



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
NICARAGUA,  
MANAGUA  
UNAN - MANAGUA

**RECINTO UNIVERSITARIO “RUBÉN DARÍO”  
INSTITUTO POLITÉCNICO DE LA SALUD “LUIS FELIPE MONCADA”  
DEPARTAMENTO DE BIOANÁLISIS CLÍNICO  
CARRERA DE MICROBIOLOGÍA**

**MONOGRAFÍA PARA OPTAR AL TÍTULO DE LICENCIADO EN  
MICROBIOLOGÍA**

**CALIDAD FÍSICO-QUÍMICA Y MICROBILÓGICA DE AGUAS DE  
CONSUMO HUMANO PROCEDENTES DE GRIFOS UBICADOS DENTRO  
DE CENTROS EDUCATIVOS DEL MUNICIPIO EL CRUCERO-  
MANAGUA EN EL PERIODO DE AGOSTO – OCTUBRE DEL AÑO 2022**

**AUTORES**

Br. Karla Guerra Delgado

Br. Norman Aranda Luna

**TUTOR<sub>1</sub>: Ing. Magaly Jiménez**

**TUTOR<sub>2</sub>: Lic. Yaren Soza**

**ASESOR METODOLÓGICO: MSc. Rossny Peña**

**MANAGUA, MAYO 2023**

## **DEDICATORIA**

Dedico esta investigación a mi papá y a mi mamá, dos grandes profesionales de la salud y sobre todo excelentes padres, que a pesar de las dificultades siempre decidieron apoyarme y hacer su mejor esfuerzo para guiarme por un buen camino. A mi hermano, Samuelito. Espero esto le sirva de ejemplo y se sienta orgulloso.

A Zoe, porque me brindo la calidez de un abrazo cada que lo necesitaba y la paciencia para escuchar mis palabras, por ser una inspiración y la fuente de cariño que me levantó de muchos malos momentos.

A Jalmar, mi hermano de la Universidad, que a pesar de que las circunstancias nos separaron en la carrera, siempre ha sido un amigo invaluable y le dio significado a la palabra “Amigo”. A mi compañera de monografía, Karla Guerra, que, a pesar de ser de mundos distintos, nació una amistad sincera y transparente, la cual puso a prueba nuestras paciencias.

A mi familia, que, a pesar de tantas cosas malas, siempre hemos salido adelante. A mi Tío Frank y mi Tía Karla. A la Mimi, que, aunque hoy no esté con nosotros, sé lo orgullosa que estaría.

**Norman Aranda Luna.**

Dedico el resultado de este trabajo principalmente a Dios; A mis padres por ser mis guías quienes me apoyaron, alentaron y escucharon en todo este proceso, me han llenado de amor en todos los momentos buenos y malos.

A mi hermana quien ha sido parte importante de cada una de mis metas y proyectos propuestos, dándome su cariño y apoyo incondicional.

A mis abuelos quienes con orgullo siempre han estado detrás de mis pasos, mi abuelo Carlos por sus consejos y amor incondicional.

A mis amigos que fueron parte importante de esta etapa, mi compañero de monografía que a lo largo de la carrera siempre estuvo para mí y se convirtió en una amistad sincera.

Dedico especialmente este trabajo monográfico a mis seres queridos que hoy ya no están aquí para verlo, pero sé que mi abuelo Cesar y mi Tío Danilo Guerra estarían muy orgullosos de este logro.

**Karla Guerra Delgado.**

## **AGRADECIMIENTOS**

Le agradecemos primeramente a Dios, pues nos dio vida, fortaleza y salud para culminar con bien esta investigación.

Le agradecemos a nuestros padres, que a pesar de todo nos apoyaron en este camino. Sin la ayuda de ellos no hubiera sido posible recorrer este sendero. También a nuestros familiares, seres queridos y conocidos, que confiaron en nosotros y a su manera nos apoyaron siempre que pudieron.

Le agradecemos al Centro Nacional De Referencia (CNRD) por habernos apoyado en esta investigación, por permitirnos utilizar los laboratorios de agua y alimentos y de bacteriología para cada uno de los procesos necesarios.

También al Centro de Salud “El Crucero” Nuestra Señora de las Victorias, porque nos permitió las facilidades de traslado en todo el Municipio y accesibilidad a los centros educativos. A la Inspectora Sanitaria Verónica, por guiarnos de centro educativo a otro, hablar por nosotros y de disponer de su tiempo para acompañarnos hasta las comunidades más alejadas.

A nuestra tutora, Ing. Magaly Jiménez, a su vez, jefa del laboratorio de aguas y alimentos, por tendernos una mano y confiar en nosotros para la realización de todo el estudio y por facilitarnos las comodidades que estaban al alcance de su mano. También gracias por la paciencia.

A la Lic. Yaren Soza, nuestra segunda tutora, que a pesar de todo el trabajo que había en el laboratorio, siempre encontró un momento para supervisarnos, guiarnos y aconsejarnos en cuanto al rumbo de la parte técnica de la investigación. Gracias también a la Lic. Génesis, nos ayudó en el corto tiempo que convivimos.

A los licenciados del laboratorio de Bacteriología, que nos dieron un espacio en las mesas para realizar los procesos necesarios del estudio, porque nunca estuvieron cerrados a las consultas y a brindar una ayuda. Especialmente a la Lic. Julissa, Lic. Lisseth y Lic. Miguel, que fueron quienes nos ayudaron más de cerca en la identificación final de las cepas.

Un último agradecimiento, pero no menos importante, a nuestro Asesor Metodológico MSc. Rossny Peña, pues dio orden y sentido a la redacción y metodología del estudio, gracias por la paciencia y las reuniones en línea a esas horas de la noche.

## **VALORACIÓN DEL TUTOR**

## **OPINIÓN DEL ASESOR**

## RESUMEN

El agua es el líquido más importante en el mundo, además es un vehículo transmisor de microorganismos patógenos, que pueden causar afecciones de menor a mayor gravedad por bacterias como *Vibrio cholerae*, *Escherichia coli* y otras bacterias de origen intestinal.

El presente estudio es de tipo no experimental cuantitativo, descriptivo y de corte transversal, cuyo objetivo es determinar la calidad de aguas de consumo humano muestreadas de grifos ubicados dentro de centros educativos del Municipio de El Crucero-Managua en el periodo de agosto – octubre del año 2022. La investigación posee un universo de 50 grifos de aguas de consumo humano los cuales están dentro de centros educativos a lo largo del Municipio de El Crucero, la muestra son 14 muestras de aguas de consumo humano provenientes de los grifos distribuidos en los centros educativos y que cumplían con los parámetros de inclusión.

La investigación utiliza el método deductivo, para desarrollar de forma general deducciones sobre la problemática y luego aplicarlas de forma particular según los criterios del estudio. Se utilizó como técnicas de recopilación de información el análisis documental que provenía de libros, documentos en línea, revistas, etc. A su vez la guía de observación para recopilar datos en los sitios de muestreo y la encuesta para recolectar la información proveniente de las personas directamente relacionadas.

La investigación se estructuró en base a 4 objetivos, el primero determina la calidad físico-química del agua de consumo humano obtenida de grifos ubicados dentro de centros educativos del Municipio El Crucero, el cual refleja que el agua cumple con los parámetros de temperatura y pH y no cumple con los parámetros de conductividad, sólidos totales disueltos y cloro residual. En el segundo se realiza un análisis para definir los indicadores de calidad de agua de consumo humano, según lo establecido en la normativa 066 del MINSA, utilizando la técnica de NMP. Como resultado de las 14 muestras, 2 tienen valores negativos de coliformes totales, en cuanto a coliformes termotolerantes solo en 6 hay ausencia de este grupo y para *E. coli* en 9 de las 14 muestras hay ausencia del microorganismo, en el tercer objetivo identificaríamos la presencia de *E.coli* utilizando agares selectivos y pruebas bioquímicas complementarias, logrando aislar 4 cepas de *E.coli* y 1 de *P. agglomerans* y se concluye con el perfil de susceptibilidad a los antimicrobianos en las cepas aisladas, como resultado de los perfiles de susceptibilidad se demuestra que todas las cepas son susceptibles a una batería de antimicrobianos orientada para enterobacterias.

# ÌNDICE

<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>1.1 Justificación</b> .....	2
<b>II. ANTECEDENTES</b> .....	3
<b>III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	8
<b>IV. OBJETIVOS</b> .....	9
<b>V. MARCO TEÓRICO</b> .....	10
<b>5.1. Generalidades del agua</b> .....	10
<b>5.2. Análisis de la calidad físico-químico del agua de consumo humano</b> .....	16
<b>5.3. Análisis microbiológico del agua</b> .....	20
<b>5.4. <i>Escherichia coli</i></b> .....	24
<b>VI. PREGUNTAS DIRECTRICES</b> .....	30
<b>VII. DISEÑO METODOLÓGICO</b> .....	31
<b>7.21 Operacionalización de variables</b> .....	43
<b>VIII. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS</b> .....	50
<b>IX. CONCLUSIONES</b> .....	67
<b>X. RECOMENDACIONES</b> .....	68
<b>XI. BIBLIOGRAFÍA</b> .....	69
<b>XII. ANEXOS</b> .....	75

## I. INTRODUCCIÓN

El agua, contribuye a un ambiente saludable en los hogares de las familias de todo el mundo, pero no solamente la presencia del vital líquido otorga bienestar, sino, su calidad al llegar a la población. Desde el punto de vista sanitario el agua es un vehículo transmisor de microorganismos patógenos, que pueden causar afecciones de menor a mayor gravedad por bacterias como *Vibrio cholerae*, *Escherichia coli* y otras bacterias de origen intestinal. El agua contaminada y el saneamiento deficiente están relacionados con la transmisión de enfermedades como el cólera, otras diarreas, la disentería y otras enfermedades. Si no hay servicios de agua y saneamiento, o si estos son insuficientes o no está regularmente verificada su calidad, la población estará expuesta a riesgos de su salud.

La Organización Mundial de la Salud expresa: “El agua para consumo humano microbiológicamente contaminada puede transmitir todas esas enfermedades y, según se calcula, causa 485 000 muertes por diarrea cada año”(2022, p.5). Además de eso, el riesgo no proviene solamente de las concentraciones altas o presencia de bacterias, también hay componentes químicos como el cloro en grandes cantidades que ponen en peligro la salud de las personas que consumen dicha agua.

En Nicaragua existen normativas que rigen los parámetros de calidad que debe tener el agua para considerarse apta para el consumo humano. La normativa 066 adopta los parámetros de la norma regional CAPRE y los plasma en una realidad nacional. Las comunidades rurales que se encuentran alejadas del centro urbano suelen verse más afectadas que aquellas zonas donde la concentración poblacional es más grande.

La presente investigación titulada Calidad físico-química y microbiológica de aguas de consumo humano muestreadas de grifos ubicados dentro de centros educativos del municipio El Crucero-Managua en el periodo de agosto – octubre del año 2022. Está orientada al análisis de la calidad físico-química y microbiológica del agua de consumo humano y la detección de patógenos importante como *E. coli*, a su vez se darán recomendaciones ante la contaminación de este tipo de bacterias, ante el mal saneamiento y la propagación de enfermedades entéricas.



## 1.1 Justificación

La contaminación de aguas de consumo humano puede centrarse en un punto específico o diseminarse a través de la red de distribución de aguas dejando como resultado no solo familias afectadas, sino, comunidades enteras que son expuestas a microorganismos causantes de cuadros entéricos de gravedad variable, que de no ser atendidos de forma oportuna pueden complicarse y tener consecuencias mucho más graves. Por las razones antes expuestas la investigación titulada: **“Calidad físico-química y microbiológica de aguas de consumo humano muestreadas de grifos ubicados dentro de centros educativos del municipio El Crucero-Managua en el periodo de agosto – octubre del año 2022.”**. Pretende determinar la calidad del agua según la normativa 066 del ministerio de salud 2021, en escuelas públicas del Municipio de El Crucero.

Nicaragua posee una gran cantidad de fuentes hídricas que dotan del recurso más importante del planeta, el agua. No todas las fuentes de agua son potables por distintos factores y solo algunas (Aguas subterráneas, pozos profundos, depósitos naturales y artificiales de agua) son seleccionadas para ser saneadas y abastecer a la población nicaragüense. Los factores que más inciden en la contaminación de fuentes hídricas para consumo son los físicos, químicos y microbiológicos por la exposición a contaminantes de origen animal, humano y ambiental que altera los parámetros correspondientes, disminuyendo la calidad del agua de consumo de la población. Por tal razón este estudio es de gran importancia porque aborda la calidad físico-química y microbiológica de aguas de consumo humano y buscará identificar la calidad del agua que se consume en el Municipio del El Crucero del departamento de Managua y así dar recomendaciones para que mantenga su calidad o en caso contrario que mejore.

El beneficio de esta investigación no es solamente para las escuelas que participarán en la misma, sino también, para las comunidades del Municipio de El Crucero, pues se recomendaciones para comenzar a solucionar los problemas asociados con la contaminación del agua de consumo y las consecuencias que esta ocasiona. Beneficiará también a los estudiantes de la carrera de microbiología, ya que consolidará las líneas de investigación siendo una fuente de información para futuras investigaciones relacionadas con la calidad física, química y microbiológica del agua permitiendo que se desarrollen otras investigaciones, ligadas a reducir las enfermedades entéricas asociadas a la contaminación de aguas de consumo humano por medio de medidas higiénicas y la correcta atención de las autoridades sanitarias del Municipio.

## II. ANTECEDENTES

Para la realización de los antecedentes se hizo una búsqueda de información en los diferentes centros de documentación, entre ellos el Repositorio Institucional de la UNAN-Managua y Centro de Documentación del POLISAL, UNAN-Managua, así como información obtenida de internet en distintas plataformas digitales (Google, Google académico, Scielo, Elsevier) en relación al tema: **Calidad físico-química y microbiológica de aguas de consumo humano muestreadas de grifos ubicados dentro de centros educativos del municipio El Crucero-Managua en el periodo de agosto – octubre del año 2022**. Durante la recopilación de información se hizo constatar que existe una cantidad satisfactoria de documentación relevante que se aproxima al tema de estudio, tanto de carácter internacional como de carácter nacional, se presentan a continuación:

### **Regional**

Se encontró un estudio realizado por Méndez et. al (2015) titulado: **Calidad microbiológica de pozos de abastecimiento de agua potable en Yucatán, México**. Cuyo objetivo fue evaluar la calidad microbiológica del agua subterránea en 106 pozos de abastecimiento del sistema de agua potable del estado, determinando la concentración de bacterias coliformes y enterococos, y se identifica si el principal origen de la contaminación biológica es por heces humanas o animales. En cada pozo, una vez tomaron la muestra de agua se procedió a realizar los análisis bacteriológicos in situ, utilizando incubadoras bacteriológicas de campo (Incufridge Revolucionarie Science), con las que se hicieron los recuentos de UFC/100 ml de: coliformes totales (CT), coliformes fecales (CF) y enterococos fecales (E), por el método de membrana filtrante. Los resultados obtenidos, ponen en evidencia la contaminación del acuífero en las cabeceras municipales del Estado, al registrar la presencia de bacterias indicadoras de contaminación en 93 de los 106 pozos muestreados. Solamente 18 de los 106 pozos de abastecimiento muestreados cumplen con la norma (NOM-127-SSA1-1994, modificada el 22/11/2000), que establece como límites permisibles 2 UFC/100 ml de coliformes totales, 0 UFC/100 ml de coliformes fecales y no hace referencia a estreptococos fecales.

Se constató la presencia del estudio realizado por Cava & Ramos (2016) titulado: **Caracterización físico – química y microbiológica de agua para consumo humano de la localidad Las Juntas del distrito Pacora - Lambayeque, y propuesta de tratamiento.** Tuvo como objetivo principal el de caracterizar físico – químico y microbiológicamente el agua de consumo humano de dicha localidad y así elaborar una propuesta de tratamiento para el fortalecimiento de este servicio. Para el análisis de agua se tomaron diez puntos de muestreo en diferentes sitios de la localidad los cuales incluye el pozo subterráneo, tanque de almacenamiento y 8 viviendas, para cada sitio de muestreo se recolectó dos muestras para análisis físico – químico y microbiológico respectivamente, se recolectó por 4 semanas haciendo un total de 40 muestras, evaluando 19 parámetros. Obteniéndose como resultado que los parámetros que están dentro de los límites para consumo humano son: pH, dureza total, turbidez, color, nitratos, arsénico, plomo y recuento de heterótrofos y los siguientes parámetros que sobrepasan los límites son: cloruros, magnesio, conductividad eléctrica, sólidos totales disueltos, sulfatos, cloro residual, coliformes totales y coliformes termotolerantes.

Se reviso tambien el estudio realizado por Lugo, et. al (2019) titulado: **Evaluación de la calidad microbiológica de agua potable de dos pueblos palafíticos de la ciénaga grande de Santa Marta.** Cuyo objetivo fue evaluar la calidad microbiológica del agua de consumo de los habitantes de dos pueblos palafíticos de la Ciénaga Grande de Santa Marta: Nueva Venecia y Buena Vista. En este estudio se realizaron 4 muestreos de calidad de agua potable (dos en época seca y dos en época lluviosa) en 38 puntos de muestreos ubicados en tanques de almacenamiento de agua y sistemas de distribución de los pueblos estudiados. Los parámetros de calidad de agua que se determinaron fueron: Coliformes totales y fecales, sólidos disueltos totales, pH y conductividad. La prevalencia de coliformes totales y fecales (>0 UFC/100 ml de agua) en todas las muestras de agua, tanto en temporada húmeda como seca fue del 100% (n= 184 muestras). Los promedios de coliformes fecales fueron de  $8 \times 10^4$  UFC/100 ml en época seca, y de  $43 \times 10^4$  UFC/100 ml en época húmeda. En el caso de coliformes totales, se obtuvieron promedio, mínimo y máximo de  $62 \times 10^4$ ,  $462 \times 10^4$ , y  $1 \times 10^4$  UFC/100ml, respectivamente. Estos resultados son muy preocupantes porque indican alto grado de riesgo de consumo de agua, ya que los niveles de coliformes fecales y totales están en el orden de 104 UFC/100 ml. Con respecto a los parámetros físico-químicos tenemos que el pH (varió de 6,7 a 9) y conductividad (el valor máximo fue 700

microsiemens/cm) cumplieron con la normatividad colombiana, y los sólidos disueltos totales no se encuentran regulados (entre 20 y 2198 mg/L).

Por último se encontró el estudio realizado por Iñiguez et. al (2022) titulado: **Calidad microbiológica del agua potable utilizada en escuelas públicas de la ciudad de tepatitlan, Jalisco.** Que por objetivo principal tenía evaluar la calidad microbiológica del agua en las escuelas públicas de la ciudad de Tepatitlán de Morelos, Jalisco, México (3 de kínder, 15 de primaria y 4 de secundaria) mediante la cuantificación de cloro libre, bacterias coliformes totales (OCT) y fecales (OCF); además de la búsqueda cualitativa de Enterobacterias. Los criterios de inclusión fueron ubicación, consentimiento por parte del director de la institución y que contara con cisterna o tinaco para almacenamiento de agua. Las muestras de las escuelas primarias se tomaron durante la época de estiaje y las de kínder y secundaria en época de lluvias. Se recolectaron dos muestras por escuela. Para cuantificar cloro residual se tomó un primer espécimen de 100 mL en un frasco limpio, eligiendo un grifo anterior a la cisterna o tinaco y dejando fluir el agua lo suficiente para obtener una muestra representativa de la red de abastecimiento. Para el análisis microbiológico se tomó una segunda muestra de 500 mL utilizando un frasco estéril, siguiendo el procedimiento establecido en la NOM230-SSA1-2002. En general, el 9% de las escuelas verificadas cumple con los criterios establecidos por la Normatividad Oficial Mexicana para cloro libre (0.2 a 1.5 mg/L), mientras que en el 59 % de las muestras sobrepasa los límites recomendables y en el 32 % no se detectó. En lo referente al contenido de OCT y OCF, estas bacterias se detectaron en muestras de agua provenientes de escuelas (K1 y S3) que no contenían cloro al llegar desde la red municipal, pero también en especímenes (P7, P8 y P15) que contenían cloro residual en exceso; de esto se concluye que la contaminación puede ser de origen y/o deberse a que los depósitos de almacenamiento están sucios.

## **Nacionales**

En un estudio realizado por Gonzales, et. al (2007) titulado: **Diagnóstico de la calidad del agua de consumo en las comunidades del sector rural noreste del Municipio de León, Nicaragua.** Tuvo como objetivo principal el caracterizar la calidad del agua de consumo humano del sector rural noreste de León. En este estudio se realizaron análisis microbiológicos, análisis físico-químicos y análisis de plaguicidas. Además, se realizó una encuesta sobre las características de las fuentes de agua (pozos), el uso y tratamientos de sus aguas. Los resultados concluyeron que

de 69 muestras analizadas microbiológicamente el 95.7% no cumplen con los parámetros establecidos por la Norma CAPRE, es decir hubo una presencia elevada de coliformes Totales y Fecales, así mismo de otros indicadores de contaminación fecal que no están contemplados en la norma. Se menciona que la principal fuente de contaminación que se encontró es la inserción de materia fecal a través de mecates y baldes sucios a la hora de extraer el agua de los pozos. Con respecto a las 67 muestras que fueron sometidas a análisis físico-químico el 81.2% se encontraron dentro de los estándares establecidos por la Norma CAPRE. Para finalizar, de las 48 muestras las cuales se analizó en busca de presencia de pesticidas el 31% contenían algunos de 4 pesticidas encontrados: DDT, Dieldrin, Clorpirifos y Metil-Paration.

En otra investigación, realizada por Fuentes (2012) titulada: **Estudio Microbiológico de la Subcuenca del río Aguas Calientes en Somoto - Madriz, Nicaragua**. Tuvo como objetivo general determinar la calidad microbiológica del agua de la subcuenca del río Aguas Calientes en Somoto – Madriz, Nicaragua. Se realizó a 35 pozos el análisis microbiológico según estándares de la Norma CAPRE y a su vez criterios internos del laboratorio de la UNAN-León. Según los resultados obtenidos el 100% de las fuentes de aguas estudiadas no son aptas para el consumo humano. El estudio va desde septiembre del 2008 – abril del 2009, periodo el cual se presentan cifras significativas, en marzo del 2009 se presentan niveles considerables de coliformes totales (1095 ufc/100ml) y en abril del mismo año esta cantidad baja considerablemente (240 ufc/100ml). Hablando de coliformes fecales, en febrero del 2009 alcanza el mayor nivel de contaminación con 747 ufc/100ml y en abril el nivel más bajo con 23 ufc/100ml. Cabe mencionar que los resultados resaltan que el tipo de pozo que es utilizado para el abastecimiento no es factor de contaminación, sino, que todos los tipos de pozos muestreados estaban expuestos a la contaminación fecal proveniente de animales. Para finalizar también hubo presencia de otros indicadores de calidad del agua, los análisis bacteriológicos demuestran que 11 pozos (31.42%) de los 35 pozos (100%) presentan al menos un tipo de microorganismo patógeno no perteneciente al grupo de coliformes totales (*Clostridium sp.* y *Pseudomonas sp.*).

Otra investigación realizada por Camacho, Lopez, & Martínez (2015) titulada: **Calidad bacteriológica del agua potable del Municipio El Crucero departamento de Managua en el periodo julio-diciembre 2014**. Tuvo como objetivo Evaluar la calidad bacteriológica del agua potable del Municipio El Crucero Departamento de Managua en el periodo de Julio – Diciembre

2014. El estudio contó con 30 muestras que provenían de viviendas que se abastecían con el servicio de ENACAL, a las 30 muestras se les analizó cloro residual mediante DPD-1, Coliformes Totales y Termotolerantes por el método de filtración por membrana y se hizo una verificación de *E. coli* a través de caldo EC + MUG. Los resultados reflejan en cuanto al cloro residual que de las 30 muestras, solo 3 muestras (10%) es aceptable y que las otras 27 muestras (90%) no son aceptables. En cuanto al análisis microbiológico por medio de filtración por membrana se encontraron 5 muestras positivas para Coliformes Totales, para coliformes totales hubo positividad para 2 muestras de las 30 y en caso de la determinación de *E. coli* hubo solamente 1 aislamiento en todas las muestras correspondiente al 3% del total muestreado y evidenciando la falla del tratamiento de agua potable.

Para concluir se constató el estudio realizado por Celiz & Soto (2016) titulado: **Evaluar la calidad microbiológica del agua de consumo en la Facultad de Ciencias Químicas de la UNAN-León (Campus Médico), marzo-octubre 2016.** Cuyo objetivo principal fue evaluar la calidad microbiológica del agua de grifos de la Facultad de Ciencias Químicas de la UNAN - León (Campus Médico), mediante la norma NTON 09 003-99 y las Norma Regional Capre, para Agua Potable. Marzo – Octubre 2016. El estudio se realizó determinando la presencia de bacterias aerobias mesófilas como indicadores de potabilidad del agua, así también como el buen saneamiento y eliminación de contaminantes. En el caso antes mencionado no hubo crecimiento de bacterias aerobias mesófilas en las placas de agar. Con respecto a la determinación de Coliformes Totales y Fecales, los resultados fueron negativos en la etapa presuntiva del método de NMP para la presencia de cualquiera de los dos grupos de bacterias y por lo mismo, no se procedió a hacer las pruebas confirmatorias de estos microorganismos. Los resultados reflejan que las aguas de consumo muestreadas son aptas según la NTON 09 003-99 y las Norma Regional Capre.

### III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El control de calidad de las aguas de consumo humano es muy importante ya que, con este se busca reducir la cantidad de microorganismos aceptables e inactivar o eliminar aquellos que son patógenos para el ser humano. Parte de estos microorganismos son los coliformes totales, coliformes termotolerantes y *Escherichia coli*.

Nicaragua es un país en vías de desarrollo, lo cual permite que varíe la calidad de las infraestructuras asociadas al saneamiento del agua y su posible contaminación. En cuanto a las escuelas de zonas rurales, tienen muy pocas posibilidades de tener un suministro de agua adecuado y por ende el saneamiento es deficiente. Evidencia de ello es que, un poco más de la mitad de los centros educativos cuentan con instalaciones de saneamiento separadas para hombres y mujeres lo cual disminuye la cantidad de alumnos que ocupan los baños al mismo tiempo, los cuales poseen un número limitado de servicios sanitarios y aún más importante de lavamanos que ayuden a la higiene, la mayoría no cuenta con ningún tipo de instalación sanitaria o se encuentra averiada la mayoría del tiempo. Si comparamos la situación de los centros de salud en cuanto a la disponibilidad de servicios de higiene, vemos que es incluso más grave que la de los centros educativos, donde casi dos terceras partes de los centros de salud no cuentan con instalaciones de saneamiento adecuadas para el uso de las personas, promoviendo enfermedades que fácilmente se pueden transmitir por manos contaminadas con heces o las mismas excretas de las aguas negras o sumideros aledaños a redes de distribución. Además, alrededor de la mitad de los centros de salud no cuentan con ningún tipo de instalación sanitaria. (Flores, et. Al, 2015)

A raíz de la falta de infraestructura adecuada de servicios básicos que garanticen el tener agua de calidad, con instalaciones que propicien la no contaminación de los puntos de donde se obtiene el agua y así evitar complicaciones de salud de los estudiantes en escuelas públicas en el Municipio del Crucero-Managua parte la siguiente interrogante: **¿Cuál es el estado de la calidad físico-química y microbiológica de aguas de consumo humano muestreadas de grifos ubicados dentro de centros educativos del Municipio de El Crucero-Managua?**

## IV. OBJETIVOS

### Objetivo General

1. Analizar la calidad físico-química y microbiológica de aguas de consumo humano muestreadas de grifos ubicados dentro de centros educativos del Municipio de El Crucero-Managua en el periodo de agosto – octubre del año 2022.

### Objetivos Específicos

1. Determinar los parámetros físico-químicos del agua de consumo humano muestreada en centros educativos del Municipio El Crucero, Managua a través de métodos de campo.
2. Explicar los indicadores microbiológicos de calidad de agua de consumo humano establecidos en la normativa 066 del MINSA, por medio de la técnica de NMP.
3. Demostrar la presencia de *E. coli* en las muestras de agua de consumo humano utilizando agar EMB, EC + MUG y pruebas bioquímicas complementarias.
4. Identificar el perfil de susceptibilidad a los antimicrobianos de las cepas aisladas en las muestras de agua de consumo humano positivas para coliformes termotolerantes.



## V. MARCO TEÓRICO

### 5.1. Generalidades del agua

El agua es el recurso más valioso en nuestro planeta, tal es la importancia, que provee de vida no solamente a las personas, sino también, a los animales, a las plantas y a todo lo que nos rodea. Es una simple unión de átomos que desencadena un gran beneficio al planeta. García et. Al (s.f.) dice al respecto: “El agua es un compuesto con características únicas, de gran significación para la vida, el más abundante en la naturaleza y determinante en los procesos físicos, químicos y biológicos que gobiernan el medio natural” (p. 115).

Por otra parte, el agua Químicamente “es una composición sencilla de 3 átomos, uno de oxígeno y otros dos de hidrógeno, con enlaces polares que permiten establecer puentes de hidrógeno entre las moléculas adyacentes” (Carbajal & González, 2012, p. 66).

#### 5.1.1. Características físicas del agua

##### ➤ **Color**

El agua pura es incolora. El material orgánico disuelto de la vegetación en descomposición (algas y compuestos de humus) y cierta materia inorgánica, por ejemplo, concentraciones crecientes de iones disueltos (Fe y Mn), medidos en (ppm), provocan color en el agua. (Sadeq, 2021).

Teniendo en cuenta esto, se espera que el agua de consumo humano sea incolora, normalmente la presencia de color en el agua es indicadora de presencia de alguna sustancia. No siempre el agua es incolora, muchas veces las fuentes de agua la cual suministran la red puede que tenga cierta gama de colores por la materia orgánica natural. Las aguas superficiales y subterráneas resulta contaminada por la presencia de materia orgánica natural, particularmente materia húmica acuática. La materia húmica consiste en ácidos húmicos y fúlvicos; ambos causan un color amarillo-marrón en las aguas. Los materiales húmicos y el color causado por estos materiales se eliminan de los suministros de agua potable por razones estéticas y por razones de salud ya que son precursores en la formación de subproductos de la desinfección ( American Water Works Association, 2018).

### ➤ **Olor**

Como el gusto, el agua es una sustancia inodora, es decir que no posee olor característico. Muchas veces el “olor” del agua depende de los componentes con los que estuvo o está en contacto. El olor, como el gusto, depende del contacto de una sustancia estimulante con la célula receptora humana adecuada. Los estímulos son de naturaleza química y el término "sentidos químicos" a menudo se aplica al olfato y al gusto. El agua es un medio neutro, siempre presente sobre o en los receptores olfativos (American Water Works Association, 2018).

El gusto y el olor son percepciones humanas de la calidad del agua. El olor se produce por la producción de gas debido a la descomposición de la materia orgánica o por sustancias añadidas a las aguas residuales (Arora, 2017).

### ➤ **Gusto**

El gusto es meramente una característica comercial, pues, como las anteriores, el gusto depende de la percepción de la persona. El gusto puede variar en dependencia de los procesos que el agua pasa al descontaminarse. El gusto se refiere únicamente a las sensaciones gustativas llamadas amargo, salado, agrio y dulce que resultan de la estimulación química de las terminaciones nerviosas sensoriales ubicadas en las papilas de la lengua y el paladar blando (American Water Works Association, 2018).

Además la percepción humana del gusto incluye ácido (ácido clorhídrico), salado (cloruro de sodio), dulce (sacarosa) y amargo (cafeína). Los compuestos relativamente simples producen sabores agrios y salados. Sin embargo, los sabores dulces y amargos son producidos por compuestos orgánicos más complejos (Arora, 2017).

### ➤ **Temperatura**

La temperatura es meramente una medición de estudio de los cuerpos de aguas en cuanto a la capacidad de disolver el oxígeno y a su vez de la biodiversidad que hay en estos cuerpos de agua. Normalmente la temperatura del agua no afecta a las plantas de tratamiento para potabilizar el agua. La fuente de suministro de agua, como los pozos profundos, a menudo se puede identificar solo mediante mediciones de temperatura ya que en muchas de estas fuentes la temperatura varía en dependencia de la profundidad. Las plantas industriales a menudo requieren datos sobre la

temperatura del agua para el uso del proceso o los cálculos de transmisión de calor (American Water Works Association, 2018).

#### ➤ **Turbidez**

La turbidez va en dependencia de la materia que se encuentre suspendida en el medio. Normalmente el agua ya abastecida a los hogares no tendría que presentar algún tipo de turbidez, sin embargo, en las fuentes de abastecimiento puede haber factores que agreguen la turbidez al agua. La turbiedad en el agua es normalmente causada por materia suspendida y coloidal como arcilla, cieno, materia orgánica e inorgánica finamente dividida, plancton y otros organismos microscópicos.

A su vez se define que la turbiedad es una expresión de la propiedad óptica que causa la dispersión y la absorción de la luz en lugar de su transmisión, sin cambio en la dirección o nivel de flujo a través de la muestra (Chacón, 2017).

### **5.1.2. Características químicas del agua**

#### ➤ **pH**

Es una propiedad básica e importante que afecta a muchas reacciones químicas y biológicas. Valores extremos de pH pueden originar la muerte de peces, drásticas alteraciones en la flora y fauna, reacciones secundarias dañinas (por ejemplo, cambios en la solubilidad de los nutrientes, formación de precipitados, etc.). El pH es un factor muy importante en los sistemas químicos y biológicos de las aguas naturales. El valor del pH compatible con la vida está comprendido entre 5 y 9 (Catalán Lafuente, J. 1990)

#### ➤ **Cloro residual**

El cloro es un producto químico relativamente barato y ampliamente disponible que, cuando se disuelve en agua limpia en cantidad suficiente, destruye la mayoría de los organismos causantes de enfermedades, sin poner en peligro a las personas. Si se añade suficiente cloro, quedará un poco en el agua luego de que se eliminen todos los organismos; se le llama cloro libre o residual (O.P.S., 2009).

### ➤ **Conductividad**

Es una medida de la capacidad de una solución acuosa para transportar una corriente eléctrica. Esta capacidad depende de la presencia de iones; en su total concentración, movilidad y valencia; y en la temperatura de medición. Las soluciones de la mayoría de los compuestos inorgánicos son relativamente buenos conductores. Por el contrario, las moléculas de compuestos orgánicos que no se disocian en solución acuosa conducen muy mal la corriente, si es que la conducen.

### ➤ **Sólidos totales disueltos**

Los sólidos se refieren a la materia suspendida o disuelta en aguas potables, superficiales y salinas, así como en aguas residuales domésticas e industriales. Los sólidos pueden afectar negativamente la calidad del agua o de los efluentes de varias formas. Las aguas con alto contenido de sólidos disueltos generalmente tienen una palatabilidad inferior y pueden inducir una reacción fisiológica desfavorable en el consumidor transitorio (American Water Works Association, 2018).

### **5.1.3. Características biológicas del agua**

La característica principal del agua es que puede albergar un sinnúmero de microorganismos, que van desde organismos inofensivos para el ser humano o bien organismos patógenos que probablemente deban su presencia en las aguas por contaminación biológica.

Cuando hablamos de las características biológicas del agua, nos centramos en la capacidad de estar presentes en el agua, la contaminación microbiana es una de las principales preocupaciones de la calidad del agua. Muchos tipos de microorganismos están naturalmente presentes en el agua, tales como:

- Protozoos – Amebas, *Cryptosporidium*, *Giardia*, etc.
- Bacterias – *Salmonella*, *Vibrio*, *Shigella*, etc.
- Viruses – Polio, Hepatitis A, etc. (Arora, 2017)

#### **5.1.4. Contaminación del agua**

La contaminación del agua es la principal causa por la que la calidad de la misma se ve disminuida. la contaminación del agua se basa en la presencia de otra u otras sustancias en el líquido, que pueden afectar sus características o bien, pueden ocupar el líquido como un vehículo y dañar el organismo de los seres humano o animales. Se puede definir como contaminantes del agua, aquellas sustancias que inutilizan el agua para beber, cocinar, limpiar, nadar y otras actividades (Harvard T.H. Chan, 2022).

Existen distintos tipos de contaminantes que afectan el agua, dentro de ellos tenemos los siguientes:

##### **a) Microorganismos patógenos**

Este tipo de contaminación se da por la presencia de distintos tipos de microorganismos presentes en el agua, como las bacterias, virus, protozoos y otros que pueden transmitir enfermedades como disentería, cólera, fiebre tifoidea, etc. Normalmente estos microbios llegan al agua en las heces y otros restos orgánicos que producen las personas infectadas. Por esto, un buen índice para medir la salubridad de las aguas, en lo que se refiere a estos microorganismos, es el número de bacterias coliformes presentes en el agua.

##### **b) Desechos orgánicos**

Los desechos orgánicos van ligados con la presencia de microorganismos. Los desechos orgánicos son los producidos por animales y humanos, la materia fecal; así mismo todo aquello que pueda entrar en estado de descomposición.

##### **c) Sustancias químicas inorgánicas**

En este grupo están incluidos ácidos, sales y metales tóxicos como el mercurio y el plomo. Si están en cantidades altas pueden causar graves daños a los seres vivos, disminuir los rendimientos agrícolas y corroer los equipos que se usan para trabajar con el agua (Masón 2002).

##### **d) Nutrientes vegetales inorgánicos**

Los nitratos y fosfatos son compuestos que las plantas necesitan para su crecimiento, al ser así son utilizados a modo de fertilizantes y muchas veces al abusar de ellos, estos son arrastrados por el riego o las lluvias y llegan a los cuerpos de aguas que abastecen a la población.

Una concentración elevada de nitratos o fosfatos puede perjudicar la salud. El nitrato es muy importante para el crecimiento de las plantas y se suele utilizar como fertilizante. Pero también estos suelen acumularse en grandes concentraciones en cursos de aguas a causa de la actividad industrial, ganadera, agrícola y urbana.

El ion fosfato ( $\text{PO}_4^-$ ) está formado a partir del P inorgánico que existe como mineral. También puede existir en solución como partículas, como fragmentos sueltos o en los cuerpos de organismos acuáticos. El agua de lluvia puede contener distintas cantidades de fosfatos que se filtran de los suelos agrícolas a los cursos de agua cercanos (Bolaños, et al., 2017 como se citó en Román, 2021).

#### **e) Compuestos orgánicos**

Aquellos como el petróleo, la gasolina, los plásticos, etc. Muchas moléculas orgánicas como petróleo, gasolina, plásticos, plaguicidas, disolventes, detergentes, etc. acaban en el agua y permanecen, en algunos casos, largos períodos de tiempo, porque, al ser productos fabricados por el hombre, tienen estructuras moleculares complejas difíciles de degradar por los microorganismos (Masón 2002).

Los productos químicos orgánicos a su vez pueden ser sintetizados en laboratorios y empresas químicas. Se está produciendo un número creciente de estos compuestos orgánicos sintéticos. Estos pueden incluir los plaguicidas utilizados en la agricultura, plásticos, tejidos sintéticos, colorantes, aditivos de la gasolina como MTBE, solventes como el tetracloruro de carbono y muchos otros productos químicos (Carbotecnia, 2022).

#### **f) Sustancias radioactivas**

Son isótopos radioactivos solubles que se van acumulando en el agua durante largos periodos de tiempo, pueden así, alojarse en los tejidos de los organismos vivos expuestos. Los desechos radiactivos son cualquier contaminación que emite radiación más allá de lo que el medio ambiente libera naturalmente. Es generado por la extracción de uranio, las plantas de energía nuclear y la producción y prueba de armas militares, así como por universidades y hospitales que usan materiales radiactivos para investigación y medicina. Los desechos radiactivos pueden persistir en el medio ambiente durante miles de años, lo que hace que su eliminación sea un gran desafío (Denchak, 2022).

### **5.1.5. Calidad del agua**

El estado limpio del agua, libre de contaminantes es lo que se podría llamar “agua de calidad”, realmente la calidad se basa en parámetros que han sido estipulados para clasificar el recurso hídrico como apto o no, estos parámetros son físicos, químicos y biológicos, dentro de los biológicos es que encontramos los microbiológicos. La calidad del agua se puede considerar como una medida de la idoneidad del agua para un uso particular en función de características físicas, químicas y biológicas seleccionadas (Cordy, 2001).

A su vez parte fundamental para asegurar la calidad del agua, es el control de calidad del agua, este recurso es controlado en cada etapa de procesamiento, pues normalmente el suministro de agua tiene como origen lagos, ríos, pozos o aguas subterráneas que pueden estar expuestas a contaminantes físicos, químicos y microbiológicos. La actividad sistemática y continua de supervisión de las diferentes fases de la producción y distribución de agua, según programas específicos, que deben ejecutar las Instituciones o Empresas encargadas de dar el servicio del agua (MINSA, 2011).

## **5.2. Análisis de la calidad físico-químico del agua de consumo humano**

Son todos aquellos procedimientos que se realizan para asegurar la calidad físico-químico del agua de consumo humano, detectando sustancias que tengan relevancia para la salud de las personas, sustancias que por su exposición prolongada puedan llegar a afectar significativamente. Chaves (2018) nos dice al respecto: “Para establecer la potabilidad del agua se realizan ensayos en forma anual y de carácter obligatorio que determinan el color, olor, turbiedad, pH, residuo fijo, conductividad, dureza, calcio, magnesio, alcalinidad, sulfato, nitrato, nitrito, amonio, cloro residual y oxidabilidad” (párr. 8).

### **5.2.1. Color**

El color depende mucho de la materia en suspensión en las fuentes de agua, es por eso que hay muchas denominaciones a la hora de referirnos al “color” del agua. El término color real se asocia al concepto de color verdadero, que hace referencia al color del agua una vez se han removido las partículas que causan turbiedad. Por lo tanto, el color aparente incluye todas las partículas causantes de turbiedad, mencionadas anteriormente. Se podría afirmar que el color

aparente es el color que presenta el agua en el momento de su recolección y sin haber pasado por un filtro de 0,45 micras.

El color es determinado por un medidor que ha sido calibrado con estándares coloreados de concentraciones conocidas de platino-cobalto como el espectrofotómetro marca LaMotte (Chacón, 2017).

Así mismo, el color puede medirse sin necesidad de un equipo como el espectrofotómetro, puede utilizarse un patrón estándar para comparar la muestra de agua. El color se estima comparando el color de la muestra con el color de una solución estándar o bien simplemente se hacen las anotaciones del color aparente que tiene la muestra (Sadeq, 2021).

### **5.2.2. Turbiedad**

La turbidez es una medida de toda la materia suspendida y coloidal en el agua, como limo, arcilla, materia orgánica, etc. El método más empleado para determinar la turbidez del agua es la nefelometría. Se basa en que al incidir en una muestra de agua un rayo luminoso, las partículas en suspensión dispersan parte de la luz que penetra en la muestra. Esa luz dispersada se recoge sobre una célula fotoeléctrica provocando una corriente eléctrica en función de su intensidad y, por lo tanto, del grado de turbidez de la muestra (Requejo, 2005).

### **5.2.3. Temperatura**

La temperatura del agua subterránea es relativamente constante y aumenta con la profundidad. La fuente de suministro de agua, como los pozos profundos, a menudo se puede identificar solo mediante mediciones de temperatura. Las lecturas de temperatura se utilizan en el cálculo de varias formas de alcalinidad, en estudios de saturación y estabilidad con respecto al carbonato de calcio, en el cálculo de salinidad, en varias pruebas colorimétricas y en operaciones generales de laboratorio (American Water Works Association, 2018).

Existe una serie de métodos para medir la temperatura de forma continua. La medida de este parámetro se puede hacer de manera sencilla y exacta mediante el empleo de sensores basados en el cambio de la resistencia de un resistor metálico o de un termistor. La termometría de resistencia se basa, pues, en el cambio en la resistencia de elementos conductores y semiconductores metálicos como una función de la temperatura (U.P.C, 2000).



#### **5.2.4. Conductividad**

La conductividad eléctrica es la capacidad de que una sustancia de conducir la corriente eléctrica, y, por tanto, es lo contrario de la resistencia eléctrica. Es una variable que depende de la cantidad de sales disueltas en un líquido (García, 2013).

La conductividad específica,  $K$ , de un agua se define como la conductividad de una columna de agua comprendida entre dos electrodos metálicos separados 1 cm. Para la medida de la conductividad específica  $K$ , se mide la conductividad  $C$  de una columna de agua entre dos electrodos de  $A$  cm<sup>2</sup> separados 1 cm (U.P.C, 2000).

#### **5.2.5. Sólidos disueltos totales**

Los sólidos hacen referencia a materia suspendida o disuelta en agua o en agua residual. Dichos sólidos pueden afectar negativamente la calidad del agua o del efluente de varias formas. Las aguas con abundantes sólidos disueltos generalmente son de potabilidad inferior y pueden inducir una reacción fisiológica desfavorable en el consumidor ocasional (Chacón, 2017).

Uno de los métodos para su determinación es filtrar la muestra de agua bien homogeneizada a través de un papel de filtro de 0.45  $\mu$ m que se seca a peso constante a temperatura de 105°C. El incremento de peso del filtro antes y después de filtrar la muestra indicará el contenido en materias en suspensión de la muestra problema (U.P.C, 2000).

#### **5.2.6. pH**

La medición del pH se emplea para expresar la intensidad de la acidez, la basicidad o la alcalinidad. El pH no indica la cantidad de compuestos ácidos o alcalinos en el agua, sino la fuerza que éstos tienen (García, 2013).

El método de medida más común es usar una celda electroquímica, consistente en un electrodo indicador sensible a la concentración de protones,  $[H^+]$ , un electrodo de referencia y la muestra (como electrolito de la celda). El potencial de la celda está relacionado con el pH (U.P.C, 2000).

##### **5.2.6.1. Acidez**

De igual forma, en algunos análisis se dividen estas dos características del agua en acidez y alcalinidad. La acidez de un agua es su capacidad cuantitativa para reaccionar con una base fuerte

a un pH designado. La acidez es una propiedad agregada medida del agua y puede interpretarse en términos de sustancias específicas solo cuando se conoce la composición química de la muestra. Los ácidos minerales fuertes, los ácidos débiles como el carbónico y el acético y las sales hidrolizantes como los sulfatos de hierro o aluminio pueden contribuir a la acidez medida según el método de determinación. Los ácidos contribuyen a la corrosividad e influyen en las tasas de reacción química, la especiación química y los procesos biológicos. La medición también refleja un cambio en la calidad de la fuente de agua (American Water Works Association, 2018).

#### **5.2.6.2. Alcalinidad**

La alcalinidad de un agua es su capacidad neutralizadora de ácidos. Es la suma de todas las bases titulables. La alcalinidad es una medida de una propiedad agregada del agua y puede interpretarse en términos de sustancias específicas solo cuando se conoce la composición química de la muestra. La alcalinidad es importante para muchos usos y en el tratamiento de aguas naturales y aguas residuales. Debido a que la alcalinidad de muchas aguas superficiales es principalmente una función del contenido de carbonato, bicarbonato e hidróxido, se toma como una indicación de la concentración de estos constituyentes (American Water Works Association, 2018).

#### **5.2.7. Dureza**

La dureza del agua se debe a la existencia de determinados cationes disueltos en agua que interfieren en la producción de espuma de los jabones de sodio y potasio, debido a la formación de un precipitado insoluble. Las aguas más duras requieren mayor uso de jabones para lavados, con una menor tasa de aprovechamiento. La alta dureza de un agua dificulta la cocción de las legumbres al generar pectatos cálcicos y magnésicos insolubles. Las aguas duras favorecen la aparición de incrustaciones (U.P.C, 2000).

La dureza del agua está formada por las sales de calcio y de magnesio. La dureza procedente de las sales de calcio se llama dureza cálcica y la dureza procedente de las sales de magnesio se llama dureza magnésica (García, 2013).

### **5.2.8. Cloro residual**

En la cloración del agua se producen dos tipos de cloro residual, el libre y el combinado. El cloro residual libre es un agente oxidante más activo y de acción bactericida más lenta que el cloro residual combinado. El método de titulación con DPD se fundamenta en que en ausencia del ion yoduro, el cloro libre reacciona instantáneamente con la N, N-dietil-1,4-fenilendiamina (DPD) y forma un compuesto de color rojo, en un rango de pH de 6,2 a 6,5. Para determinar el cloro residual total (cloro residual libre más cloro residual combinado), se añade el yoduro en exceso al inicio de la prueba (Aurazo, 2004).

### **5.3. Análisis microbiológico del agua**

El análisis microbiológico es el uso de métodos biológicos, bioquímicos, moleculares o químicos para la detección, identificación o enumeración de microorganismos en un material. El interés se centra en los microorganismos patógenos, que son los diferentes tipos de bacterias, virus, protozoos y otros organismos, que transmiten enfermedades.

Obon et Al (s.f.) nos dice que “Se puede definir el análisis microbiológico como el conjunto de operaciones encaminadas a determinar los microorganismos presentes en una muestra problema de agua”.

La presencia o aumento de bacterias, parásitos, virus y hongos en el agua surge usualmente por efecto directo o indirecto de cambios en el medio ambiente y en la población tales como urbanización no controlada, crecimiento industrial, pobreza, ocupación de regiones antes deshabitadas, y la disposición inadecuada de excretas humanas y animales. (Ríos-Tobón S, 2017)

#### **5.3.1. Tipos de análisis microbiológicos a realizar en agua.**

##### **➤ Filtración por membrana:**

La técnica FM se puede utilizar para analizar aguas potables, superficiales, subterráneas, de piscinas y marinas. No se tienen que utilizar para analizar efluentes de tratamiento primario de aguas residuales a menos que la muestra esté diluida, ya que el alto nivel de turbidez puede obstruir el filtro de membrana antes de que se haya filtrado suficiente muestra. Los efluentes clorados deben tener bajos recuentos y turbidez. Además, no utilice la técnica FM para analizar aguas

residuales que contengan altos niveles de metales tóxicos o compuestos orgánicos tóxicos (p. ej., fenoles) porque el filtro puede concentrar dichas sustancias, inhibiendo así el crecimiento de coliformes. Para las muestras que no son de aguas residuales, los altos niveles de turbidez pueden obstruir el filtro y las altas concentraciones de bacterias heterótrofas pueden interferir con el crecimiento de coliformes en el filtro, lo que posiblemente requiera el uso de múltiples filtros por muestra y/o varias diluciones de muestra.

El volumen estándar a filtrar es de 100 mL para muestras de agua potable; esto puede distribuirse entre múltiples membranas, si es necesario. Sin embargo, para propósitos especiales de monitoreo como por ejemplo, solución de problemas de calidad del agua o identificación de la penetración de coliformes en bajas concentraciones desde las barreras de tratamiento, puede ser conveniente analizar muestras de 1 litro. Si las partículas impiden que un filtro procese una muestra de 1 L, se divide la muestra en cuatro porciones de 250 mL para su análisis. Sume los conteos de coliformes en cada membrana para informar el número de coliformes por litro. Las muestras que no sean de agua potable deben analizarse utilizando múltiples niveles de dilución (American Water Works Association, 2018).

- Tipos de medios utilizados en filtración por membrana:
  - **Agar Cetrimida:** Medio utilizado para el aislamiento selectivo de *Pseudomonas aeruginosa* y de otras especies del género. Su formulación permite el crecimiento selectivo de *Pseudomonas aeruginosa* y estimula la formación de pigmentos. El cloruro de magnesio y el sulfato de potasio promueven la formación de piocianina, pioverdina, piomelanina y fluoresceína de *P. aeruginosa*. La cetrimida es un detergente catiónico que actúa como agente inhibidor, libera el nitrógeno y el fósforo de las células de casi toda la flora acompañante. (Britania, 2021)
  - **Agar Endo:** El medio se usa para la diferenciación de organismos intestinales fermentadores de lactosa y no fermentadores de lactosa, particularmente durante la confirmación de la prueba presuntiva de coliformes. APHA recomienda Endo Agar como un medio importante en el examen microbiológico de agua y aguas residuales, productos lácteos y alimentos. Endo Agar se utiliza para confirmar la detección y enumeración de bacterias coliformes después de una prueba presuntiva de agua potable. (Aryal, 2022)

➤ **Método de número más probable:**

Se basa en la determinación de presencia o ausencias de un determinado tipo de microorganismo en función de que crezcan o de que produzcan determinada reacción en el medio, en cantidades decrecientes de muestra.

Como medio de cultivo para la prueba presuntiva se utiliza Caldo Lauril Triptosa en volúmenes de 10 mL de concentración simple, para inóculos de 1 mL luego de inoculada la muestra y/o sus diluciones, se incuba a 35°C por 24-48 horas, considerándose como positivos los tubos con presencia de gas y turbidez. de los tubos positivos, se transfiriere una asada o 100ul a tubos con Caldo Bilis verde y Caldo EC que se incubaran a 35°C por 24-48 horas los tubos de Caldo Bilis verde y a 44,5°C durante 24 horas los tubos con Caldo EC. La formación de gas en tubos de Caldo Bilis verde y Caldo EC, se considera como positivo para Coliformes Totales y Coliformes Fecales (Termotolerantes) respectivamente. Luego se hace la lectura del Número más Probable (NMP) en las tablas correspondientes, estimándose como Número más probable (NMP) de Coliformes Totales por 100 mL y NMP de Coliformes Fecales por 100 mL. (Marchand Pajares, 2000)

➤ **Recuento en placa:**

Los recuentos de microorganismos viables se basan en el número de colonias que se desarrollan en placas previamente inoculadas con una cantidad conocida de agua e incubadas en unas condiciones ambientales determinadas. (Rugama, 2010)

Consiste en añadir medio de cultivo fundido y enfriado a 50°C sobre placa de Petri que contiene una cantidad determinada de la muestra. Se tapa la placa y se rota para mezclar la muestra en el agar. Cuando el agar solidifica se incuban las placas. Las colonias se desarrollan tanto dentro del agar como en la superficie. Es un método generalmente utilizado para el recuento de microorganismos anaerobios facultativos o microaerofilos. (Ramírez S Julián A.)

### **5.3.2. Indicadores microbiológicos de la calidad del agua.**

Los indicadores microbiológicos de calidad del agua son organismos que tienen un comportamiento similar a microorganismos patógenos cuya procedencia, concentración, hábitat y reacción a factores externos es la de la mayoría. Los indicadores microbiológicos de contaminación del agua generalmente han sido bacterias de la flora saprófita intestinal, entre las que se encuentran *Bacteroides fragilis*, bacterias mesófilas, coliformes totales, y fecales

[termotolerantes], *Escherichia coli* y estreptococos fecales. Algunas de estas, de origen animal [generalmente de explotaciones pecuarias], representan un alto potencial zoonótico, siendo abundantes estreptococos fecales y parásitos como *Giardia intestinalis* y *Cryptosporidium spp.*, que tienen una mayor resistencia a los procesos de tratamiento y desinfección del agua para consumo humano. (Ríos-Tobón S, 2017)

### **5.3.2.1. Bacterias coliformes totales**

Las bacterias Coliformes, un grupo de bacterias estrechamente relacionadas al suelo, el agua y el tracto intestinal de los animales, se han utilizado como indicadores de condiciones insalubres en la producción de alimentos y bebidas durante más de un siglo. Hoy en día, el recuento de Coliformes es un indicador higiénico frecuente en varias industrias de alimentos y bebidas. El término Coliforme no tiene un estado taxonómico, pero los Coliformes se caracterizan por ser barras anaerobias gramnegativas que no forman esporas, definidas por su capacidad para fermentar la lactosa para producir ácido y / o dióxido de carbono gaseoso. Ejemplos de géneros considerados como coliformes incluyen: *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Escherichia* y *Klebsiella*. (Systems, 2011.)

### **5.3.2.2. Bacterias coliformes termotolerantes**

Los coliformes termotolerantes, 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 de la microbiota normal.

Los coliformes termotolerantes son aquellos coliformes propios del tracto intestinal del hombre y los vertebrados de sangre caliente, que fermentan la lactosa con producción de acidez y gas a 44.5 C°, comprenden a los géneros de *Escherichia* y en menor grado *klebsiella*, *Enterobacter* y *Citrobacter*. (Sotil & Flores, 2017)

#### **5.4. *Escherichia coli***

La bacteria *Escherichia coli* fue inicialmente aislada y descrita por el pediatra alemán Escherich en 1885, quien demostró su existencia como huésped habitual del intestino. La denominó *Bacterium coli commune*, que puede traducirse como “bacteria común del colon”

*E. coli* se caracteriza por poseer bacilos Gram negativos, no esporulante, producción de indol a partir de triptófano, no utilización de citrato como fuente de carbono y no producción de acetoina. Además, fermenta la glucosa y la lactosa con producción de gas (Canet, 2016).

##### **5.4.1. *Escherichia coli* como indicador de contaminación fecal**

*E. coli* es un miembro del grupo de coliformes fecales y es un indicador más específico de contaminación fecal que otros coliformes fecales. Dos factores clave han llevado a la tendencia hacia el uso de *E. coli* como el indicador preferido para la detección de contaminación fecal, no solo en el agua potable, sino también en otras matrices: primero, el hallazgo de que algunos coliformes fecales no eran de origen fecal y, en segundo lugar, el desarrollo de mejores métodos de prueba para *E. coli*

A su vez es el miembro predominante de la porción anaeróbica facultativa de la flora normal del colon humano. El único hábitat natural de la bacteria es el intestino grueso de los animales de sangre caliente y dado que *E. coli*, con algunas excepciones, generalmente no sobrevive bien fuera del tracto intestinal, su presencia en muestras ambientales, alimentos o agua generalmente indica contaminación fecal reciente o malas prácticas de saneamiento en las instalaciones de procesamiento de alimentos. La población de *E. coli* en estas muestras está influenciada por el grado de contaminación fecal, falta de prácticas higiénicas y condiciones de almacenamiento (Odonkor & Ampofo, 2013).

##### **5.4.2. Método de detección.**

La detección de coliformes se utiliza como indicador de la calidad sanitaria del agua o como indicador general de la condición sanitaria en el entorno de procesamiento de alimentos. Los coliformes fecales siguen siendo el indicador estándar de elección para los mariscos y las aguas de recolección de mariscos; y *E. coli* se usa para indicar contaminación fecal reciente o procesamiento antihigiénico. Casi todos los métodos utilizados para detectar *E. coli*, coliformes totales o

coliformes fecales son métodos de enumeración que se basan en la fermentación de lactosa (Feng, et...al, 2020).

#### **5.4.2.1. Número Más Probable (NMP)**

El método del número más probable (NMP) es un ensayo estadístico de varios pasos que consta de fases presuntivas, confirmadas y completadas. En el ensayo, se inoculan diluciones en serie de una muestra en caldo de cultivo. Los analistas puntúan el número de tubos con gas positivo (fermentación de lactosa), a partir de los cuales se realizan las otras 2 fases del ensayo, y luego usan las combinaciones de resultados positivos para consultar una tabla estadística, para estimar el número de organismos presente. Por lo general, solo las primeras 2 fases se realizan en el análisis de coliformes y coliformes fecales, mientras que las 3 fases se realizan para *E. coli* (Feng, et al, 2020).

#### **5.4.2.2. Agar EMB**

El medio de cultivo combina las fórmulas de Holt-Harris y Teague con la de Levine, para obtener un mejor rendimiento en el aislamiento selectivo de enterobacterias y otras especies de bacilos Gram negativos. Es nutritivo por la presencia de peptona que favorece el desarrollo microbiano. La diferenciación entre organismos capaces de utilizar la lactosa y/o sacarosa, y aquellos que son incapaces de hacerlo, está dada por los indicadores eosina y azul de metileno; éstos ejercen un efecto inhibitorio sobre una amplia variedad de bacterias Gram positivas es decir que a su vez posee características selectivas. El agar es el agente solidificante. Muchas cepas de *Escherichia coli* y *Citrobacter spp.* presentan un característico brillo metálico. Las cepas que utilizan la lactosa poseen centro oscuro con periferia azulada o rosada, mientras que las que no lo hacen son incoloras (BRITANIA, 2021).

#### **5.4.2.3. Caldo EC + MUG**

El caldo EC + MUG tiene la misma composición que el caldo EC, pero con la adición de 4 metilumbeliferil-B-D-glucurónido (MUG). Este medio mejora los métodos de detección de coliformes, en particular de *E. coli*, y se utiliza para analizar el agua potable, los sistemas de tratamiento de aguas residuales y, en general, para el monitoreo de la calidad del agua, así como los mariscos y otros alimentos. El medio se puede utilizar a  $35\pm 2$  °C para la detección de organismos coliformes o a 44,5 °C para el aislamiento de *E. coli*. Las sales biliares actúan como



un agente selectivo que inhibe las bacterias gram positivas, los bacilos y los enterococos, pero permite que se desarrolle *E. coli*. Las sales de potasio tienen una alta capacidad tamponadora. La triptosa proporciona los nutrientes para el crecimiento y la lactosa es el carbohidrato fermentable como fuente de carbono y energía. El cloruro de sodio mantiene el equilibrio osmótico. *E. coli* produce la enzima  $\beta$ -D-glucuronidasa que hidroliza el MUG para producir un producto fluorogénico que se puede detectar bajo la luz UV de onda larga (366 nm). La adición de MUG al Caldo EC proporciona otro criterio, además de la respuesta de crecimiento y la producción de gas, para determinar la presencia de *E. coli* en muestras ambientales y de alimentos (Condalab, 2019).

#### **5.4.2.4. Disco ColiComplete**

ColiComplete® contiene 5-bromo-4-cloro-3-indolil- $\beta$  Dgalactopiranosido (X-Gal) y 4-metil umbeliferil- $\beta$  Dglucurónido (MUG). Se añaden discos a tubos de ensayo inoculados con diluciones seleccionadas de muestras. Las muestras se incuban a 35–37 ° y se examinan después de 24 y 48  $\pm$ 2 h para confirmar los coliformes totales y después de 30  $\pm$ 2 h para confirmar los resultados de *E. coli*. La  $\beta$ -galactosidasa, de los coliformes presentes en las muestras, escinde X-Gal en el intermedio 5-bromo-4-cloro indoxilo que se oxida para producir un dímero azul insoluble en agua, detectable visualmente en el disco o en el medio circundante como resultado positivo confirmado para la actividad de coliformes totales. La  $\beta$ -glucuronidasa, de *E. coli* presente en las muestras, escinde MUG en glucurónido y metil umbeliferona que emite fluorescencia bajo la luz ultravioleta de onda larga (366 nm) como resultado positivo confirmado para la presencia de *E. coli*.

Como *E. coli* O157:H7 no produce  $\beta$ -glucuronidasa, ColiComplete® no es adecuado para la detección de *E. coli* O157:H7 (Millipore, 2020).

#### **5.4.2.5. Colilert**

La prueba Colilert utiliza tecnología de sustrato definido (DST) patentada para detectar simultáneamente coliformes totales y *E. coli*. Dos indicadores de nutrientes, ONPG y MUG, son las fuentes principales de carbono en Colilert y pueden metabolizarse con la enzima coliforme  $\beta$ -galactosidasa y la enzima *E. coli*  $\beta$ -glucuronidasa, respectivamente.

Como los coliformes crecen en la prueba Colilert, usan  $\beta$ -galactosidasa para metabolizar ONPG y cambiarlo de incoloro a amarillo. La *E. coli* usa  $\beta$ -glucuronidasa para metabolizar el MUG y crear fluorescencia. Como la mayoría de los no coliformes no poseen estas enzimas, no pueden crecer ni interferir. Los escasos no coliformes que sí tienen estas enzimas están suprimidos de manera selectiva por la matriz formulada específicamente para la prueba Colilert (IDEXX, 2022).

#### **5.4.2.6. Colitag**

Colitag es un medio selectivo y diferencial para la determinación simultánea de la presencia, ausencia o enumeración de *E. coli* y otros coliformes totales en el agua. Colitag está diseñado para su uso en la encuesta y los programas de control de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos de conformidad con La Ley de Agua Potable Segura. El sistema de prueba está diseñado para su uso por parte de personal familiarizado con técnicas de asepsia adecuadas para la identificación de los coliformes totales y la *E. coli*.

Colitag detecta coliformes totales y *E. coli* mediante la identificación de dos enzimas,  $\beta$ -galactosidasa y  $\beta$ -glucuronidasa, respectivamente. Si hay bacterias coliformes totales en la muestra, la  $\beta$ -galactosidasa, una enzima producida por las bacterias coliformes totales, hidrolizará el indicador cromogénico orto-nitrofenil- $\beta$ -D-galactopiranosido (ONPG) para liberar un compuesto de color amarillo.

Si hay *E. coli* presente, la enzima  $\beta$ -glucuronidasa producida por las células de *E. coli* hidroliza el indicador fluorogénico 4-metilumbeliferil- $\beta$ -D-glucurónido (MUG) para liberar un compuesto que brilla cuando se expone a la luz ultravioleta. *E. coli* posee ambas enzimas, por lo que la muestra tendrá un color amarillo y exhibirá fluorescencia cuando haya presencia de *E. coli* (NEOGEN, 2022).

## **5.5. Normativa 066 – Manual para la vigilancia sanitaria del agua para consumo humano**

El agua es un recurso de suma importancia en todos los países, las autoridades sanitarias deben encargarse que el agua que es suministrada a los hogares sea de buena calidad. Es por ello que se crea la normativa 066 de Ministerio de Salud (MINSAL) en Nicaragua que nos dice: “Desde el punto de vista de salud, la población debe recibir agua en condición potable para su consumo por la importancia que ejerce como vehículo transmisor de enfermedades; tradicionalmente, los mayores riesgos para la salud pública asociados al consumo de agua han sido de tipo microbiológico, hoy en día los riesgos químicos asociados al consumo de agua emergen fuertemente y deben ser tomados muy en cuenta en la vigilancia de la calidad del agua.” (MINSAL, 2011, p.6).

Cabe mencionar que este manual tiene como objetivo facilitar al personal de salud los elementos científico y técnicos para la ejecución del plan de Vigilancia Sanitaria del Agua para Consumo humano y es aplicable a todos los acueductos, urbanos y rurales; municipales, comunitarios, estatales y privados del país.

Los puntos más importantes que aborda el manual en cuanto a los parámetros prioritarios son 3, muestreo de cloro residual, muestreo bacteriológico y muestreo físico-químico.

Al respecto de los análisis para determinación de cloro residual el MINSAL (2011) nos dice: “El análisis de la muestra para determinar el cloro residual libre, debe realizarse en el almacenamiento domiciliar, en los sistemas de abastecimiento de agua de consumo humano administrado por ENACAL, las municipalidades, los comités de agua potable que realicen la actividad de cloración y sistema privado de abastecimiento, incluye cárceles, residenciales privados, complejos hoteleros, etc.” (p. 23).

Otro tipo de muestra importante es la muestra para el análisis bacteriológico, la cual es tomada luego de seleccionar adecuadamente los puntos y tomar en cuenta las condiciones de los mismos. De igual forma el MINSAL (2011) expone: “El muestreo para análisis bacteriológicos se refiere exclusivamente a la toma de muestras de agua para su análisis en el laboratorio para la determinación de microorganismos. Las muestras se toman en puntos debidamente seleccionados y representativos de todo el sistema comprobando si los resultados cumplen con los parámetros bacteriológicos que la hacen apta para el consumo humano.” (p. 23). Véase Anexo #5, Tabla #1.

Un número significativo de algunos serios problemas, puede ocurrir debido a la contaminación química del agua, tanto en las fuentes como en cualquier punto del sistema de abastecimiento. Tal contaminación, ya sea por causas naturales (ciclo hidrológico) o causas antropogénicas (Industrias, minerías, mal uso agrícola, etc.), genera molestias y trastornos al hombre, como también daños al equipo y accesorios del sistema de abastecimiento de agua potable.

Cabe mencionar que la Normativa 066 es basada en la Norma CAPRE, es por eso que la normativa menciona que muchos parámetros se comprueban con valores establecidos en la Norma CAPRE. El MINSA (2011) nos dice al respecto: “Es recomendable realizar un análisis físico químico completo en todas las fuentes de abastecimiento de agua de los acueductos del país. El muestreo para análisis físico químico se refiere exclusivamente a la toma de muestras de agua para análisis en el laboratorio para la determinación de parámetros físicos químicos. Las muestras se toman en las fuentes de abastecimiento de los acueductos. Comprobando si los resultados obtenidos del análisis cumplen con las normas de calidad establecidas en las normas de calidad del agua (CAPRE).” (p. 24). Véase Anexo #5, Tabla #2.

## VI. PREGUNTAS DIRECTRICES

1. ¿Cuál es la calidad físico-química del agua de consumo humano muestreada en centros educativos del municipio El Crucero, Managua obtenida por el método de campo?
2. ¿Se explicaron los indicadores microbiológicos de calidad de agua de consumo humano establecidos por la normativa 066 del MINSA por medio de la técnica de NPM?
3. ¿Se demostró la presencia de *E. coli* en las muestras de agua de consumo humano utilizando agar EMB, EC + MUG y pruebas bioquímicas complementarias?
4. ¿Cuál es el perfil de susceptibilidad a los antimicrobianos de las cepas aisladas en las muestras de agua de consumo humano positivas para coliformes termotolerantes?

## VII. DISEÑO METODOLÓGICO

El diseño metodológico es la ruta trazada la cual se seguirá para solucionar las problemáticas planteadas en la investigación. Es acá en donde se especifican los métodos, instrumentos para la recolección de información y como fue procesada. Al respecto Hernández, et. al (2014) exponen: “El término diseño se refiere al plan o estrategia concebida para obtener la información que se desea con el fin de responder al planteamiento del problema” (p. 128).

### 7.1. Área de estudio

Centros educativos ubicados en el Municipio de El Crucero, Managua.

### 7.2. Tipo de investigación

La investigación es de tipo **no experimental cuantitativa** porque se analiza un fenómeno en su ambiente natural sin que sea manipulado intencionalmente, como lo es la calidad del agua proveniente de grifos de centros educativos del Municipio, El Crucero-Managua para lograr establecer consecuencias de parámetros inadecuados en cuanto a calidad se refiere. Hernández, et.al (2014) refiere: “Podría definirse como la investigación que se realiza sin manipular deliberadamente variables. Es decir, se trata de estudios en los que no hacemos variar en forma intencional las variables independientes para ver su efecto sobre otras variables. Lo que hacemos en la investigación no experimental es observar fenómenos tal como se dan en su contexto natural, para analizarlos” (p. 152).

### 7.3. Tipo de estudio

La investigación es tipo **Transversal** pues se realizó de agosto - octubre del año 2022, lapso de tiempo menor a 1 año en escuelas del Municipio de El Crucero. Ríos (2017) nos dice: “realiza la recolección de datos en un corto periodo o un determinado punto del tiempo” (p. 85). la investigación también es **Descriptiva** pues, se describirán fenómenos relacionados a la calidad del agua que consumen los estudiantes de las escuelas públicas del Municipio de El Crucero. Hernández, et. al (2014) exponen: “El procedimiento consiste en ubicar en una o diversas variables a un grupo de personas u otros seres vivos, objetos, situaciones, contextos, fenómenos, comunidades, etc., y proporcionar su descripción” (p. 155).

#### 7.4. Universo y muestra

**Universo:** 50 grifos de aguas de consumo distribuidos en centros educativos privados o públicos con modalidad de primaria y secundaria del Municipio de el Crucero-Managua, Nicaragua.

**Muestra:** 14 muestras de aguas de consumo humano provenientes de grifos distribuidos en 8 centros educativos privados o públicos con modalidad de primaria y secundaria del Municipio de El Crucero-Managua, Nicaragua.

#### 7.5. Método

La investigación utilizo el método **Deductivo** pues se desarrolló de tal forma que mediante a la deducción de hechos generales (El sistema de suministro de agua en las escuelas públicas del Municipio de El Crucero tiene una baja calidad físico-química y microbiológica) se llegó a respuestas lógicas que sean aplicadas a sujetos particulares con criterios que se abarquen en esta investigación. Rodríguez & Pérez (2017) exponen: “Las generalizaciones son puntos de partida para realizar inferencias mentales y arribar a nuevas conclusiones lógicas para casos particulares. Consiste en inferir soluciones o características concretas a partir de generalizaciones, principios, leyes o definiciones universales” (p. 11).

#### 7.6. Técnicas e instrumentos de la investigación

Se utilizó la **técnica de investigación documental** para la elaboración de partes fundamentales de la investigación, como los antecedentes, introducción y el marco teórico. Esta técnica de investigación es caracterizada por la búsqueda de bibliografía que valide todo el proceso de investigación, esta información puede provenir de libros, documentos en línea, revistas y otras fuentes. Se dice que: “la investigación documental es un procedimiento científico, un proceso sistemático de indagación, recolección, organización, análisis e interpretación de información o datos en torno a un determinado tema” (Alfonso, 1995 como se citó en Rizo, 2015, p. 20). Para la elaboración del diseño metodológico y la obtención de datos para realizar los Gráficos y los posteriores resultados fueron utilizados dos instrumentos. El primero fue, la **guía de observación** en donde se anotaron los datos recolectados en las visitas a las escuelas y la realización del muestreo, los datos recolectados nos dieron información sobre la infraestructura de los centros, cómo se encontraban los alrededores de los grifos muestreados, la presencia de animales y si poseían las características necesarias para ser parte del estudio, como por ejemplo el que tuvieran

grifos para consumo humano, pilas o tanques de almacenamiento, etc. Estos datos sirvieron para realizar tablas y a su vez Gráficos. Ríos (2017) expone: “Registra información primaria sobre un hecho o fenómeno observable (acontecimientos, características, comportamientos, etc.), sin que esto signifique preguntar” (p. 102).

A su vez como segundo instrumento se hizo uso de la **Encuesta**, ya que por medio de este instrumento se logró recopilar datos de importancia en un tiempo reducido, estos datos ayudaron a recolectar información sobre el uso del agua que provenía de los grifos y a su vez de la red de aguas del municipio, las razones por la cual muchos de los estudiantes no bebían agua de los grifos y si habían tenido malestares por el posible consumo de agua suministrada por los grifos muestreados. Ruiz (2010) nos dice: “La encuesta es una pesquisa o averiguación en la que se emplean cuestionarios para conocer la opinión pública. Consiste en el acopio de testimonios orales y escritos de personas vivas” (p. 117).

#### **7.7. Tipo de muestreo**

El muestreo fue de tipo **No probabilístico** pues la selección de unidades para el análisis depende de la decisión del investigador y **por conveniencia** en donde las muestras fueron seleccionadas por la accesibilidad que se disponía de las mismas y por el cumplimiento de los criterios de inclusión. “En casos en donde el muestreo es accesible y a su vez acepten ser incluidos, es cuando optamos por un muestreo no probabilístico por conveniencia” (Otzen & Manterola, 2017, p. 230).

#### **7.8. Criterios de inclusión**

- Muestras de aguas de consumo humano provenientes de grifos usados para el consumo humano en centros educativos únicamente del Municipio de El Crucero-Managua.
- Muestras de aguas de consumo humano provenientes de grifos que se encuentren dentro de los centros educativos del Municipio de El Crucero.
- Muestras de aguas de consumo humano de grifos de pilas o tanques de almacenamiento como contramedida a la falta de suministro de agua.



### **7.9. Criterios de exclusión**

- Muestras de aguas de consumo humano procedentes de grifos de centros educativos que no pertenezcan al Municipio de El Crucero-Managua.
- Muestras de aguas de consumo humano procedentes de grifos que se encuentren en las afueras de los centros educativos seleccionados.
- Muestras de aguas de consumo humano procedentes de grifos que provengan de pilas o tanques de almacenamiento de agua con única finalidad el aseo o higiene de los alumnos o del centro educativo.

### **7.10. Análisis y procesamiento de la información**

Para la siguiente investigación se tomaron los datos directamente de las fichas de campo utilizadas a la hora del muestreo, así también la ficha proporcionó un espacio para los resultados que serán obtenidos del mismo instrumento. Dichos datos se organizaron y trabajaron en Microsoft Excel, así como también en Microsoft Word para la realización del trabajo final.

### **7.11. Plan de tabulación**

Con los datos ya registrados en Microsoft Excel se trabajará haciendo uso de las herramientas que el programa provee ya sea para realizar tablas, Gráficos y cálculos que se ocuparán para el análisis y discusión de los resultados.

### **7.12 Ética de la investigación**

La presente investigación se realizó con el respaldo del Centro Nacional de Diagnóstico y Referencia (CNDR) y Ministerio de Salud (MINSA), los cuales nos proporcionaron transporte, personal que nos acompañó a los diferentes puntos de muestreo, medios de cultivo, cepas de control, reactivos y materiales varios. Esta tesis se realizó únicamente para fines académicos e investigativos, los diferentes sitios de muestreo serán sustituidos por variables para mantener la anonimidad y confidencialidad.

### **7.13 Materiales y equipo para el muestreo físico-químico**

Materiales:

- Guantes
- Equipo para análisis físico-químico Hach
- Medidor de cloro residual

### **7.14 Muestreo y análisis físico químico:**

#### **7.14.1 Recolección de muestra.**

De los grifos ubicados dentro de los centros escolares se tomó como referencia los grifos que utilizan habitualmente los estudiantes del mismo, de este se recolecto una pequeña cantidad de agua en el recipiente que viene incluido con el equipo Hach con el cual medimos pH, temperatura, salinidad, conductividad y TDS en conjunto con el medidor de cloro residual para dar paso al análisis físico químico, en el caso del equipo de cloro residual se hace uso de una pastilla para revelar si hay presencia o ausencia del mismo, esta reacciona al entrar en contacto con el agua recolectada y da una coloración roja o rosado dependiendo de la cantidad de cloro encontrado, en ausencia del mismo no se obtendrá una reacción en el color. Una vez terminado los análisis se lava con agua destilada tanto el recipiente del equipo Hach como el cabezal del mismo, así también el medidor de cloro residual.

#### **7.14.2 Análisis físico químico**

Los diferentes análisis realizados en el estudio físico químicos nos proporcionan una guía de como ciertos elementos y desbalances podrían repercutir en la calidad del agua de consumo de estos centros de estudio.

Este análisis se realizó con equipos de campo especializados para medir los siguientes parámetros:

- PH
- Conductividad
- Solidos totales disueltos
- Salinidad
- Temperatura
- Cloro residual

El pH nos indica la acidez del agua, se puede obtener un rango de 0-14, siendo 7 un rango neutro por lo cual un pH menos nos indica acidez y uno mayor a 7 indica que el agua es básica.

La conductividad se mide en microsiemens ( $\mu\text{S}$ ) esto permite evaluar el desempeño de equipos de desmineralización, basados en ósmosis inversa, resinas de intercambio iónico, destilación y electro deionización.

En el caso de los sólidos totales disueltos (TDS) su unidad de medida es partes por millón (Ppm) hacen referencia a materia suspendida o disuelta en agua estos afectan de manera negativa la calidad del agua, es decir las aguas cargadas o abundantes en TDS producen una reacción desfavorable al consumidor por su baja palatabilidad.

La salinidad en aguas potables se mide en partes por millón, como sólidos disueltos (ppm) en el agua las sales se disocian como cationes y aniones, siendo estas partículas cargadas eléctricamente, las que permiten la conducción de la electricidad. A mayor salinidad mayor conductividad.

En el caso de la temperatura la unidad de medida puede variar entre  $^{\circ}\text{C}$  centígrados o Fahrenheit  $^{\circ}\text{F}$ . La temperatura es la más sujeta a cambios ya sea por la profundidad del pozo o tubería, así como altura.

El cloro por otro lado es un factor muy importante en aguas de consumo ya que con las cantidades optimas se logra un agua más estable para el consumo humano sin tantos microorganismos, el cloro residual es el remanente del mismo que queda disponible en el agua luego de su desinfección, la concentración recomendada según normativa 066 MINSA es de 0.5 a 1.0mg/l.

#### **7.15 Materiales para el muestreo microbiológico:**

- Bolsas estériles
- Agua destilada
- Alcohol
- Gasas
- Guantes

### **7.16 Muestreo microbiológico:**

#### **✓ recolección de muestra.**

Las muestras de agua se recolectaron de diferentes grifos dentro de los centros escolares obteniendo como total de 14 muestras de agua recolectadas en 8 centros educativos, las muestras se tomaron de uno o dos grifos que fuesen de uso común de los estudiantes resultando así con una o dos muestras por escuela.

Se identifica la toma o las tomas de agua de las cuales hacían uso los estudiantes acto seguido haciendo uso de guantes como barrera de protección se procede a desinfectar el grifo con alcohol frotando con las gasas para quitar cualquier contaminante interno y externo, dejamos correr el agua por 2 minutos para eliminar el agua que pueda quedar estancada en la tubería y tomamos la muestra trascurrido el tiempo en las bolsas estériles, las cuales se les rotulara con nombre del lugar, hora y fecha.

### **7.17 Transporte y recepción de las muestras:**

Terminado la recolección de muestras se procedió al transporte en un termo limpio con refrigerantes cuidando así la temperatura se mantuviese entre los 8°C-10°C colocando las bolsas en la gradilla para mantenerlas aseguradas y evitar así derrames o rupturas en el momento de trasladarlas al CNDR para así darles ingreso.

Al momento de entregar las muestras se entregó con ellas una ficha técnica con toda la información correspondiente, al recepcionarse las muestras se les otorgo un código interno para la identificación y procesamiento, las muestras fueron analizadas día siguiente de llevarlas al centro por factor tiempo ya que las recolecciones terminaban tarde quedando en refrigeración a 4°C-8°C.

## 7.18 Materiales para análisis microbiológico de aguas recolectadas:

- Pipetas
- Caldo lauril
- Caldo lauril simple
- Caldo EC
- Caldo bilis verde
- Caldo Ec + Mug
- Agar EMB
- Pruebas Bioquímicas
- Agar Mac
- Agar MH
- Sensidiscos

## 7.19 Análisis microbiológico

### 7.19.1 Método de número más probable:

#### ✓ Fase presuntiva:

- Se organizaron los tubos a utilizar en gradillas.
- Se rotularon previamente los tubos a utilizar con los códigos de cada una de las muestras recolectadas.
- Se realizó una serie de 15 que consta de 10 tubos de lauril concentrado y 10 de lauril simple
- Se utilizaron 10ml para los de lauril concentrado, 1 ml para 5 tubos de lauril simple y para otros 5 tubo de lauril simple 0.1ml incubando a  $34^{\circ}\text{C} \pm$  de 24-48 horas. 11

#### ✓ Lectura y resiembra:

- Los medios de cultivo de caldo lauril inoculados que resultaron positivos trascurrido el tiempo se resembraron a caldo Ec y caldo bilis verde utilizando 100ul para cada uno de los traspasos.
- El caldo EC fue incubado a  $44^{\circ}\text{C} \pm 1$  y el caldo Bilis verde a  $34^{\circ}\text{C} \pm 1$  por 24 horas.
- Los tubos positivos en caldo bilis verde serán utilizados para dar un estimado de coliformes totales haciendo uso de la tabla de número más probable, posteriormente descartados.
- El recuento de tubos inoculados en caldo EC que sean positivos serán utilizados para dar un estimado de coliformes termotolerantes o termoestables haciendo uso de la tabla de número más probable, posteriormente estos se utilizaran en la siguiente fase para la detección de *E. coli*.

### 7.19.2 Proceso de identificación de *E. coli*

#### ✓ EC+mug.

- Teniendo en cuenta que el caldo EC es para la identificación de bacterias termotolerantes como lo es una de ellas *E. coli* proseguimos a la identificación de está utilizando el caldo Ec + Mug.
- Utilizando 100ul del caldo Ec positivo se traspasó a caldo EC+mug incubando a  $37^{\circ}\text{C} \pm 2$  por 24-48 horas.
- Una vez transcurrido el tiempo se hace una lectura del caldo EC+mug con una lámpara de luz UV si el color cambia a azul turquesa es positivo.

#### ✓ Agar Emb

- Con los caldos EC+mug que resultaron positivos se hace una siembra en agar Emb.
- Tomando una asada del caldo Ec+ Mug se inocula en el agar Emb en plato Petri haciendo un rayado por agotamiento de estrías, esterilizando el aza en el penúltimo rayado para así lograr un aislamiento más puro de las colonias.
- Una vez inoculado el agar Emb se incuba a  $34^{\circ} \pm 2$  por 18-24 horas.
- Siendo positivo para *E. coli* las colonias que se tornen con un brillo metálico color verde.
- Pasando una colonia característica a dos medios TSA para así proseguir a realizar otras pruebas.

### 7.19.3 Confirmación por medio de pruebas bioquímicas.

- Teniendo la colonia característica reaislada en agar TSA se tomó una colonia de este para realizar una serie de pruebas bioquímicas para confirmar con las reacciones características la presencia o ausencia de la bacteria *E. coli*.
- Las pruebas bioquímicas utilizadas se les llamara IMVIC (Indol, rojo de metilo, voges-proskauer y citrato) las reacciones esperadas son positivo para Indol y rojo de metilo, negativo para Voges-Proskauer y citrato, se utiliza de igual manera TSI y LIA esperando reacciones A/Ag o A/A en TSI y K/Kg o K/K en LIA.
- Una vez teniendo las reacciones esperadas, se trasladó al área de bacteriología para la realización de otras pruebas bioquímicas para una identificación más específica.

## **7.20 Reconfirmación de cepas *E. coli* en laboratorio de bacteriología del Centro Nacional de Diagnóstico y Referencia:**

- De las colonias frescas reaisladas en medio TSA se selecciona una de cada cultivo respectivamente para realizar batería completa de pruebas bioquímicas TSI, LIA, MIO, CITRATO, VP, RM.
- Se agregaron pruebas bioquímicas complementarias tales como sacarosa, malonato, Ornitina y lisina según manual de procedimientos de bacteriología médica edición 2004.
- Estas se incubaron por 24-48 horas ya que podemos tener una bacteria de reacción lenta por lo que se puede hacer lectura a 24 horas y luego a 48 horas.
- Teniendo las reacciones de las pruebas bioquímicas más representativas que nos indiquen que es una *E. coli* tales como:
  - TSI: A/Ag o A/A, LIA: K/Kg o K/K, Movilidad: +, Indol: +, Ornitina: V citrato negativo se procede a realizarles un perfil de resistencia.

### **7.20.1 Perfil de resistencia**

- Con las colonias aisladas en medio TSA que no ha sido utilizado para ninguna otra prueba realizamos el perfil de resistencia, ya que tiene que ser un medio puro sin manipulación para evitar contaminación de otras bacterias.
- Con la ayuda de un Densichek se prepara un inóculo dentro de la escala de McFarland (0.5).
- Se inóculo en agar Müller Hinton medio de cultivo recomendado universalmente para la realización de la prueba de sensibilidad a los antimicrobianos.
- Dejamos que el medio absorba un poco el inóculo y proseguimos a colocar los discos de difusión de antibióticos.
- Se realizó un perfil completo de búsqueda de mecanismos de resistencia, BLEE, resistencia a carbapenémicos, aminoglucósidos y fluoroquinolonas.
- Utilizando los discos de FOX, CAZ, AMC, CRO, IMP, MEM.
- Se incubó a 35°C por 24 horas.
- Trascurrido el tiempo y haciendo uso de la tabla de corte de antibióticos se midieron los halos obtenidos y así diferenciamos si el antibiótico en cuestión está sensible, resistente o intermedio.

## 7.21 Operacionalización de variables

Variables	Sub variables	Definición Operacional	Indicadores	Valores
Pruebas de campo	Temperatura	Grado o nivel térmico que posee la muestra de agua.	Grados Celsius en los que se encuentra la muestra de agua.  Solo se considera que el agua es muy caliente por encima de los 30 °C	Recomendado por la Normativa 066:  18 – 30 °C
	pH	Medida del grado de acidez o de alcalinidad de una sustancia o solución.	Nivel de acidez o alcalinidad del agua.  Se considera un agua ácida por debajo de los 6.5  Se considera un agua muy alcalina cuando supera los 8.5	Permitidos por la Normativa 066:  6.5 – 8.5
	Cloro residual	Es el remanente del cloro del agua después de que este ya haya pasado por el proceso de desinfectar a la misma	Niveles de cloro en el agua.  Los niveles por debajo de 0.5 Mg/l de cloro residual indican un mal proceso de cloración.  Los niveles por encima de 1.0 Mg/l de cloro residual nos indican un uso	Permitidos por la Normativa 066:  0.5 – 1.0 Mg/l



			excesivo de cloro al momento de realizar la cloración del agua.	
	Conductividad	Es la capacidad del agua de poder conducir una corriente eléctrica a través de iones disueltos.	<p>Niveles de iones disueltos en el agua (Na<sup>+</sup>, Ca<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, etc.) y su capacidad para conducir corrientes eléctricas.</p> <p>Los niveles de conductividad por encima de los 400Us/cm nos indican una cantidad excesiva de iones disueltos en el agua y la gran capacidad de conducir corriente eléctrica.</p>	<p>Permitidos por la Normativa 066:</p> <p>400 Us/cm</p>
	Solidos Totales Disueltos	Combinación de las sustancias orgánicas e inorgánicas que se encuentran en una suspensión. En este caso, las muestras de agua.	<p>Niveles en la concentración de diferentes tipos de compuestos en las muestras de agua.</p> <p>Los niveles superiores a 1000 Mg/l de STD nos indican la presencia de materia sólida inorgánica como metales y orgánica como restos de</p>	<p>Permitidos en la Normativa 066:</p> <p>Hasta 1000 Mg/L</p>

			árboles disueltos en el agua.	
Indicadores de calidad	Coliformes totales	Grupo de bacterias gram negativas indicadoras de la calidad de las aguas.	Presencia de contaminación por bacterias del grupo C.T.  Valores > 4 NPM/100 ml nos indican contaminación del agua por coliformes totales, mayormente contaminación ambiental.	Recomendado: Negativo  Valor Máximo Admisible: ≤ 4 NMP/100 ml
	Coliformes termotolerantes	Grupo de bacterias de origen intestinal con capacidad de crecer a temperaturas altas y adecuarse a ellas. Son otro indicador de calidad del agua.	Presencia de contaminación por bacterias del grupo de C.T.T posiblemente de origen fecal.  La mínima presencia de coliformes termotolerantes nos indica contaminación fecal en las aguas.	Recomendado: Negativo  Valor Máximo Admisible: Negativo

Pruebas de identificación	Características morfológicas	Características que posee una colonia bacteriana al crecer en un determinado medio de cultivo.	Presencia de la capacidad de las bacterias en utilizar la lactosa y/o sacarosa la cual por medio de indicadores resulta en singulares características macroscópicas.	Hubo crecimiento característico  Hubo crecimiento no característico  No hubo crecimiento bacteriano
	Características bioquímicas	Reacciones metabólicas de la colonia que se pueden observar al ser inoculadas en medios específicos.	Reacciones obtenidas después de la metabolización de los sustratos y evidencia de la presencia o ausencia de enzimas bacterianas.	IMVIC (M[+]I[+]O[+], Citrato [-], RM [+] y VP [-]) característico para <i>E. coli</i>  IMVIC (M[-]I[-]O[-], Citrato [+], RM [-] y VP [+]) no característico para <i>E. coli</i> .

	EC + MUG	Medio recomendado para la detección de <i>E. coli</i> proveniente de muestras de agua que hayan sido procesadas ya sea por filtración de membrana o NMP utilizando como indicador de positividad la presencia de fluorescencia en luz UV.	Presencia de contaminación por <i>E. coli</i> , principal indicador de contaminación fecal. El mayor indicador es la presencia de fluorescencia al exponer el tubo de EC + MUG a luz ultravioleta.  La presencia de <i>E. coli</i> es negativa por la ausencia de fluorescencia al exponer el tubo de EC + MUG a luz ultravioleta.	Hubo crecimiento característico en caldo EC + MUG.  No hubo crecimiento característico.  No hubo crecimiento bacteriano.
Pruebas de susceptibilidad	Características fenotípicas	Características que presenta una bacteria ante una prueba de susceptibilidad normalmente por el método de Kirby y Bauer	Susceptibilidad indicada por la presencia de halos de inhibición (en mm) superior a lo establecido en los diferentes antibióticos utilizados.	Categorías interpretativas y puntos de corte de diámetro de zona, mm entero más cercano:  S: Sensible  I: Intermedio  R: Resistente

			<p>Según la tabla 2A del manual M100 de la CLSI 2022</p> <p>FOX: <math>\geq 18</math></p> <p>CAZ: <math>\geq 21</math></p> <p>AMC: <math>\geq 18</math></p> <p>CTX: <math>\geq 26</math></p> <p>MEM: <math>\geq 23</math></p> <p>IMP: <math>\geq 23</math></p> <p>SXT: <math>\geq 16</math></p> <p>CIP: <math>\geq 26</math></p> <p>LVX: <math>\geq 21</math></p> <p>NA: <math>\geq 19</math></p> <p>AN: <math>\geq 17</math></p> <p>GM: <math>\geq 15</math></p> <p>FEP: <math>\geq 25</math></p> <p>ETP: <math>\geq 22</math></p> <p>TZP: <math>\geq 25</math></p> <p>ATM: <math>\geq 21</math></p> <p>Se percibe resistencia con la presencia de halos de inhibición (en mm) inferior a lo establecido como susceptible o ausencia total del halo en los diferentes antibióticos utilizados.</p>	
--	--	--	---	--

			<p>Según la tabla 2A del manual M100 de la CLSI 2022</p> <p>FOX: ≤ 14</p> <p>CAZ: ≤ 17</p> <p>AMC: ≤ 13</p> <p>CTX: ≤ 22</p> <p>MEM: ≤ 19</p> <p>IMP: ≤ 19</p> <p>SXT: ≤ 10</p> <p>CIP: ≤ 21</p> <p>LVX: ≤ 16</p> <p>NA: ≤ 13</p> <p>AN: ≤ 14</p> <p>GM: ≤ 12</p> <p>FEP: ≤ 18</p> <p>ETP: ≤ 18</p> <p>TZP: ≤ 20</p> <p>ATM: ≤ 17</p> <p>FEP: ≤ 18</p> <p>ETP: ≤ 18</p> <p>TZP: ≤ 20</p> <p>ATM: ≤ 17</p>	
--	--	--	---	--

## **VIII. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS**

La investigación se realizó en dos momentos distintos, es decir, se hicieron dos muestreos con un intervalo de tiempo corto entre los dos muestreos. Esto, con la finalidad de poder abarcar todos los centros educativos que cumplieran con los criterios de inclusión, cabe mencionar que muchos de los centros educativos se localizaban lejos del centro urbano y en comunidades rurales en donde se tomaba mucho tiempo en llegar. Los centros educativos tenían que cumplir con los criterios de inclusión como el consumo de agua proveniente de la red de distribución y no agua purificada o bien que los niños solamente consumieran el agua suministrada por la red y no únicamente proveniente de sus hogares.

Los nombres de las escuelas se mantendrán en el anonimato, solamente se le asignará un código, esto por motivo de confidencialidad en cuanto al laboratorio de aguas y alimentos del CNDR. Fueron 8 los centros educativos que cumplieron con los criterios de inclusión.

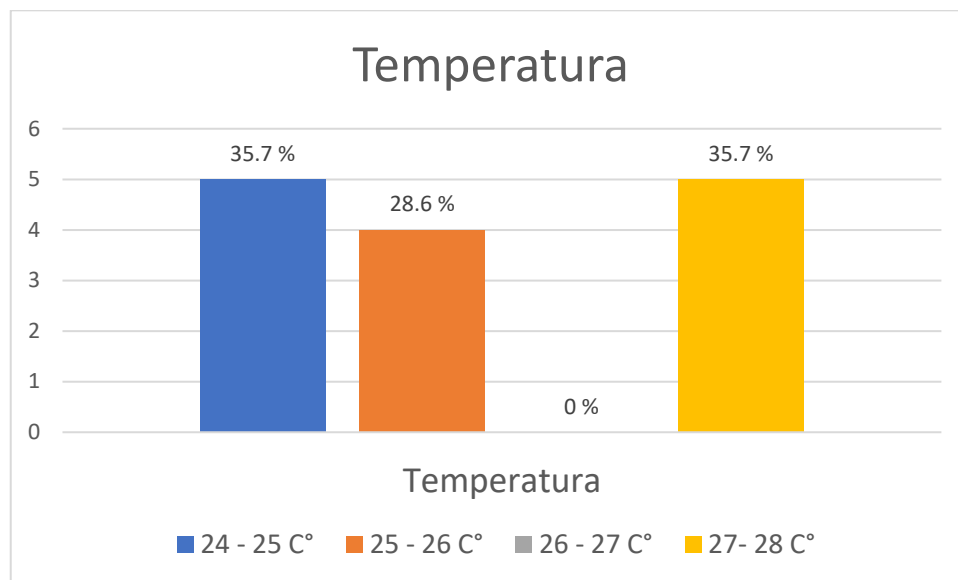
### **8.1. Calidad físico-química del agua de consumo humano en centros educativos del Municipio El Crucero, Managua a través de métodos de campo.**

Los parámetros físico-químicos que se evaluaron en las muestras obtenidas de los grifos de los distintos centros educativos fueron: temperatura, pH, cloro residual, conductividad y Sol. To. Disueltos.

#### **8.1.1 Temperatura en aguas de consumo humano obtenida de grifos ubicados dentro de centros educativos del Municipio El Crucero, Managua a través de métodos de campo.**

De las 14 muestras procedentes de grifos distribuidos en los 8 centros educativos que se les realizó el análisis físico-químico de campo al agua que es suministrada, el 100% cumplen con los parámetros de °T. Se observaron que las temperaturas oscilaban de los 27.9°C siendo esta la temperatura máxima y los 24.5°C la temperatura más baja. Todas las muestras provenientes los grifos de los centros educativos cumplían con la temperatura adecuada, al ser el Crucero un Municipio caracterizado por sus temperaturas frías es normal esta temperatura en las muestras obtenidas, como podemos apreciar en la Grafica 1.

**Gráfica 1.** *Temperatura de las muestras de agua tomadas de grifos de los centros educativos del Municipio de El Crucero.*



Nota: Figura elaborado en base a base de datos recolectado en el trabajo de campo y es elaboracion propia.

Los problemas como sabor, olor, color y corrosión en el agua, se incrementan por las altas temperaturas proliferando así los microorganismos refrente a esto la OMS, (2011) nos dice “las temperaturas altas del agua potencia la proliferación de microorganismos y puede incrementar los problemas de sabor, olor, color y corrosión”(p. 269).

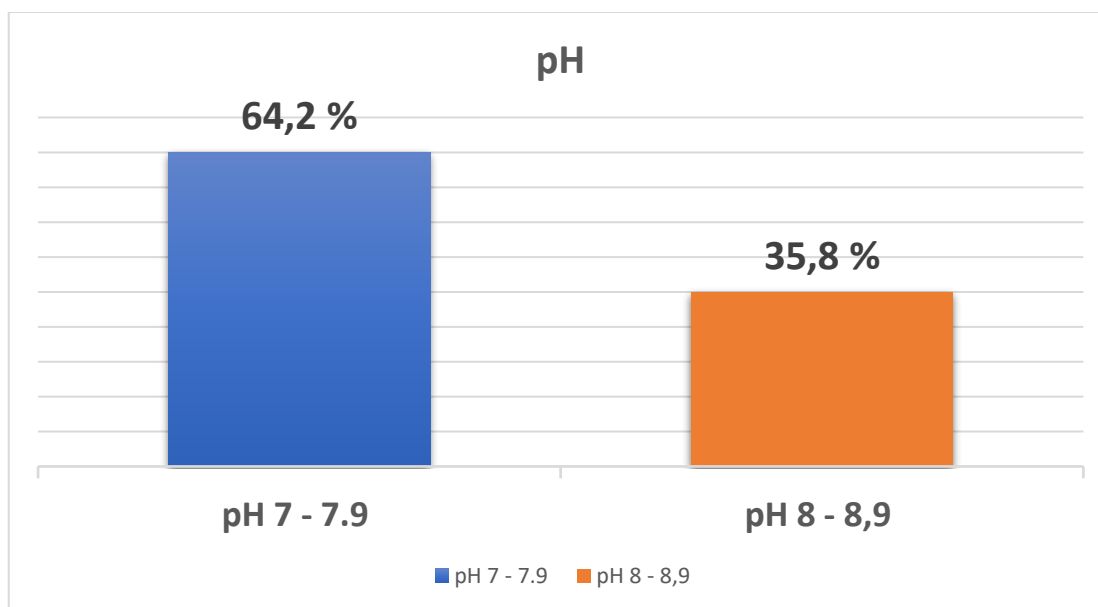
En el caso de Nicaragua la normativa 066 del Minsa establece un rango de temperatura del agua que oscila entre los 18° a 30°C, en el estudio realizado se evidencia que los rangos estan conforme a lo establecido al limite maximo permitido. Estos resultados se asemanan en los encontrados en el estudio de Cava & Ramos (2016) en donde “Según los resultados obtenidos y comparados con los límites máximos permisibles que es de 25°C se determinó que la temperatura en el agua de consumo de la localidad de Las Juntas del distrito de Pacora está dentro de los límites establecidos por el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, Decreto Supremo N° 031-2010-SA del Ministerio de Salud” (p.45).



### 8.1.2. Potencial de Hidrogeno (pH) en aguas de consumo humano obtenidas de grifos ubicados dentro de centros educativos del Municipio El Crucero, Managua a través de métodos de campo.

El potencial de Hidrogeno (pH), fue otro parámetro que se cumplió en las 14 muestras de agua obtenida de grifos distribuidos en los centros muestreados, sin embargo, hay valores que rozan los límites superiores de alcalinidad. El 35.8 % de las muestras eran aptas según la normativa, pero estaban llegando a los límites superiores, mientras que el 64.2 % se encontraba dentro de los valores esperados. Normalmente el pH de las aguas puede variar, dependiendo de los carbonatos y bicarbonatos en solución, que normalmente se encuentran cuando el agua es subterránea, es decir, entre más es la profundidad de la fuente que suministra la red, es más posible que el nivel de pH sea alcalino. Las mediciones variaban de los 7.6 siendo la más ácida a los 8.35 siendo la más alcalina. Se podría decir que las fuentes con aguas menos alcalinas estaban más cerca de la superficie que aquellas con resultados más alcalinos. Observar en el Gráfica 2.

**Gráfica 2.** *Potencial de hidrógeno (pH) de las muestras de agua tomadas de grifos de centros educativos del municipio de El Crucero.*



Nota: Figura elaborado en base a base de datos recolectado en el trabajo de campo y es elaboración propia.

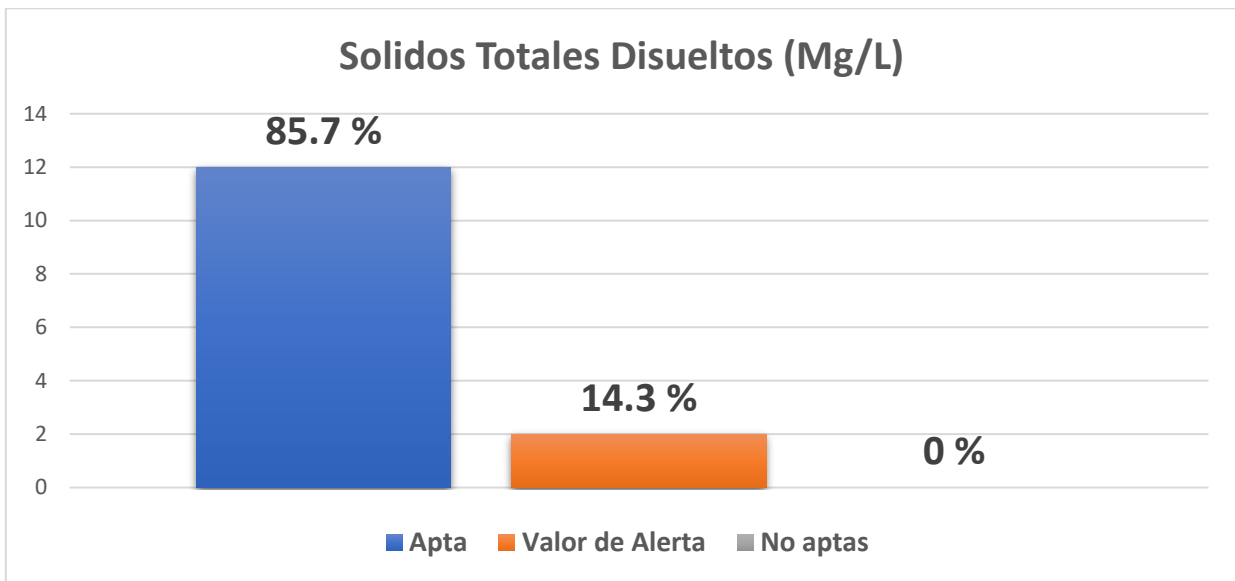
En Nicaragua los valores aceptables van de 6.5-8.5, teniendo en cuenta que las aguas deben ser estabilizadas de manera que no produzcan efectos corrosivos ni incrustantes en los acueductos. El control de calidad físico-químico de las aguas es muy importante, en donde cada parámetro altera el líquido o bien, nos ayuda a identificar que algo anda mal. En su investigación Pérez (2016) comenta “Las aguas con un pH bajo pueden incrementar la corrosión de los tubos de acero; además, el pH influye en los procesos de coagulación química, desinfección y el control de la corrosión. Al analizar los resultados obtenidos, donde el valor recomendado por el Reglamento para la Calidad del Agua Potable en Costa Rica es de 6.5 y el máximo admisible es de 8.5, se tiene que todas las muestras analizadas están dentro de lo especificado” (p. 9).

Por otra parte, la OMS (2011) hace constar que “el pH se puede ver alterado por vertidos accidentales, averías de las instalaciones de tratamiento, y del revestimiento de tuberías con mortero de cemento poco curado o la aplicación del revestimiento cuando la alcalinidad del agua es baja” (p.266).

### **8.1.3. Sólidos Totales Disueltos (STD) en aguas de consumo humano obtenida de grifos ubicados dentro de centros educativos del Municipio El Crucero, Managua a través de métodos de campo.**

Al respecto de los Sólidos Totales Disueltos (STD), se refiere a la materia en suspensión que puede, con el tiempo, disolverse en la fuente de agua que suministra la red. Los STD en el agua potable pueden provenir de fuentes naturales, vertederos urbanos, residuos municipales e industriales, productos químicos utilizados en el tratamiento del agua y de la propia infraestructura de tuberías. Entre menos STD tenga el agua se considera que la potabilidad del agua es ideal, entre más presencia hay, se considera que la potabilidad baja. El 85.7% (12 muestras) de los centros educativos seleccionados, tienen valores de STD debajo de 500 Mg/l que es la mitad del valor máximo admisible, solamente el 14.3% (2 muestras) cuenta con un valor de 510 Mg/l siendo los valores más elevados, como podemos observar en el Gráfica 3.

**Gráfica 3.** *Sólidos Totales disueltos de las muestras de agua tomadas de grifos ubicados en centros educativos del municipio de El Crucero.*



Nota: Figura elaborado en base a base de datos recolectado en el trabajo de campo y es elaboracion propia.

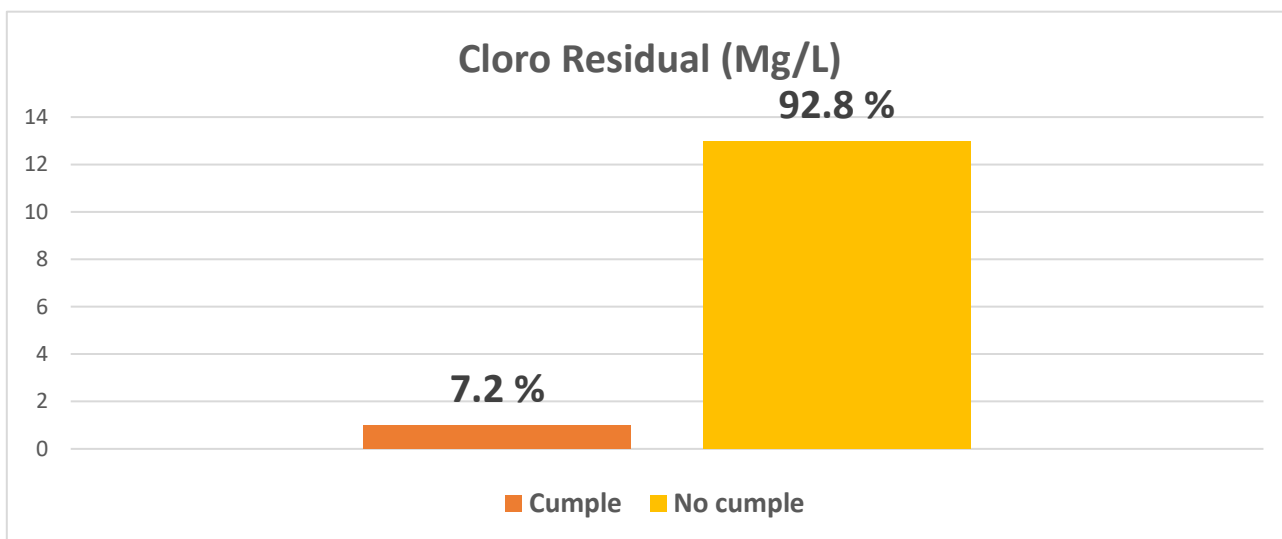
La concentración de STD menor a 600 mg/l es considerada aceptable en lo que respecta a sabor, pero cuando llega a 1000 mg/l la aceptabilidad del sabor para consumir es menor como lo refiere la OMS (2011) cuando expone “el sabor del agua con una concentración de SDT menor que 600 mg/l suele considerarse aceptable, pero a concentraciones mayores a aproximadamente 1000 mg/l, la aceptabilidad del sabor del agua de consumo humano disminuye significativa y progresivamente” (p.267).

Normalmente que cada país tiene sus límites máximos para este valor y la mayoría utiliza el mismo, en el caso de Nicaragua y Perú los límites máximos son similares a lo expresado en Ecofluidos ingenieros S.A (2012) nos dice “el Reglamento para Agua de Consumo Humano Reglamento de la Calidad de Agua para Consumo Humano D.S. N.º 031-2010-S. A, el cual presenta un valor límite de STD (1000 mg/L)” (p.57).

#### 8.1.4. Cloro residual en aguas de consumo humano obtenida de grifos ubicados dentro de centros educativos del Municipio El Crucero, Managua a través de métodos de campo.

Los resultados de la prueba para cloro residual reflejan que del 100% (14 muestras) solamente el 7.2 % (1 muestra) cumple con el parámetro indicado por la normativa 066 del MINSA con 1 mg/L, el 92.8 % (13 muestras) poseían niveles de cloro residual fuera de los rangos, siendo la mayor medición 5 mg/L y en el otro extremo la ausencia del cloro en las muestras obtenidas de estos grifos. Los niveles alto de cloro pueden afectar en la salud general ocasionando mareos, dolores de cabeza, tos, etc. La exposición prolongada al cloro residual puede tener efectos más nocivos en órganos como los riñones. Por el contrario, la ausencia del cloro solo facilita la proliferación de agentes patógenos que pueden causarnos enfermedades entéricas de gravedad variable. Véase gráfica 4.

**Gráfica 4.** *Cloro residual en aguas de consumo humano obtenidas de grifos ubicados en centros educativos del Municipio El Crucero, Managua a través de métodos de campo.*



Nota: Figura elaborado en base a base de datos recolectado en el trabajo de campo y es elaboracion propia.

Realizando la comparación con los resultados obtenidos en nuestro estudio de campo, los niveles de cloro residual obtenidos de 13 (92.8 %) de 14 (100 %) muestras procedentes de grifos para consumo en centros educativos, no están dentro de los límites permisibles.

La presencia de cloro residual, desde la potabilización hasta el final de las redes, nos aseguran que las aguas de consumo han sido debidamente desinfectadas. Nicaragua posee un límite de concentración de cloro residual de 0.5 – 1.0 mg/L según normativa 066 del MINSA 2011.

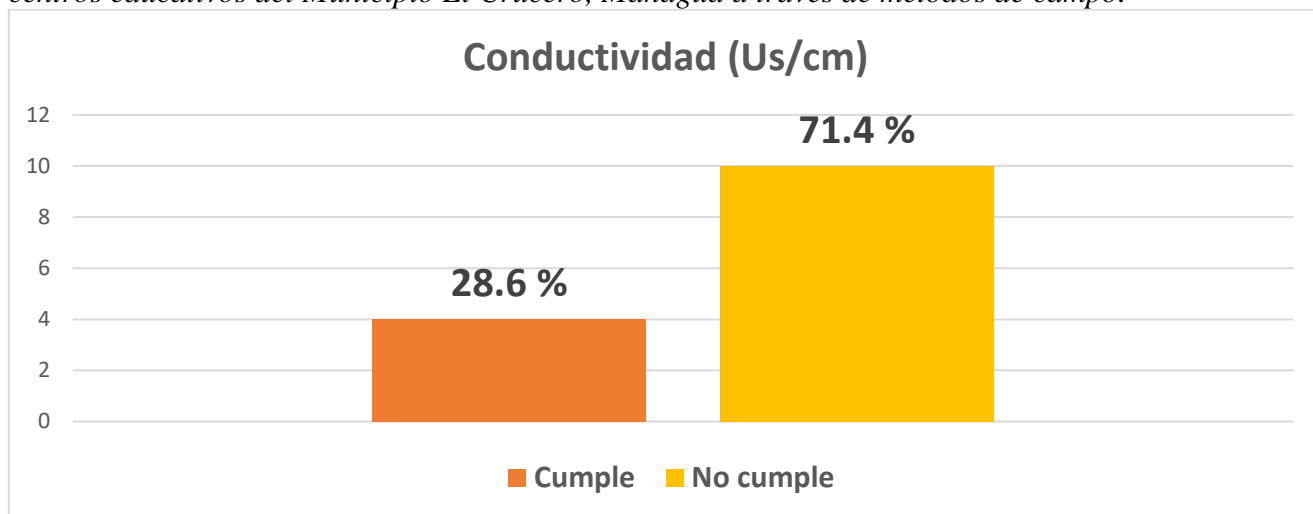
En el estudio realizado en el Municipio de El Crucero, Camacho et. al (2014) presenta un estudio donde se analizaron 30 muestras de agua potable obteniendo como resultado una concentración de cloro residual aceptable en 3 muestras para un 10% y no aceptable en 27 muestras para un 90%.

Cava & Ramos (2016). Dice “en sus los resultados obtenidos y comparados con los límites máximos permisibles se determinó que el cloro residual en agua de consumo de la localidad de Las Juntas del distrito de Pacora no está dentro de los límites establecidos por el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, Decreto Supremo N.º 031-2010-SA del Ministerio de Salud, Perú” (p.57).

#### **8.1.5. Conductividad en aguas de consumo humano obtenida de grifos ubicados dentro de centros educativos del Municipio El Crucero, Managua a través de métodos de campo.**

El último valor es la conductividad, que es la capacidad de un líquido de poder transmitir una corriente eléctrica a través de él, cabe mencionar que esto aumenta en dependencia de la cantidad de minerales que conduzcan la electricidad y se encuentren presentes en la misma, las sales son el principal factor de aumento de la conductividad. Solamente 4 muestras (28.6%) cumplieron con estar abajo del rango máximo establecidos por la normativa 066 del MINSA, que es de 400  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , aun así, estaban en niveles de alerta pues ya casi llegaban al límite máximo establecido. Las otras 10 muestras (71.4%) tenían valores que sobrepasaban el umbral máximo llegando incluso a tener 696  $\mu\text{S}/\text{cm}$  como el valor más alto obtenido. Observe el Gráfica 5.

**Gráfica 5.** Conductividad en aguas de consumo humano obtenidas de grifos ubicados dentro de centros educativos del Municipio El Crucero, Managua a través de métodos de campo.



Nota: Figura elaborado en base a base de datos recolectado en el trabajo de campo y es elaboracion propia.

Nicaragua haciendo uso de la normativa 066 del Minsa 2011 tiene como parametro 400  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , con respecto a la conductividad en agua de consumo humano, en el estudio de calidad de agua para consumo humano realizado por Perez (2016) nos dice “la muestra de agua que presentó la menor conductividad fue la de la zona de Poás, con 99,81  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , y la de mayor conductividad fue la proveniente de San Ramón, con 159  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . En todos los casos los valores están dentro de los parámetros establecidos por el citado Reglamento, ya que se encuentran por debajo del valor recomendado, que es de 400  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ; esto quiere decir que el agua analizada no presenta riesgo para la ingesta humana según el parámetro de la conductividad”(p.8).

Por otra parte en una localidad de Perú, Cava & Ramos (2016) nos exponen “los resultados obtenidos y comparados con los límites máximos permisibles se determinó que la conductividad en el agua de consumo de la localidad de Las Juntas del distrito de Pacora no está dentro de los límites permitidos de 1500  $\mu\text{mho}/\text{cm}$  establecidos por el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, Decreto Supremo N° 031-2010-SA del Ministerio de Salud, elaborado por la Dirección General de Salud Ambiental “(p.67).

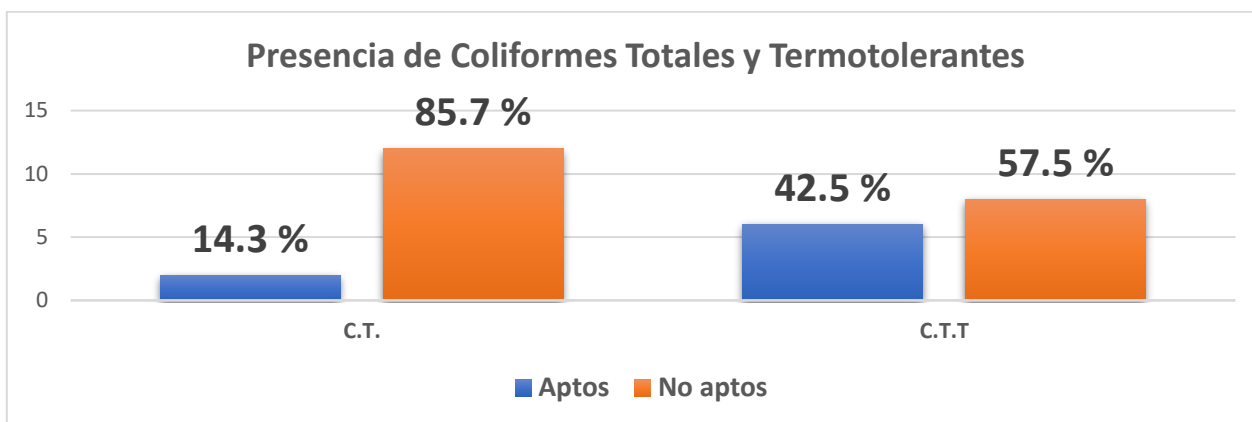
## **8.2. Indicadores de calidad de agua de consumo humano, según lo establecido en la normativa 066 del MINSA, 2011.**

Según el MINSA (2011) el agua que es destinada al consumo humano no debe de tener microorganismos que sean de origen ambiental y mucho menos de origen fecal. Por lo mismo se tienen que hacer análisis frecuentes para detectar las bacterias indicadoras de dicha contaminación.

Los indicadores microbiológicos evaluados por medio de la normativa 066, son los coliformes totales y los coliformes termotolerantes. De los 14 grifos, 2 de ellos (14.3 %) tuvieron valores que se consideran aptos según la normativa 066 de coliformes totales. En los 12 restantes (85.7 %) se encontró valores que sobrepasaban el límite permitido dicha normativa, que iban de los 7.8 NMP/100 mL siendo el menor, hasta los 920 NMP/100 mL siendo este el valor más elevado entre los resultados obtenidos, observe la Gráfico 6.

Con respecto a los coliformes termotolerantes, en 8 (57.5 %) de las 14 muestras (100 %) se detectan coliformes termotolerantes, microorganismos provenientes de la materia fecal. 6 de las muestras (42.5 %) no tenían presencia de CTT. Los valores de coliformes termotolerantes oscilaban entre 2 NMP/100 mL como la medición más baja y 920 NMP/100 mL como la más alta. La normativa 066 del MINSA expresa que el valor aceptado para coliformes termotolerantes es la ausencia en aguas de consumo humano. Ver Gráfica 6.

**Gráfica 6.** Coliformes Totales y Termotolerantes detectadas en muestras de aguas para consumo humano obtenidas de grifos ubicados dentro de centros educativos del Municipio de El Crucero, Managua a través de NMP



Nota: Figura elaborado en base a base de datos recolectado en el trabajo de campo utilizando el anexo#4 table #2 y es elaboracion propia.

La presencia de coliformes totales es objetivo de sospecha por contaminación ambiental, en el estudio se evidencia que solamente el 21.4 % (3 muestras) cumplen con el valor establecido por la normativa 066 del MINSA que es  $\leq 4$  NMP/100 mL, es decir que el 78.6 % (11 muestras) están fuera de los límites permitidos, suceso que se asemeja al estudio de Fuentes, et. al (2007) en donde “En Sonora, México se puede observar que la Aduana y el Ejido Melchor Ocampo presentaron densidades altas de coliformes totales, con el 100 % (84 muestras) y 97 % (82 muestras) de las muestras fuera de norma, respectivamente; los cuales deben ser ausentes en 100 mL. En la comunidad de Etchojoa sólo el 6 % de las muestras presentaron incidencia, lo cual se atribuye al proceso de desinfección con cloro” (p. 5).

Hay un único valor aceptable en cuanto a coliformes termotolerantes y es la ausencia total de las mismas, así lo determina la normativa 066 del MINSA, nuevamente Fuentes, et. al (2007) expone “se puede observar que la Aduana y el Ejido Melchor Ocampo presentaron densidades altas de coliformes fecales, con el 99 % (83 muestras) y 86 % (72 muestras) de las muestras fuera de norma, respectivamente; los cuales deben ser ausentes en 100 mL. En la comunidad de Etchojoa sólo el 6 % de las muestras presentaron incidencia, lo cual se atribuye al proceso de desinfección con cloro” (p. 7).

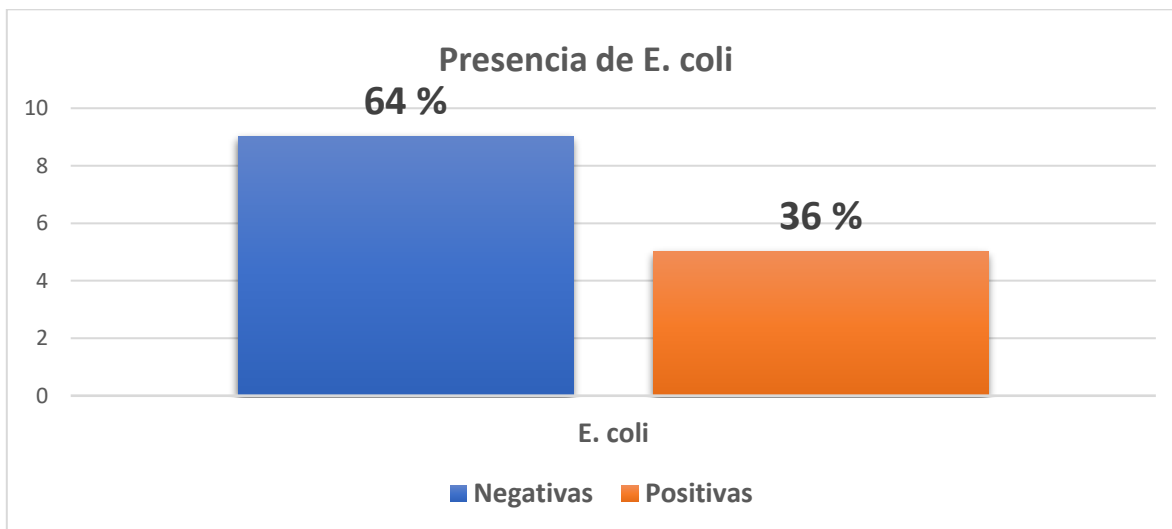


En Bogotá, Colombia, los datos reflejan que las condiciones en las que se encuentra una estructura (ya sea centro educativo o vivienda) afecta las condiciones del agua. Venegas, et. al (2014) dice “*E. coli* se encontró en 6 de las casas muestreadas con concentraciones entre 1 y 6 UFC/100 ml, valores no permitidos por la normativa colombiana. Se observan los resultados de los indicadores analizados en el agua potable antes de entrar a las casas o en el punto de acometida. No se encontró presencia de *E. coli* ni colífagos somáticos. Estos resultados muestran que a pesar de que el agua proviene de una red de conducción de aguas potables de Bogotá que cumple con los requisitos de la norma, su calidad se puede ver afectada por la forma de almacenamiento y las condiciones de higiene de la vivienda” (p. 28, 30).

### **8.3. Presencia de *E. coli* y su perfil de susceptibilidad a los antimicrobianos en muestras positivas para coliformes termotolerantes.**

El parámetro de *E. coli* no está contemplado en la normativa 066 del MINSA, sin embargo, al ser parte del grupo de las termotolerantes y a la vez ser el principal indicador de contaminación fecal, se determina que la presencia de *E. coli* en aguas de consumo humano debe ser nula. En 5 (36 %) de las 14 (100%) muestras se aisló presuntamente *E. coli*, aún con valores mínimos del microorganismo como 2 NMP/100, el parámetro no cumple. Es decir que en los otros 9 grifos (64 %) no hubo presencia de *E. coli*. Ver Gráfica 7.

**Gráfica 7.** Presencia de *E. coli* en muestras de agua para consumo humano obtenidas de grifos ubicados dentro de centros educativos del Municipio de El Crucero, Managua a través de NMP.



Nota: Figura elaborado en base a base de datos recolectado en el trabajo de campo y es elaboracion propia.

La presencia de *E. coli* no está contemplada en la normativa 066 del MINSA para vigilancias de aguas, pero si menciona que son parte e indicador principal de las coliformes fecales o termotolerantes, es decir que la ausencia de las mismas es el valor aceptado para considerarse potable. En el estudio realizado se evidencia la presencia de valores bajos y altos de *E. coli* el cual no es permitido, esto se asemeja a la investigación de Tarqui, et...al (2016) menciona “en Perú el 72,0 % tuvieron *E. coli* en Cajamarca, 37,4 % en Huancavelica y 17,5 % en Huánuco.

Los resultados del estudio indican que, en las tres regiones evaluadas, la mayoría de muestras tuvieron concentraciones de cloro en agua por debajo de 0,5 mg/L considerado ideal u óptimo para consumo humano, tienen elevada presencia de coliformes totales y *E. coli*” (p. 908, 910 ).

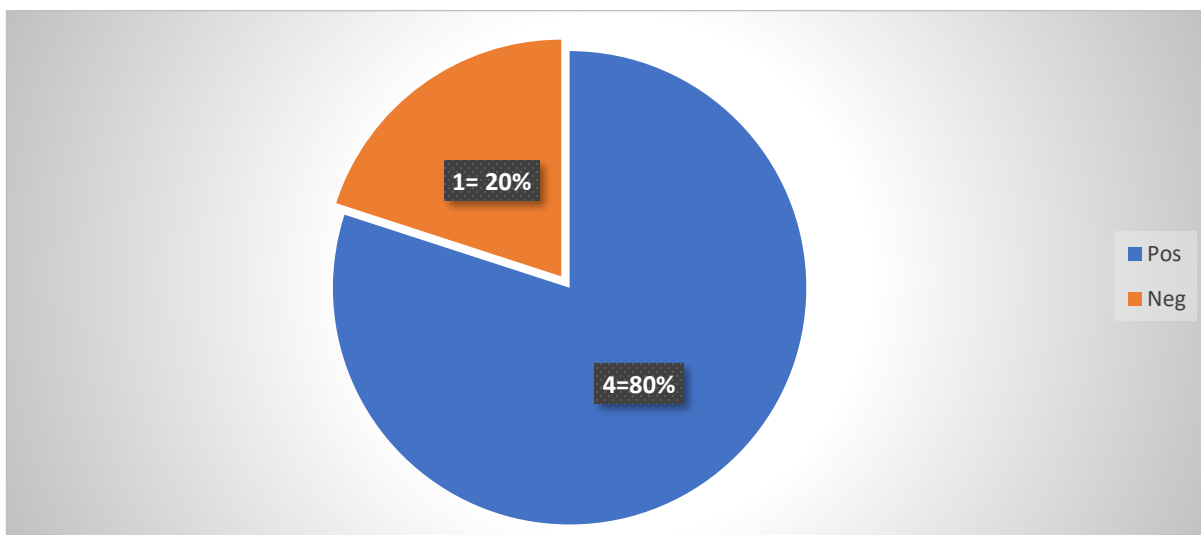
Por otra parte, en el estudio de Olivas, et. al (2016) dice “en el Valle de Juárez, México de 84 muestras analizadas para detección y conteo de coliformes totales y fecales, los resultados fueron positivos a coliformes totales en 92.8% de las localidades muestreadas, es decir, en 14 de 15, y solo en el poblado de Guadalupe D.B. resultó negativa, lo cual es

atribuible a que la cloración del agua es más efectiva en esta localidad. Mientras que E. coli no fue detectada en todas las muestras del estudio” (p. 138).

### **8.3.1. Confirmación de las cepas sospechosas de *Escherichia coli* por medio del laboratorio de bacteriología del CNDR utilizando pruebas bioquímicas complementarias.**

Los aislamientos sospechosos fueron 5 (100%) los códigos son: **Muestra #1, Muestra #4, Muestra #8, Muestra #9 y Muestra #11**, como se puede apreciar en el anexo 4. Solo 4 (80%) de ellos fueron confirmados como positivos, esto por medio del montaje de bioquímica complementaria la cual fue: TSI (A/AG); LIA (K/K); Lisina (+); MIO (+++); Ornitina (+); Urea (-); Citrato (-); Malonato (-); RM (+); VP (-); Sacarosa (+). Las 4 cepas presentaron los mismos resultados en la bioquímica complementaria. La cepa aislada del grifo #4 primero no concordó con las demás bioquímicas, el LIA reaccionaba K/A y la Lisina negativa. Se reaisló nuevamente para purificar mejor la cepa y los resultados fueron los mismos. Según el esquema de identificación de ETB del MINSA se identifica como *Pantoea agglomerans*, bacteria perteneciente a la familia de las enterobacterias. Normalmente este tipo de bacterias es ubicuo de plantas que se encuentran en zonas húmedas, pues favorece al crecimiento de la misma y a su vez ayuda al control biológico de algunos hongos que afectan a las plantas, ver el Gráfica 8.

**Gráfica 8.** Confirmación de las cepas sospechosas para *E. coli* en el laboratorio de bacteriología del CNDR.



Nota: Figura elaborado en base a base de datos recolectado en el trabajo de campo y es elaboracion propia.

Las cepas de *E. coli*, tienen características bioquímicas estándares cuando es una cepa que no ha sufrido mutaciones o ha sido expuesta a excesos de tratamientos antimicrobianos. Sobre el tema Gutiérrez & Sánchez (2017) nos dicen “se realizaron pruebas bioquímicas correspondientes a las 50 muestras trabajadas, de lo cual se obtuvo Citrato negativo (-), debido a que el medio permaneció de color verde y no hubo desarrollo de la bacteria en estudio; en el agar TSI se obtuvo un resultado positivo (+) lo cual presentó pico y fondo ácido, lo que indicó producción de gas, sin producción de ácido sulfhídrico (A/Ag). El agar LIA también presentó positividad ya que se observó pico y fondo púrpura sin ennegrecimiento del medio (K/K); el agar MIO nos mostró positividad para movilidad, Indol y Ornitina” (p. 45).

### **8.3.2. Antibiograma realizado a las cepas confirmadas a través de las pruebas complementarias en el laboratorio de bacteriología del CNDR.**

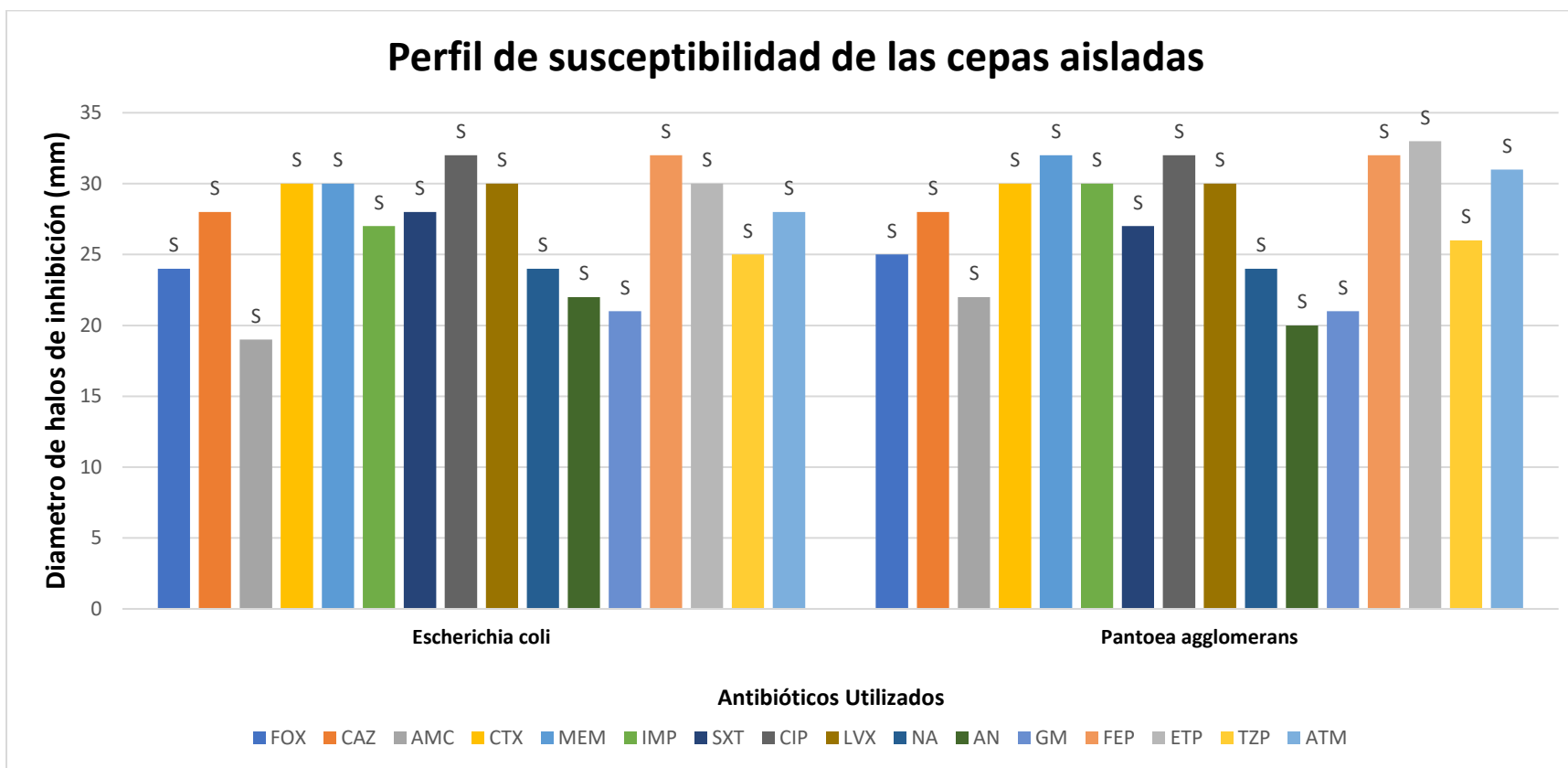
A las 5 (100%) cepas se les realizó una prueba de susceptibilidad a los antimicrobianos, pues fue en paralelo con el montaje de las pruebas bioquímicas para la confirmación, es por eso que se monta la cepa proveniente de la **muestra #4** siendo la *P. agglomerans*, como anteriormente se dijo al ser una enterobacteria se usarán los mismos sensibilizadores que con *E. coli*. Se buscó al mismo tiempo algún mecanismo de resistencia que

podrían presentar las cepas. Los antibióticos que se usaron en la prueba de susceptibilidad fueron: FOX, CAZ, AMC, CTX, MEM, IMP, SXT, CIP, LVX, NA, AN, GM, FEP, ETP, TZP, ATM.

Los mecanismos de resistencia que se buscaban eran BLEE y Amp-C. Para Amp-C se ocupó un disco de FOX a una distancia de 15mm de una cefalosporina de tercera generación. Para la detección de BLEE se ocupó un disco de AMC y a los lados discos de cefalosporinas de tercera generación a una distancia de 15mm.

No hay estándares en cuantos a los puntos de cortes en cepas que hayan sido aisladas de aguas de consumo humano, pues normalmente la detección llega hasta la determinación de E. coli y no suele montarse un antibiograma. Los halos de inhibición fueron comparados con la tabla 2A. Diámetro de zona y puntos de corte de MIC para Enterobacterales de la CLSI 2022. En la Gráfica 9 podemos observar que todas las cepas coinciden los diámetros de inhibición de referencia.

**Gráfica 9.** Perfil de susceptibilidad realizado a las cepas aisladas de muestras de agua de consumo humano positivas para coliformes termotolerantes.



Nota: Gráfico elaborado en base a base de datos recolectado en el trabajo de campo expuestos en anexo#4 tabla#4 y es elaboracion propia.

En la gráfica 9, se observa una sola representación del perfil de susceptibilidad realizado para *Escherichia coli*, cabe destacar que, aunque los aislados fueron 4 cepas confirmadas de *E. coli*, al realizar los respectivos perfiles de susceptibilidad, se evidenció al medir los halos de inhibición que las 4 cepas de *E. coli* poseían perfiles de susceptibilidad muy similares, este hecho se puede observar en el anexo #4, tabla #3. Debido a las similitudes de los perfiles de susceptibilidad de las cepas aisladas, se decidió realizar un solo gráfico de barras en representación de las 4 cepas de *E. coli*. Con respecto a la cepa aislada de *P. agglomerans*, al ser solo una sola cepa se realizó su gráfico de barras individualmente como se observa en la gráfica 9.

Las cepas aisladas de *E. coli*, son cepas con un perfil de susceptibilidad salvaje, es decir, estas cepas son sensibles en su totalidad y no han tenido interacción prolongada con antimicrobianos, por lo que no se ha generado una resistencia a los mismos, esto se evidencia en la gráfica 9, donde los antimicrobianos utilizados superan el diámetro específico para considerarse sensibles, los puntos de corte utilizados se pueden ver en el anexo #4, tabla #4.

Para finalizar, el perfil de susceptibilidad realizado a *P. agglomerans* es similar al realizado para los aislados de *E. coli*, desde los sensidiscos (pues ambas pertenecen a la familia de las enterobacterias) hasta los resultados, *P. agglomerans* es una bacteria que se caracteriza por estar presente en zonas húmedas, donde abunda la vegetación, normalmente aislados bacterianos de esta cepa en ambiente se considera como un microorganismo benéfico para las plantas, así lo menciona Chávez, et...al (2016) mencionando “*Pantoea agglomerans* es una bacteria en forma de bacilo Gramnegativa, es considera ubicua de plantas y se ha aislado en diversos ambientes (suelo, agua, insectos, animales y muestras clínicas), algunos aislamientos han demostrado la capacidad de control biológico de hongos y bacterias causantes de enfermedades en plantas” (p.961).

## IX. CONCLUSIONES

- La calidad física-química del agua de consumo humano muestreada en centros educativos de del Municipio de El Crucero- Managua a través de métodos de campo son aceptable pues se mantiene dentro de los valores permitidos en los parámetros PH, conductividad, salinidad, TDS, pero debido a su altura y difícil acceso a diversas comunidades se ve afectada directamente la red de distribución y tratamiento de la misma puesto que 13 de 14 muestras mostraban rangos fuera de lo aceptado con respecto al cloro residual obteniendo dos extremos una medición de 5mg/l y en otras ausencia de este, llegando a ser no apta para el consumo en diferentes zonas del municipio según los resultados obtenidos en la investigación.
- Los indicadores microbiológicos de calidad de agua de consumo humano establecidos en la normativa 066 del MINSA por medio de la técnica NMP evidencio la presencia de CT en 12 de 14 muestras y CTT en 8 de 14 muestras en aguas de consumo humano, siendo el estado de la red de agua potable, las condiciones de los grifos de agua de consumo, el manejo de los residuos y la ausencia de aguas negras en las comunidades pueden incidir de gran manera en la presencia de estos microorganismos en las aguas de consumo humano de los centros educativos del Municipio de El Crucero.
- La detección de presencia de *Escherichia coli* es la prueba de contaminación fecal, humana o animal de las fuentes de aguas que proveen a los centros educativos o bien de los mismos almacenes de agua que sustentan a estos centros en ausencia de la red de aguas potables, siendo este un factor para dejarse de considerar potable. A través de diferentes análisis utilizando Agar EMB, EC+MUG y pruebas bioquímicas obtuvimos como resultado 4 cepas confirmadas como *Escherichia coli* y una cepa de *Pantoea Agglomerans* que es familia de las enterobacterias siendo diferenciadas en las reacciones bioquímicas obtenidas en las diferentes pruebas realizadas.
- El perfil de resistencia de las 4 cepas aisladas positivas en *Escherichia Coli* se identificó que aún son cepas salvajes susceptibles a todos los antimicrobianos usados en el test, dicho esto concluimos que estas cepas no han estado en contacto directo con otras cepas resistentes o en contacto prolongado con antibióticos para ganar dicha resistencia siendo este un valor positivo en cuanto al tratamiento de las enfermedades que estas puedan llegar a causar en la población.



## **X. RECOMENDACIONES**

### **A los Centros Educativos:**

Optar por medidas más rigurosas en cuanto a la higiene de grifos de captación de agua o los tanques de almacenamiento de agua para consumo, creando cronogramas de limpieza y descontaminación de tanques y grifos, redoblar estas medidas en los tiempos de invierno para evitar otro tipo de contaminación.

### **A la población estudiantil:**

Instar a la población estudiantil a mantener la limpieza y desinfección de grifos o tanques donde se obtiene el agua para consumo tanto en la escuela como en sus hogares, así también inculcar una responsabilidad en cuanto al uso de este recurso.

Crear campañas dentro de los centros estudiantiles sobre la importancia de la calidad del agua que consumen y de la necesidad de prevenir de manera personal el consumo de aguas sin tratamientos previos, así como las enfermedades a consecuencia de esta problemática.

### **A las autoridades del Municipio:**

Realizar revisiones periódicas del estado de la red de distribución de aguas para así poder realizar planes preventivos ante posibles eventualidades que puedan dejar sin tratamiento las aguas que provienen de pozos o bien, que sectores o comunidades queden sin el abastecimiento del vital líquido.

### **A la universidad:**

Apoyar a los alumnos en realizar investigaciones en colaboración con el Ministerio de Salud y así abordar esta problemática de manera más extensa y detallada, así incentivar a los alumnos retomar investigaciones como la presente y adentrarse a temas similares así ampliar el campo de investigación de temas que vayan más allá de los hospitales y cubrir otras problemáticas.

## XI. BIBLIOGRAFÍA

- American Water Works Association. (2018). *Standar Methods for the examination of water and wastewater*. Whashington, DC: American Public Healt Association.
- Arora, P. (2017). *Physical, Chemical and Biological Characteristics of Water*. India: Environmental Sciences.
- Aryal, S. (3 de January de 2022). *Endo Agar- Composition, Principle, Preparation, Results, Uses*. Obtenido de Microbe Notes: <https://microbenotes.com/endo-agar/>
- Aurazo, M. (2004). *Manual para análisis básicos de calidad del agua de bebida*. Lima, Perú: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente.
- Banco Mundial. (1 de Marzo de 2021). *Banco Mundial*. <https://www.bancomundial.org/es/topic/water/overview#:~:text=Unos%202200%20millones%20de%20personas,b%C3%A1sicas%20para%20lavarse%20las%20manos>
- BRITANIA. (Marzo de 2021). *E.M.B. Agar (Con Eosina y Azul de metileno)* . [https://www.britanialab.com/back/public/upload/productos/upl\\_6054e713a290e.pdf](https://www.britanialab.com/back/public/upload/productos/upl_6054e713a290e.pdf)
- Britania, L. (2021). *Agar cetrimida*. argentina: laboratorios Britania.
- Camacho, B., Lopez, J., & Martínez, N. (2015). *Calidad bacteriológica del agua potable del municipio El Crucero departamento de Managua en el periodo julio-diciembre 2014*. Managua: UNAN-Managua.
- Canet, J. (16 de Enero de 2016). *Escherichia Coli: características, patogenicidad y prevención (I)*. <https://www.betelgeux.es/blog/2016/01/19/escherichia-coli-caracteristicas-patogenicidad-y-prevencion-i/>
- Carbajal, Á., & González, M. (2012). Propiedades y funciones biológicas del agua. En Vaquero, & Toxqui, *Agua para la salud. Pasado, presente y futuro* (págs. 63-78). Madrid: Universidad Complutense de Madrid.
- Carbotecnia. (8 de abril de 2022). *Contaminantes orgánicos*. <https://www.carbotecnia.info/aprendizaje/quimica-del-agua/contaminantes-organicos-en-el-agua-potable/>

- Cava, T., & Ramos, F. (2016). *Caracterización físico – química y microbiológica de agua para consumo humano de la localidad Las Juntas del distrito Pacora - Lambayeque, y propuesta de tratamiento*. Lambayeque, Perú: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.
- Celiz, J., & Soto, B. (2016). *Evaluar la calidad microbiológica del agua de consumo en la Facultad de Ciencias Químicas de la UNAN-León (Campus Médico), marzo-octubre 2016*. León: UNAN-León.
- Chacón, M. (2017). *Análisis físico y químico de la calidad del agua*. Bogotá: Xpress Estudio Gráfico y Digital.
- Chaves, H. (7 de Diciembre de 2018). *ANALISIS FISICO QUIMICO DEL AGUA*. <https://higieneysseguridadlaboral.com/blog/analisis-fisico-quimico-del-agua/>
- Condalab. (13 de Mayo de 2019). *Caldo EC con MUG*. [https://www.condalab.com/int/es/index.php?controller=attachment&id\\_attachment=8635](https://www.condalab.com/int/es/index.php?controller=attachment&id_attachment=8635)
- Cordy, G. (Marzo de 2001). *A Primer On Water Quality*. <https://pubs.usgs.gov/fs/fs-027-01/>
- Delgado, W. (s/f). *Consideraciones generales para diseñar instrumentos*. Managua: UNAN-Managua.
- Delgado, W., & Alemán, r. (s.f.). *Diseño Metodológico*. En *Especialización en Gestión y Calidad*. Managua: UNAN-Managua.
- Denchak, M. (18 de Abril de 2022). *Contaminación del agua: todo lo que necesita saber*. <https://www.nrdc.org/stories/water-pollution-everything-you-need-know#types>
- Ecodes. (2011). *Ecodes*. Obtenido de La realidad del agua en Nicaragua: una intervención en la que agua y género van de la mano: <https://ecodes.org/hacemos/cooperacion-para-el-desarrollo/eje-2-agua-y-saneamiento/la-realidad-del-agua-en-nicaragua-una-intervencion-en-la-que-agua-y-genero-van-de-la-mano#:~:text=En%20el%20mundo%20un%2033,acceso%20a%20este%20recurso%20vital>
- Ecofluidos ingenieros S.A. (2012). *Estudio de la calidad de fuentes utilizadas para consumo humano y plan de mitigación por contaminación por uso doméstico y agroquímicos en Apurímac y Cusco*. Lima: OPS/OMS.

- Feng, P., Weagant, S., Grant, M., & Burkhardt, W. (9 de Octubre de 2020). *BAM Capítulo 4: Enumeración de Escherichia coli y las bacterias coliformes*. <https://www.fda.gov/food/laboratory-methods-food/bam-chapter-4-enumeration-escherichia-coli-and-coliform-bacteria#conventional>
- Flores, O., García, P., Torre, H., Romero, E., & Fernandez, C. (2015). *Derecho Humano al Agua Potable y el Saneamiento en el ámbito rural de Nicaragua*. Madrid: ONGAWA.
- Fuentes, A., Campas, O., Aguilar, G., & Meza, M. (2007). Calidad microbiológica del agua de consumo humano de tres comunidades rurales del sur de sonora (méxico). *Revista Salud Publica y Nutrición*, VIII(3).
- Fuentes, C. (2012). *Estudio Microbiológico de la Subcuenca del río Aguas Calientes en Somoto - Madriz, Nicaragua*. León: UNAN-León.
- García, C. (7 de Noviembre de 2013). *Parámetros fisicoquímicos del agua*. [https://www.adiveter.com/ftp\\_public/A3081113.pdf](https://www.adiveter.com/ftp_public/A3081113.pdf)
- García, M., Darío, S., Marín, R., Guzmán, H., Nelsy, V., Dominguez, E., Cortés, G. (s.f.). El agua. *El medio ambiente en Colombia*, 115-189.
- Gonzales, O., Aguirre, J., Saugar, G., Orozco, L., Alvarez, G., Palacios, K., & Guevara, O. (2007). Diagnóstico de la calidad del agua de consumo en las comunidades del sector rural noreste del municipio de León, Nicaragua. *Universitarias.*, 7-13.
- Gutierrez, M., & Sánchez, C. (2017). *Detección y caracterización de Escherichia coli patógeno en carne de pollo por reacción en cadena de la polimerasa*. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Harvard T.H. Chan. (2022). *Water Pollution*. <https://www.hsph.harvard.edu/ehep/82-2/>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2014). *Metodología de la Investigación* (Sexta ed.). México D.F.: McGRAW-HILL.
- IDEXX. (2022). *Colilert*. Obtenido de IDEXX: <https://al.idexx.com/es-xl/water/water-products-services/colilert/>

- Iñiguez, L., Anaya, L., Castañeda, A., Martínez, F., Carvajal, M., & Méndez, M. (2022). Calidad microbiológica del agua potable utilizada en escuelas públicas de la ciudad de tepatitlan, Jalisco. *Boletín de Ciencias Agropecuarias del ICAP*, 33-39.
- Lugo, J., Lugo, E., Vargas, S., Landazury, L., & Castro, J. (2019). Evaluación de la calidad microbiológica de agua potable de dos pueblos palafíticos de la ciénaga grande de santa marta. En Y. Chirinos, A. Ramírez, J. Luna, N. Barbera, & D. Rojas, *Tendencias en la Investigación Universitaria: Una visión desde Latinoamérica*. (págs. 122-133). Falcón, Venezuela: Universitario Servando Garcés de la Universidad Politécnica Territorial de Falcón, Alonso Gamero.
- Marchand Pajares, E. O. (2000). *Microorganismos indicadores de la calidad del agua de consumo humano*. Lima : Microorganismos indicadores de la calidad del agua de consumo humano en Lima Metropolitana.
- Mega, L. (s.f.). *Laboratorios mega*. <https://www.laboratoriosomega.es/analisis-microbiologico/>
- Méndez, R., Pacheco, J., Castillo, E., Cabrera, A., Vázquez, E., & Cabañas, D. (2015). Calidad microbiológica de pozos de abastecimiento de agua potable en Yucatán, México. *Revista Académica de la FI-UADY*, 51-61.
- Millipore®. (2020). *ColiComplete®*.  
<https://www.sigmaaldrich.com/deepweb/assets/sigmaaldrich/product/documents/371/383/10800bc-ug4655en-mk.pdf>
- Ministerio de salud - MINSa. (2011). *Manual para la vigilancia sanitaria del agua para consumo humano*. Managua: Ministerio de salud. MINSa.
- MINSa. (2011). *Manual para la Vigilancia Sanitaria del Agua para Consumo*. Managua: MINSa.
- NEOGEN®. (2022). *Colitag™ Water Solutions*.  
[https://www.neogen.com/globalassets/pim/assets/original/10032/official\\_9850-9851\\_colitag\\_brochure.pdf](https://www.neogen.com/globalassets/pim/assets/original/10032/official_9850-9851_colitag_brochure.pdf)
- Odonkor, S., & Ampofo, J. (2013). Escherichia coli as an indicator of bacteriological quality of water: an overview. *Microbiology Research*, 5-11.

- Olivas, E., Flores, J., Di Giovanni, G., Corral, B., & Osuna, P. (2013). Contaminación fecal en agua potable del valle de Juárez. *Terra Latinoamericana*, 135-143.
- OMS. (2011). *Guías para la calidad del agua de consumo humano: cuarta edición que incorpora la primera adenda*. Ginebra: WHO Graphics, Suiza.
- OPS. (2009). *Medición del cloro residual en el agua*. Organización Panamericana de la Salud.
- Organización Mundial de la Salud. (21 de marzo de 2022). OMS. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>
- Organización Panamericana de la Salud. (Agosto de 2015). OPS. [https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/54211/boletinagua\\_spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/54211/boletinagua_spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Otzen, T., & Manterola, C. (2017). Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. *Int. J. Morphol.*, 227-232.
- Pérez, E. (2016). Control de calidad en aguas para consumo humano en la región occidental de Costa Rica. *Tecnología en Marcha [online]*, 3-14.
- Piura, J. (2008). *Metodología de la Investigación Científica*. Managua: Xerox.
- Ramírez S Julián A., P. V. (s.f.). Análisis de técnicas de recuento de Microorganismos. *Programa de Microbiología. Universidad Libre Pereira*, 3.
- Red Iberoamericana de Potabilización y Depuración del Agua. (s.f.). *Agua potable para comunidades rurales, reuso y tratamientos avanzados de aguas residuales domésticas*. [http://tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/ripda/pdfs/Capitulo\\_20.pdf](http://tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/ripda/pdfs/Capitulo_20.pdf)
- Ríos, R. (2017). *Metodología para la investigación y la redacción*. Málaga, España: Servicios Académicos Intercontinentales S.L.
- Ríos-Tobón S, A.-C. R.-B. (2017). Patógenos e indicadores microbiológicos de calidad. *Patógenos e indicadores microbiológicos de calidad*, 236-247.
- Rizo, J. (2015). *Técnica de Investigación Documental*. Matagalpa: UNAN - FAREM.
- Rodriguez, A., & Pérez, A. (2017). Métodos científicos de indagación y de construcción del conocimiento. *Revista EAN*, 1-26.

- Román, V. (2021). *Evaluación de la presencia de nitratos y fosfatos en aguas cercanas a faenas agropecuarias en el sector el Arbolillo, San Javier*. Talca, Chile: TALCA, Universidad de Chile.
- Rugama, F. A. (2 de 2010). *Universidad Nacional de Ingeniería norte*.  
<https://avdiaz.files.wordpress.com/2010/02/presentacion-clase-4.pdf>
- Ruiz, C. (2010). *Texto de Metodología de la Investigación*. Managua: Universidad Nacional Agraria.
- Sadeq, S. (8 de Febrero de 2021). *ResearchGate*. doi:10.13140/RG.2.2.26793.72802
- Sotil flores, h. D. (2017). *Análisis de indicadores de contaminación bacteriológica*. Peru: universidad científica del Perú.
- Systems, D. W. (s.f.). *Drinking Water Requirements for States and Public Water Systems*.  
[https://www.3m.com.ni/3M/es\\_NI/food-safety-la/biblioteca-de-documentos/microorganismos/coliformes/](https://www.3m.com.ni/3M/es_NI/food-safety-la/biblioteca-de-documentos/microorganismos/coliformes/)
- Tarqui, C., Alvarez, D., Gómez, G., Valenzuela, R., Fernandez, I., & Espinoza, P. (2016). Calidad bacteriológica del agua para consumo en tres regiones del Perú. *Rev. Salud Pública*, 904-912. doi:<https://doi.org/10.15446/rsap.v18n6.55008>
- Universidad de Cantabria. (s.f.). *Contaminación del agua*.  
<https://ocw.unican.es/pluginfile.php/965/course/section/1090/Contaminacion%2520del%2520agua.pdf>
- Universidad Politécnica de Cartagena. (s.f.). *Análisis de aguas*. Cartagena, España: UPCT.
- Venegas, C., Mercado, M., & Campos, M. (2014). Evaluación de la calidad microbiológica del agua para consumo y del agua residual en una población de Bogotá (Colombia). *Revista Biosalud*, XIII(2), 24-35.

# **XII. ANEXOS**



Hoja de remisión de muestras de aguas para análisis físicos, químicos y microbiológicos.

Escuela: \_\_\_\_\_ Centro de salud al que pertenece: \_\_\_\_\_

Municipio: \_\_\_\_\_ Departamento: \_\_\_\_\_ N° total de estudiantes: \_\_\_\_\_

Dirección: \_\_\_\_\_ Fecha de muestreo: \_\_\_\_\_

Responsable del muestreo: \_\_\_\_\_ Teléfono: \_\_\_\_\_ Correo: \_\_\_\_\_

Tipo de fuente: Red de aguas potables  Otros: \_\_\_\_\_ Motivo de análisis: \_\_\_\_\_

Fecha de ingreso al laboratorio: \_\_\_\_\_ Hora: \_\_\_\_\_



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
NICARAGUA,  
MANAGUA  
UNAN - MANAGUA

#	Código CNDR	Hora de toma de muestra	Cloro residual	pH	T°	Punto de muestreo	Observaciones
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							

\_\_\_\_\_  
Nombre y apellido. Firma de quien entrega

\_\_\_\_\_  
Nombre y firma de quien lo recibe



## Anexo N° 2

### Guía de observación.

Nombre de la escuela: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_ Hora: \_\_\_\_\_ Nombre del observador: \_\_\_\_\_

Infraestructura de la escuela	Si	No	Observaciones
La escuela cuenta con grifos separados para cada área (lavado, bebedero etc.)			
La escuela tiene piso de baldosa.			
Poseen agua de grifo.			
Poseen agua almacenada de consumo			
Los grifos están en buenas condiciones.			
Los grifos están cerca del suelo.			
Tiene tanques de almacenamiento de agua para consumo.			
El tanque está tapado del sol.			
La escuela tiene animales cerca que puedan contaminar sus aguas almacenadas o bebederos			
Poseen condiciones de limpieza general			
La infraestructura de la escuela es nueva			
Posee acueductos			
Las tomas de agua están cerca de los baños			



Está dentro de la red distribución de agua			
Estado de tuberías viejas, riesgos de contaminación por infiltración, vaciado y llenado de tuberías en áreas de baja presión e intermitentes.			
Cámaras de válvulas abiertas y goteando			
Lavan frecuentemente el tanque de almacenamiento			
La estructura del tanque se encuentra en buenas condiciones			
Las tuberías están construidas de material resistente a la corrosión			
La tubería de agua potable está por encima de la de alcantarillado			



## Uso del agua para consumo humano

1.1. ¿Hace usted uso del agua que proviene de los grifos de la escuela? (Si la respuesta es no, continuar con el siguiente punto)

Sí

No

1.2. ¿En algún momento usted ha consumido agua de los grifos de la escuela?

Sí

No

1.3. ¿Por qué dejó de consumir agua de los grifos de la escuela?

R:

1.4. En caso de haberse sentido enfermo, ¿Qué síntomas presentó?

- Diarrea
- Nauseas
- Dolor de estómago
- Empanzamiento
- Malestar general

1.5. ¿De dónde suele tomar agua normalmente? (Válido si el centro educativo presenta más de una toma de agua)

R:

1.6. ¿Notifica a la dirección en caso de presentar síntomas estomacales? (Valida solo si el estudiante ha presentado síntomas)

Sí

No

1.7. En caso de contestar “No” ¿Por qué?

R:

## Anexo N° 4

Tabla 1. Resultados Físico-Químicos obtenidos de las muestras de agua de consumo proveniente de grifos de distintos centros educativos del Municipio de El Crucero, Managua.

codificación	Resultados de los análisis físico-químicos					Parámetros de aceptación según la Normativa 066
	T° (°C)	pH	Conductividad (Us/cm)	STD (Mg/l)	Cloro R (Mg/l)	
Grifo #1	27,2	7,78	399	0,2	3	Temperatura: 18-30 °C pH: 6.5-8.5 Cloro R: 0.5-1.0 Mg/l Conductividad: 400 Us/cm STD: hasta 1000 Mg/l
Grifo #2	27,2	7,78	399	0,2	3	
Grifo #3	27,2	7,63	454	319	1	
Grifo #4	24,7	8,35	696	510	0	
Grifo #5	24,7	8,35	696	510	0	
Grifo #6	25,2	7,6	330	0,21	0	
Grifo #7	25,2	7,6	330	0,21	0	
Grifo #8	24,5	7,91	412	289	5	
Grifo #9	24,5	7,91	412	289	5	
Grifo #10	24,9	8,11	442	310	1,5	
Grifo #11	25,7	8,08	533	374	0	
Grifo #12	25,7	8,08	533	374	0	
Grifo #13	27,9	7,69	534	375	0	
Grifo #14	27,9	7,69	534	375	0	
	Cumple					
	Cumple (Advertencia)					
	No cumple					

Tabla 2. Resultados Microbiológicos obtenidos de las muestras de agua de consumo proveniente de grifos de distintos centros educativos del Municipio de El Crucero, Managua.

codificación	Resultados de los análisis microbiológicos (NMP/100 ml)				Parámetros de aceptación según la Normativa 066
	Coliformes Totales	Coliformes Termotolerantes	E. coli	Codificación de la muestras positivas para E. coli	
Grifo #1	33	13	2	<b>Muestra #1</b>	<b>Todo tipo de agua de bebida:</b> Coliforme termotolerante: neg  <b>Agua que entra al sistema de distribución:</b> Coliforme termotolerante: neg Coliforme total: neg (valor máximo admisible ≤ 4)  <b>Agua en el sistema de distribución:</b> Coliforme termotolerante: neg Coliforme total: neg (valor máximo admisible ≤ 4)
Grifo #2	23	2	0		
Grifo #3	0	0	0		
Grifo #4	7,8	7,8	4,5	<b>Muestra #4</b>	
Grifo #5	140	4,5	0		
Grifo #6	170	0	0		
Grifo #7	0	0	0		
Grifo #8	920	920	920	<b>Muestra #8</b>	
Grifo #9	350	33	13	<b>Muestra #9</b>	
Grifo #10	0	0	0		
Grifo #11	350	4,5	2	<b>Muestra #11</b>	
Grifo #12	49	0	0		
Grifo #13	7,8	2	0		
Grifo #14	13	0	0		

Tabla 3. Pruebas de susceptibilidad realizadas a las 5 cepas aisladas en muestras de agua de consumo humano positivas para coliformes termotolerantes.

ATB	<i>E. coli</i> (Muestra #1)	<i>P. agglomerans</i> (Muestra #4)	<i>E. coli</i> (Muestra #8)	<i>E. coli</i> (Muestra #9)	<i>E. coli</i> (Muestra #11)
FOX	24	25	24	25	24
CAZ	28	28	30	30	30
AMC	19	22	20	20	20
CTX	30	30	32	32	32
MEM	30	32	30	31	30
IMP	27	30	28	30	29
SXT	28	27	27	28	28
C	21	24	23	26	25
CIP	32	32	32	32	30
LVX	30	30	32	30	28
NA	24	24	24	25	23
AN	22	20	21	23	22
GM	21	21	22	24	23
FEP	32	32	33	34	33
ETP	30	33	30	31	30
TZP	25	26	25	26	25
ATM	28	31	29	30	32



Tabla 4. Puntos de corte utilizados para la interpretación del perfil de susceptibilidad realizado a las 5 cepas aisladas de las muestras de aguas de consumo humano positivas para coliformes termotolerantes.

ATB	Halo de inhibición en mm	
	S	R
FOX	≥ 18	≤ 14
CAZ	≥ 21	≤ 17
AMC	≥ 18	≤ 13
CTX	≥ 26	≤ 22
MEM	≥ 23	≤ 19
IMP	≥ 23	≤ 19
SXT	≥ 16	≤ 10
CIP	≥ 26	≤ 21
LVX	≥ 21	≤ 16
NA	≥ 19	≤ 13
AN	≥ 17	≤ 14
GM	≥ 15	≤ 12
FEP	≥ 25	≤ 18
ETP	≥ 22	≤ 18
TZP	≥ 25	≤ 20
ATM	≥ 21	≤ 17

Nota: Tabla realizada en base a la tabla 2A. Diámetro de zona y puntos de corte de MIC para Enterobacterales de la CLSI 2022.

## ANEXO N° 5.

Tabla 1. Parámetros Bacteriológicos, Normativa 066 – MINSA. (a)

Origen	Parámetro (b)	Valor Recomendado	Valor Máximo Admisible	Observaciones
A ) Todo tipo de agua de bebida	Coliforme Fecal	Neg.	Neg.	
B) Agua que entra al sistema de distribución	Coliforme Fecal	Neg.	Neg.	
	Coliforme Total	Neg.	≤ 4	En muestras no consecutivas
C) Agua en el sistema de distribución	Coliforme Total	Neg.	≤ 4	En muestras puntuales
	Coliforme Fecal	Neg.	Neg.	No debe ser detectado en el 95% de las muestras anuales (c)

a) NMP/100ml, en caso de análisis por tubos múltiples o cplonias100ml en el caso de análisis por el método de membranas filtrantes. El indicador bacteriológico más preciso de contaminación fecal es el E. Coli, definida en el artículo 4. La bacteria Coliforme Total no es un indicador aceptable de la calidad sanitaria de acueductos rurales, particularmente en áreas tropicales donde muchas bacterias sin significado sanitario se encuentran en la mayoría de acueductos sin tratamiento.

b) En los análisis de control de calidad se determina la presencia de Coliformes Totales. En caso de detectarse una muestra positiva se procede al remuestreo y se investiga la presencia de Coliforme Fecal. Si el remuestreo da resultado negativo, no se toma en consideración la muestra positiva, para la valoración de calidad anual. Si el remuestreo da positivo se intensifican las actividades del programa de vigilancia sanitaria que se establezca en cada país. Las muestras adicionales, recolectadas cuando se intensifican las actividades de inspección sanitaria, no deben ser consideradas para la valoración anual de calidad.

c) En los sistemas donde se recolectan menos de 20 muestras, al año el porcentaje de negatividad debe ser  $\geq 90\%$ .

## ANEXO N° 5.

Tabla 2. Parámetros Físico-Químicos, Normativa 066 – MINSA

Parámetro	Unidad	Valor Recomendado	Valor Máximo Admisible
Temperatura	°C	18 a 30	
Concentración iones Hidrógeno	Valor pH	6.5 a 8.5 (a)	5
Cloro Residual	Mg/L	0.5 a 1.0 (b)	(c)
Cloruros	Mg/L	25	250
Conductividad	Us/cm	400	
Dureza	Mg/L CaCO <sub>3</sub>	400	
Sulfatos	Mg/L	25	250
Aluminio	Mg/L		0.2
Calcio	Mg/L CaCO <sub>3</sub>	100	
Cobre	Mg/L	1.0	2.0
Magnesio	Mg/L CaCO <sub>3</sub>	30	50
Sodio	Mg/L	25	200
Potasio	Mg/L		10
Sol. Tot. Dis.	Mg/L		1000
Zinc	Mg/L		3.0

a) Las aguas deben ser estabilizadas de manera que no produzcan efectos corrosivos ni incrustantes en los acueductos.

b) Cloro Residual Libre.

c) 5mg/l en base a evidencias científicas las cuales han demostrado que este valor "residual" no afecta la salud. Por otro lado, cada país deberá tomar en cuenta los aspectos económicos y organolépticos en la interpretación de este valor



Anexo N° 6

Cronograma de actividades para el desarrollo de trabajo investigativo

Correspondiente a los meses Agosto-Septiembre año 2022

Actividades	Mes de septiembre 2022																													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Continuación de muestreo en escuelas del Crucero 100%	■																													
Montaje de prueba convencional NMP		■																												
Lectura de NMP 24 y 48h			■																											
Pase de pruebas positivas a Ec y Bv			■																											
Lectura de pruebas Ec y Bv 24 y 48h.					■																									
Pase a caldo EC+mug					■																									
Lectura de caldo EC+mug						■																								
Pase a medio EMB						■																								
Lectura de EMB							■																							
Montaje de pruebas bioquímicas IMVIC						■																								
Lectura de pruebas bioquímicas IMVIC							■	■																						
Pase a medio TSA								■																		■				
Traslado a laboratorio de Bacteriología																											■			
Montaje de pruebas bx complementarias																												■		
Lectura de pruebas bx complementarias																													■	
Montar perfil de resistencia antimicrobiana																													■	
Lectura de resultados del perfil de resistencia																													■	
Reunión con asesor metodológico para entrega de avances									■																					