



CALIDAD BACTERIOLÓGICA, PH Y TURBIDEZ DEL AGUA POTABLE PARA EL
CONSUMO HUMANO EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN DEL ACUEDUCTO DEL
MUNICIPIO DE UNE - CUNDINAMARCA
(2018)

UNIVERSIDAD COLEGIO MAYOR DE CUNDINAMARCA
FACULTAD CIENCIAS DE LA SALUD
PROGRAMA DE BACTERIOLOGÍA Y LABORATORIO CLÍNICO
TRABAJO DE GRADO
BOGOTÁ D.C
2019



CALIDAD BACTERIOLÓGICA PH Y TURBIDEZ DEL AGUA POTABLE PARA EL
CONSUMO HUMANO EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN DEL ACUEDUCTO DEL
MUNICIPIO DE UNE - CUNDINAMARCA
(2018)

RODRIGUEZ SANCHEZ LIZBETH
TUNAROZA BUSTAMANTE MILDRE LILIANA

Orientador: Msc. Sandra Mónica Estupiñán Torres

UNIVERSIDAD COLEGIO MAYOR DE CUNDINAMARCA
FACULTAD CIENCIAS DE LA SALUD
PROGRAMA DE BACTERIOLOGÍA Y LABORATORIO CLÍNICO
TRABAJO DE GRADO
BOGOTÁ D.C
2019

DEDICATORIA

*El siguiente trabajo de grado lo dedico muy a mi **FAMILIA** en especial a mi Esposo **Javier Cuellar** por ayudarme a cumplir este gran sueño por que estuvo conmigo cada vez que sentí desfallecer, a **mis Hijos** porque son el motor que día a día impulsan mis éxitos y sueños.*

*A mis padres **Alvaro Tunaroza e Isabel Bustamante** gracias a ellos por enseñarme que, aunque la vida no es fácil no debemos rendirnos que si nos caemos debemos levantarnos con la frente en alto, por todos los valores que inculcaron en mí y que hoy en día me ayudan a ser una mejor persona y madre.*

A mis hermanos por su apoyo y palabras de aliento.

Mil y mil gracias a todas aquellas personas, amigos, vecinos, que aportaron su granito de arena para que este sueño fuera posible. Los Amo con todo mi Corazón....

Mildre Liliana Tunaroza Bustamante.

Este trabajo de grado se lo dedico primero que todo a Dios y María Auxiliadora por permitirme llegar a este momento tan especial de mi vida.

*Gracias a mi **FAMILIA**, **por** apoyarme en este gran sueño, en especial a mi madre **INDIRA FANETH SANCHEZ MORENO** por ser el pilar más importante en mi vida, demostrando*

*siempre su cariño y dándome la fuerza para seguir adelante en los momentos que quería desfallecer a lo largo de mi profesión. A **GUILLERMO MURILLO GUZMÁN** por su apoyo incondicional y siempre estar pendiente de mí, sin ustedes nada sería posible. Finalmente, y no menos importante darle las gracias a toda y cada una de las personas que contribuyeron una parte en este proceso porque con la ayuda de todos pude cumplir mi sueño*

Lizbeth Rodríguez Sánchez

AGRADECIMIENTOS

Queremos muy especialmente agradecer al padre **JOSÉ CANO** párroco del municipio de Une por permitirnos realizar el proyecto y brindarnos toda su ayuda y dedicación.

Agradecemos a la Alcaldía del Municipio de Une-Cundinamarca por facilitar el desarrollo del proyecto y por abrirle las puertas del municipio a estudiantes de la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, especialmente al señor **CESAR PARDO ROMERO** prestador de servicio del acueducto

También a nuestra asesora y orientadora de proyecto Docente Msc. Sandra Mónica Estupiñán Torres por ayudarnos en el proceso y desarrollo del trabajo por brindarnos los espacios necesarios para culminar con éxito.

A la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca por facilitar los espacios y materiales necesarios para el desarrollo del proyecto.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	9
INTRODUCCIÓN.....	11
1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO.....	14
2. MARCO REFERENCIAL.....	18
2.1 DEFINICIÓN Y GENERALIDADES.....	20
2.2 CARACTERISTICAS FISICAS Y QUIMICAS DEL AGUA.....	21
2.3 MICROORGANISMOS INDICADORES DE CONTAMINACIÓN.....	24
2.4 ÍNDICE DE RIESGO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO – IRCA.....	26
2.5 CLASIFICACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO.....	28
2.6 CARACTERÍSTICAS DEL MUNICIPIO.....	28
3. DISEÑO METODOLÓGICO.....	31
3.1 UNIVERSO POBLACIÓN Y MUESTRA	31
3.2 VARIABLES E INDICADORES.....	32
3.3 TÉCNICAS Y PROCEDIMIENTOS.....	33
4. RESULTADOS	39
4.1 IDENTIFICACIÓN DE MICROORGANISMOS POR BBL CRYSTAL.....	43
5. DISCUSIÓN.....	47
6. CONCLUSIONES.....	50
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	51

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. NORMATIVIDAD DEL AGUA.....	18
TABLA 2 NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NO OBLIGATORIA.....	19
TABLA 3 PUNTAJE DE RIESGO SEGÚN LO ESTABLECIDO POR LA NORMA..	26
TABLA 4 CLASIFICACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO.....	27
TABLA 5. CARACTERÍSTICAS Y COORDENADAS DEL SITIO DE TOMA DE MUESTRA.	31
TABLA 6. VARIABLES E INDICADORES	32
TABLA 7 RECUENTOS OBTENIDOS EN UFC/100ML, EN CADA UNO DE LOS PUNTOS MUESTREADOS.....	37
TABLA 8. RESULTADO PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DE LAS MUESTRAS EN LOS MESES DE MARZO Y OCTUBRE	44
TABLA 9 CÁLCULO PORCENTAJE DEL IRCA.....	46

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N°1 Municipio de Une Cundinamarca.....	27
Figura 2 puntos de muestreo.....	33
Figura 3. Equipo de filtración por membrana..	36
Figura 4. Control positivo Coliformes totales	37
Figura 5. Control positivo <i>E. coli</i>	37
Figura 6. Control positivo <i>Enterococcus spp</i>	37
Figura 7. Turbidímetro.....	39
Figura 8. Recuento de Coliformes Totales en UFC/100ml.....	41
Figura 9. Recuento de <i>Escherichia coli</i> en UFC/100 mL.....	42
Figura 10. Recuento de <i>Enterococcus spp</i> en UFC/100ml en los dos meses muestreados.....	43



UNIVERSIDAD COLEGIO MAYOR DE CUNDINAMARCA
FACULTAD CIENCIAS DE LA SALUD
PROGRAMA DE BACTERIOLOGÍA Y LABORATORIO CLÍNICO

RESUMEN

El agua es esencial para la vida, representa uno de los recursos vitales en las diferentes actividades que realiza el ser humano ,por tanto se debe disponer de un suministro satisfactorio (suficiente, inocuo y accesible). De no ser así, se puede propagar diversidad de microorganismos que pueden afectar la salud y la calidad de la vida.

La calidad del agua puede determinarse según las características fisicoquímicas y bacteriológicas establecidas en la resolución 2115 de 2007, para asegurar un suministro de agua limpia y saludable para el consumo humano.

El municipio de Une – Cundinamarca comprende 17 veredas y la cabecera municipal, dentro de las cuales el casco urbano y dos veredas cercanas cuentan con servicio de agua potable, es decir, que más del 47% de la población no cuenta con ningún sistema de acueducto que permita realizar procesos adecuados para el suministro de agua de óptima calidad.

De acuerdo a las proyecciones demográficas del DANE, el Municipio de Une pasó de 8.014 habitantes en el año 2005 a 9.435 en 2017, presentando un incremento de 1.421 personas,

que corresponden al 15.06% de su población total, de los cuales están distribuidos en un 50.01% en el área urbana y en un 49.99 % en el área rural¹.

El estudio determinó la calidad del agua potable para el consumo humano en la red de distribución del acueducto del municipio de Une - Cundinamarca mediante algunos parámetros fisicoquímicos como pH, Turbidez y bacteriológicos (Coliformes totales, *Escherichia coli* y *Enterococcus*). Como resultado, se encontró que el agua de consumo humano del municipio no cumple con lo establecido en la normatividad vigente (Decreto 2115 de 207), por esta razón es necesario el mejoramiento de la calidad del agua, ampliando cobertura de servicios, notificación epidemiológica y promoción de buenas prácticas higiénico-sanitarias que reduzcan el riesgo para la salud de la población.

Palabras claves: Coliformes totales, *Escherichia coli* y *Enterococcus spp*, *Calidad del agua*

INTRODUCCIÓN

La Calidad Bacteriológica y Fisicoquímica del agua para el consumo humano debe cumplir con una serie de requisitos, los cuales conllevan a la ejecución de procesos y tratamientos idóneos que aseguren su calidad y no pongan en peligro la salud y la vida de las personas que la consumen.

El municipio de UNE es uno de los 116 municipios de Cundinamarca , está ubicado en la provincia de oriente del departamento, al margen derecho de la vía que de Bogotá conduce a Villavicencio, Su altura sobre el nivel del mar es de 2.376 metros, y posee una temperatura media de 16°C, de acuerdo a las proyecciones demográficas del DANE, el Municipio de Une pasó de 8.014 habitantes en el año 2005 a 9.435 en 2017, presentando un incremento de 1.421 personas, que corresponden al 15.06% de su población total de los cuales están distribuidos en un 50.01% en el área urbana y en un 49.99 % en el área rural. La población para el año 2017 se estrecha a partir de los 35 años en adelante lo que puede estar atribuido a la búsqueda de nuevos recursos y oportunidades laborales, en las edades comprendidas 50-54 y 55-59 de la pirámide se evidencia un aumento en esta población¹ “El acueducto tiene una cobertura del 100% solo para la zona urbana ; por el contrario en las zonas rurales la mayoría de las viviendas se abastecen de agua a través de un río o manantial ²

Dentro de las enfermedades transmitidas por el agua contaminada se encuentran: Enfermedad Diarreica Aguda, Cólera tifoidea y paratifoidea, disentería bacilar y amebiana, diarrea, hepatitis infecciosa, parasitismo, filariasis, malaria, tripanosomiasis, oncocercosis,

schistosomiasis, tracoma, conjuntivitis y ascariasis; entre otras, las personas que presentan mayor riesgo de contraerlas son: los lactantes, los niños de corta edad, los ancianos, las personas inmunosuprimidas o que viven en condiciones antihigiénicas.³

Según la OMS las enfermedades diarreicas son la segunda mayor causa de muerte de niños menores de cinco años; se calcula que unas 842000 personas mueren cada año de diarrea como resultado de la insalubridad del agua, de un saneamiento escaso o una mala higiene de las manos. Sin embargo, la diarrea es ampliamente prevenible y la muerte de unos 361000 niños menores de cinco años se podría prevenir cada año si se abordan estos factores de riesgo⁴.

Las enfermedades diarreicas agudas (EDA) constituyen uno de los problemas de salud más serios que enfrentan los países subdesarrollados y algunos desarrollados en el mundo de hoy, por ejemplo en Colombia en la semana epidemiológica 35 del 2017 se notificaron al SIVIGILA 64157 casos de enfermedad diarreica aguda , en la misma semana de 2018 se notificaron 63687 casos del evento. En todos los grupos de edad se reportaron casos de enfermedad diarreica aguda, sin embargo, el grupo que presenta el mayor número de casos es el de los menores entre 1 a 4 años (368669 casos). La incidencia nacional es de 44,5 por cada 1000 habitantes.⁵

De acuerdo a el Artículo 22. Del Decreto 302 del 2000 en donde se establece que la entidad prestadora de los servicios públicos está en la obligación de hacer el mantenimiento y reparación de las redes públicas de acueducto y alcantarillado, la secretaría de salud de Cundinamarca, realizó un muestreo de agua el día 18 de abril 2018 donde se obtuvo como resultado riesgo inviable sanitariamente, por lo cual se generó requerimientos por parte de la contraloría de Cundinamarca y de esta misma forma realizaron la inspección sanitaria a la planta de tratamiento de agua potable PTAP el día 9 de mayo de 2018, donde se recomienda cambiar los paneles de sedimentación para ofrecer con calidad el servicio

público domiciliario de Acueducto, cumpliendo con los parámetros establecidos por la superintendencia de servicios público SSPD, la comisión de regulación de agua potable y saneamiento básico CRA, secretaria de salud de Cundinamarca, contraloría Departamental y demás normas nacionales⁶.

Monitorear regularmente la calidad del agua , ayuda a identificar cualquier problema existente o que pueda surgir en el futuro, se pueden prevenir con la mejora del saneamiento público, suministro de agua limpia, realizando investigaciones orientadas a desarrollar y probar nuevas estrategias de prevención y control.⁵ Por lo anterior , el objetivo del proyecto fue:

evaluar la calidad bacteriológica y fisicoquímica del agua potable para el consumo humano en la red de distribución del acueducto del municipio de Une – Cundinamarca, con el fin de garantizar a la comunidad un recurso óptimo para su utilización y así reducir el riesgo para la salud en la población.

1. ANTECEDENTES

En Chiapas-México, un estudio realizado por Galdos-Balzategui A, et al (2017), empleó cuatro patógenos de referencia (*Escherichia coli* 0157:H7, *Campylobacter*), virus (rotavirus) y protozoos (*Cryptosporidium*)⁶, con el fin de determinar el riesgo por contaminación microbiana de las fuentes de agua del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado Municipal (SAPAM) y la evaluación cuantitativa del riesgo microbiológico (ECRM). Los resultados confirman la irregularidad en el proceso de desinfección, pues todas las fuentes presentaron contaminación fecal, de las 206 muestras recolectadas, 59 y 32% resultaron positivas para Coliformes totales y *E. coli* respectivamente y se demostró que el agua distribuida por el Sistema de Agua Potable y Alcantarillado Municipal (SAPAM) no es apta para consumo humano.⁷

Baque-Mite R et al (2016) evaluaron la calidad del agua destinada al consumo humano en el cantón Quevedo, provincia de Los Ríos, Ecuador, mediante parámetros físicos, químicos y microbiológicos, en nueve estaciones de bombeo del EMAPAQ (Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Quevedo) en épocas lluviosa y seca. Se determinó que los parámetros: nitritos, nitratos, turbidez, sólidos disueltos totales, pH, dureza total, color y hierro, se encuentran en el rango de aceptabilidad de calidad ambiental. La mayoría de los parámetros presentaron diferencias significativas al 5 % entre las dos épocas. El agua del cantón Quevedo está levemente contaminada y requiere tratamiento de potabilización previo a su consumo ⁸

Tarqui Mamani CB. en el 2016 determinó la calidad bacteriológica del agua para consumo en tres regiones del Perú, donde se evaluó la presencia de Coliformes totales y *E. coli* mediante el kit ReadyCult®, la determinación de cloro residual se realizó mediante análisis semicuantitativo (Chlorine Test®), los resultados concluyen que en Cajamarca, el 91,1 % de las muestras tuvieron concentraciones nulas de cloro o por debajo de 0,5 mg/L, mientras que en Huancavelica fue 94,7 %; en Cajamarca, el 8,6 % de las muestras de agua fueron de buena calidad bacteriológica, mientras que en Huancavelica fue 4,3% y en Huánuco, 7,2 %.⁹

Vergaray G. et al, en el año 2007, realizaron un estudio para determinar el recuento de Coliformes totales y Coliformes fecales en muestras de agua para consumo humano en los grifos provenientes del sistema de abastecimiento y distribución en edificios del distrito de Lima, Perú; se empleó la técnica tubos múltiples y filtración por membrana. En 14 muestras analizadas el 100% resultaron no aptas por ambas técnicas, un 92.85% de las muestras contenían Coliformes totales y un 35.71% Coliformes fecales. Adicional a esto se identificaron microorganismos como: *Escherichia coli*, *Enterobacter aerogenes*, *E. cloacae*, *Enterobacter spp.*, *Citrobacter freundii*, *Citrobacter spp.* y *Klebsiella sp.*¹⁰

En Lima – Perú, Cruz Valdivia W, en el año 2006, determinó la calidad bacteriológica y parasitológica del agua de consumo humano y su impacto en la morbilidad por enteropatógenos de mayor incidencia en los niños y niñas de los centros de educación primaria. En el análisis bacteriológico se utilizó la técnica filtración de membrana para identificar los indicadores de contaminación del agua: Coliformes fecales, Coliformes totales, mesófilos, heterófilos viables y *enterococos*.

El agua de consumo humano en diferentes puntos de muestreo revela que la contaminación del agua se encuentra fuera de los límites permisibles según Normas Nacionales y las guías de la OMS, OPS (1998), para aguas de consumo humano.¹¹

En una publicación de la Revista Nacional de Salud titulado “Patógenos Microbianos e Indicadores Microbiológicos de calidad del agua para consumo humano “ de Ríos-Tobón S et al (2017), mencionan que existen diferentes metodologías para detectar la contaminación microbiana, sin embargo los elevados costos que representan los tiempos de análisis y aislamiento en cultivo de microorganismos, han sido obstáculo para establecer la calidad microbiana del agua para consumo humano, por esta razón se utilizaron microorganismos bioindicadores de la calidad del agua y así facilitar la implementación de medidas eficientes de tratamiento, control y enfermedades asociadas a su transmisión. El objetivo de esta revisión fue describir los principales indicadores microbiológicos empleados para la evaluación del agua potable, como elementos clave para proponer un nuevo esquema de monitoreo en Colombia ¹²

Por otra parte, Sierra Severiche C.A, et al (2015) en su trabajo evaluación de la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua consumida en el municipio de Turbaco, Colombia, encontró que la turbiedad fue de 1.04 UNT, el promedio de dureza total 102.022mg/l CaCo₃ y el análisis microbiológico reveló que los Coliformes totales variaron de 10 a 30 UFC/100ml y el punto con mayor número de Coliformes fecales fue 21 UFC/100ml. Según los resultados, la calidad de agua en términos fisicoquímicos está fuera de los valores establecidos en la normatividad y no es apta para consumo humano ¹³

En el 2012, Ávila Navia S; L y Estupiñán Tores S;M analizaron la calidad bacteriológica del agua de consumo humano en el Municipio de Guatavita en la zona urbana y rural, por medio de los indicadores de contaminación: Coliformes totales y *Escherichia coli*, mediante la técnica de filtración por membrana, determinaron que el agua de consumo humano de la zona urbana cumplió con los parámetros establecidos en la Resolución 2115 de 2007 del Ministerio de Protección Social, contrario a la zona rural, donde se encontraron recuentos de los indicadores de contaminación fecal, superiores a lo establecido ¹⁴

El estudio Calidad del agua para consumo humano de 47 municipios (zona urbana) en el departamento del Tolima llevado a cabo por Briñez K et al (2012), determinó que el 63.83% de las muestras no son aptas para consumo humano en la zona urbana. El 27,7% de los municipios evidenciaron resultados con Coliformes. El objetivo es describir la calidad del agua para consumo humano en áreas urbanas del departamento del Tolima y su relación con la incidencia notificada de Hepatitis A, Enfermedad Diarreica Aguda (EDA) e indicadores sociales y se llegó a la conclusión que es necesario el mejoramiento de la calidad del agua, ampliando cobertura de servicios, la notificación epidemiológica y la promoción de buenas prácticas higiénico-sanitarias ¹⁵

De acuerdo con el inventario de calidad del agua, los mayores índices de riesgo se encuentran en poblaciones menores de 20.000 habitantes. Este valor decrece en la medida que hay un aumento de población y una estabilización de la estructura de servicios de la comunidad.

El consumo básico de agua potable en Colombia es de 20 m³ /vivienda-mes, equivalente a 133 litros/habitante -día. El consumo promedio de los hogares urbanos con servicio de agua potable es de 200 litros/habitante -día y de 120 litros/habitante-día para los rurales. Estas cifras superan el volumen de 80 litros mínimo necesario para la calidad de vida razonable. De acuerdo con el informe la Contraloría, los municipios son los principales ejecutores de la política social del estado y a ellos les corresponde asegurar la gestión eficiente de los servicios públicos y por lo tanto la eficiencia en la prestación de los mismos, llevada a cabo generalmente por empresas oficiales y mixtas, por comunidades organizadas o por particulares. Sin embargo, muestran una débil capacidad de gestión que ha generado un deterioro progresivo de la calidad¹⁶.

2. MARCO REFERENCIAL

El agua para consumo humano, cualquiera que sea su origen, debe cumplir con una serie de requisitos y requerimientos de carácter obligatorio, fundamentados en la normatividad vigente, los cuales conllevan a la ejecución de procesos y tratamientos idóneos que aseguren su calidad y no pongan en peligro la salud y la vida de todas las personas que la consumen, En la siguiente tabla se encuentran referenciadas las normas vigentes, señalando las principales características, criterios y métodos que se pueden utilizar para garantizar la calidad del agua.

TABLA # 1. Normatividad del agua

NORMA	TÍTULO	ASPECTOS MÁS IMPORTANTES QUE SE RELACIONAN CON EL PROYECTO
RESOLUCIÓN 2115 de 2007	Características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano	Características físicas y químicas del agua para consumo humano Características químicas de otras sustancias utilizadas en la potabilización. Características microbiológicas Técnicas para realizar análisis microbiológicos

<p>DECRETO 1575 DE 2007</p>	<p>Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano</p>	<p>Características y criterios de la calidad del agua para consumo humano Responsables del control y vigilancia para garantizar la calidad del agua para consumo humano. Instrumentos básicos para garantizar la calidad del agua para consumo humano</p>
<p>RESOLUCIÓN 811 DE 2008</p>	<p>Lugares y puntos de muestreo para el control y la vigilancia de la calidad del Agua para consumo humano</p>	<p>Criterios para puntos de recolección de muestras Número mínimo de puntos de muestreo Identificación del punto de muestreo</p>
<p>RESOLUCIÓN 4716 DE 201</p>	<p>Mapa de Riesgo de Calidad de Agua</p>	<p>Elaboración mapas de riesgo de la calidad del agua para consumo humano Identificación de las características físicas, químicas y microbiológicas presentes en las fuentes abastecedoras a ser incluidas en el mapa de riesgo de la calidad del agua para consumo humano. Frecuencias y número de muestras de agua para control y vigilancia de las características físicas, químicas y microbiológicas definidas en el mapa de riesgo de la calidad del agua para consumo humano</p>

TABLA # 2. Norma técnica Colombiana no obligatoria

NORMA NTC ISO: 4772 DE 2008	Calidad del agua. Detección y recuento de <i>Escherichia coli</i> y de bacterias Coliformes. Método de filtración por membrana	Standard Methods de referencia para la detección y recuento de <i>Escherichia coli</i> y de bacterias Coliformes en agua destinada para consumo humano.
NORMA NTC ISO: 3651 DE 1994	Calidad del agua. Determinación del pH	Principios y los métodos para la determinación del pH en cualquier tipo de agua
NORMA NTC ISO: 4707 DE 1999	Calidad del agua. Determinación de la turbiedad. Método Nefelométrico	Especifica el método Nefelométrico para determinar la turbiedad en el agua Calibración del Nefelómetro
NORMA NTC ISO: 4772 DE 2008	Calidad del agua. Detección y recuento de <i>Escherichia coli</i> y de bacterias Coliformes. Método de filtración por membrana	Método de referencia para la detección y recuento de <i>Escherichia coli</i> y de bacterias Coliformes en agua destinada para consumo humano.
NORMA NTC 813	Calidad del agua potable	Establecer requisitos fisicoquímicos , y microbiológicos que debe cumplir el agua potable

2.1 DEFINICIÓN Y GENERALIDADES

El agua es un recurso natural único y escaso, esencial para la vida e indispensable para el hombre. Sin embargo, el agua puede presentar alteraciones en sus propiedades y de ser así no sería apta para el consumo. El agua se considera potable si cumple con los requisitos y normas relativas a las características físicas, químicas y bacteriológicas de acuerdo a la resolución. De esta forma se encuentran varios tipos de agua.¹⁷

AGUA CRUDA

Es aquella que no ha recibido tratamiento alguno, como el agua de los ríos, de una quebrada, de un manantial o de un acueducto donde no se ha realizado ningún procedimiento de potabilización.¹⁷

AGUA TRATADA

Es agua sometida a un tratamiento después de ser captada. Es aquella que recibe tratamiento en una planta, alterando el estado físico - químico y bacteriológico mediante la adición de coagulantes y/o desinfectantes para eliminar las impurezas y las bacterias que contiene.¹⁷

AGUA POTABLE

Es el agua que no implica ningún riesgo para la salud del consumidor y no produce daños en los bienes materiales.¹⁷

2.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS DEL AGUA

El agua normalmente es un líquido incoloro, inoloro e insípido, el cual debe estar libre de sustancias en una cantidad o concentración que pueda implicar un riesgo para la salud humana. Por tanto se efectúan procedimientos físicos y químicos, los cuales se describen a continuación:

TURBIDEZ

La turbidez es la propiedad óptica causada por la dispersión y absorción de la luz, ya sea esta reemitida y no transmitida al pasar a través del agua que contiene pequeñas partículas

en suspensión, puede ser causada por la presencia de fango, arcillas, sílice, azufre, por escurrimientos superficiales que contienen materia orgánica y mineral suspendida.

La turbidez del agua se determina a través de en un turbidímetro, se expresa en una escala de medida en unidades nefelométricas o en unidades de turbiedad (UNT) y el valor máximo permitido según la Norma 2115 de 2007 es de 2 UNT¹⁷.

COLOR

El color del agua es ocasionado generalmente por la presencia de material colorante, Este material colorante está formado por compuestos de humus y de ácido tánico, los cuales originan el color amarillento característico de las aguas superficiales.¹⁷

por lo tanto, el agua que se suministra a una comunidad según la normatividad 2115/ 2007 debe cumplir con el valor permitido de 15 unidades platino cobalto (UPC).¹⁸

OLOR Y SABOR

Las impurezas orgánicas disueltas producen olores y sabores indeseables, que son difíciles de evaluar por su naturaleza sugestiva. Los olores en el agua son debidos a concentraciones de compuestos volátiles, las sales metálicas como la del cobre, el zinc o el hierro causan sabores metálicos. El sabor está relacionado con el olor y es causado por las mismas condiciones.

El agua que se suministra a una comunidad debe ser incolora e insabora, según la norma vigente se expresa como aceptable o no aceptable .¹⁷

POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH)

El pH es un parámetro que mide la concentración de iones hidronio presentes en el agua. Esta medición se realiza por medio de un pHmetro compuesto por un electrodo de vidrio que genera una corriente eléctrica proporcional a la concentración de protones presentes en

la solución y se mide en un galvanómetro , la corriente puede transformarse fácilmente en unidades de pH por diferentes procedimientos de calibrado, se calibra potenciométricamente, con un electrodo indicador de vidrio y uno de referencia, (que pueden presentarse combinados en uno solo), utilizando patrones trazables¹⁶. El pH o la actividad del ión hidrógeno indican a una temperatura dada, la intensidad de las características ácidas o básicas del agua¹⁹.

Según la Resolución 2115 de 2007 los límites admisibles de pH en agua potable son de 6.5 a 9.0 unidades.² Para el agua de consumo humano, los valores extremos pueden causar irritación en las mucosas, irritación en órganos internos y hasta procesos de ulceración²⁰.

CONDUCTIVIDAD

El valor máximo aceptable para la conductividad puede ser hasta 1000 microsiemens/cm. Este valor podrá ajustarse según los promedios habituales y el mapa de riesgo de la zona. Un incremento de los valores habituales de la conductividad superior al 50% en el agua de la fuente, indica un cambio sospechoso en la cantidad de sólidos disueltos y su procedencia, la conductividad se puede ver afectada por el cambio de temperatura y debe ser investigada de inmediato por las autoridades sanitarias , ambientales y empresa prestadora que suministra o distribuye agua para consumo humano ¹⁸.

Las características químicas del agua se relacionan con los compuestos químicos disueltos, y estos pueden modificar sus propiedades, dentro de las más comunes se determinan en el laboratorio de la planta de un acueducto para el control de la calidad del agua son²¹:

- Acidez
- Alcalinidad
- Dureza
- Hierro
- Cloro Residual
- Sulfatos

2.3 MICROORGANISMOS INDICADORES DE CONTAMINACIÓN

La contaminación microbiológica es responsable de más del 90 % de las intoxicaciones y transmisión de enfermedades por el agua.

El principal riesgo del agua en la red de distribución es la contaminación de materia fecal por infiltraciones debido a la presencia de sedimentos en el fondo de las tuberías que favorecen la colonización de microorganismos²²

El control de calidad del agua de consumo humano (ACH) requiere del análisis de microorganismos patógenos. Estos microorganismos deben cumplir diferentes requisitos entre ellos: ser un constituyente normal de la microbiota intestinal de individuos sanos, estar presente de forma exclusiva en las heces de animales homeotérmicos, estar presente cuando los microorganismos patógenos intestinales lo están, presentarse en número elevado, facilitar su aislamiento e identificación, ser incapaces de reproducirse fuera del intestino de los animales homeotérmicos²².

A continuación, se describen algunos de los microorganismos recomendados en guías y estándares como indicadores de la calidad del agua potable, importantes para su valoración en términos sanitario:

Coliformes totales

Son un grupo de bacterias Gram negativas de forma bacilar, que fermentan la lactosa a 35-37°C produciendo ácido y gas (CO₂) en 24 horas, sus características bioquímicas son oxidasa negativa, no forman esporas, y presentan actividad enzimática de la B-galactosidasa, entre estos se encuentran *Escherichia coli*, *Citrobacter*, *Enterobacter*,

Klebsiella, entre otros; estos microorganismos son indicadores de contaminación fecal ya que se encuentran en el intestino de hombre y animales; Llegan al agua a través de las heces por lo que su concentración o número es proporcional al grado de contaminación del agua¹⁰, estos microorganismos además colonizan superficies interiores de las tuberías de agua y tanques de almacenamiento formando biopelículas, en presencia de nutrientes, temperaturas cálidas, bajas concentraciones de desinfectantes y tiempos largos de almacenamiento, que aumentan la resistencia bacteriana¹¹.

Escherichia coli

El género *Escherichia* pertenece a la familia *Enterobacteriaceae*, son bacterias Gram negativas, móviles, por flagelos peritricos o inmóviles. Indicadora específica de Contaminación fecal, poseen metabolismo respiratorio y fermentativo que coloniza el tracto gastrointestinal pocas horas después del nacimiento de los niños y que se queda como huésped haciendo parte de la flora normal del hombre y muchos animales por lo que se considera indicador de contaminación fecal. Son Coliformes capaces de producir indol a partir de triptófano, poseen la enzima B-galactosidasa que reacciona con el rojo de metilo y pueden descarboxilar el ácido L-glutámico, pero no pueden usar citrato como única fuente de carbono o crecer en un caldo de cianuro de potasio¹¹

Este género incluye cepas patógenas y no patógenas correspondientes al 80% de la microflora intestinal normal. En la actualidad están descritas cepas patógenas para el humano causantes de enfermedades graves, como infecciones de vías urinarias, bacteriemia y meningitis. Seis cepas enteropatógenas pueden causar diarrea aguda: *E. coli enterohemorrágica* , *E. coli enterotoxígena* , *E. coli enteropatógena* , *E. coli enteroinvasiva*, *E. coli enteroagregativa* y *E. coli de adherencia difusa*¹²

Enterococcus spp.

Son bacterias Gram positivas, tolerantes al cloruro sódico y al pH alcalino, habitan en el interior del tracto gastrointestinal de una gran variedad de organismos, incluyendo el hombre, pueden encontrarse también en el tracto genitourinario y en la saliva. Han sido identificados como patógenos oportunistas para los humanos, se adaptan a ambientes desfavorables, incluso en presencia de niveles letales de sales biliares y detergentes, tales como el dodecil sulfato de sodio. Tiene la habilidad de adaptarse y persistir en presencia de detergentes que podría permitirles sobrevivir regímenes de limpieza inadecuados ²³.

2.4 ÍNDICE DE RIESGO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO – IRCA

Para el cálculo del IRCA al que se refiere el artículo 12 del Decreto 1575 de 2007 se asignará el puntaje de riesgo a cada característica física, química y microbiológica, por no cumplimiento de los valores aceptables establecidos en la Resolución 2115 de 2007. Se asignará el puntaje de riesgo según lo establecido por la norma teniendo en cuenta la siguiente tabla²⁴.

TABLA 3 puntaje de riesgo según lo establecido por la norma

Característica	Puntaje de riesgo
Color Aparente	6
Turbiedad	15
pH	1,5
Cloro Residual Libre	15
Alcalinidad Total	1
Calcio	1
Fosfatos	1
Manganeso	1
Molibdeno	1
Magnesio	1
Zinc	1
Dureza Total	1
Sulfatos	1
Hierro Total	1,5
Cloruros	1

Nitratos	1
Nitritos	3
Aluminio (Al3+)	3
Fluoruros	1
COT 3	3
Coliformes Totales	15
Escherichia Coli	25
Sumatoria de puntajes asignados	100

Tabla N°: Puntaje de riesgo. Tomado de la Resolución 2115

El valor del IRCA es cero (0) puntos cuando cumple con los valores aceptables para cada una de las características físicas, químicas y microbiológicas y cien puntos (100) para el más alto riesgo cuando no cumple ninguno de ellos.

El cálculo del índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano – IRCA, se realizará utilizando las siguientes fórmulas²⁴:

El IRCA por muestra:

$$\text{IRCA (\%)} = \frac{\sum \text{Puntajes de riesgo asignado a las características no aceptables}}{\sum \text{Puntajes de riesgo asignados a todas las características analizadas}} \times 100$$

El IRCA mensual

$$\text{IRCA (\%)} = \frac{\sum \text{de los IRCAs obtenidos en cada muestra realizada en el mes}}{\text{Número total de muestras realizadas en el mes}}$$

2.5 CLASIFICACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO

Teniendo en cuenta los resultados del IRCA por muestra se define la siguiente clasificación del nivel de riesgo del agua suministrada para el consumo humano por la persona prestadora²⁴.

TABLA 4 clasificación del nivel de riesgo

Clasificación IRCA (%)	Nivel de Riesgo
80.1 -100	INVIABLE SANITARIA MENTE
35.1 - 80	ALTO
14.1 – 35	MEDIO
5.1 - 14	BAJO
0 - 5	SIN RIESGO

fuelle.

http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/normativa/Res_2115_de_2007.pdf

2.6 MUNICIPIO DE UNE

Une es uno de los 116 municipios del Departamento de Cundinamarca, se encuentra ubicado en la Región de Oriente, en las estribaciones de la Cordillera Oriental, su cabecera está localizada a los 4° 24' de latitud Norte, y 74° 02' de longitud al Oeste de Greenwich. Su altura sobre el nivel del mar es de 2.376 metros y posee una temperatura media de 16°C y una extensión de 211 Km ocupando un 0.94% del total del Departamento.¹ Según el DANE, el 46.6% de los habitantes del municipio de Une viven en la cabecera municipal y el restante 53.4% en el área rural ²⁵.

El Municipio se encuentra dentro de los siguientes límites. Por el Norte con Chipaque; por el Oriente con Cáqueza y Fosca; por el Sur con Fosca y Gutiérrez y por el Occidente con Santafé de Bogotá. El Municipio está conformado por 17 veredas que cuentan con Junta de Acción Comunal reconocida, entre las cuales se encuentran una Inspección Departamental de Policía y son las siguientes: Combura, Queca, Bolsitas, San Luis, Mundo Nuevo, Timasita, Puente de Tierra, El Salitre, La Mesa, Raspados, San Isidro, Llanitos, Hoja de Carrillos, Hoya de Pastores, Mategá, El Pedregal y la Inspección de El Ramal ². El acueducto urbano del municipio de Une Cundinamarca fue construido en el año 1934, para la conducción y distribución del agua se empleó el fenómeno físico de la gravedad, la longitud total del trazado de la línea de tubería tomada desde la bocatoma en Santuario hasta el tanque de almacenamiento y distribución fue de 2.600 metros. En 1984 se efectuó la ampliación de las líneas de recibo de agua cruda en la planta de entrega de agua tratada, incluyendo sus válvulas especiales para evitar pérdidas en caso de carga innecesaria, es la forma de prever que en un momento dado sea necesario contar con dos fuentes distintas de tuberías. Por consiguiente, se amplió la tubería de 3” a 6”.²

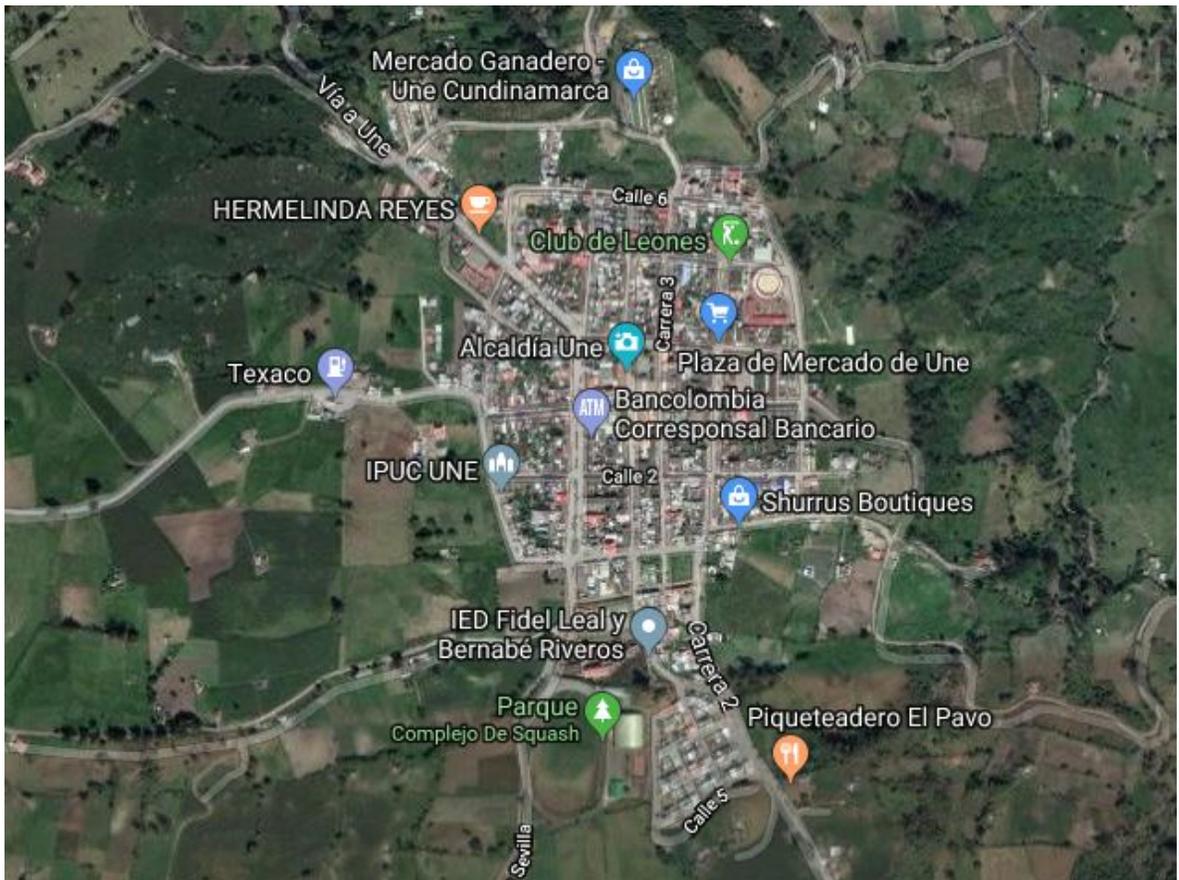
El acueducto con el que cuenta el municipio de Une tiene principalmente dos fuentes de abastecimiento, la primera denominada Nacedero el Santuario y la segunda la represa del chocolate ¹. La planta de tratamiento situada en el municipio de Une se encuentra ubicada a 2 Kilómetros por la salida Norte del pueblo, es una planta pequeña, en la cual el proceso de purificación se lleva a cabo con sedimentadores por donde pasa el agua cruda, de ahí fluye a través de grandes filtros compuestos de capas de arena gravilla.

Una vez filtrada, pasa por rejillas en la superficie la cual transfiere el agua a un tanque madre para aplicar los químicos, en el interior de este tanque, se encuentran dos mangueras una negra y otra blanca que contienen cloro y sulfato, en un sitio aparte se usan dos tanques para un proceso en particular, en los cuales se suministra óxido de calcio (Cal) para mejorar el pH y el cloro para desinfectar el agua del acueducto eliminando el exceso de bacterias,

terminado este proceso pasan al tanque de reserva ubicado en la planta para desde allí ser distribuida hasta las viviendas²⁶

Siempre se realiza una pre-cloración, lo que permite la oxidación de la materia orgánica presente en el agua y disminuye su concentración. Igualmente, finalizado este proceso, también se ejecuta una post-cloración, la cual garantiza la desinfección y presencia del cloro en las redes de distribución.²⁷

La cobertura en servicios públicos para el municipio de Une en el año 2011 es de un 88.80% reportado por la alcaldesa Adriana Ramírez Suárez²⁸, y para primer trimestre del año 2013 la secretaria de planeacion y según los datos tomados de la fuente del SISBEN reportaron una cobertura en cuanto al Acueducto del 99.66%²⁹



Figura#1 Municipio de une Cundinamarca.

<https://www.google.com/maps/@4.4027774,-74.0252665,1563m/data=!3m1!1e3>

3. DISEÑO METODOLÓGICO

3.1 Universo, población y muestra

Universo: Agua de Une Cundinamarca- Colombia

Población: agua para consumo humano de la zona urbana del municipio de Une

Muestra: 12 muestras de agua para consumo humano de diferentes puntos del municipio, tomadas en los meses de marzo y octubre del año 2018. Según lo atendido por la resolución 2115 de 2007 en el capítulo V artículo 22, la frecuencia y el número mínimo de muestras por habitantes del municipio son 3 mensuales para control de análisis microbiológicos de Coliformes Totales , *E. Coli* , pH y turbiedad.

De esta forma se quiso abarcar y estudiar puntos estratégicos del Municipio debido a que en ellos se atiende a los habitantes de todas las edades en general.

En la Tabla 3, se relacionan los puntos de toma de muestra y sus características.

TABLA 5. Características y coordenadas del sitio de toma de muestra

PUNTO	SITIO	TOMA DE MUESTRA	COORDENADAS	
			LATITUD	LONGITUD
1	casa parroquial	Grifo de la cocina	4°24'11.6"N	74°01'28.7"W
2	Restaurante mis ollitas	Grifo de la cocina	4°24'09.5"N	74°01'31.2"W
3	Punto de referencia 1005	Grifo	4°23'51.1"N	74°01'25.1"W
4	Punto de referencia 1001	Grifo	4°23'54"N	74°01'28.2"W
5	Institución Educativa Departamental Fidel Leal y Bernabé Riveros	Grifo lavamanos	4°24'00.3"N	74°01'28.8"W
6	Puesto de salud	Grifo del servicio de esterilización	4°24'04.3"N	74°01'29.7"W
7	Puesto de salud	Grifo de la cocina	4°24'04.3"N	74°01'29.7"W

8	Colegio pedro Eliseo cruz	Grifo del bebedero	4°24'12.1"N	74°01'25.6"W
9	plaza de mercado	Grifo de la cocina	4°24'13.7"N	74°01'26.6"W
10	Comedor escolar	Grifo de la cocina	4°24'13.7"N	74°01'29.6"W
11	Alcaldía municipal	Grifo de la cocina	4°24'12.7"N	74°01'29.4"W
12	Casa 1	Grifo de la cocina	4°24'12.7"N	74°01'29.4"W

Fuente : Google Maps

3.2 Variables e indicadores

En la siguiente tabla se encuentran las variables de la investigación y sus respectivos indicadores.

TABLA 6. Variables e indicadores

<i>VARIABLES</i>		<i>INDICADORES</i>	<i>INDICE</i>
<i>Dependiente (X)</i>	<i>Características del Agua (Parámetros físicos, químicos microbiológicos)</i>	<i>Parámetro físico</i>	
		<i>Turbidez</i>	<i>UNT</i>
		<i>Parámetro químico</i>	
		<i>pH</i>	<i>Unidad</i>
		<i>Parámetros microbiológicos</i>	
		<i>Coliformes totales</i>	<i>UFC/100mL</i>
		<i>Enterococcus faecalis</i>	<i>UFC/100mL</i>
		<i>Escherichia coli,</i>	<i>UFC/100mL</i>

<i>Independiente (Y)</i>	<i>Realización del muestreo</i>	<i>Puntos de muestreo</i>	
		<i>fecha</i>	
		<i>hora</i>	

3.3 TÉCNICAS Y PROCEDIMIENTOS

Figura # 2 Puntos de Muestreo



<https://www.google.com/maps/@4.4027774,-74.0252665,1563m/data=!3m1!1e3>

- **Toma de muestra**

La toma de muestra se realizó según la Resolución 0811 de 2008 en la cual se reglamenta y se da disposición de los lugares y puntos de muestreo para el control y la vigilancia de la calidad del agua para consumo humano en la red de distribución³⁰.

- **Identificación y registro de la muestra**

Cada uno de los recipientes donde se recolecta la muestra, una vez ha sido llenado y tapado, debe ser rotulado identificando además la fecha y la hora de la recolección ³⁰.

- **Lavado y desinfección de los puntos de toma**

Los procedimientos de lavado y desinfección de los grifos, llaves de agua, o dispensadores de agua, son indispensables para garantizar la representatividad de la muestra recolectada se procede de la siguiente forma ³⁰

1. Cualquiera que sea el accesorio que descarga el agua, se debe limpiar y desinfectar con un paño limpio empapado en una solución de hipoclorito de sodio o calcio con una concentración del 5 al 10% de cloro activo.
2. Antes de tomar la muestra, se debe proceder a drenar el agua estancada en la instalación de toma de muestra, dejando que se derrame y corra hacia la cuneta durante 1 a 2 minutos.
3. Asear el sitio y revisar dispositivo de toma (grifo, válvula de globo, llave, corte rápido) que no haya fugas entre el tambor y el cuello. Limpiar el orificio de salida con una gasa o torunda de algodón con solución de hipoclorito o desinfectante.
4. Abrir para purgar el sistema, dejando fluir el agua de 1 a 5 minutos, para quitar la estanqueidad del tubo asegurándose que el agua contenida en las tuberías ha sido renovada y la temperatura del agua se ha estabilizado para tomar las muestras.
5. Tomar la muestra, contando incluso el tiempo de purga, en un lapso no superior a 10 minutos sin que el agua deje de fluir

6. Destapar el frasco sin soltar la tapa de la mano, para no contaminarla con sustancias o microorganismos externos
7. No enjuagar el frasco con muestra a recolectar, puesto que se perdería el preservante (tiosulfato sódico) que contiene. La cantidad mínima a recoger para éste análisis es de aproximadamente 250 ml.

Es necesario tener en cuenta el tiempo de retención, que es el intervalo de tiempo entre la recolección y el análisis, en general mientras más corto sea el tiempo que pasa entre la recolección de una muestra y su análisis, más confiables serán los resultados analíticos

Las muestras se deben entregar en el laboratorio lo más pronto posible. Como máximo en un término de seis (6) horas desde el momento en que se inició el proceso de recolección ³⁰.

- **Análisis bacteriológicos**

Se realizarán por la técnica de filtración por membrana (Figura 3). Mecanismo mediante el cual se atrapan en la superficie de una membrana microorganismos cuyo tamaño es mayor que el tamaño del poro (0.45μ). Gracias a una bomba de vacío que ejerce una presión diferencial sobre la muestra de agua, haciendo que queden retenidas en la superficie de la membrana ³¹.



Figura 3. Equipo de filtración por membrana.

- **Controles**

Como control positivo para el recuento de Coliformes totales y *Escherichia coli* se utilizò la cepa ATCC 8239 (Figuras 4 y 5), para *Enterococcus* se utilizó la cepa *Enterococcus faecalis* (Figura 6). Las dos cepas fueron proporcionadas por el cepario de la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca. Como control negativo se utilizó agua destilada estéril

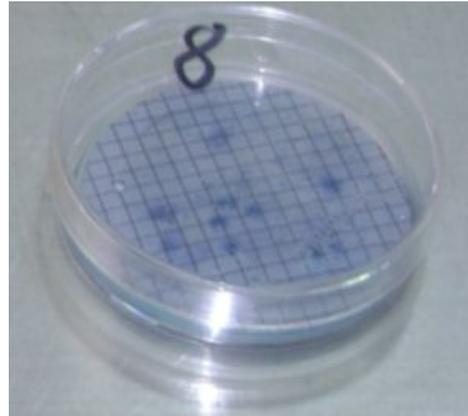


Figura 4 y 5 control positivo de Coliformes totales y *E.coli*

Podemos observar en la (figura 4) colonia mediana, circulares, convexa, moradas, con contorno verde-metálico y bordes redondeados característico de *E. coli* .

En la (figura 5) se observa una colonia grande , verde azulada con bordes irregulares y planas

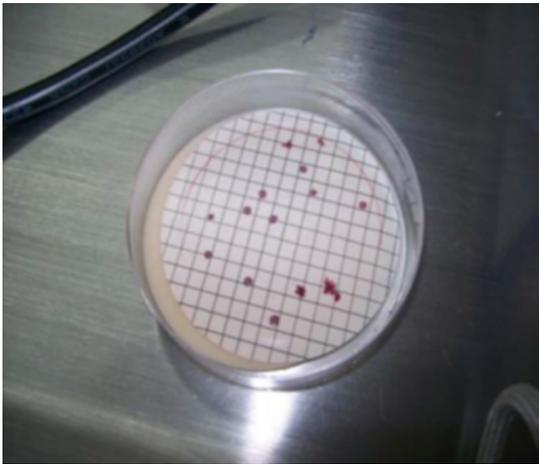


Figura 6. Control positivo *Enterococcus spp.*

Se observan colonias pequeñas , rosadas, borde redondo y plano

- **Análisis fisicoquímicos**

Concentración de Iones de Hidrógeno (pH)

El pH es un parámetro que mide la concentración de iones hidronio presentes en el agua. Esta medición se realiza por medio de un pHmetro compuesto por un electrodo de vidrio que genera una corriente eléctrica proporcional a la concentración de protones presentes en la solución²⁷. El pH o la actividad del ión hidrógeno indican a una temperatura dada, la intensidad de las características ácidas o básicas del agua²⁸, Según la Resolución 2115 de 2007 los límites admisibles de pH en agua potable son de 6.5 a 9.0 unidades.²⁴

Turbidez (método turbidimétrico)

La turbidez es la propiedad óptica causado por la dispersión y absorción de la luz, ya sea esta reemitida y no transmitida al pasar a través del agua que contiene pequeñas partículas en suspensión, puede ser causada por la presencia de fango, arcillas, sílice, azufre, por escurrimientos superficiales que contienen materia orgánica y mineral suspendida.

El equipo empleado (Figura 7) ofrece la lectura directa en unidades nefelométricas de turbiedad (UNT).³² La calibración del equipo se realiza por medio de los tubos estándar proporcionados por la casa comercial, los cuales comprenden el rango de 0.02 NTU a 1000 NTU, la calibración se realiza antes del respectivo análisis de muestras de acuerdo a las instrucciones, Según la Resolución 2115 de 2007 los límites admisibles para Turbiedad son 2 UNT.²⁴



Figura 7. Turbidímetro

4. RESULTADOS

- **Análisis microbiológicos**

Se observa el recuento obtenido de cada uno de los indicadores usados en el estudio, en los 12 puntos muestreados del mes de marzo y octubre de 2018, se destaca el punto 12 en el mes de marzo debido a que presenta un recuento mayor a 300 UFC/100mL, de esta misma forma los puntos 6 y 7 presentaron 0 UFC/100mL en el mes de marzo y octubre para coliformes Totales y *Enterococcus spp.*

TABLA 7. Recuentos obtenidos en UFC/100mL, en cada uno de los puntos muestreados.

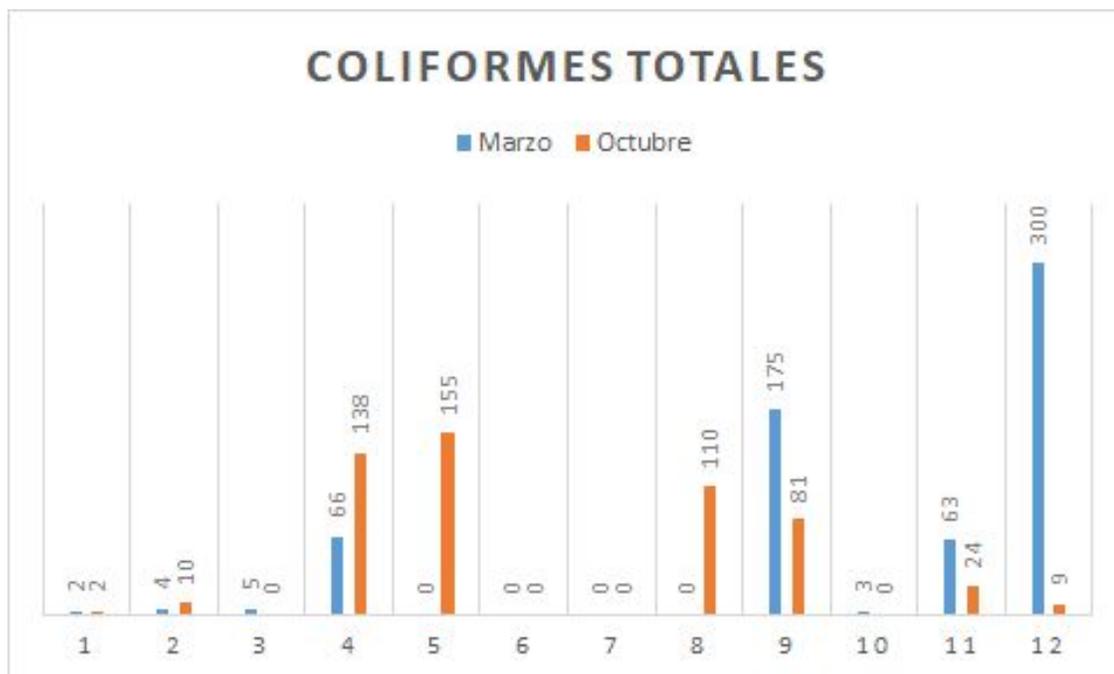
Punto	sitio	Coliformes totales		<i>Escherichia coli</i>		<i>Enterococcus spp.</i>	
		Marzo	Octubre	Marzo	Octubre	Marzo	Octubre
1	casa parroquial	2	2	0	1	0	7
2	Restaurante mis ollitas	4	10	0	0	0	280
3	Punto de referencia 1005	5	0	0	0	0	0
4	Punto de referencia 1001	66	138	0	0	0	23
5	Institución Educativa Departamental Fidel Leal y Bernabé Riveros	0	155	0	0	0	160
6	Puesto de salud	0	0	0	0	0	0
7	Puesto de salud	0	0	0	0	0	0
8	Colegio pedro Eliseo cruz	0	110	0	0	0	75
9	plaza de mercado	175	81	7	21	0	36
10	Comedor escolar	3	0	0	0	0	70
11	Alcaldía municipal	63	24	3	1	11	6

12	Casa 1	> 300	9	5	0	0	53
----	--------	-------	---	---	---	---	----

Para los Coliformes totales, en la Figura 8 se observa que en el mes de marzo el 67% (8) de las muestras sobrepasaron el límite permitido en la Resolución 2115 de 2007 que es 0 UFC/100mL. Los puntos en los que se encuentra mayor recuento de este indicador, son el 9 y el 12, que corresponden a la plaza de mercado y al grifo de una casa.

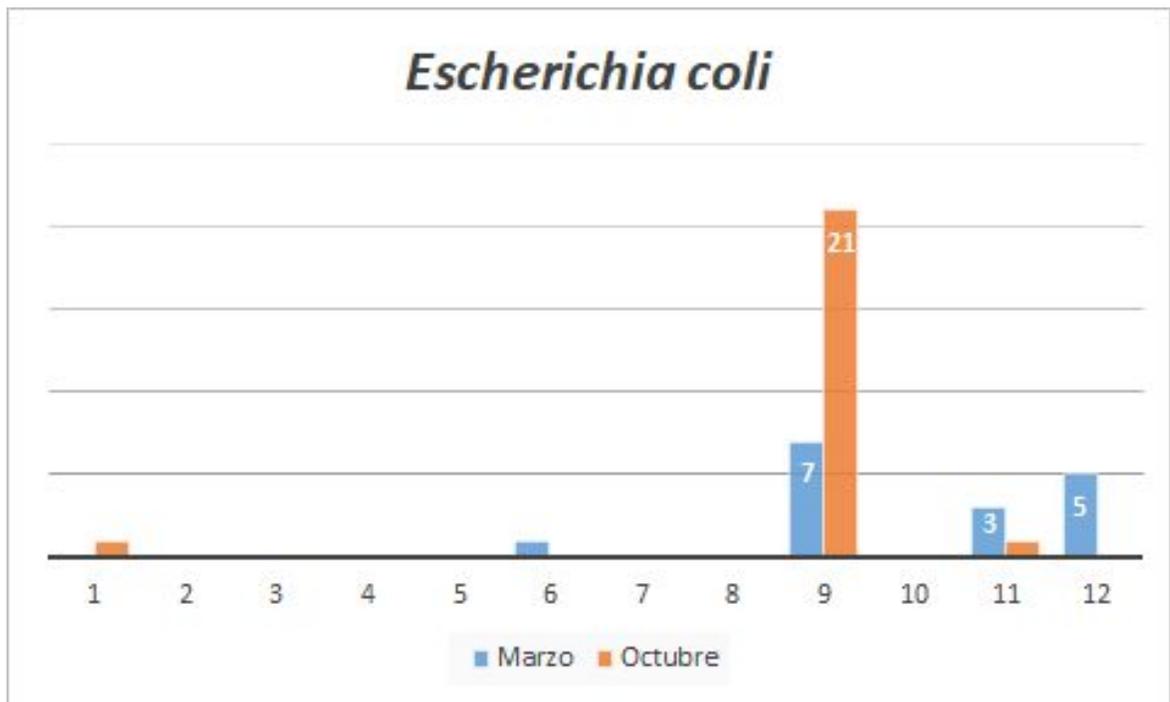
En el mes de octubre se obtuvo el mismo resultado anterior, pero los puntos con mayores recuentos fueron el 4 (Punto de referencia 1001) y el 5 (Institución Educativa Departamental Fidel Leal y Bernabé Riveros).

Figura 8. Recuento de Coliformes Totales en UFC/100ml



La figura 9 muestra el recuento de *Escherichia coli*, en los meses de marzo y octubre el 67 % (8) de las muestras cumple con lo establecido en la normatividad, es decir presentaron recuentos de 0 UFC/mL, mientras que el 33 % presenta recuentos por encima de lo establecido, se evidencia que el punto 9 (plaza de mercado) es en el que se obtuvieron los recuentos más altos en los meses de la toma de muestras.

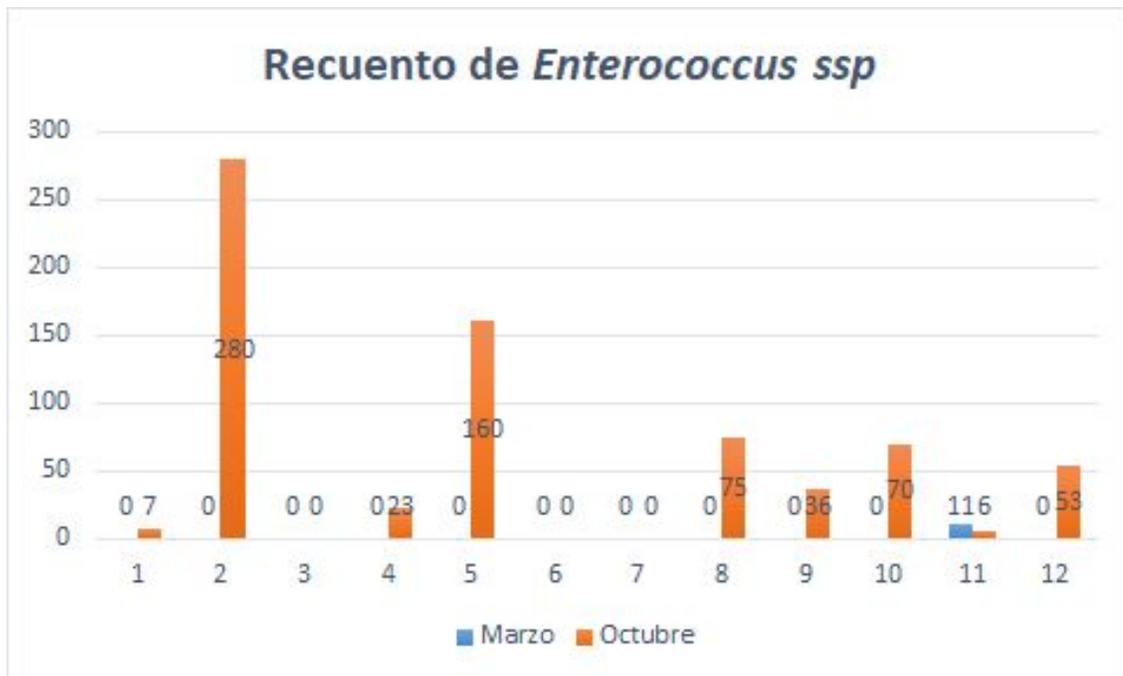
Figura 9. Recuento de *Escherichia coli* en UFC/100 mL.



En cuanto los resultados *Enterococcus spp* se puede evidenciar en la Figura 10, que para el mes de marzo solo la muestra 11, que corresponde a la alcaldía municipal, presentó un recuento de 11 UFC/100mL, las demás muestras cumplieron con el recuento establecido en la normatividad vigente ³³. Para el mes de octubre, el 75% de las muestras presentaron recuentos que superan lo establecido en la normatividad colombiana y resaltan los puntos 2 y 5 ubicados en un restaurante y en la Institución Educativa Departamental, presentan los recuentos más altos para este indicador, incluso superando los recuentos de Coliformes

totales y *E. coli* obtenidos en estos mismos puntos. Su presencia indica una contaminación reciente ,la cual puede darse por los sistemas de desinfección y limpieza que se utilizan.

Figura 10. Recuento de *Enterococcus ssp* en UFC/100ml en los dos meses muestreados.



El método de pruebas bioquímicas rápidas BBL CRYSTAL fue utilizado para la identificación de algunos microorganismos aislados, Los resultados obtenidos fueron: *Klebsiella pneumoniae*, *Escherichia coli*, *Acinetobacter iwoffii*, *Enterobacter cloacae*, *Serratia rubidaea*, *Enterobacter gergoviae*, *Enterobacter sakazakii*, *Serratia fonticola*, *Enterobacter cancerogenus*, *Enterococcus faecalis*, *Enterococcus faecium*.

- **Análisis fisicoquímicos**

En las 12 muestras de agua provenientes del sistema de abastecimiento y distribución de agua del Municipio de Une- Cundinamarca se comprobó que el pH y la turbidez de las muestras (Tabla 8) se encuentra dentro del valor permitido por la norma, es decir 6.5 a 9.0 para pH y 2UNT para turbidez.

TABLA 8. Resultado parámetros fisicoquímicos de las muestras en los meses de marzo y octubre

Punto	Sitio	pH (Unidades)		Turbidez (UNT)	
		Marzo	Octubre	Marzo	Octubre
1	casa parroquial	7,59	7,55	0,16	0,15
2	Restaurante mis ollitas	7,51	7,58	0,18	0,20
3	Punto de referencia 1005	6,5	7,22	0,13	0,18
4	Punto de referencia 1001	7,58	7,4	0,28	0,17
5	Institución Educativa Departamental Fidel Leal y	7,57	7,52	0,17	0,19

	Bernabé Riveros				
6	Puesto de salud	7,46	6,93	0,26	0,20
7	Puesto de salud	7,4	6,82	0,19	0,17
,8	Colegio pedro Eliseo cruz	7,4	7,47	0,18	0,15
9	plaza de mercado	7,38	7,35	0,27	0,23
10	Comedor escolar	7,36	7,24	0,17	0,16
11	Alcaldía municipal	7,31	6,74	0,16	0,19
12	Casa 1	6,64	6,78	0,25	0,20

CÁLCULO % IRCA

TABLA 9 cálculo porcentaje del irca

MX	PH MARZO	PH OCTUBRE	TURBIDEZ MARZO	TURBIDEZ OCTUBRE	COLIFORMES MARZO	COLIFORMES OCTUBRE	% IRCA MARZO	% IRCA OCTUBRE
1	7,59	7,55	0,16	0,15	2	2	47,6	47,6
2	7,51	7,58	0,18	0,2	4	10	47,6	47,6
3	6,5	7,22	0,13	0,18	5	0	47,6	0
4	7,58	7,4	0,28	0,17	66	138	47,6	47,6
5	7,57	7,52	0,17	0,19	0	155	0	47,6
6	7,46	6,93	0,26	0,2	0	0	0	0
7	7,4	6,82	0,19	0,17	0	0	0	0
8	7,4	7,47	0,18	0,15	0	110	0	47,6
9	7,38	7,35	0,27	0,23	175	81	47,6	47,6
10	7,36	7,24	0,17	0,16	3	0	47,6	
11	7,31	6,74	0,16	0,19	63	24	47,6	47,6
12	6,64	6,78	0,25	0,2	> 300	9	47,6	47,6
						%IRCA MENSUAL	31,73333333	31,73333333

De acuerdo a los resultados obtenidos se evaluaron los porcentajes del índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano – IRCA- en las muestras tomadas para el mes de marzo y Octubre, se evidencia en la Tabla N° 7 y de acuerdo a la resolución 2115 de 2007 que el agua distribuida por el municipio tiene un nivel de riesgo Alto para porcentaje de IRCA por muestra y nivel Medio para porcentaje de IRCA mensual (ver Tabla N°3) y no es apta para consumo humano

5. DISCUSIÓN

El estudio realizado en el municipio de Une Cundinamarca determinó que el 67% de las muestras en los dos meses del estudio, sobrepasa el límite permitido en la Resolución 2115 de 2007 respecto al recuento de coliformes totales. En el artículo “Evaluación cuantitativa del riesgo microbiológico por consumo de agua en San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México” de 206 muestras recolectadas, el 59% y 32% resultaron positivas para coliformes totales y *E. coli* respectivamente, pues todas las fuentes presentaron contaminación fecal por lo menos en alguna de las muestras de agua⁶. De la misma forma en el estudio realizado por Ávila de Navia S, et al en la Vereda El Charco, San Miguel de Sema, Boyacá- Colombia, el 66.7% (4 muestras) presentaron recuentos para coliformes totales por encima de lo permitido³⁴.

En el artículo control bacteriológico del agua de la red de distribución acueducto de las veredas Nápoles, Ponchos y Sebastopol en San Antonio de Tequendama, los resultados muestran que el agua no es apta para consumo humano, debido a que en los distintos puntos y meses de muestreo se encontró presencia de coliformes totales en un 100% y *E. coli* en un 86.6% de las muestras³⁵.

Sierra Severiche C.A *et al* evaluaron la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua consumida en el municipio de Turbaco, Bolívar, el análisis microbiológico reveló que el 44.44% de las muestras presentaron Coliformes totales¹³

En el presente trabajo, el 70.5% de las muestras no presentó recuentos para *Escherichia coli*, datos similares se obtuvieron en el artículo Calidad bacteriológica del agua Vereda El Charco, San Miguel de Sema, Boyacá- Colombia, donde el 100% de las muestras fueron negativas para la presencia de *Escherichia coli*³⁴.

Sánchez P, en su estudio sobre la calidad bacteriológica del agua para consumo humano en zonas de alta marginación de Chiapas, encontró que el 31% de las muestras de agua obtenidas fueron de buena calidad. Debe destacarse que en las 36 muestras de agua (de un total de 46 muestras dieron positivo al grupo de coliformes fecales) a las que se les realizó la prueba confirmatoria de fermentación de lactosa, se obtuvo un crecimiento positivo para *Escherichia coli*.³⁶

Para el caso de los *Enterococcus spp.*, se encontró que el 66.7% de las muestras del mes de octubre fueron positivas, mientras que en el mes de marzo solo 1 muestra presenta recuentos de este género de microorganismos, en el estudio realizado por Ávila *et al*, en el municipio de San Miguel de Sema, Boyacá- Colombia, el 83% de las muestras presentó recuentos de *Enterococcus spp.*³⁴

Es importante resaltar que, en el presente estudio, los puntos 6 y 7 corresponden al puesto de Salud y los recuentos obtenidos para todos los indicadores usados fueron de 0 UFC/100 mL en ambos meses del muestreo (con excepción de la muestra 6 que en el mes de Marzo presentó 1 UFC/100 mL); estos resultados se pueden comparar con los obtenidos por Montes de Oca y Jiménez, quienes analizaron 427 muestras de agua potable de Hospitales y en ninguna se obtuvo crecimiento bacteriano de los indicadores de contaminación, lo que indica que se está utilizando agua de calidad.³⁷

En contraste, Acevedo en su estudio calidad microbiológica del agua en dos instituciones de salud del Eje Cafetero, Colombia 2015, reporta que en una de las instituciones existe gran presencia de mohos, levaduras y aerobios mesófilos y, ausencia de coliformes totales y *E. coli*. En la segunda institución no se presentaron recuentos significativos de microorganismos³⁸

De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente trabajo, el pH y la turbidez se encuentran dentro de los parámetros establecidos en la Resolución 2115 de 2007, resultados similares han sido reportados por Guzmán *et al*, en donde el pH y la turbiedad presentaron un porcentaje de cumplimiento de los valores máximos permitidos por encima del 90 %³⁹, por otra parte el artículo realizado por Pérez E, en aguas para consumo humano en la región occidental de Costa Rica, al analizar los resultados obtenidos de pH, obtuvo que todas las muestras se encuentran dentro de lo especificado por la norma²⁰, estos mismos resultados fueron obtenidos en un estudio realizado en la ciudad de Chalatenango, México⁴⁰.

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, la variabilidad del pH de un sector a otro puede verse influenciada por el tratamiento aplicado al agua o por el tipo de cuenca del cual proviene, debido a la riqueza de minerales que esta posee, lo que altera el potencial de hidrógeno presente en el agua²⁰.

Por otra parte, la turbidez aún en pequeñas concentraciones, hace que el color aparente sea mayor que el color verdadero. El color depende del pH, al incrementarse el pH se aumenta la coloración; por esto debe reportarse, ya que influye en el análisis de la turbidez⁴¹

6. CONCLUSIONES

- Conforme a los resultados el agua del Municipio de Une no es apta para consumo Humano debido a la presencia de microorganismos indicadores de contaminación.
- Se evidencio que los parámetros pH y turbidez cumplen con la normatividad establecida por la resolución 2115-2007.
- Es de resaltar que las muestras tomadas en el puesto de salud en los meses de Marzo y Octubre se encuentran con un recuento de 0 UFC/mL esto indica que esta agua si es apta para la comunidad
- De acuerdo al IRCA el Municipio de Une - Cundinamarca, se encuentra en un nivel alto para cada una de las muestras analizadas y un riesgo medio conforme a los resultados mensuales, por ello los habitantes del municipio se encuentran expuestos a enfermedades producidas por microorganismos como son *Escherichia coli*, *coliformes totales* y *Enterococcus ssp*.

7. BIBLIOGRAFÍA

1. Alcaldía Municipal de Une Disponible en:
<http://www.une-cundinamarca.gov.co/municipio/nuestro-municipio>
2. Calderón Cubides A. 1999. Descentralización en salud en el municipio de UNE [ensayo trabajo de grado especialista en gestión pública] Villavicencio: Escuela superior de administración pública ESAP. Facultad de estudios AVANZADOS programa de especialización en gestión pública Villavicencio. Disponible en:
[http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/descentralizaci%C3%B3n%20en%20salud%20en%20el%20municipio%20de%20une%20-%20\(106%20p%C3%A1g%20-%20163%20kb\).pdf](http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/descentralizaci%C3%B3n%20en%20salud%20en%20el%20municipio%20de%20une%20-%20(106%20p%C3%A1g%20-%20163%20kb).pdf)
3. Organización Mundial de la Salud OMS. 2006. Primer apéndice a la 3ra edición. 3:11. Disponible en:
http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full_lowres.pdf
4. Organización mundial de la salud. Agua 7 febrero de 2018. Disponible en:
<https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>
5. BOLETÍN EPIDEMIOLOGICO SEMANAL. 2018. Instituto Nacional de Salud. Semana epidemiológica 35 Ago. 26 al 1 de sept. de 2018. Disponible <https://www.ins.gov.co/buscador-eventos/BoletinEpidemiologico/2018%20Bolet%C3%ADn%20epidemiol%C3%B3gico%20semana%2035.pdf>

6. Secopi Alacaldía Municipal de Une Disponible en: <https://www.contratos.gov.co/consultas/detalleProceso.do?numConstancia=18-13-8328190>
7. Galdos-Balzategui A, de la Torre, Jesús Carmona, Sánchez-Pérez HJ, Morales-López JJ, Torres-Dosal A, Gómez-Urbina S. 2017. Evaluación cuantitativa del riesgo microbiológico por consumo de agua en San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México/Quantitative microbial risk assessment of drinking water in San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, Mexico. *Tecnología y Ciencias del Agua*. 8 (1):133-153.
8. Baque-Mite R, Simba-Ochoa L, Gonzalez-Ozorío B, Suatunce P, Díaz-Ocampo E, Cadme-Arevalo L. 2016. Calidad del agua destinada al consumo humano en un cantón de Ecuador. *Ciencia UNEMI*. 9 (20): 109-117.
9. Tarqui Mamani CB. 2018. Calidad bacteriológica del agua para consumo en tres regiones del Perú. *Revista de Salud Pública*. 18 (6):904-912 disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rsap/v18n6/0124-0064-rsap-18-06-00904.pdf>
10. Vergaray G et al. 2012. Coliformes injuriados en el agua de bebida de edificios. *Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica*. 10: (19). p. 51-54. ISSN 1682-3087. disponible en: <http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/535>
11. Cruz Valdivia W. Calidad bacteriológica y parasitológica del agua de consumo humano, y su impacto en la morbilidad por entero patógenos de mayor incidencia en los niños y niñas de centros educativos de educación primaria del distrito de Pichari, La Convención, Cusco-Valle del Río Apurímac, de marzo a julio del 2006. disponible en: <http://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/cybertesis/3031>
12. Tobón SR, Cadavid RMA, Gutiérrez LA. 2017. Patógenos Microbianos e Indicadores Microbiológicos de calidad del agua para consumo humano. *Facultad Nacional de Salud Pública: El escenario para la salud pública desde la ciencia*.

Disponible en

<http://www.scielo.org.co/pdf/rfnsp/v35n2/0120-386X-rfnsp-35-02-00236.pdf>

13. Sierra CAS, Barrios RLA, Morales J. calidad del agua para consumo humano: municipio de Turbaco-bolívar, norte de Colombia. Primera Edición 2015. disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/282493297>
14. Avila de Navia SL, Estupiñán Torres SM. 2012. Calidad bacteriológica del agua de consumo humano de la zona urbana y rural del municipio de Guatavita, Cundinamarca, Colombia. Revista Cubana de Higiene y Epidemiología. 50 (2):163-168. disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1561-30032012000200004&lng=es&nrm=iso
15. Briñez K, Guarnizo J, Arias S. 2012. Calidad del agua para consumo humano en el departamento del Tolima. Facultad Nacional de Salud Pública. 30 (2). p. 175-182. disponible en :<http://www.scielo.org.co/pdf/rfnsp/v30n2/v30n2a06.pdf>
16. Manual de Métodos Analíticos para la Determinación de Parámetros Físicoquímicos Básicos en Aguas Carlos Alberto Severiche Sierra, Marlon Enrique Castillo Bertel y Rosa Leonor Acevedo Barrio <http://www.eumed.net/libros-gratis/2013a/1326/1326.pdf>
17. PROGRAMA DE CAPACITACIÓN Y CERTIFICACIÓN DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA Curso básico Sena. pag.45- 52 [Consultado 01 de Septiembre de 2018]. Disponible en: https://repositorio.sena.edu.co/sitios/calidad_del_agua/#
18. MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL RESOLUCIÓN NÚMERO 2115 (22 JUN 2007) [internet] Disponible en:http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/Legislaci%C3%B3n_del_agua/Resoluci%C3%B3n_2115.pdf

19. Aguinaga Silvia, y “etal” MANUAL DE PROCEDIMIENTOS ANALITICOS PARA AGUAS Y EFLUENTES Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente Dirección Nacional de Medio Ambiente Laboratorio 1996 [Consultado 16 de mayo de 2019]. Disponible en http://imasd.fcien.edu.uy/difusion/educamb/docs/pdfs/manual_dinama.pdf
20. Pérez-López, E. Control de calidad en aguas para consumo humano en la región occidental de Costa Rica. *Tecnología en Marcha*. 29 (3). 2016. Pág 3-14 <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5710308>
21. PROGRAMA DE CAPACITACIÓN Y CERTIFICACIÓN DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA Curso básico Sena. pag.45- 52 [Consultado 01 de Septiembre de 2018]. Disponible en: https://repositorio.sena.edu.co/sitios/calidad_del_agua/#
22. Pullés, M. R. (2014). Microorganismos indicadores de la calidad del agua potable en Cuba. *Revista CENIC Ciencias Biológicas*, 45(1), 25-36. [Consultado 16 de mayo de 2019]. Disponible en : <https://www.redalyc.org/html/1812/181230079005/>
23. Carrillo Zapata EM, Lozano Caicedo AM. 2008. Validación del método de detección de coliformes totales y fecales en agua potable utilizando agar chromocult Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. disponible en : <http://javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis203.pdf>
24. MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL RESOLUCIÓN NÚMERO 2115 (22 JUN 2007) [internet] Disponible en:http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/Legislaci%C3%B3n_del_agua/Resoluci%C3%B3n_2115.pdf
25. Piragauta Rodríguez H. 2008. Corporación autónoma regional de la Orinoquia estrategia de mejoramiento de la gestión ambiental territorial programa: gestión ambiental y municipal. Corporinoquia. Yopal, Casanare. Disponible en [:http://www.misionrural.net/fscommand/agendaprimavera.pdf](http://www.misionrural.net/fscommand/agendaprimavera.pdf)

26. Cesar pardo informó el proceso de tratamiento del agua en el municipio de Une –Cundinamarca (comunicación personal marzo 2018)
27. Agua potable. etapas del proceso de potabilización de agua. Fibras y Normas de Colombia S.A.S. [Consultado 011 de mayo de 2019]. Disponible en:<https://www.fibrasynormasdecolombia.com/terminos-definiciones/etapas-del-proceso-potabilizacion-agua/>
28. Ramirez S Adriana, VARIABLES PARA EL DIAGNOSTICO DE LA INFANCIA Y LA DE LA ADOLESCENCIA DEL MUNICIPIO. ABRIL DE 2008-2011 pag; 58.[consultado 15 de Mayo 2019] disponible en: <http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/pd%20-%20plan%20de%20desarrollo%20-%20une%20-%20cundinamarca%20-%202008%20-%202011.pdf>
29. Gobernación de Cundinamarca. Estadística de cundinamarca 2011-2013 servicios públicos[consultado 15 de Mayo 2019] disponible en: http://www.cundinamarca.gov.co/wcm/connect/2a613454-7047-4a52-a14d-e71ccd85fd0a/Cap_05.pdf?MOD=AJPERES&CVID=kNRnQB6
30. Manual de Instrucciones Para la Toma, Prevención y Transporte de Muestras de Agua de Consumo Humano para Análisis de Laboratorio 2011:20, 34-35,48 disponible en: <https://www.ins.gov.co/sivicap/Documentacin%20SIVICAP/2011%20Manual%20toma%20de%20muestras%20agua.pdf>
31. Determinación de *Escherichia coli* y Coliformes totales en agua por el método de filtración por membrana en agar chromocult [Internet][consultado 2018 abril 18]. Disponible en: <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Coliformes+totales+y+E.+coli+en+Agua+Filtraci%C3%B3n+por+Membrana.pdf/5414795c-370e-48ef-9818-ec54a0f01174>

32. Sierra Severiche C,A. Bertel MEC, Barrios RLA. 2013. Manual de métodos analíticos para la determinación de parámetros fisicoquímicos básicos en aguas. Cartagena de Indias Disponible en : <http://www.eumed.net/libros-gratis/2013a/1326/1326.pdf>
33. Colombia Icontec, Norma Técnica Colombiana 813 establece los requisitos físicos, químicos y microbiológicos que debe cumplir el agua potable. [Internet]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/jamesdays/texto-ntc-813-agua-potable>
34. Ávila de Navia S, Estupiñán-Torres S, Díaz González L. 2016. Calidad bacteriológica del agua Vereda El Charco, San Miguel de Sema, Boyacá- Colombia. Revista NOVA. 13 (25): 139-145 disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/nova/v14n25/v14n25a11.pdf>
35. Estupiñán S, Ávila S, Celeita D, Escobar E. 2010. Control bacteriológico del agua de la red de distribución" acueducto de las veredas Nápoles, ponchos y Sebastopol. San Antonio de Tequendama. NOVA-publicación científica en ciencias Biomédicas. Disponible en ; <http://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/nova/article/view/453/1104>
36. Sánchez P, H; et al. 2000. Calidad bacteriológica del agua para consumo humano en zonas de alta marginación de Chiapas. Salud Pública de México. 42 (5). p. 397-406.disponible en: https://www.redalyc.org/html/106/1_oingan0642507/
37. Montes A. 2012. Calidad del agua potable del Hospital de Ginecología y Obstetricia del Instituto Materno Infantil del Estado de México. IV (3)disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/imi/imi-2012/imi123c.pdf>
38. Acevedo O Germán, et al. 2015. Calidad microbiológica del agua en dos instituciones de Salud del eje cafetero, Colombia. 16 (2) disponible en : <http://revistasum.umanizales.edu.co/ojs/index.php/archivosmedicina/article/view/1617>
39. Guzmán B, Naval G, Díaz P. 2015. Grupo de Calidad del Agua, Subdirección Laboratorio Nacional de Referencia, Dirección de La calidad del agua para

consumo humano y su asociación con la morbimortalidad en Colombia, 2008-2012, Revista Biomédica. Disponible en: <https://www.revistabiomedica.org/index.php/biomedica/article/viewFile/2511/285>

40. Aguilar Z. 2012. determinación de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos para agua apta para consumo humano de Concepción Quezaltepeque, Chalatenango. Trabajo de grado (SEPTIEMBRE 2012) [internet], Consultado 2 febrero 2019. Disponible en: http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/2071/1/Determinacion_de_parametros_Fcoqcos_y_micros_de_agua_de_CQ%2C_.pdf
41. Londoño A Giraldo, et al 2010. Métodos analíticos para la evaluación de la calidad fisicoquímica del agua. *Environment International*. 1-149 disponible en : <http://bdigital.unal.edu.co/49658/7/9789588280394.pdf>