES_C_TOTALES		3			3	
ANTES_C_TERMOTOLERANTES	0.314	3		0.893	3	0.363
DESPUES_C_TERMOTOLERANTES		3			3	
ANTES_E_COLI	0.223	3		0.985	3	0.765
DESPUES_E_COLI		3			3	

Según la tabla 7 y considerando la prueba de Shapiro Wilk por corresponder, se puede observar que los datos antes de la aplicación del tratamiento son normales, sin embargo, los datos después no aparecen, esto es porque los datos después, de las tres repeticiones por cada variable tienen valor 0, por lo tanto, para realizar las comparaciones antes y después se aplicó una prueba paramétrica, específicamente la prueba estadística t de Student para muestras relacionadas.

Posterior a la verificación de la normalidad de los datos se plantearon las siguientes hipótesis:

H₀: Los valores de Coliformes Totales después del tratamiento con dióxido de cloro son iguales a los valores antes del referido tratamiento.

H₁: Los valores de Coliformes Totales después del tratamiento con dióxido de cloro son menores a los valores antes del referido tratamiento.

Tabla 8 Comparación de los valores de Coliformes Totales antes y después del tratamiento con dióxido de cloro.

		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (unilateral)
		Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Coliformes Totales	ANTES - DESPUES	46.0	2.0	1.15470	41.03172	50.96828	39.837	2	0.000

De acuerdo a la significancia unilateral = 0.000 que se muestra en la tabla 8 se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna que menciona que los valores de Coliformes Totales después del tratamiento con dióxido de cloro son menores a los valores antes del referido tratamiento. Por lo que se puede afirmar que el tratamiento del agua con dióxido de cloro para su desinfección de Coliformes Totales es significativo.

Del mismo modo para realizar las comparaciones de la cantidad de Coliformes Termotolerantes antes y después del tratamiento del agua del Manantial Los Berros, Caserío Carahuanga II con el dióxido de cloro se plantearon las siguientes hipótesis:

H₀: Los valores de Coliformes Termotolerantes después del tratamiento con dióxido de cloro son iguales a los valores antes del referido tratamiento.

H₁: Los valores de Coliformes Termotolerantes después del tratamiento con dióxido de cloro son menores a los valores antes del referido tratamiento.

Tabla 9 Comparación de los valores de Coliformes Termotolerantes antes y después del tratamiento con dióxido de cloro.

		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (unilateral)
		Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Coliformes Termotolerantes	ANTES - DESPUES	6.8	0.2	0.11547	6.30317	7.29683	58.890	2	0.000

De acuerdo a la significancia unilateral = 0.000 que se muestra en la tabla 9 se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna que menciona que los valores de Coliformes Termotolerantes después del tratamiento con dióxido de cloro son menores a los valores antes del referido tratamiento. Por lo que se puede afirmar que el tratamiento del agua con dióxido de cloro para su desinfección de Coliformes Termotolerantes es significativo.

Finalmente, para realizar las comparaciones de la cantidad de *Escherichia coli* antes y

después del tratamiento del agua del Manantial Los Berros, Caserío Carahuanga II con el dióxido de cloro se plantearon las siguientes hipótesis:

H0: Los valores de *Escherichia coli* después del tratamiento con dióxido de cloro son iguales a los valores antes del referido tratamiento.

H1: Los valores de *Escherichia coli* después del tratamiento con dióxido de cloro son menores a los valores antes del referido tratamiento.

Tabla 10 Comparación de los valores de *Escherichia coli* antes y después del tratamiento con dióxido de cloro.

	Diferencias emparejadas				t	gl	Sig. (unilateral)
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia Inferior Superior			
Escherichia Coli ANTES - DESPUES	4.5	1.5	0.86603	0.77379 8.22621	5.196	2	0.018

De acuerdo a la significancia unilateral = 0.000 que se muestra en la tabla 10 se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna que menciona que los valores de *Escherichia coli* después del tratamiento con dióxido de cloro son menores a los valores antes del referido tratamiento. Por lo que se puede afirmar que el tratamiento del agua con dióxido de cloro para su desinfección de *Escherichia Coli* es significativo.

4.2 Discusión

Los resultados encontrados en la presente investigación se apoyan en la investigación realizada por Hernández (2008) con uno de los objetivos de determinar el efecto de la concentración del dióxido de cloro en la reducción de *Escherichia coli* O157:H7 inoculada en frutos de pimiento verde y comparándolo con la reducción que causa el hipoclorito de sodio el investigador llegó a la conclusión que los tratamientos más efectivos para el lavado del pimiento verde fueron el dióxido de cloro a 5 mg/L a pH 6 y 8 y en 10, 20 o 30 segundos de aspersión del dióxido sobre los frutos del pimiento verde, seguidos por los tratamientos con hipoclorito de sodio 200 mg/L solo a pH 6 en cualquiera de los tres tiempos de aplicación, seguido este por el tratamiento con dióxido de cloro a 2 mg/L durante 30 segundos de aspersión a cualquiera de los pH de tratamiento.

Al igual que Guzmán (2017) quien llegó a la conclusión que el dióxido de cloro estabilizado sí presenta una actividad antimicrobiana en flora mixta de dorso de lengua a la concentración de 0,30 %, presentando una sensibilidad límite según Duraffourd, la presente investigación corrobora dicha afirmación.

Si bien es cierto que Pérez (2017) quien tuvo como objetivo evaluar el efecto del Dióxido de cloro como desinfectante de huacatay y rocoto para la elaboración de queso aromatizado encontrando que la menor carga microbiana para huacatay y rocoto se obtuvo con la concentración de 0.8 mL de Dióxido de cloro/L de agua, (lo que equivale a una concentración de dióxido de cloro de 800 mg/L) por 15 minutos; cumpliendo con lo requerido según NTS N° 071-MINSA/DIGESA-V.01 tiene una alta concentración de dióxido verifica que de alguna manera dicho compuesto es efectivo en el tratamiento como desinfectante.

CAPITULO V. CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

El agua sin tratamiento tiene para Coliformes Totales en promedio 46 como NMP/100 ml, para Coliformes Termotolerantes, 6.8 como NMP/100 ml y para *Escherichia coli* 4.5 como NMP/100 ml en promedio y para las tres repeticiones y para cada parámetro tiene menos de 1.8 como NMP/100 ml lo que significa que el resultado es equivalente a cero, pues no se aprecian estructuras biológicas en la muestra, según el laboratorio de ensayo acreditado por el organismo peruano de acreditación INACAL-DA con registro N° LE-084 (Laboratorio Regional del Agua del Gobierno Regional de Cajamarca) lugar donde se hicieron los análisis.

Los valores de Coliformes Totales, Coliformes Termotolerantes y *Escherichia coli* después del tratamiento con dióxido de cloro son significativamente menores a los valores antes del referido tratamiento.

El efecto que causa el tratamiento del agua con dióxido de cloro en la reducción de *Escherichia coli*, Coliformes Totales y Termotolerantes del agua del Manantial Los Berros, Caserío Carahuanga II, Otuzco es significativo.

5.2 Recomendaciones

A otros investigadores, realizar investigaciones para determinar la concentración mínima de dióxido de cloro para el tratamiento del agua con esta sustancia.

A otros investigadores, realizar investigaciones para determinar las condiciones en las que actúa el dióxido de cloro en forma óptima.

A las autoridades municipales, regionales y nacionales responsables de la administración del agua aplicar el tratamiento del agua con dióxido de cloro a fin de evitar los posibles daños derivados del hipoclorito de sodio utilizados actualmente en la potabilización del agua de red.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Chulluncuy, N. (2011). Tratamiento de agua para consumo humano. Universidad Ingeniería Industrial. Nacional Mayor de San Marcos.
<https://www.redalyc.org/pdf/3374/337428495008.pdf>
- Deininger, Ancheta y Ziegler (s. f.). DIÓXIDO DE CLORO. Escuela de Salud Pública The University of Michigan. Ann Arbor, Michigan, EUA
- D.S. N° 031-2010-SA (2011). Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano.
http://www.digesa.minsa.gob.pe/publicaciones/descargas/Reglamento_Calidad_Agua.pdf
- EsSalud (2020) Uso de dióxido de cloro para el tratamiento de pacientes con diagnóstico de Covid-19. REPORTE BREVE N° 34.
http://www.essalud.gob.pe/ietsi/pdfs/covid_19/RB34_dioxidodecloro_19Julio_editado.pdf
- Guzmán (2017). Actividad antimicrobiana in vitro del dióxido de cloro estabilizado en flora mixta de dorso de lengua. TESIS Para optar el Título Profesional de Cirujano Dentista. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/7487/Guzman_vb.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Hernández (2008). Dióxido de cloro para el control de *Escherichia coli* O157:H7 en pimiento verde. Como requisito para optar el grado de maestro en ciencias. Centro de investigación en alimentación y desarrollo A. C.
<https://ciad.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1006/979>
- Kalker (2016) Salud prohibida. Editor: Voedia. Voicedialogo S.L. España.
www.andreaskalcker.com
- Larrea, J., Rojas, M., Romeu, B., Rojas, N. y Heydrich, M. (2012). Bacterias indicadoras de contaminación fecal en la evaluación de la calidad de las aguas: revisión de la literatura. Revista CENIC Ciencias Biológicas, Vol. 44, No. 3, pp. 24-34, 2013.
<https://www.redalyc.org/pdf/1812/181229302004.pdf>
- Lluís (2008). La problemática del tratamiento del agua potable. MEDICINA NATURISTA, 2008; Vol. 2 - N.º 2: 69-75. I.S.S.N.: 1576-3080.

- NEW JERSEY DEPARTMENT OF HEALTH AND SENIOR SERVICES, (2005). Hoja informativa sobre sustancias peligrosas. Right to Know Program. PO Box 368, Trenton. <https://www.nj.gov/health/eoh/rtkweb/documents/fs/0368sp.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas (ONU) (2022). Paz, dignidad e igualdad en un planeta sano. <https://www.un.org/es/global-issues/water>
- Pérez (2017). Efecto desinfectante del dióxido de cloro en la carga microbiana de huacatay (Tagetes elliptica) y rocoto (Capsicum pubescens) para la elaboración de queso aromatizado. Para optar el título profesional de:ingeniera en industrias alimentarias. UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERU. <https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/4377/P%c3%a9rez%20R.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- RAE (2014). Diccionario de la lengua española. Vigésimotercera edición. <https://dle.rae.es/agua>
- RAE (2014). Diccionario de la lengua española. Vigésimotercera edición. <https://dpej.rae.es/lema/aguas-de-manantial>
- RAE (2014). Diccionario de la lengua española. Vigésimotercera edición. <https://dle.rae.es/cloro>
- RAE (2014). Diccionario de la lengua española. Vigésimotercera edición. <https://dle.rae.es/di%C3%B3xido>

ANEXOS

Anexo 1: Registros Fotográficos



Imagen 1. Toma de muestras de agua del manantial los berros, caserío Carahuanga II, Otuzco.



Imagen 2. Toma de muestras de agua del manantial los berros, caserío Carahuanga II, Otuzco.





Imagen 2. Toma de muestras para la respectiva caracterización



Imagen 3. Muestras de agua para la caracterización, a nivel de laboratorio

Anexo 2: Análisis realizados en el laboratorio regional del agua



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-D
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 0422295

DATOS DEL CLIENTE

Razon Social/Nombre **CALDERON PAREDES VANEZA YUDITH**
Dirección -
Persona de contacto **CALDERON PAREDES VANEZA YUDITH** Correo electrónico vaneza1.calderon@gmail.com

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha del Muestreo **25.04.22** Hora de Muestreo **13:27 a 13:37**
Responsable de la toma de muestra **Cliente** Plan de muestreo N° -
Procedimiento de Muestreo -
Tipo de Muestreo **Puntual**
Número de puntos de muestreo **02**
Ensayos solicitados **Microbiológicos**
Breve descripción del estado de la muestra **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservacion y conservación**
Referencia de la Muestra: -

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato **SC-435** Cadena de Custodia **CC - 295 - 22**
Fecha y Hora de Recepción **26.04.22 09:50** Inicio de Ensayo **26.04.22 10:30**
Reporte Resultado **05.05.22 15:30**

**LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA**

FIRMA DIGITAL
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

Firmado digitalmente por COLINA VENEZAS Juan Jose FAU 20423744168.pdf
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 05.05.2022 17:06:31 -0500

Juan Colina Venegas
Especialista de Gestión de Calidad
CBP: 10220

Cajamarca, 05 de Mayo de 2022

INFORME DE ENSAYO N° IE 0422295

ENSAYOS			Microbiológicos					
Código de la Muestra			Manantial Los Berros, Caserío Carahuanga II. Sin Tratamiento	Manantial Los Berros, Caserío Carahuanga II. Con Tratamiento	-	-	-	-
Código Laboratorio			0422295-1	0422295-2	-	-	-	-
Matriz			Natural	Natural	-	-	-	-
Descripción			Subterránea	Subterránea	-	-	-	-
Localización de la Muestra			C.P. Otuzco-Baños del Inca	C.P. Otuzco-Baños del Inca	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Coliformes Totales	NMP/100mL	1.8	46	<1.8	-	-	-	-
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1.8	6.8	<1.8	-	-	-	-
Escherichia coli	NMP/100mL	1.8	4.5	<1.8	-	-	-	-

Nota: Los Resultados <1.0, <1.8, <1.1 y <1: significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecian estructuras biológicas en la muestra. VE; valor estimado

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizado
Coliformes Totales	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C. 23rd Ed. 2017: Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C,E. 23rd Ed. 2017: Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure.
Escherichia coli	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C,E,G2. 23rd Ed. 2017: Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Other Escherichia coli Procedures.

NOTAS FINALES

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.

(**) Los Resultados son referenciales, no cumplen los requisitos de volumen, tiempo, preservación o conservación estipulado por el método, por lo tanto no se encuentra dentro del alcance de acreditación.

✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo o realizadas en campo por el Laboratorio Regional del Agua. Cuando la toma de muestra lo realiza el cliente los resultados aplican a las muestras como son recibidas.

✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.

✓ Las muestras sobre las que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua de acuerdo al tiempo de perecibilidad que indica el método de ensayo y por un tiempo máximo de 10 días luego de la emisión de la informe de ensayo; luego serán eliminadas salvo pedido expreso del cliente.

✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.

✓ Se prohíbe el uso del símbolo de acreditación o la declaración de condición de acreditado emitida en este informe, por parte del cliente.

"Fin del documento"

Código del Formato: P-23-F01 Rev: N°02 Fecha : 03/07/2020

Cajamarca, 05 de Mayo de 2022

FIRMA DIGITAL
VºBº GRC
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
Firmado digitalmente por COLINA VENE GAS Juan Jose FAU
20453744168.pdf
Motivo: Doy VºBº
Fecha: 05/05/2022 17:06:14 -0500

INFORME DE ENSAYO N° IE 0522330

DATOS DEL CLIENTE

Razon Social/Nombre	CALDERON PAREDES VANEZA YUDITH		
Dirección	-		
Persona de contacto	CALDERON PAREDES VANEZA YUDITH	Correo electrónico	vaneza1.calderon@gmail.com

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha del Muestreo	08.05.22	Hora de Muestreo	17:15 a 17:17
Responsable de la toma de muestra	Cliente	Plan de muestreo N°	-
Procedimiento de Muestreo	-		
Tipo de Muestreo	Puntual		
Número de puntos de muestreo	02		
Ensayos solicitados	Microbiológicos		
Breve descripción del estado de la muestra	Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservacion y conservación		
Referencia de la Muestra:	-		

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato	SC-467	Cadena de Custodia	CC - 330 - 22	
Fecha y Hora de Recepción	09.05.22	10:30	Inicio de Ensayo	09.05.22 10:40
Reporte Resultado	18.05.22	11:20		

**LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA**

FIRMA DIGITAL
GRC GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

Firmado digitalmente por NEYRA JAICO Edder Miguel FAU 20453744168 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 18.05.2022 15:09:34 -05:00

Edder Neyra Jaico
Responsable de Laboratorio
CIP: 147028

Cajamarca, 18 de Mayo de 2022

INFORME DE ENSAYO N° IE 0522330

ENSAYOS			Microbiológicos					
Código de la Muestra			Manantial Los Berros 01	Manantial Los Berros 02	-	-	-	-
Código Laboratorio			0522330-1	0522330-2	-	-	-	-
Matriz			Natural	Natural	-	-	-	-
Descripción			Subterránea	Subterránea	-	-	-	-
Localización de la Muestra			C.P. Otuzco-Baños del Inca	C.P. Otuzco-Baños del Inca	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Coliformes Totales	NMP/ 100mL	1.8	<1.8	<1.8	-	-	-	-
Coliformes Termotolerantes	NMP/ 100mL	1.8	<1.8	<1.8	-	-	-	-
Escherichia coli	NMP/ 100mL	1.8	<1.8	<1.8	-	-	-	-

Nota: Los Resultados <1.0, <1.8, <1.1 y <1: significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecian estructuras biológicas en la muestra. VE; valor estimado

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizado
Coliformes Totales	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C. 23rd Ed. 2017: Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C,E. 23rd Ed. 2017: Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure.
Escherichia coli	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C,E,G,2. 23rd Ed. 2017: Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Other Escherichia coli Procedures.

NOTAS FINALES

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.

(*) Los Resultados son referenciales, no cumplen los requisitos de volumen, tiempo, preservación o conservación estipulado por el método, por lo tanto no se encuentra dentro del alcance de acreditación.

- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo o realizadas en campo por el Laboratorio Regional del Agua . Cuando la toma de muestra lo realiza el cliente los resultados aplican a las muestras como son recibidas.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ Las muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua de acuerdo al tiempo de perecibilidad que indica el método de ensayo y por un tiempo máximo de 10 días luego de la emisión de la informe de ensayo; luego serán eliminadas salvo pedido expreso del cliente.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditacion otorgada por INACAL-DA.
- ✓ Se prohíbe el uso del símbolo de acreditación o la declaración de condición de acreditado emitida en este informe, por parte del cliente.

"Fin del documento"

Código del Formato: P-23-F01 Rev:N°02 Fecha : 03/07/2020

Cajamarca, 18 de Mayo de 2022



Firmado digitalmente por ZULUETA
SANTA CRUZ Enver FAU
20453744168 soft
Motivo: Doy V° B°
Fecha: 18.05.2022 12:46:52 -0500



Firmado digitalmente por COLINA
VENEGAS Juan Jose FAU
20453744168 soft
Motivo: Doy V° B°
Fecha: 18.05.2022 12:51:39 -05:00

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

INFORME DE INTERPRETACIÓN

IE 0422295

Usuario **CALDERON PAREDES VANEZA YUDITH**
Localización -

ENSAYOS			Manantial Los Berros, Caserío Carahuanga II. Sin	Manantial Los Berros, Caserío Carahuanga II.	-	-	-	-	ECA A1 (D.S-004)
Parámetro	Unidad	LCM							
Coliformes Totales	NMP/ 100mL	1.8	46	<1.8	-	-	-	-	50.00
Coliformes Termotolerantes	NMP/ 100mL	1.8	6.8	<1.8	-	-	-	-	20.00
Escherichia coli	NMP/ 100mL	1.8	4.5	<1.8	-	-	-	-	0.00

INTERPRETACIÓN

1. De los resultados de la muestra Manantial Los Berros, Caserío Carahuanga II. Sin Tratamiento, el parámetro resaltado (E. coli) se encuentra fuera del límite establecido, según La Categoría A1. (Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección) del D.S. N° 004-2017-MINAM.

2. Los resultados de la muestra Manantial Los Berros, Caserío Carahuanga II. Con Tratamiento, se encuentran dentro del límite establecido, según La Categoría A1. (Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección) del D.S. N° 004-2017-MINAM.

*N.A. - No Aplica



Cajamarca, 05 de Mayo de 2022