

**DESARROLLO COMUNITARIO MEDIANTE LA POTABILIZACIÓN DE AGUA  
PARA CONSUMO HUMANO, UTILIZANDO LAMPARAS DE LUZ ULTRAVIOLETA  
TIPO C, EN TRES (3) INSTITUCIONES ESCOLARES DEL MUNICIPIO DE ATACO  
EN EL DEPARTAMENTO DEL TOLIMA**

**ZURGHEY LORENA ARIAS ORTIZ  
JORGE HUMBERTO PEDRAZA ISAACS**

**UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA - UNAD  
ESCUELA DE CIENCIAS AGRICOLAS, PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE  
INGENIERIA AMBIENTAL  
CEAD IBAGUÈ**

**2016**

**DESARROLLO COMUNITARIO MEDIANTE LA POTABILIZACIÓN DE AGUA  
PARA CONSUMO HUMANO, UTILIZANDO LAMPARAS DE LUZ ULTRAVIOLETA  
TIPO C, EN TRES, (3) INSTITUCIONES ESCOLARES DEL MUNICIPIO DE ATACO  
EN EL DEPARTAMENTO DEL TOLIMA**

**ZURGHEY LORENA ARIAS ORTIZ & JORGE HUMBERTO PEDRAZA ISAACS**

**Proyecto aplicado de desarrollo social comunitario,  
como requisito para optar al título de Ingenieros Ambientales**

**Director**

**CARLOS GUILLERMO MESA MEJIA**

**Ingeniero Sanitario y Ambiental**

**UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA – UNAD  
ESCUELA DE CIENCIAS AGRICOLAS, PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE  
INGENIERIA AMBIENTAL  
CEAD IBAGUÈ**

**2016**

“La responsabilidad del contenido de este trabajo final de graduación nos corresponde exclusivamente, y el patrimonio intelectual del mismo a la Universidad Nacional Abierta y a Distancia, UNAD”

Los Autores:

Zurghey Lorena Arias Ortiz & Jorge Humberto Pedraza Isaacs

## **DEDICATORIA**

El hombre es un ser eminentemente social y por ello sus actuaciones responden a los lineamientos de su entorno familiar, laboral y comunitario.

Un estudiante realiza diferentes actividades al interior de la universidad y se ciñe al reglamento interno de la institución, pero mantiene intacta la impronta que en su carácter deja la vida en el hogar. La academia estructura a la persona y la capacita para desempeñar adecuadamente una profesión, mientras que la familia enseña valores y transmite rasgos culturales que le permiten vivir en sociedad.

Los autores dedican este trabajo a aquellas personas y entidades que han influido en su crecimiento personal y académico, pues constituyen un apoyo sin el cual habría sido imposible culminar exitosamente este proceso educativo.

A sus parejas, padres, madres, hermanos e hijos, quienes comprendieron el esfuerzo realizado a lo largo de la carrera y sacrificaron parte de su tiempo para que los autores reciban este título profesional.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a todas aquellas personas que directa o indirectamente han intervenido en su proceso educativo, tanto al interior de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia, UNAD como fuera de ella.

A sus parejas con las que han conformado sus propios hogares, a sus hijos y a sus respectivas familias maternas, pues constituyeron un apoyo incondicional que facilitó alcanzar esta meta.

Al grupo de compañeros que a lo largo de la carrera compartieron con los autores sus alegrías, penas, logros y sacrificios, con quienes se consolidaron fuertes lazos de amistad, difíciles de romper.

Al director del trabajo de grado, Ingeniero Carlos Guillermo Mesa Mejía y a los demás docentes de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia, UNAD, tanto en el campus virtual como en el CEAD Ibagué, por transmitir a los autores sus conocimientos y construir las bases para lograr una adecuada estructuración profesional.

## RESUMEN

El proyecto permite entregar a tres instituciones educativas del municipio de Ataco-Tolima, un sistema de tratamiento microbiológico de agua con luz ultravioleta tipo C, a fin de asegurar que el líquido que reciben dichos centros educativos, sea tan confiable que pueda ser consumido directamente por los alumnos, el cuerpo docente e incluso por la comunidad del entorno de los entes escolares.

Además de la potabilización hídrica, el trabajo tiene un componente educativo de amplio impacto que beneficia tanto a la población estudiantil como a sus familias, y puede ser replicado entre la comunidad del entorno de los centros de enseñanza. Se estima que el número de habitantes beneficiados con el proyecto en el municipio supera las 3522 personas, considerando un total de 1174 estudiantes con sus respectivos núcleos familiares básicos, de tres (3) integrantes cada uno de ellos.

Palabras clave: Germicida, microbiológico, epidemiología, sintomatología, potabilización, ultravioleta, coliformes, concienciación, normatividad, radiación, vulnerabilidad, alcalinidad.

## **ABSTRACT**

The project can provide a microbiological water treatment system with ultraviolet light type C, to three educative institutions in Ataco – Tolima town, in order to guarantee them clean water which can be consumed by students, teachers and the community around the school.

Besides the drinkable water, the project has an educative impact that benefits the students and their families, and can be imitated by the rest of educative institutions. It is estimated that the beneficiary population with this project in Ataco is more than 3522 people, considering a total of 1174 students with their respective families of three (3) integrants each of team.

Keywords: Germicidal, microbiology, epidemiology, symptomatology, purification, ultraviolet, coliforms, awareness, regulations, radiation, vulnerability, alkalinity.

## GLOSARIO

**ACUÍFERO:** Capa de un terreno que contiene agua. Terreno rocoso permeable bajo la superficie, en donde se acumula o por donde circula el agua subterránea. Formaciones geológicas en las cuales se encuentra agua y que son permeables, permitiendo el almacenamiento de agua en espacios subterráneos.

**ALCALINIDAD:** Calidad de alcalino. También conocido como basicidad, es la capacidad que tiene el agua para neutralizar ácidos.

**AUSENTISMO:** Abstención deliberada de asistir al trabajo, la escuela o a cumplir alguna obligación. Sinónimo de Absentismo.

**COLIFORMES:** Con forma semejante a la Escherichia Coli, tienen gran importancia como indicadores de contaminación en el agua y los alimentos. Pertenecen a la familia Enterobacteriaceae y se caracterizan por su capacidad para fermentar la lactosa.

**CONCIENCIACIÓN:** Sinónimo de concientizar. Hacer que alguien sea consciente de algo.

**CONDUCTIVIDAD:** Es una propiedad física natural que tiene un cuerpo, material o sustancia, de conducir o permitir el paso a través de si, del calor, la electricidad o el sonido.

**DESERCIÓN:** Acción de desertar. Abandonar las obligaciones y separarse del lugar asignado.



**DUREZA:** Calidad de duro. En el agua se refiere a la concentración de algunas sales minerales como el magnesio y el calcio. Cuando aumenta la concentración de sales, mas “DURA” es el agua y cuando dicha concentración de sales baja, se conoce como agua “BLANDA”.

**EPIDEMIOLOGÍA:** Se refiere al estudio de las epidemias y la incidencia de enfermedades infecciosas en una población.

**ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO:** Es el rango de todas las radiaciones electromagnéticas posibles. Tiene una gran amplitud y se extiende desde unas muy bajas frecuencias de onda larga usadas para la radio, hasta las frecuencias de onda corta, como las usadas en los rayos gamma.

**GERMICIDA:** Que tiene la propiedad de destruir bacterias y los gérmenes nocivos.

**INOCUIDAD:** Calidad de inocuo. Es la incapacidad de producir un daño. Por su etimología, -del latín innocuus-, significa inofensivo.

**MESÓFILO:** Organismo cuya temperatura optima de crecimiento y desarrollo está entre los 15°C y los 35°C. Los microorganismos patógenos se adaptan muy bien a la temperatura corporal humana de 37°C.

**MICROBIOLÓGICO:** Pertenciente o relativo a la microbiología. Todo lo relacionado con los microbios.

**NORMATIVIDAD:** Es el conjunto de normas, reglas o leyes que rigen el comportamiento adecuado de los individuos en la sociedad.

**POTABILIZACIÓN:** Tratamiento al que se someta el agua para hacerla potable y que pueda ser bebida por el ser humano.

**RADIACIÓN:** Emisión de partículas o energía por parte de algún cuerpo, material o sustancia. Acción de irradiar luz, calor o energía.

**SANEAMIENTO:** Es el proceso y el resultado de sanear. Establecimiento de las condiciones y medidas higiénicas que favorezcan estados de salud.

**SINTOMATOLOGÍA:** Conjunto de síntomas de una enfermedad. Rama de la medicina que se dedica al estudio de los síntomas de las enfermedades.

**TURBIEDAD:** Sinónimo de turbidez. Cualidad de lo que es o está turbio. Se entiende por la falta de transparencia de un líquido debido a la presencia de partículas en suspensión.

**ULTRAVIOLETA:** Parte del espectro electromagnético invisible al ojo humano, cuyo rango empieza después del color violeta y va hasta los rayos X. Su longitud de onda está entre los 15 y los 400 Nanómetros.

VULNERABILIDAD: Cualidad de vulnerable. Incapacidad de resistencia ante un fenómeno amenazante. Que puede ser herido o afectado física o moralmente.

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
<b>INTRODUCCIÒN</b>	17
<b>1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	21
<b>2. OBJETIVOS</b>	23
2.1 OBJETIVO GENERAL	23
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	23
<b>3. JUSTIFICACION</b>	24
<b>4. MARCO TEORICO</b>	27
4.1 GENERALIDADES	27
4.1.1 Características Fisicoquímicas y bacteriológicas del agua	27
4.1.2 Características bacteriológicas del agua	39
4.2 ENFERMEDADES RELACIONADAS CON LA MALA CALIDAD DEL AGUA	43
4.2.1 Enfermedades de origen químico	45
4.2.2 Enfermedades de origen microbiológico	46
4.3 LA RADIACION ULTRAVIOLETA	55
4.3.1 La radiación ultravioleta en el espectro electromagnético	55
<b>5. METODOLOGIA</b>	63
5.1 LOCALIZACION	64
5.1.1 Situación actual del agua en el municipio	66
5.2 ACERCAMIENTO INICIAL	68
5.3 COMPONENTE TEÓRICO- PRÁCTICO	69

	13
5.4 MATERIAL EDUCATIVO	69
5.5 UBICACIÓN DE LOS BEBEDEROS	72
5.6 TIPO DE LÁMPARA UTILIZADA	73
5.7 INSTALACIÓN DE LAS LÁMPARAS ULTRAVIOLETA TIPO C	74
5.7.1 Instalación en la Institución Educativa Técnica Martín Pomala	74
5.7.2 Instalación en la Escuela Nuestra Señora de Lourdes	76
5.7.3 Instalación en la Escuela Camilo Torres	77
<b>6. RESULTADOS EN EL DESARROLLO DEL CASO</b>	<b>79</b>
6.1 IMPORTANCIA DE E. COLI COMO INDICADOR DE CONTAMINACIÓN FECAL EN AGUA	79
6.2 TOMA DE MUESTRAS	80
6.2.1 Resultados del análisis microbiológico inicial a muestras de agua de las tres instituciones	80
6.2.2 Resultados de análisis fisicoquímicos a muestras de agua de las tres instituciones	81
6.3 EFECTIVIDAD DEL TRATAMIENTO	86
6.3.1 Resultado de análisis microbiológico a muestras tomadas con el sistema en funcionamiento	86
6.4 CONTROL BIOLÓGICO	87
<b>7. CONCLUSIONES</b>	<b>89</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>92</b>
<b>REFERENCIAS</b>	<b>95</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>101</b>

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Medición altura de lámpara en el tanque	25
Figura 2. Mapa de localización, municipio de Ataco (Tolima)	65
Figura 3. Plegable para niños de grados inferiores, Cara 1	70
Figura 4. Plegable para niños de grados inferiores, Cara 2	70
Figura 5. Plegable para jóvenes de bachillerato. Cara 1	71
Figura 6. Plegable para jóvenes de bachillerato. Cara 2	71
Figura 7. Lámpara sumergible UV tipo C de 30 W utilizada en el proyecto, capacitada para tratar 1500 litros de agua	73
Figura 8. Bebedero en construcción en la ITE Martín Pomala	74
Figura 9. Bebedero en la ITE Martín Pomala en funcionamiento	75
Figura 10. Asegurando altura de la lámpara UV tipo C al interior del tanque de 1000 litros	76
Figura 11. Bebedero 1 en la Escuela Nuestra Señora de Lourdes.	77
Figura 12. Bebedero en la Escuela Camilo Torres	78
Figura 13. Resultado del primer análisis microbiológico de las muestras de agua de las tres instituciones	81
Figura 14. Resultado del análisis fisicoquímico a la muestra de la institución educativa técnica Martin Pomala	83
Figura 15. Resultado de marzo 10 de 2016, del análisis fisicoquímico a la muestra de la escuela Camilo Torres	84

Figura 16. Resultado de marzo 10 de 2016, del análisis fisicoquímico a la muestra de la Escuela Nuestra Señora de Lourdes	85
Figura 17. Resultado análisis microbiológico final a las muestras de agua de las tres instituciones	86
Figura 18. Fachada sede escuela Camilo Torres	101
Figura 19. Fachada de la Institución Educativa Técnica MARTÍN POMALA	101
Figura 20. Fachada Esc. Nuestra señora de Lourdes	102
Figura 21. Oficina Servicios Públicos de Ataco-Tolima	102
Figura 22. Bocatoma quebrada canoítas	103
Figura 23. Tanques de almacenamiento en abandono	103
Figura 24. Abandono de Tanques de almacenamiento	104
Figura 25. Galpones que contaminan la bocatoma	104
Figura 26. Fachada Alcaldía Municipal	105
Figura 27. Plaqueta Motobomba del aljibe IET Martín Pomala.	105

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Estudiantes matriculados para el año 2016 en las diferentes sedes de la Institución Educativa Técnica Martín Pomala	18
Tabla 2. Características fisicoquímicas del agua	28
Tabla 3. Características químicas que tienen reconocido efecto adverso en la salud humana	37
Tabla 4. Características Químicas que tienen mayores consecuencias económicas e indirectas sobre la salud humana	38
Tabla 5. Elementos, compuestos químicos y mezclas químicas que tienen implicaciones sobre la salud humana	39
Tabla 6. Técnicas utilizadas para determinar Coliformes totales y Escherichia Coli en laboratorio y valores máximos	40
Tabla 7. Enfermedades de origen microbiológico y su agente infeccioso	42
Tabla 8. Enfermedades transmitidas por agua en Colombia con su clave CIE 10	44
Tabla 9. Principales bacterias transmitidas por el agua	46
Tabla 10. Principales virus transmitidos por el agua	47
Tabla 11. Principales parásitos transmitidos por el agua	48
Tabla 12. Técnicas utilizadas para determinar Coliformes totales y Escherichia Coli en laboratorio y valores máximos	50
Tabla 13. Espectro electromagnético medido en nanómetros	56
Tabla 14. Escala detallada de luz ultravioleta medida en nanómetros.	57



## INTRODUCCIÓN

Ataco es un municipio del suroriente Tolimense que por diversos motivos mantiene inactiva la planta de tratamiento de su acueducto. El agua superficial no llega con la continuidad y limpieza que sería lógico esperar y por esta razón, aprovechando la proximidad del nivel freático en el centro poblado, un número considerable de predios ha construido aljibes para autoabastecerse de agua subterránea, aunque gran parte de ellos presenta múltiples deficiencias técnicas, sanitarias y de diseño; es común encontrar pozos sépticos, explotaciones pecuarias de cerdos o aves en proximidad de los aljibes, alterando tanto el agua que se extrae como la calidad de todo el acuífero, configurando un riesgo inminente para la población en general, ya que el consumo de agua cruda en el casco urbano es la causa de numerosas enfermedades que conllevan al ausentismo laboral y a la deserción escolar.

El proyecto se desarrolló en tres sedes: Institución Educativa Técnica Martín Pomala, Escuela Camilo Torres y Escuela Nuestra Señora de Lourdes, las cuales, según reporte de los directivos docentes suman cerca del 57% del total del alumnado del municipio ( Ver Tabla 1) y utilizan agua cruda de aljibes para surtir sus baterías sanitarias y para el aseo de las áreas comunes, constituyendo un potencial generador de patologías asociadas a la mala calidad de este líquido, que también es bebido por el estudiantado sin ninguna precaución.

Tabla 1. Estudiantes matriculados para el año 2016 en las diferentes sedes de la Institución Educativa Técnica Martín Pomala

<b>ESTUDIANTES MATRICULADOS PARA EL AÑO 2016 EN LAS DIFERENTES SEDES DE LA INSTITUCIÓN TÉCNICA EDUCATIVA MARTÍN POMALA, EN EL MUNICIPIO DE ATACO-TOLIMA.</b>			
<b>Nº</b>	<b>INSTITUCIÓN</b>	<b>JORNADA</b>	<b>ESTUDIANTE S</b>
1	MARTÍN POMALA	DIURNA	536
	MARTÍN POMALA	NOCTURNA	93
2	NUESTRA SEÑORA DE LOURDES	DIURNA	274
3	CAMILO TORRES	DIURNA	271
4	BALSILLAS	DIURNA	85
5	NUEVA REFORMA	DIURNA	171
6	SAN PEDRO	DIURNA	77
7	CHILIRCO	DIURNA	14
8	LAS MORAS	DIURNA	45
9	EL ROBLE	DIURNA	9
10	SANTA RITA-LA MINA	DIURNA	21
11	CANOAS-COPETE	DIURNA	20
12	LINDOZA	DIURNA	26
13	CANOAS-SAN ROQUE	DIURNA	116
14	PALESTINA	DIURNA	22

15	CANOAS-LA VAGA	DIURNA	18
16	BUENAVISTA	DIURNA	17
17	POTRERITO	DIURNA	12
18	CUPILICUA	DIURNA	8
19	TOTUMAL	DIURNA	2
20	BELTRAN	DIURNA	9
21	FLORIDA	DIURNA	14
22	SAN PABLO	DIURNA	3
23	MESA DE POLE	DIURNA	91
24	AGUA FRIA	DIURNA	29
25	HOLANDA	DIURNA	11
26	LAS SEÑORITAS	DIURNA	15
27	SAN ANTONIO DE POLE	DIURNA	13
28	CRUCES	DIURNA	12
29	PASTALITOS	DIURNA	3
30	PUEBLO NUEVO	DIURNA	7
31	LA CEIBA	DIURNA	10
32	EL NEME	DIURNA	0
33	EL CONVENIO	DIURNA	4
NUMERO TOTAL ESTUDIANTES 2016			2058

Fuente. Institución Educativa Martin Pomala (2016).

En cada una de las instituciones seleccionadas se instaló de un sistema de tratamiento del agua para consumo humano, utilizando lámparas sumergibles de luz ultravioleta Tipo C, cuyo poder germicida esta ampliamente demostrado. De igual manera, se dictaron charlas de sensibilización sobre la importancia de conservar los recursos naturales, específicamente sobre el manejo y uso responsable del recurso hídrico, las enfermedades relacionadas con la mala calidad del agua y los fundamentos teóricos de la radiación ultravioleta Tipo C.

## **1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El agua es un recurso natural único e irremplazable para los seres vivos y por ello, la protección de los nacimientos así como su aprovechamiento responsable, corresponde a todos los habitantes del planeta. El consumo de agua cruda es causa de gran parte de los problemas sanitarios a nivel mundial y son numerosas las patologías, tanto en animales como en seres humanos, relacionadas con el limitado acceso al líquido o a la mala calidad del mismo.

El municipio de Ataco ha postergado la habilitación de la planta de tratamiento de su acueducto y por ende, el agua superficial que le ha sido concesionada por parte de CORTOLIMA reviste un riesgo inminente para sus habitantes; en el centro poblado el suministro es limitado y el líquido no llega con la continuidad y en los volúmenes requeridos.

Para suplir sus necesidades de saneamiento básico, la población ha recurrido a la perforación de aljibes, los cuales en su mayoría carecen de los permisos básicos que exige la normatividad vigente y se han construido con mínimo fundamento técnico o sanitario; esta situación, además de poner en riesgo la integridad de todo el acuífero, somete a una explotación incontrolada al recurso hídrico subterráneo.

Considerando el irresponsable manejo ambiental que ha recibido el agua en Ataco, se hace necesario estructurar en las tres instituciones docentes seleccionadas, un programa de sensibilización, concientización y educación sobre su uso responsable y la conservación de las fuentes hídricas dirigido a los estudiantes de diferentes grados, aprovechando que los niños y

jóvenes se convierten en multiplicadores de la información al interior de sus grupos familiares y sociales. De igual manera, se debe asegurar el acceso directo del alumnado y del personal docente-administrativo a un agua tratada, instalando en cada centro educativo un sistema de purificación hídrica que asegure su inocuidad y un medio de distribución y suministro para la misma.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

Proporcionar agua potable a la comunidad educativa de tres (3) instituciones escolares del municipio de Ataco-Tolima, contribuyendo a mejorar sus condiciones de salubridad y generando un alto nivel de conciencia sobre el uso adecuado y la preservación del recurso hídrico.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Implementar en tres centros educativos, un sistema de tratamiento microbiológico de agua basado en lámparas de luz ultravioleta Tipo C.

Controlar la deserción y el ausentismo entre la población en edad escolar, al reducir la incidencia de enfermedades relacionadas con la mala calidad del agua.

Contribuir al mejoramiento del nivel de salubridad en el municipio, aplicando luz ultravioleta como germicida en el agua para consumo humano, en tres instituciones escolares.

Generar un alto nivel de conciencia entre la población en edad escolar y entre la comunidad del entorno de los centros educativos, sobre la importancia de la preservación del recurso hídrico.

Impulsar el desarrollo comunitario en torno al saneamiento básico y la defensa de los recursos naturales.

### 3. JUSTIFICACIÓN

El consumo de agua cruda configura un riesgo potencial para cualquier ser vivo, más aun cuando el individuo está en pleno crecimiento. La relación de la mala calidad microbiológica del agua con las enfermedades humanas es estrecha, puesto que los microorganismos que actúan como agentes infecciosos y están presentes en el agua son variados e incluyen bacterias, virus, protozoos y helmintos, los cuales son transmitidos por las heces de individuos infectados; la enfermedad se adquiere al ingerir alimentos o agua que se ha contaminado con las heces, en lo que se conoce como vía Fecal-Oral.

Se hace mucho énfasis en la *Escherichia coli* como indicador de la contaminación fecal en el agua para consumo humano y especialmente en algunas cepas de *E. Coli* que se caracterizan por ser bacterias decididamente patógenas.

Al interior de los centros escolares de Ataco, los alumnos beben el agua directamente del grifo sin ningún tratamiento previo, exponiéndose a diversas enfermedades; el ausentismo por motivos de salud entre los jóvenes residentes en el casco urbano es notorio y en casos extremos, genera la deserción del sistema educativo.

La estructura educativa oficial del municipio de Ataco está constituida por la Institución Educativa Técnica Martín Pomala y sus treinta y tres (33) sedes, repartidas estratégicamente entre la zona urbana, el corregimiento de Santiago Pérez y las ciento cinco (105) veredas de la zona rural (Municipio de Ataco, 2016).



El proyecto se desarrolló en la sede principal de la Institución Educativa Técnica Martín Pomala, la Escuela Camilo Torres y la Escuela Nuestra Señora de Lourdes, pues son los únicos centros docentes con instalaciones en el casco urbano, que hacen uso de aljibes y consumen agua cruda con presencia confirmada de *E. coli* y de coliformes totales, según reporta el análisis microbiológico realizado por el laboratorio de Salud Pública de la Secretaría de Salud del Departamento del Tolima, a muestras recolectadas por los autores como lo muestra la Figura 1.



Figura 1. Medición altura de lámpara en el tanque

Fuente. Los autores

Existe gran cantidad de métodos para tratar el agua, pero algunos exigen instalaciones sofisticadas o altos costos para su funcionamiento. La radiación ultravioleta tipo C es una solución económica e inmediata que asegura una total acción germicida y permite el consumo directo por parte de los estudiantes, el cuerpo docente o administrativo, y los habitantes del entorno de los establecimientos; ya sea con lámparas sumergibles o de paso con caudal controlado, el trabajo puede replicarse fácilmente para llevar agua potable a diferentes veredas, si así lo estima conveniente la administración municipal.

Este proyecto aplicado en la comunidad educativa oficial, trae un beneficio real para un alto porcentaje de los habitantes de Ataco, pues según la proyección de poblaciones del DANE 2005-2020 estimada para el año 2016, la cabecera municipal tendrá aproximadamente 5262 pobladores, de los cuales, según las directivas docentes de la IET Martín Pomala, 1174 son los alumnos matriculados para el año 2016 en las tres instituciones escogidas.

1174 Estudiantes X 3 integrantes del núcleo básico familiar = 3522 personas

5262 habitantes casco urbano Año 2106	-----	100%
3522 personas beneficiadas	-----	67%

Considerando un núcleo básico familiar de tres (3) personas por cada alumno de los establecimientos escogidos, se puede asegurar una cobertura de personas beneficiadas cercana al 67% de los residentes en el casco urbano, contribuyendo a mejorar su calidad de vida e incentivándolos a conservar la integridad de las fuentes hídricas y a hacer un uso responsable de los recursos naturales.

## 4. MARCO TEÓRICO

### 4.1 GENERALIDADES

El decreto 1575 (2007) expedido por el Ministerio de Protección Social, establece el Sistema para la protección y control de la calidad del agua para consumo humano, define responsabilidades en cuanto a su vigilancia y control, al tiempo que entrega lineamientos para determinar el Índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano, IRCA.

Por otro parte, la resolución 2115 (2007), del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, en conjunto con el Ministerio de la Protección Social, señala las características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano; determina cuales son las características físicas, químicas y microbiológicas que debe tener el agua con el fin de monitorear, prevenir y controlar los riesgos que reviste su consumo para la salud humana. De igual manera, define los máximos valores permisibles para cada parámetro evaluado a fin de asegurar la inocuidad del líquido que recibe la población y asigna un puntaje de riesgo a cada característica química, física y microbiológica del agua, como insumo necesario para el cálculo del índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano – IRCA.

**4.1.1 Características Fisicoquímicas y bacteriológicas del agua.** Es de vital importancia definir algunas de las características que debe tener el agua para consumo humano y los valores permisibles para cada una de ellas, de acuerdo con la reglamentación colombiana.

Tabla 2. Características fisicoquímicas del agua

CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS Y BACTERIOLOGICAS DEL AGUA	
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	Olor, color, sabor, turbiedad, temperatura, solidos, conductividad.
CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS	Sulfatos, pH, Nitritos, Nitratos, Alcalinidad, Dureza, Acidez, Fosfatos, Cloruros, Oxígeno disuelto, Cloro, Mg, Hg, Fe, Al, Ca, Zn, Mn, Pb, B, Cu, Cr, COT, Cd, As, Ba, etc.
CARACTERÍSTICAS BACTERIOLOGICAS	Bacterias, Mesófilos, Coliformes totales, Coliformes fecales, virus, protozoos, helmintos, etc.

Fuente. Resolución 2115 (2007)

**4.1.1.1 Características físicas del agua.** Las propiedades físicas del agua son aquellas que hacen reaccionar a los órganos de los sentidos, como la vista, el gusto, el olfato y el tacto. La resolución 2115 (2007) relaciona las siguientes características, que conviene definir apropiadamente: Olor, color, sabor, turbiedad, temperatura, solidos, conductividad (Rodríguez & Marín, 1999)

*Color:* Es la capacidad que tiene un cuerpo o fluido de absorber ciertas radiaciones del espectro electromagnético visible; puede darse por la presencia de materiales en suspensión en el agua, sustancias orgánicas, residuos vegetales, plancton, iones metálicos, entre otros. Existe un color aparente y un color verdadero que es importante diferenciar; el color aparente no solo registra

el color de la solución sino que incluye el color de la materia suspendida en ella, mientras que el color verdadero es aquel que presenta el líquido, una vez se le ha eliminado la turbidez por algún método como la centrifugación. Para determinar el color se puede recurrir al método de comparación visual, que se aplica a todo tipo de muestras o mediante el uso de un espectrofotómetro, que entrega un valor único representativo de la muestra. Se utilizan las UPC o unidades de Platino-cobalto para su medición y se considera que 15 es el máximo valor aceptable.

*Olor y Sabor:* Son parámetros organolépticos netamente subjetivos, para los cuales no existen unidades de medida ni equipos para su determinación, aunque la presencia de minerales disueltos altera el sabor. Se afirma que el agua potable debe ser inodora, incolora e insípida, aunque alguna variación en estas características no necesariamente descalifica el líquido para su consumo. Se cataloga como aceptable o no aceptable.

*Temperatura:* Es un parámetro de gran importancia ya que de ella depende la velocidad con la que se realizan algunas actividades biológicas y condiciona el desarrollo de los organismos presentes en la solución. Incide sobre las demás propiedades físicas, afecta la solubilidad de los gases y la velocidad de algunas reacciones químicas e incrementa los sabores y olores. Se mide en grados centígrados, °C, por medio de un termómetro.

*Conductividad:* La conductividad es la propiedad que tiene un cuerpo o un fluido, de transportar a través suyo, calor, electricidad o sonido. La conductividad eléctrica es la medida de la resistencia que pone el agua al paso de la corriente. Varía con la cantidad y el tipo de iones que contenga la solución y también se altera con la temperatura. A mayor temperatura, aumenta la

conductividad y por ello se realiza la medición a 20°C o 25°C. El equipo utilizado para su medición es el Conductivímetro, la unidad de medida es micromhos/cm o  $\mu\text{S}/\text{cm}$  = micro siemens por centímetro y el valor aceptable esta entre 50 – 1000.

*Sólidos:* Tiene una relación directa con la turbiedad del agua, que está dada por diferentes factores como el fango extraído del suelo, así como por el material mineral y orgánico que arrastra la escorrentía superficial. Se habla de sólidos en suspensión, sólidos disueltos, sólidos volátiles, sólidos no volátiles y de sólidos totales.

Sólidos totales, es el resultado de la suma de los sólidos disueltos y de los sólidos en suspensión, sólidos disueltos, son aquellas sales presentes en el agua indetectables a simple vista, que no se pueden separar del líquido por algún medio físico como la sedimentación, filtración y que son detectados al evaporar el agua, pues quedan las sales residuales y los sólidos en suspensión, son los responsables de la turbidez en el agua, y se dan por la presencia de coloides o partículas muy finas. Cuando aumenta el contenido de sólidos en suspensión, aumenta directamente el grado de turbidez. Se pueden separar por sedimentación o filtración.

Sólidos volátiles y sólidos fijos o no volátiles, al analizar los sólidos en suspensión se encuentra que en ellos hay materia orgánica que puede ser separada al calcinar a 550°C la muestra, ya que la M.O., se volatiliza en forma de bióxido de carbono y agua; como el material inorgánico es inerte y no es volátil, queda retenido en la cápsula y al determinar la diferencia de peso, se cuantifican los sólidos volátiles y los sólidos fijos o no volátiles.

*Turbiedad:* También se conoce como turbidez y es reconocida como una buena medida de la calidad del agua. Tiene una relación directa con la cantidad de sólidos en suspensión en el agua, pues entre más turbia está el agua, más partículas suspendidas tiene.

Es medida en laboratorio con un turbidímetro o nefelómetro, que registra en NTU o Unidades Nefelométricas de Turbidez, la intensidad de la luz dispersada a 90 grados, cuando un rayo de luz pasa a través de la muestra; según la Organización Mundial de la Salud, OMS, el agua para consumo humano no debe superar la 5 NTU y su punto ideal debe estar por debajo de 1 NTU. En Colombia se considera aceptable el agua tratada que presente valores hasta 2 NTU.

**4.1.1.2 Características químicas del agua.** Estas son las propiedades que se relacionan con la capacidad que tiene el agua para disolver diferentes sustancias. Son múltiples los parámetros químicos que debe tener el agua para consumo humano y la resolución 2115 de 2007 relaciona entre otros, los siguientes: Sulfatos, pH, Nitritos, Nitratos, Alcalinidad, Dureza, Acidez, Fosfatos, Cloruros, Oxígeno disuelto, Cloro, Mg, Hg, Fe, Al, Ca, Zn, Mn, Pb, B, Cu, Cr, COT, Cd, As, Ba, etc. Sin embargo, es importante profundizar en algunos de ellos, sin los cuales no es posible aceptar el agua para consumo humano (Snoeynk & Jenkins, 1999). (Ver Tablas 3, 4 y 5)

*Potencial de Hidrógeno:* El pH es un indicador que compara algunos de los iones más solubles en agua. La medición de pH está dada por una relación entre el número de protones (iones  $H^+$ ) y el número de iones hidroxilo ( $OH^-$ ). El agua puede tener un pH entre 0 y 14; cuando el número de protones iguala al número de iones hidroxilo, el agua se considera neutra y tiene un valor igual a 7; el agua por debajo de 7 se considera ácida y con valores por encima de 7 se clasifica

como alcalina o básica. En Colombia el agua para consumo humano debe presentar un pH entre 6,5 y 9,0 unidades. Las unidades de pH se determinan por colorimetría con papel tornasol mediante comparación o por potenciometría (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM-, 2007).

*Dureza:* La dureza se da por la presencia de calcio y magnesio en el agua. Se puede hablar de tres clases de dureza. La dureza total, cuando hay presencia confirmada de iones de Calcio y Magnesio. La dureza de calcio cuando predominan los iones de este elemento Ca y la dureza de Magnesio, cuando predominan los iones de este elemento Mg. Se habla de dureza temporal cuando hay carbonatos y bicarbonatos de calcio o de magnesio, o hidróxidos, mientras que la dureza permanente se da por la presencia de sales de calcio o de magnesio, hierro (Fe), y manganeso (Mn). La unidad de medida es miligramos por litro de carbonato de calcio. Un agua dura es aquella que supera los 120 mg por litro de carbonato de calcio. Comúnmente se hace la medición de la dureza de las aguas por titulación con EDTA, (ácido etilendiaminotetraacético como agente quelante o secuestrador de metales pesados) (Escobar, 2002).

*Acidez:* Es una medida de la cantidad total de sustancias ácidas (H<sup>+</sup>) presentes. Se expresa como miligramo por litro de carbonato de calcio equivalente (mg/l de CaCO<sub>3</sub>). La acidez mineral o acidez fuerte se da cuando el pH es menor de 4.3 produciendo malos olores y sabores. La acidez débil se encuentra cuando el pH del agua está entre 4.3 y 8.3. Este tipo de acidez no tiene ningún efecto en la salud, pero trae problemas de corrosión en las tuberías (Romero, 1999).



*Alcalinidad:* Es la capacidad que tiene el agua para reaccionar con un ácido o neutralizarlo. Se debe a la presencia de bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos. Se mide en miligramos por litro de (mg/l de  $\text{CaCO}_3$ ) carbonato de calcio. En las plantas de tratamiento de agua para consumo humano, este parámetro tiene gran importancia en el proceso de coagulación. El aporte de bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos de calcio, magnesio, sodio, hierro y otros elementos a las aguas en el medio natural se da por disolución de rocas calizas. Cuando el pH del agua es mayor a 8.3 la alcalinidad se debe a bicarbonatos y a los carbonatos. La determinación en laboratorio se hace por titulación y un valor aceptable es de 20 mg/l de  $\text{CaCO}_3$  (Ministerio del Medio Ambiente, 2016).

*Sulfatos:* Pueden alterar el sabor del líquido y generar olor en algunos casos. Se determina en laboratorio por Nefelometría o por turbidimetría y el valor máximo aceptable está en 250 mg / l, pues al superar este límite puede tener efectos laxantes, cuando simultáneamente hay presencia de sodio y manganeso.

*Cloro residual:* El cloro residual es la sumatoria del cloro libre y el cloro combinado en una muestra; el cloro libre reacciona con el amoníaco y con algunos compuestos del nitrógeno, para formar el cloro combinado. El cloro es un elemento con gran poder oxidante que tiene tanto ventajas como desventajas en el tratamiento para desinfección del agua.

A continuación de acuerdo a Salazar (2012) se presentan las ventajas y desventajas de la utilización del cloro.

*Ventajas:* La cloración es un método de bajo costo que actúa rápidamente sobre los patógenos, es de fácil aplicación, su dosificación es sencilla y en el tratamiento de aguas no reviste riesgos para humanos ni animales. Es importante el efecto residual que tiene este elemento y que protege el agua de una posible contaminación en la red de distribución.

*Desventajas:* Es altamente corrosivo sobre tuberías de conducción, puede añadirle un sabor y olor característico al agua de consumo, exige algunas medidas de seguridad para su almacenamiento y manejo.

*Nitratos:* Los nitratos se determinan en laboratorio por espectrofotometría ultravioleta, ya que un contenido superior a los 10 mg/l reviste un peligro potencial para la salud humana, que incluso en altas concentraciones puede generar cáncer gástrico. Al reducirse a nitritos en el organismo, altera la oxigenación sanguínea en lactantes.

*Aluminio:* Este elemento es muy utilizado como floculante en el tratamiento de agua para consumo humano. En laboratorio se puede medir por espectrofotometría de absorción molecular. El valor máximo aceptable en Colombia es de 0,2 mg/l de  $Al^{3+}$

*Fluoruros:* Se determina en laboratorio por método potenciométrico con electrodo o por colorimetría. Según la resolución 2115 de 2007, el valor máximo aceptable está en 1,0 mg/l, pues concentraciones mayores a los 2 mg/l se asocian a las manchas y la debilidad en el esmalte dental y se afirma que el consumo durante años de concentraciones sobre 4 mg/l pueden causar rigidez,

dolores articulares y deformaciones óseas, además de tener efecto acumulativo en diferentes tejidos, causando un tipo de envenenamiento llamado fluorosis.

*Hierro:* El hierro es rechazado en el agua, pues le da un característico color rojizo y altera su apariencia al tiempo que afecta su olor y su sabor. La medición del Hierro Total en agua cruda se hace para definir cuál es el tratamiento idóneo para el agua, mientras que en agua tratada esta medición permite comprobar si el tratamiento ha sido eficiente. En las muestras que se toman de la red, la determinación de hierro puede servir como base para demostrar el efecto corrosivo que el agua puede estar teniendo sobre las redes y sobre las instalaciones metálicas del sistema de distribución. Según la Norma Técnica Colombiana 4754, la determinación del hierro se realiza por método colorimétrico utilizando 1,10 - Fenantrolina. Las concentraciones bajas de este elemento se pueden medir con un espectrofotómetro y el valor aceptable de Fe debe ser menor de 0.3 mg / l.

*Carbono Orgánico Total, COT:* Está relacionado con la presencia de organismos o especies biológicas en el agua y su medición es de gran importancia para asegurar la inocuidad del líquido para consumo humano. En el agua, una concentración elevada de COT es un indicador de contaminación por la presencia materia orgánica. La unidad de medida es mg/l, y se obtiene al registrar la cantidad de dióxido de carbono generado por la oxidación de la materia orgánica. El límite máximo aceptable es de 5.0 mg/l.

*Oxígeno disuelto:* Es un parámetro de gran importancia en las fuentes de agua naturales para la sostenibilidad de los ecosistemas acuáticos; su concentración determina qué tipo de

especies se adaptan a ellos, definiendo así, el funcionamiento biótico de éstos sistemas. Cuando baja la concentración de Oxígeno Disuelto, se asume que el cuerpo de agua está contaminado. Algunos científicos indican que la mínima cantidad de Oxígeno disuelto que soporta una población de peces oscila entre 4 y 5 partes por millón (ppm) y que el nivel medio de oxígeno disuelto en las aguas corrientes frías, es de 9.0 partes por millón (ppm), ya que en aguas con temperaturas altas, no se tiene una buena proporción de oxígeno disuelto (Arocena y Conde, 1999).

*Demanda bioquímica de oxígeno:* Se define como D.B.O., a la cantidad de oxígeno que los microorganismos, especialmente bacterias aerobias o anaerobias facultativas, consumen durante la degradación de las sustancias orgánicas presentes. Se expresa en mg/l y es un parámetro indispensable cuando se necesita determinar el estado o la calidad del agua de ríos, lagos, lagunas o efluentes. Cuanto mayor cantidad de materia orgánica contiene la muestra, más oxígeno necesitan sus microorganismos para oxidarla (degradarla). Como el proceso de descomposición varía según la temperatura, este análisis se realiza en forma estándar durante cinco días a 20 °C; esto se indica como D.B.O<sub>5</sub> (IDEAM, 2007).

*Demanda química de oxígeno (DQO):* Es un parámetro que cuantifica las sustancias disueltas o en suspensión en una muestra líquida, que pueden ser oxidadas por medios químicos. Se utiliza para medir el grado de contaminación y se aplica en aguas continentales, aguas negras, aguas pluviales, etc., que puedan contener cantidad de MO. Se expresa en miligramos de oxígeno diatómico por litro (mgO<sub>2</sub>/l) (IDEAM, 2007).

*Calcio:* El calcio es un elemento que junto con el magnesio le dan la dureza al agua; se considera que hay una mayor concentración de este mineral en aguas subterráneas que en las aguas superficiales. Un exceso de calcio en agua potable le agrega un sabor característico y contribuye al deterioro de las tuberías por incrustación. Su valor máximo aceptable es de 60 mg/l.

*Magnesio:* Contribuye a la dureza de las aguas en asocio con el calcio. Su valor máximo aceptable es de 36 mg/l. En concentraciones superiores a 125 mg/l el magnesio puede tener efectos laxantes e incluso aportar un sabor amargo al agua.

Tabla 3. Características químicas que tienen reconocido efecto adverso en la salud humana

ELEMENTOS, COMPUESTOS QUÍMICOS Y MEZCLAS DE COMPUESTOS QUÍMICOS DIFERENTES A LOS PLAGUICIDAS Y OTROS COMPUESTOS.	EXPRESADO COMO	VALOR MÁXIMO ACEPTABLE (mg/l)
Antimonio	Sb	0,02
Arsénico	As	0,01
Bario	Ba	0,7
Cadmio	Cd	0,003
Cianuro libre y disociable	CN <sup>-</sup>	0,05
Cobre	Cu	1,0
Cromo Total	Cr	0,05
Mercurio	Hg	0,001
Níquel	Ni	0,02

Plomo	Pb	0,01
Selenio	Se	0,01
Trihalometanos Totales	THMs	0,2
Hidrocarburos aromáticos Policíclicos, HAP	HAP	0,01

Fuente. Resolución 2115 (2007)

Tabla 4. Características Químicas que tienen mayores consecuencias económicas e indirectas sobre la salud humana

ELEMENTOS Y COMPUESTOS QUÍMICOS QUE TIENEN IMPLICACIONES DE TIPO ECONÓMICO	EXPRESADOS COMO	VALOR MÁXIMO ACEPTABLE (mg/l)
Ca	Ca	60
Alcalinidad total	CaCO <sub>3</sub>	200
Cloruros	Cl	250
Aluminio	Al <sup>3+</sup>	0,2
Dureza Total	CaCO <sub>3</sub>	300
Hierro Total	Fe	0,3
Magnesio	Mg	36
Manganeso	Mn	0,1
Molibdeno	Mo	0,007
Sulfatos	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	250
Zinc	Zn	3

Fosfatos	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,5
----------	-------------------------------	-----

Fuente. Resolución 2115 (2007)

Tabla 5. Elementos, compuestos químicos y mezclas químicas que tienen implicaciones sobre la salud humana

ELEMENTOS, COMPUESTOS QUÍMICOS Y MEZCLAS DE COMPUESTOS QUÍMICOS QUE TIENEN IMPLICACIONES SOBRE LA SALUD HUMANA	EXPRESADOS COMO	VALOR MÁXIMO ACEPTABLE (mg/L)
Carbono Orgánico Total	COT	5,0
Nitritos	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0,1
Nitratos	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	10
Fluoruros	F <sup>-</sup>	1,0

Fuente. Resolución 2115 (2007)

**4.1.2 Características bacteriológicas del agua.** Están relacionadas con la presencia de organismos o especies biológicas en el agua y su medición es de gran importancia para asegurar la inocuidad del líquido para consumo humano (Bresnes, 2005).

*Coliformes Totales:* Los coliformes totales no siempre son intestinales pues pueden provenir del suelo y de superficies con agua dulce. Pertenecen a la familia *Enterobacteriaceae* y son lactosa-positivas, pues fermentan la lactosa, produciendo ácido y gas, en un periodo de 48 horas y con una temperatura de incubación entre los 30-37°C (Carbajal & González, 2003).

*Coliformes fecales*: Su presencia se considera un indicador de contaminación fecal que asegura la existencia de organismos patógenos en la muestra y su ausencia por el contrario, demuestra la inocuidad del agua o el alimento estudiado. Constituyen un subgrupo de los coliformes totales, que son capaces de fermentar la lactosa a 44° C en vez de 37 °C. Un gran porcentaje de los coliformes presentes en las heces, cerca del 95%, está formado por *Escherichia coli* y ciertas especies de *Klebsiella*. Se han renombrado como termotolerantes, pues su presencia es casi exclusiva en heces de animales de sangre caliente y marcan mejor la contaminación fecal (Bresnes, 2005).

*Mesófilos*: Son organismos cuya temperatura de crecimiento está entre los 15°C y 35°C, aunque su temperatura óptima es de 37°C, la misma del cuerpo humano. Determinan la efectividad del tratamiento del agua en la reducción de microorganismos. La determinación de bacterias mesófilas aerobias es una prueba de rutina en el análisis bacteriológico del agua (De Luca, Zamora & Folabella, 2006). (Ver Tabla 6)

Tabla 6. Técnicas utilizadas para determinar Coliformes totales y *Escherichia Coli* en laboratorio y valores máximos

TÉCNICA UTILIZADA	COLIFORMES TOTALES	ESCHERICHIA COLI
FILTRACIÓN POR MEMBRANA	0 UFC/100 cm <sup>3</sup>	0 UFC/100 cm <sup>3</sup>
ENZIMA SUSTRATO	< de 1 microorganismo en 100 cm <sup>3</sup>	< de 1 microorganismo en 100 cm <sup>3</sup>



SUSTRATO DEFINIDO	O microorganismo en 100 cm <sup>3</sup>	O microorganismo en 100 cm <sup>3</sup>
PRESENCIA – AUSENCIA	Ausencia en 100 cm <sup>3</sup>	Ausencia en 100 cm <sup>3</sup>

Fuente. Resolución 2115 (2007)

*Bacterias:* Son organismos unicelulares procariotas que no presentan núcleo ni orgánulos internos en su célula. Las bacterias se encuentran con diferentes formas como esferas, barras y hélices, algunas tienen efectos benéficos, mientras que otras pueden causar enfermedades. Son los microorganismos más abundantes en el planeta y se encuentran en cualquier hábitat y entorno (Collins, 1989).

*Virus:* Son conocidos como importantes agentes patógenos que carecen de actividad metabólica y son parásitos intracelulares obligados, pues requieren como medio de cultivo, células para infectar. Son incapaces de replicarse por sí mismos y dependen de las actividades metabólicas de las células hospederas que pueden ser animales, vegetales o bacterias (Romero, 2002).

*Helmintos:* Son gusanos parásitos que viven dentro o fuera de sus hospederos, alimentándose de sus nutrientes. Tienen cuerpo alargado, con simetría bilateral, órganos definidos y su tamaño puede ir desde unas décimas de milímetro hasta varios metros. Se reproducen sexualmente por medio de huevos fértiles que dan origen a larvas que parasitan uno o varios huéspedes (Marín, 2003; Campos & Beltrán, 2009).

*Protozoos*: Es el grupo de individuos más frecuente en el agua. Son organismos con una distribución amplia en el medio acuático, que presentan morfología variada en sus más de 21000 especies; son unicelulares, con núcleo y citoplasma. En el ser humano, se cuenta aproximadamente con 27 especies que actúan como parásitos y causan múltiples enfermedades como fiebres, malaria, el mal del sueño africano, entre otras. Su presencia se considera un buen indicador de la calidad del agua superficial. (Lura et al., 2002) (Ver Tabla 7)

Tabla 7. Enfermedades de origen microbiológico y su agente infeccioso

	<b>MICROORGANISMO</b>	<b>ENFERMEDAD</b>
<b>VIRUS</b>	Enterovirus	Poliomielitis-Gastroenteritis
	Rotavirus	Gastroenteritis
	Adenovirus	P. Respiratorias-Conjuntivitis
	Virus Hepatitis A	Hepatitis A
<b>BACTERIAS</b>	Salmonella Typhi	Fiebre tifoidea
	Salmonella Sp.	Salmonelosis
	Shigella	Disentería bacilar
	E. Coli patogénica	Gastroenteritis
	Legionella Pneumophila	Enf. de Legionarios
	Leptospira	Leptospirosis
	Vibrio Cólera	Cólera
<b>PROTOZOARIOS</b>	Entamoeba Histolytica	Amebiasis
	Giardia Lamblia	Giardiasis

<b>HELMINTOS</b>	Áscaris Lumbricoides (Lombriz Blanca)	Parasitosis
	Enterobius Vermicularis (Oxiuros)	Parasitosis
	Trichuris Trichiura (tricocéfalo)	Parasitosis
	Shistosoma Mansoni (Parásito del Hígado)	Esquistosomiasis

Fuente. Campos & Beltrán (2009)

#### **4.2 ENFERMEDADES RELACIONADAS CON LA MALA CALIDAD DEL AGUA**

La Organización mundial de la salud – OMS- , organismo de la Organización de Naciones Unidas - ONU-, ha desarrollado un sistema de codificación de enfermedades para ser aplicado a nivel internacional, que facilita el diagnóstico y tratamiento de las patologías, unifica la terminología específica para permitir una comunicación fluida entre profesionales del ramo de la salud y es un insumo real para el manejo estadístico a nivel local, nacional e internacional. La clasificación Estadística Internacional de Enfermedades y Problemas Relacionados con la Salud, en su última revisión CIE 10, es aplicada para describir las enfermedades, lesiones y motivos frecuentes de consulta sobre el estado de salud de las personas en todos los países miembros de la ONU y por ende, es traducido a todos los idiomas para facilitar su difusión. Las enfermedades transmitidas por el agua no son una excepción y tienen un espacio importante en esta clasificación;

cada país toma la información básica y la ajusta de acuerdo a la prevalencia en su territorio de las patologías descritas (Ver Tabla 8)

Tabla 8. Enfermedades transmitidas por agua en Colombia con su correspondiente clave CIE 10

<b><i>ENFERMEDADES TRANSMITIDAS POR AGUA</i></b>	<b>CLAVE CIE 10</b>
<b><i>Enfermedades Diarreicas</i></b>	
<i>Cólera</i>	<b>A00</b>
<i>Fiebre Tifoidea - Fiebre paratifoidea</i>	<b>A01</b>
<i>Otras infecciones por Salmonella</i>	<b>A02</b>
<i>Shigelosis</i>	<b>A03</b>
<i>Otras infecciones bacterianas intestinales</i>	<b>A06</b>
<i>Otras intoxicaciones alimentarias bacterianas</i>	<b>A05</b>
<i>Amebiasis</i>	<b>A06</b>
<i>Otras infecciones intestinales debidas a protozoarios</i>	<b>A07</b>
<i>Otras infecciones intestinales organismos especificados</i>	<b>A08</b>
<i>Diarrea y gastroenteritis de presunto origen infeccioso</i>	<b>A09</b>
<i>Hepatitis A</i>	<b>B15</b>
<i>Tracoma</i>	<b>A71</b>
<i>Esquistosomiasis</i>	<b>B65</b>

Fuente. Organización Panamericana de la Salud – OPS-, & Organización Mundial de la Salud – OMS-. (2008).

Es importante conocer el origen de algunas de las enfermedades humanas más comunes, relacionadas con la mala calidad del agua; se conocen patologías de origen químico y de origen microbiológico, con sus respectivas subdivisiones.

**4.2.1 Enfermedades de origen químico:** Los problemas de salud relacionados con la calidad química del agua se presentan en ocasiones por deficiencia de algún elemento y/o compuesto, o por exceso de los mismos. El origen de las diferentes patologías se puede diferenciar en tres aspectos importantes (OMS, 2007).

*Por ausencia de elementos o compuestos químicos necesarios.* Generalmente esta categoría se suple con el consumo balanceado de alimentos que los contienen naturalmente; un caso común es el bocio por deficiencia de Yodo o la debilidad en huesos y dientes por deficiencia de flúor (Agudelo, 2005).

*Por exceso de elementos o compuestos orgánicos.* Normalmente se considera de riesgo alto esta categoría pues en ella se incluyen compuestos de alta toxicidad o de comprobada relación con el cáncer. Se destacan los pesticidas de uso agropecuario, (Fungicidas, insecticidas, molusquicidas, herbicidas), los Trihalometanos que se forman con la cloración y los hidrocarburos aromáticos polinucleares.

*Por exceso de elementos o compuestos inorgánicos.* Algunos iones metálicos como antimonio, cadmio, plomo, arsénico, cloruros, molibdeno, bario, cobalto, nitratos, berilio, estaño,

selenio, fluoruros, sulfatos, boro, mercurio, uranio, son causantes de disturbios metabólicos en el organismo humano (Acosta & Montilla, 2010).

**4.2.2 Enfermedades de origen microbiológico.** Los microorganismos patógenos humanos que se encuentran en el agua son variados e incluyen bacterias, virus, protozoos y helmintos, que como agentes infecciosos son transmitidos por las heces de individuos infectados; la enfermedad se adquiere al ingerir alimentos o agua que se ha contaminado con las heces, en lo que se conoce como vía Fecal-Oral (Ver Tablas 9, 10 y 11).

Tabla 9. Principales bacterias transmitidas por el agua

BACTERIA	FUENTE	SINTOMAS CLINICOS
<i>Salmonella typhi</i>	Heces y orina	Fiebre, tos, nausea, dolor de cabeza, vómito, diarrea.
<i>Salmonella sp.</i>	Heces	Diarrea acuosa con sangre.
<i>Shigellae sp.</i>	Heces	Disentería (diarrea con sangre), fiebres altas, síntomas tóxicos, retorcijones, pujos intensos e incluso convulsiones.
<i>Vibrio cholerae</i>	Heces	Diarrea acuosa, vómito, deshidratación.
<i>Vibrio cholerae N°01</i>	Heces	Diarrea acuosa.
<i>Escherichia coli enterohemorrágica</i>	Heces	Diarrea acuosa con sangre y moco, dolor abdominal agudo, vómitos, no hay fiebre.

<i>Escherichia coli</i> <i>enteroinvasiva</i>	Heces	Diarrea, fiebre, cefalea, mialgias, dolor abdominal, a veces las heces son mucosas y con sangre.
<i>Escherichia coli</i> <i>enterotoxígena</i>	Heces	Dolores abdominales, diarrea acuosa, fiebre con escalofríos, náusea, mialgia.
<i>Yersinia enterocolitica</i>	Heces y orina	Dolor abdominal, diarrea con moco, sangre, fiebre y vómito.
<i>Campylobacter jejuni</i>	Heces	Diarrea, dolores abdominales, fiebre y algunas veces heces fecales con sangre, dolor de cabeza.
<i>Plesiomonas</i> <i>shigelloides</i>	Heces	Fiebre, escalofríos, dolor abdominal, náusea, diarrea o vómito.
<i>Aeromonas sp.</i>	Heces	Diarrea, dolor abdominal, náuseas, dolor de cabeza y colitis, las heces son acuosas y no son sanguinolentas.

Fuente. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo -CYTED-. (2016).

Tabla 10. Principales virus transmitidos por el agua

<b>VIRUS</b>	<b>FUENTE</b>	<b>SINTOMAS CLINICOS</b>
<i>Enterovirus (Polivirus 1, 2, 3, Coxsackie A y B, Echovirus).</i>	Heces	Gastrointestinales (vómitos, diarrea, dolor abdominal y hepatitis), encefalitis, enfermedades respiratorias, meningitis, hiperangina y conjuntivitis.

<i>Astrovirus</i>	Heces	Nausea, vómito, diarrea, dolor abdominal, fiebre.
<i>Virus de la Hepatitis A</i> <b>VHA</b>	Heces	Cansancio, debilidad muscular, pérdida de apetito, diarrea y vómito, dolor de cabeza, escalofríos y fiebre, ictericia, heces pálidas y coloración intensa de la orina. En niños se presentan síntomas gastrointestinales como náusea, vómito, dolores abdominales y diarrea.
<i>Virus de la Hepatitis E</i> , <b>VHE</b>	Heces	Similar a lo descrito para VHA
<i>Rotavirus (Grupo A)</i>	Heces	Gastroenteritis con náusea y vómito
<i>Rotavirus (Grupo B)</i>	Heces	Gastroenteritis
<i>Calicivirus</i>	Heces	Gastroenteritis
<i>Virus Norwalk-like</i>	Heces	Diarrea, nausea, vómito, dolor de cabeza, dolor abdominal.

Fuente. CYTED. (2016).

Tabla 11. Principales parásitos transmitidos por el agua

<b>PARÁSITO</b>	<b>FUENTE</b>	<b>SINTOMAS CLINICOS</b>
<i>Giardia lamblia</i>	Heces	Puede ser asintomática (hasta un 50%) o provocar una diarrea leve. También puede causar diarreas crónicas con mala absorción y distensión abdominal.



<i>Cryptosporidium parvum</i>	Heces	Causa diarrea acuosa, con dolor abdominal y pérdida de peso. Es un cuadro grave en un huésped comprometido y una infección oportunista en otros pacientes.
<i>Entamoeba histolytica</i> /Amebiasis	Heces	Dolor abdominal, estreñimiento, diarrea con moco y sangre.
<i>Cyclospora variedad cayetanensis</i>	Heces (oocistes)	Diarrea acuosa con frecuentes deposiciones, náuseas, anorexia, dolor abdominal, fatiga, pérdida de peso, dolores musculares, meteorismo y escasa fiebre.
<i>Balantidium coli</i>	Heces	Dolor abdominal, diarrea con moco y sangre, pujo y tenesmo.
<i>Dracunculus medinensis</i>	Larva	El parásito eventualmente emerge (del pie en el 90% de los casos), causando edema intenso y doloroso al igual que úlcera. La perforación se ve acompañada de fiebre, náuseas y vómitos.

Fuente. CYTED. (2016).

Se hace mucho énfasis en la *Escherichia coli* como indicador de la contaminación fecal en el agua para consumo humano; es un Bacilo aerobio Gram Negativo no esporulado que se caracteriza por tener enzimas como la Beta galactosidasa y Beta glucoronidasa. Gran parte de las cepas de *E. Coli* que se encuentran en el intestino del hombre son inofensivas y se desempeñan como simples comensales, aunque otras se caracterizan por ser bacterias decididamente patógenas

como: E. coli enteropatogénico, E. coli enterotoxigénico, E. coli enteroinvasivo, E. coli enterohemorrágico, E. coli enteroadherente, E. coli enteroagregativo y que son causantes de una diversidad de enfermedades gastrointestinales (Ver Tabla 12).

Tabla 12. Técnicas utilizadas para determinar Coliformes totales y Escherichia Coli en laboratorio y valores máximos

TÉCNICA UTILIZADA	COLIFORMES TOTALES	ESCHERICHIA COLI
FILTRACIÓN POR MEMBRANA	0 UFC/100 cm <sup>3</sup>	0 UFC/100 cm <sup>3</sup>
ENZIMA SUSTRATO	< de 1 microorganismo en 100 cm <sup>3</sup>	< de 1 microorganismo en 100 cm <sup>3</sup>
SUSTRATO DEFINIDO	0 microorganismo en 100 cm <sup>3</sup>	0 microorganismo en 100 cm <sup>3</sup>
PRESENCIA – AUSENCIA	Ausencia en 100 cm <sup>3</sup>	Ausencia en 100 cm <sup>3</sup>

Fuente: Resolución 2115 (2007).

La relación de la mala calidad microbiológica del agua con las enfermedades humanas es estrecha y se puede analizar desde diferentes enfoques: Las enfermedades con base en el agua, las enfermedades transmitidas por vectores y las enfermedades que son transmitidas por el agua.

**4.2.2.1 Las enfermedades con base en el agua:** Algunos organismos desarrollan parte de su ciclo vital en el agua y luego pasan a ser parásitos de animales o del hombre, donde son

causantes de diversas patologías. Sin embargo, su presencia no se considera un indicador de la mala calidad del agua, ya que se encuentran en este líquido, sin importar si está o no contaminado. Como parásitos, toman forma de vermes o gusanos y utilizan como vectores otros animales intermediarios como los caracoles para desarrollarse. Los llamados Helmintos son una variedad de gusanos trematodos, tenias, vermes cilíndricos, y nematodos vermiformes que pueden infectar al hombre tanto por ingestión o por contacto con su piel. En Latinoamérica son consideradas de gran importancia la ascariasis y la paraginimiasis. Entre las principales enfermedades con base en el agua están:

*Ascariasis*: Con una incidencia de 250 millones de casos reportados entre Asia, África y América latina y una tasa de defunción de 60.000 eventos por año. Los huevos fecundados se expulsan con las heces humanas. Las larvas se desarrollan en la tierra caliente. El hombre ingiere la tierra que está sobre los alimentos mal lavados y con ella, las larvas que penetran su pared intestinal, donde maduran.

*Clonorquiasis*: Con una incidencia de 28 millones de casos reportados al año, especialmente en Asia suroriental. Los gusanos se reproducen al interior de caracoles gastrópodos, que luego son ingeridos por algunos peces u otros caracoles; el consumo por el hombre de pescado crudo o poco cocido, facilita que los gusanos migren hacia sus conductos biliares donde ponen los huevos.

*Dracunculosis*: Se reportan 153.000 casos al año, el 78% en Sudan, y el 22% entre Yemen, India y países africanos del sur del Sahara. El gusano de Guinea (*Dracunculus Medinensis*) es

ingerido por un crustáceo conocido como Cíclope, que cuando es consumido por el hombre, libera las larvas en el estómago humano, donde penetran la pared intestinal para desarrollarse como gusanos, que migran por los tejidos. Transcurrido un año, el gusano adulto llega a la superficie de la piel de las extremidades inferiores; la hembra al entrar en contacto con el agua, libera las larvas.

*Paraginimiasis:* Con una incidencia de 5 millones de casos reportados anualmente entre el lejano oriente y América Latina. Los gusanos viven en quistes pulmonares, son expectorados y luego tragados. Los huevos de los gusanos son expulsados en las heces y al entrar en contacto con agua dulce, se abren; allí las larvas buscan caracoles hospederos para replicarse y mudar luego a cangrejos de río. El hombre ingiere mariscos y pescados sin la debida cocción y recibe las larvas, que migran del estómago a través de su pared y desde el diafragma intestinal a los pulmones, para aparearse.

*Esquistosomiasis:* Se reportan 200 millones de casos al año entre África, Cercano Oriente, faja de bosque húmedo en África Central, Pacífico Occidental, Kampuchea y Laos. Se tiene una tasa de defunción de 20.000 eventos por año. Los huevos del gusano son expulsados por el hombre en sus heces, que eclosionan al hacer contacto con el agua liberando el parásito Miracidium; una vez liberado el Miracidium, ingresa a un caracol de agua dulce donde se reduplica y se libera en el agua. Penetra por la piel del hombre y pasa a los vasos sanguíneos; en un lapso de 30 a 45 días, el Miracidium crece y se convierte en un gusano adulto que puede poner entre 200 y 2000 huevos/día, por un periodo de cinco años.

**4.2.2.2 Enfermedades transmitidas por vectores.** En el mundo se reportan cada año, millones de personas afectadas por infecciones transmitidas por vectores, que son insectos u otros animales, con la capacidad de transmitir una infección; ejemplo de estos son los mosquitos y las moscas tse-tsé que viven y se reproducen cerca del agua, tanto contaminada como no contaminada. Como vectores, transmiten al hombre enfermedades como el paludismo, fiebre amarilla, dengue, Zika, Chikungunya, virus Mayaro, usutu, enfermedad del sueño y filariasis, etc.

Entre las principales enfermedades transmitidas por vectores en humanos, se destaca:

*Dengue:* Con una incidencia cercana a los 100 millones de casos repartidos en ambientes tropicales de Asia, África y Latinoamérica y una tasa de defunciones cercana a los 24.000 eventos por año. El mosquito recibe el virus al succionar sangre de un animal o humano infectado, luego de una incubación de 12 días, transmite el virus a individuos sanos en la ingesta sanguínea.

*Filariasis (incluida la elephantiasis):* Con una incidencia cercana a los 120 millones de casos repartidos entre África, mediterráneo oriental, Asia y Suramérica. Las larvas son ingeridas por un mosquito y se desarrollan. Cuando, .El mosquito infectado succiona sangre de un animal o humano las larvas penetran por punción y llegan a los vasos linfáticos, donde se reproducen.

*Paludismo:* Con una incidencia entre 300 y 500 millones por año repartida entre África, Asia Sudoriental, India y Suramérica y una tasa de defunciones de 2 millones de eventos por año. Los protozoos se desarrollan en el intestino del mosquito y son inoculados con la saliva en cada ingesta de sangre. Los parásitos pasan por vía sanguínea al hígado del hombre, donde se multiplican e invaden las células.

*Oncocercosis o ceguera de los ríos:* Con una incidencia de 18 millones de casos por año reportados entre África subsahariana y Latinoamérica. Los embriones del gusano son ingeridos por los jejenes y se desarrollan hasta convertirse en larvas al interior de su organismo. Al picar al ser humano, le inyectan dichas larvas.

**4.2.2.3 Enfermedades transmitidas por el agua.** Entre las principales enfermedades transmitidas por el agua a los humanos se destacan de acuerdo a la OPS & OMS (2008):

*Disentería amebiana:* Con una incidencia aproximada de 500 millones de casos por año registrados en todo el mundo; su contagio se da por la vía Fecal-oral, al consumir agua y alimentos contaminados con los protozoos o por contacto interpersonal.

*Disentería bacilar:* Se reporta anualmente en todo el mundo. Su contagio se da por la vía Fecal-oral, al consumir agua y alimentos contaminados con la bacteria o por contacto interpersonal.

*Enfermedades diarreicas, incluidas las disenterías:* Con una incidencia aproximada de 4.000 millones de casos anuales en el mundo y una tasa de defunciones entre 3-4 millones/año. Su contagio se da por vía fecal-oral al consumir agua y alimentos contaminados con diversas bacterias, virus y protozoos o por contacto interpersonal.

*Cólera:* Con una incidencia aproximada de 384000 casos anuales entre Asia, África y Suramérica y una tasa de defunciones cercana a 20000 eventos por año. Su contagio se da por vía fecal-oral al consumir agua y alimentos contaminados con la bacteria o por contacto interpersonal.

*Hepatitis A:* Con una incidencia de 3 millones de casos anuales en todo el mundo y una tasa de defunciones cercana a 12000 eventos por año. Su contagio se da por vía fecal-oral al consumir agua y alimentos contaminados con el virus o por contacto interpersonal.

*Fiebre Tifoidea y Paratifoidea:* Con una incidencia de 16 millones de casos reportados el 80% en Asia y el 20% entre Latinoamérica y África, con una tasa de defunciones cercana a 600.000 eventos por año. Su contagio se da por vía fecal-oral al consumir agua y alimentos contaminados con las bacterias o por contacto interpersonal.

*Poliomielitis:* Presenta una incidencia de 82000 casos reportados por año, el 66% en India y el 34% entre el cercano oriente, Asia y África, con una tasa de defunciones cercana a 9000 eventos por año. Su contagio se da por vía fecal-oral al consumir agua y alimentos contaminados con el virus o por contacto interpersonal.

## **4.3 LA RADIACION ULTRAVIOLETA**

**4.3.1 La radiación ultravioleta en el espectro electromagnético.** Todo proceso desarrollado en el planeta necesitan del sol como fuente primaria de energía. El sol emite hacia la tierra ondas electromagnéticas con diferentes longitudes de onda y por ende, la energía en cada una de ellas también es diferente. Se estima que aproximadamente un 40% de la energía solar está


en la porción visible del espectro, la cual se relaciona directamente con los procesos de fotosíntesis en los vegetales, siendo el primer escalón trófico de los seres vivos en nuestro planeta; un 50% en el infrarrojo y el resto está en el ultravioleta, ya que la emisión de rayos X y de ondas de radio es muy baja, aunque aumenta ocasionalmente por la ocurrencia de ciertas explosiones solares.

**4.3.1.1 Clasificación de las radiaciones ultravioleta.** En las Tablas 13 y 14 se muestra el funcionamiento del espectro electromagnético y escala detallada de la luz ultravioleta medida en Nanómetros.

Tabla 13. Espectro electromagnético medido en nanómetros

(1nm =  $10^{-9}$  metros) 0,000000001 metros = 1 nanómetro

Rayos Cósmico	Rayos Gamma	Rayos X	Luz Ultraviolet	Luz Visible	Infrarrojo	Microonda s	Ondas de radio
------------------	----------------	------------	--------------------	----------------	------------	----------------	-------------------

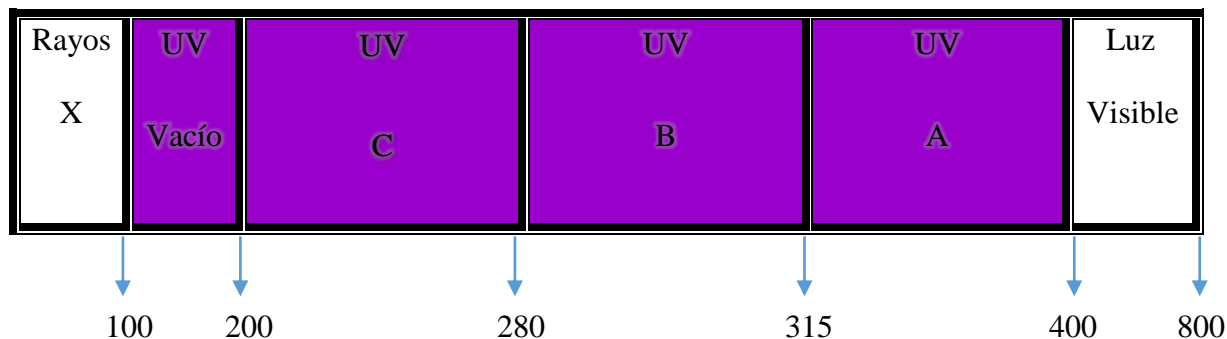
  
 100                      400                      800

Fuente. Wright & Cairns (2012).



Tabla 14. Escala detallada de luz ultravioleta medida en nanómetros.

(1nm =  $10^{-9}$  metros) 0,000000001 metros = 1 nanómetro



Fuente. Wright & Cairns (2012).

Las radiaciones ultravioleta, aunque son invisibles para el ojo humano, pueden ser percibidas por ciertos animales como los pájaros, mariposas y algunos insectos.

Se encuentran en cuatro bandas o frecuencias (Wright & Cairns, 2012):

*UV-A (400-315 nm)*. Es invisible al ojo humano y es prácticamente inofensiva.

*UV-B (315-280 nm)*. Es una radiación de onda media biológicamente destructiva pues la exposición prolongada en humanos causa daños y quemaduras en la piel; En los seres vivos, los rayos ultravioleta tipo B producen vitamina D3.

*UV-C (280-100 nm)*. Es una radiación de onda corta altamente mutagénica. No llega naturalmente a la atmosfera terrestre por acción de la capa protectora del ozono, puesto que pueden provocar irritación cutánea, envejecimiento, arrugas, manchas e incluso cáncer de piel. Su acción germicida destruye el ADN de los organismos expuestos a ella.

*UV-V (100-200 nm)* Se conoce como UV lejana o UV en el vacío.

**4.3.1.2 Descubrimiento e historia de la radiación ultravioleta.** Johann Wilhelm Ritter, nació en 1776 en Samitz - Polonia, aunque es considerado de origen alemán. En 1801, teniendo como antecedente el descubrimiento por parte de William Herschel en 1800 de la luz infrarroja (luz más allá de la porción roja del espectro), se dio cuenta que posiblemente habría una luz invisible más allá del color violeta. Inicio experimentos con el cloruro de plata, el cual adquiere un tono negro al ser expuesto al sol; noto que la velocidad de reacción era muy alta con los tonos azules cercanos al violeta mientras que con los tonos rojos era poco perceptible el cambio de coloración. De igual manera, al hacer la prueba en un área ubicada más allá del color violeta donde la luz solar no era visible, se sorprendió con la gran reacción que tuvo el cloruro de plata, demostrando la existencia de una luz que denominó rayos químicos, hoy conocidos como ultravioleta (Bensaude, 1991).

**4.3.1.3 Aplicaciones de la luz ultravioleta.** Actualmente se encuentran múltiples aplicaciones para la radiación UV, aprovechando sus múltiples ventajas en beneficio de la humanidad (Alzamora, 2007):

*En medicina* se utiliza para esterilizar el aire, superficies, salas quirúrgicas y equipo, así como algunos productos y recipientes. También se utiliza en elementos cosméticos como los depiladores laser o las cámaras de bronceo; para tratamientos de fototerapia en pacientes con psoriasis, dermatitis y vitiligo; para tratar bebés neonatos con ictericia por exceso de bilirrubina o

como medio en equipos de cirugía o diagnóstico, (Laser). A nivel terapéutico mejora la circulación sanguínea, favorece la producción de vitamina D3, vital para el organismo, y estimula la producción de melanina como mecanismo de defensa contra los efectos nocivos de la luz solar.

*En la Ciencia*, los expertos la utilizan para el estudio atómico y para aprender de objetos calientes en el espacio y con el microscopio (UV/VIS) se usa en espectrofotometría para análisis de estructuras químicas.

*En investigación forense*, aprovechando el fenómeno de fluorescencia se utiliza la luz negra para detectar rastros de fluidos corporales como sangre, orina, semen o saliva.

*En seguridad* se aplica entre otras, en la autenticación de antigüedades o para detectar la falsificación de billetes o documentos gubernamentales.

*En la industria* tiene múltiples aplicaciones para revelar defectos y rajaduras en estructuras metálicas, en la soldadura de arco, el alumbrado público, así como en lámparas UV para el fotocurado químico de tintas, pinturas y plásticos.

*En la agroindustria* se están desarrollando nuevas tecnologías para la conservación de alimentos con radiaciones UV, que incluyen la pasteurización.

*En Electrónica* es de importancia su aplicación en algunos equipos mediante el uso de rayos laser en los reproductores de CD o DVD para leer la información almacenada en audio o video.

*En el sector agropecuario* para controlar plagas con trampas atrayentes de luz ultravioleta para pequeños insectos voladores que son eliminados por choques eléctricos o atrapados en fluidos pegajosos que evitan su escape.

*A nivel ambiental* se destaca de la luz UV tipo C, su propiedad germicida tanto en el aire como en el agua, que constituye una parte fundamental de este trabajo aplicado.

**4.3.1.4 Acción Germicida de la radiación Ultravioleta tipo C.** Es un método rápido, seguro y económico para eliminar microorganismos presentes en el aire, en algunas superficies y en el agua, al exponerlos directamente a una fuente de luz UV-C que tiene la función de afectar el funcionamiento de las células y alterar su material nuclear o ADN. El organismo irradiado se inactiva, pierde tanto su capacidad infecciosa como reproductiva y muere. Se reconoce entre los expertos el máximo efecto germicida de los UV-C en los 254 nm, aunque algunos científicos disienten y lo ubican sobre los 265 nm (González, Vernhes & Sánchez, 2009).

**4.3.1.5 Tratamiento microbiológico del agua para consumo humano, con radiación Ultravioleta tipo C.** El tratamiento microbiológico del agua con luz UV tipo C, asegura una alta efectividad con una eliminación de agentes patógenos entre 99.9% y 99.99%, cuando del líquido ha sido previamente eliminado cualquier tipo de turbiedad que interfiera con los rayos germicidas. Inactiva una serie de bacterias, virus y protozoos, algunos de los cuales son resistentes al cloro como el *Cryptosporidium* y la *Giardia* (Fundación Sodis, 2003).

La luz UV tipo C actúa sobre los microorganismos mediante un proceso físico que los inactiva eficientemente sin alterar las propiedades físicas ni químicas del agua, sin generarle cambios en su sabor, olor o color, ni alterar su pH; tampoco deja residuos químicos ni subproductos del proceso de desinfección.

**4.3.1.6 Mecanismo biológico de acción germicida.** La luz UV tipo C ha demostrado su eficacia frente a microorganismos patógenos responsables de enfermedades de origen viral, bacteriano y parasitario, los cuales son irradiados con las longitudes de onda germicidas de la luz UV y se tornan incapaces de reproducirse e infectar. El ADN y el ARN celular absorben la energía UV de longitud de onda corta, principalmente a 254 nm. Esta absorción de energía UV forma nuevos enlaces entre los nucleótidos contiguos, dando lugar a dímeros o dobles enlaces. La dimerización de las moléculas adyacentes, generalmente de las timinas, se considera el daño fotoquímico más frecuente, pues al formarse numerosos dímeros de timina en el ADN de las bacterias y los virus, los organismos no se pueden replicar y pierden su potencial infeccioso (Wright & Cairns, 2012).

Todos los seres vivos deben tener su ADN intacto para desarrollar sus funciones correctamente, pues este controla las diferentes actividades al interior de las células. El ADN (ácido desoxirribonucleico), tiene su estructura con forma de espiral doble, semejando una escalera torcida. Cuando los patógenos se exponen la dosis de rayos UV tipo C con una longitud de onda de 253,7 nm, absorben en su ADN los fotones ultravioleta, lo que provoca una reacción fotoquímica irreversible, que inactiva y destruye las células.

Todos los microorganismos tienen la propiedad de absorber la radiación UV en el ADN presente en su núcleo; esto ocasiona el rompimiento de las cadenas de los aminoácidos de proteínas, causa una interrupción metabólica que afecta su mecanismo reproductivo y logra su inactivación. Pierde entonces la capacidad de replicarse y de producir enfermedades.

#### **4.3.1.7 Ventajas de la desinfección del agua para consumo humano con rayos UV Tipo C.**

(1) La luz UV no requiere transporte, almacenamiento ni manipulación de sustancias químicas tóxicas o corrosivas, contribuyendo a mejorar la seguridad de los operarios de las plantas. (2) El tratamiento por UV no genera subproductos carcinógenos de la desinfección que puedan afectar negativamente a la calidad del agua. (3) Inactiva una gran variedad de microorganismos, incluidos patógenos resistentes al cloro como el *Cryptosporidium* y la *Giardia*. (4) La luz UV es útil en la descomposición de algunos contaminantes químicos tóxicos a la vez que desinfecta. (5) Los únicos costos operativos de la desinfección de agua con rayos UV Tipo C, son el consumo eléctrico y el cambio anual de las lámparas, cuya vida útil se estima en 10.000 horas. (6) No afecta el pH, el color, el sabor ni el olor del agua; tampoco altera sus características fisicoquímicas. (7) Con la desinfección por UV, se minimizan y/o eliminan los costos por control de fugas, administración, gestión de riesgos, planificación de emergencias y formación de los operarios. (8) Es compatible con otros procesos como el ozono o los clorinadores. (9) El costo de la tecnología UV es aproximadamente 1/5 del de la desinfección con ozono y 1/10 del de la filtración con membrana. (10) Una sobredosis en el agua no reviste ningún peligro ni altera la composición del líquido. (11) Su instalación y su utilización no requieren personal especializado, aunque si exige algunas precauciones (Fundación Sodis, 2003).

**4.3.1.8 Tratamiento primario del agua con Radiación UV-C.** En el país tradicionalmente se ha utilizado cloro como método de tratamiento primario para el agua para consumo humano, conociendo que este elemento puede agregarle al líquido, tanto olor como sabor y dejar algunos subproductos en el proceso de desinfección. Para evitar esto, la radiación Ultravioleta tipo C se utiliza como desinfectante primario y se añade una mínima proporción de químico residual al agua para su tránsito a través del sistema de distribución de agua, evitando su reinfeción durante el recorrido. Puede usarse cloraminas, ozono o cualquier otro producto en cantidades reducidas (Romero, 2002).

El tratamiento microbiológico del agua no está reservado para edificios, fábricas o pequeñas comunidades rurales como se puede pensar; es una metodología muy extendida en el primer mundo, que demuestra su compromiso con el planeta, utilizando tecnologías respetuosas con el ambiente.

Según Trojan Technologies Inc., en Europa se encuentran más de 2000 plantas que utilizan la Luz Ultravioleta para desinfectar agua potable, mientras que en Estados Unidos la cifra supera los mil establecimientos. La instalación más grande del mundo se encuentra en la planta Catskill/Delaware de la ciudad de Nueva York y es de reciente construcción (2010); capacitada para tratar un total de 2200 millones de galones por día (8300 millones de m<sup>3</sup>/día) (Wright & Cairns, 2012).

## **5. METODOLOGIA**

Inicialmente los autores recopilaron información sobre los beneficios que ofrece el uso de las lámparas UV tipo C en la potabilización del agua para pequeñas comunidades. La captura de datos y la revisión bibliográfica se realizó acudiendo a diferentes fuentes, clasificándola de acuerdo con su origen local, regional, nacional e internacional para facilitar su depuración. Se aprovecharon las nuevas tecnologías de la Información y la Comunicación, TIC, recurriendo al uso de la Internet y todo nexo digital que facilitara el desarrollo del tema.

## **5.1 LOCALIZACION**

Ataco se ubica en la parte suroriental del departamento del Tolima, presenta una temperatura promedio de 26° C y una altitud de 446 msnm en su casco urbano, el cual dista ciento cincuenta y tres (153), kilómetros de Ibagué, la capital departamental. Según reporte de la Alcaldía del Municipio, éste cuenta con una población de veintidós mil quinientos ochenta y nueve (22589) habitantes de los cuales el 76,7%, (17327), corresponden al área rural y el 23,3%, (5262), a la cabecera municipal (Municipio de Ataco, 2016). (Ver Figura 2).

La municipalidad tiene características especiales, puesto que además de desarrollar actividades de tipo agropecuario, sustenta gran parte de su economía en la minería aurífera, tanto formal como informal; se atribuye a la explotación minera el deterioro de recurso suelo y la sedimentación que presentan las corrientes hídricas por el lavado de material edáfico.



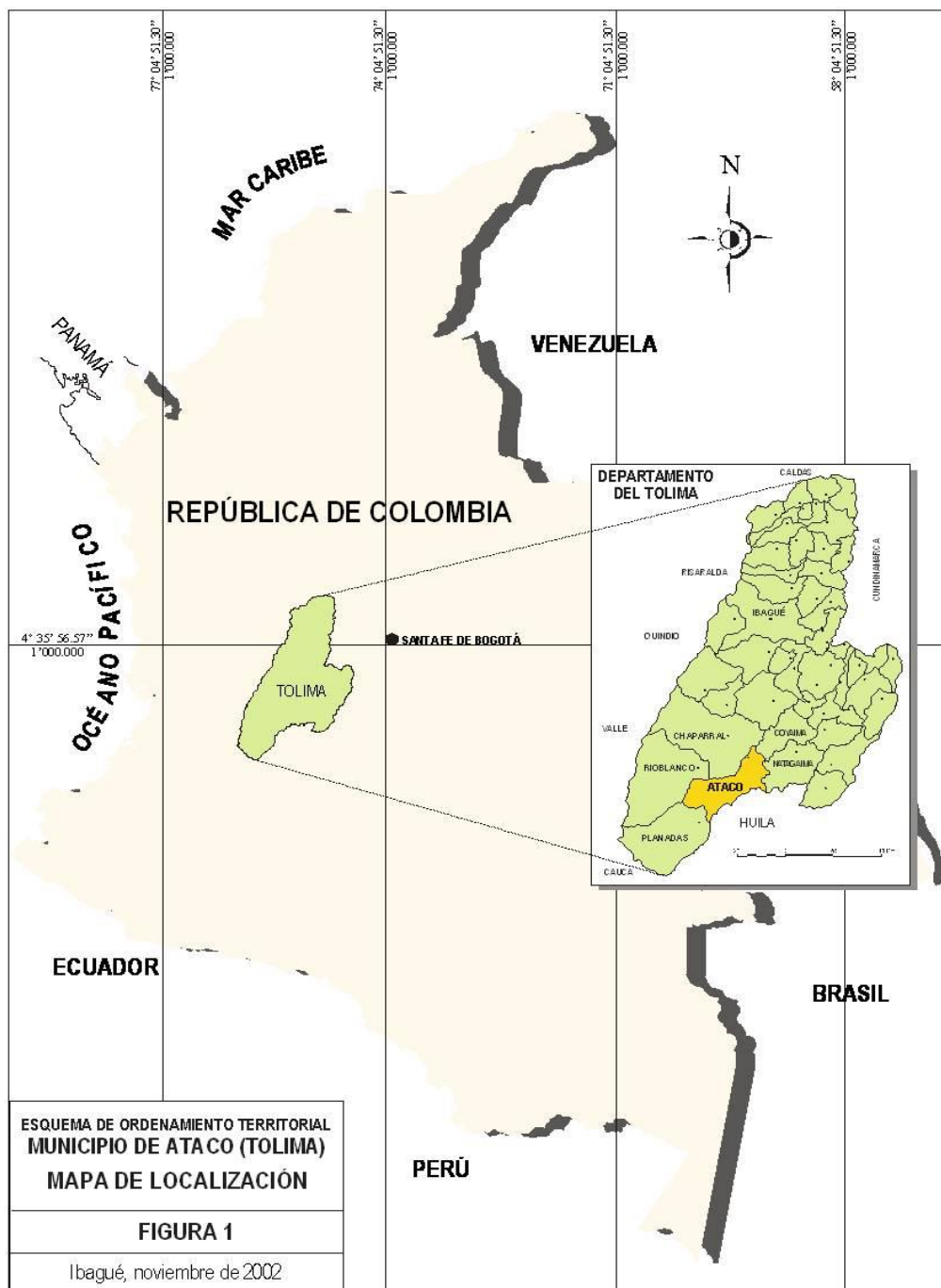


Figura 2. Mapa de localización, municipio de Ataco (Tolima)

Fuente. Municipio de Ataco (2016)

**5.1.1 Situación actual del agua en el municipio.** Según la Contraloría Departamental del Tolima (2014), la administración municipal cuenta con una concesión de agua superficial otorgada por CORTOLIMA, mediante la resolución N° 024 de 2007 que equivalente a 34.7 L/seg. El acueducto urbano de Ataco se abastece de dos fuentes: la primera que proporciona 6 l/seg., extraídos de las quebradas Paipa y Paipita, y una bocatoma ubicada en la quebrada Canoítas, que proporciona por gravedad un caudal aproximado de 28 l/seg., en aparente proceso de abandono, pues es evidente la falta de podas y limpieza, el mínimo mantenimiento y la carencia de un cerramiento perimetral que impida el acceso de animales y personas no autorizadas. Adicionalmente, la microcuenca que abastece de agua al municipio está visiblemente deteriorada por la expansión incontrolada de las fronteras agrícola y ganadera, por la tala desmedida del bosque nativo, por el irrespeto a las rondas de protección y por actividades de minería ilegal (Contraloría Departamental del Tolima, 2014).

Igualmente en el año 2013, la administración municipal, representada por la Oficina de Servicios Públicos, no cumplió con las actividades tendientes a caracterizar fisicoquímica y bacteriológicamente las fuentes de agua, tanto superficiales como subterráneas y por ende, es imposible conocer el nivel de contaminación y alteración de las condiciones naturales del agua cruda captada ( Contraloría Departamental del Tolima, 2014).

La Oficina de Servicios Públicos de Ataco, mantiene inactiva la planta de tratamiento para el agua, no se ajusta a la normatividad vigente ni acata los llamados de los entes de control, lo que acarrea graves sanciones; Ataco es uno de los municipios que fue descertificado en el Tolima por la Superintendencia de Servicios Públicos desde el año 2014, en lo que concierne a Acueducto y

Alcantarillado. Ante el reiterado incumplimiento en la entrega de información relacionada con este tema, en junio de 2016 le ha sido renovada la descertificación por dos años más. Esto implica que todo lo relacionado con acueducto y alcantarillado en las administraciones sancionadas, -Dieciséis (16) en total-, pasará a control de la Gobernación Departamental, pues las alcaldías pierden la competencia de administrar los recursos del sistema general de participaciones para agua potable y saneamiento básico; los municipios no pueden manejar recursos, tampoco hacer inversión, pues de hacerlo, incurrirían en un tema disciplinario (Villalba, 2016).

Los habitantes del casco urbano de Ataco, a pesar de contar con una adecuada infraestructura de acueducto y de una planta de tratamiento que requería una sencilla actualización tecnológica, se han visto obligados a consumir agua cruda. Las construcciones y los equipos de la planta en desuso se han deteriorado y exigen una alta inversión para ponerse en funcionamiento. Afortunadamente el Plan Departamental de Aguas de la Empresa de Aguas del Tolima, EDAT, desarrolla proyectos para invertir algunos fondos en la infraestructura del acueducto y en la planta de tratamiento del casco urbano, aprovechando que en septiembre del año 2015 el municipio recibió algunos recursos del Fondo Nacional de Pensiones de las Entidades Territoriales, FONPET, de los cuales se destinó una suma cercana a los Dos mil seiscientos setenta millones de pesos, (\$2.670.000.000), para que mediante un proceso de licitación, se contrate la “Construcción, ampliación, reposición y mantenimiento del acueducto urbano municipal”, para asegurar el suministro de agua potable (Villalba, 2016).

## 5.2 ACERCAMIENTO INICIAL

El proyecto inicia con una visita de diagnóstico para presentar la iniciativa a la rectora de la Institución Educativa Técnica Martín Pomala, y definir con ella una muestra representativa de las sedes que obtienen un suministro de agua cruda subterránea.

Dado el alto número de alumnos matriculados en las tres sedes ubicadas en la cabecera municipal, se opta por desarrollar en ellas el trabajo. Los centros de enseñanza escogidos fueron la sede principal de la Institución Educativa Técnica Martín Pomala, la sede Escuela Camilo Torres y la sede escuela Nuestra Señora de Lourdes, en los cuales se hizo un reconocimiento a los pozos profundos y al sistema de captación hídrico.

Se tomaron muestras de agua de los aljibes de cada institución para su respectivo análisis en el Laboratorio de Salud Pública y Bromatología que tiene la Secretaría de Salud Departamental del Tolima en la ciudad de Ibagué. Para ello se dispuso de neveras portátiles y de bloques de gel refrigerante, que preservan la integridad del material a analizar.

Se hizo una visita de sensibilización a las instituciones y al entorno social de cada una de ellas, para iniciar acercamientos y conocer inquietudes relacionadas con el trabajo. Se expuso el proyecto, la metodología y las metas a corto y mediano plazo.

### **5.3 COMPONENTE TEÓRICO- PRÁCTICO**


El proyecto tiene un componente teórico - práctico que involucra al alumnado, al cuerpo administrativo, al personal docente y a la comunidad del entorno de las instituciones educativas seleccionadas; en los grados inferiores y con la anuencia del profesorado, se dieron charlas en cada salón con actividades lúdicas, plegables educativos y dibujos para colorear, logrando la participación de los niños y la transmisión del mensaje de conservación y uso responsable del agua. Para los grupos de bachillerato, por sugerencia de la señora rectora, se dictó un taller con personal representativo del alumnado, del cuerpo docente-administrativo y de la comunidad, tratando los siguientes aspectos:

- Participación comunitaria en la preservación de las fuentes y defensa del recurso hídrico.
- Manejo, conservación y uso responsable del agua.
- Fundamento teórico de la acción germicida de la radiación ultravioleta tipo C.
- Enfermedades relacionadas con la mala calidad del agua.

### **5.4 MATERIAL EDUCATIVO**

Las Figuras 3 a 6 muestran lo realizado por los autores.

DESDE AHORA, PODREMOS BEBER AGUA PURA, DIRECTAMENTE DEL GRIFO EN LOS BEBEDEROS DE LA ESCUELA, POR QUE SE HA TRATADO PARA ELIMINAR LOS MICROORGANISMOS QUE AFECTAN LA SALUD HUMANA. DEBEMOS CUIDAR EL AGUA, TRATAR CON RESPETO LOS BEBEDEROS Y CERRAR LOS GRIFOS LUEGO DE SU USO.




En el mundo cada año, mueren miles de personas por no tener acceso a un mínimo vital de agua.

Tú eres privilegiado. Tienes agua en abundancia y de buena calidad.


Puedes ayudar a que el planeta se mantenga y que los recursos naturales se utilicen responsablemente.

## AGUA

PARA BEBER, LIMPIAR, REGAR, DISFRUTAR Y CUIDAR.



### AGUA PURA



ESCUELA DE CIENCIAS AGRICOLAS, PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE. ECAPMA  
CEAD IBAGUE  
PROGRAMA INGENIERIA AMBIENTAL  
ZURGHEY LORENA ARIAS ORTIZ  
JORGE HUMBERTO PEDRAZA ISAACS

“DESARROLLO COMUNITARIO MEDIANTE LA POTABILIZACIÓN DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO, UTILIZANDO LAMPARAS DE LUZ ULTRAVIOLETA TIPO C, EN TRES, (3) INSTITUCIONES ESCOLARES DEL MUNICIPIO DE ATACO EN EL DEPARTAMENTO DEL TOLIMA”.

ATACO, MAYO DE 2016

Figura 3. Plegable para niños de grados inferiores, Cara 1

Fuente. Los autores


Todos los seres vivos, animales, plantas y el ser humano, necesitan del agua para vivir, para alimentarse, asearse y para muchas actividades más.

¿Qué podemos hacer los niños para cuidar el agua de nuestro planeta? Recordemos que el ahorro del agua empieza en casa.

No se puede desperdiciar el agua porque después nos puede hacer falta. ¿Recuerdan las tristes imágenes por prensa y televisión, donde por calores extremos, se pierden los cultivos, se secan los ríos y algunos animales mueren de sed?

AMIGUITOS: ¡LOS NIÑOS PUEDEN SER LOS PROTECTORES DEL AGUA !!!!!!!

.....COLOREA ESTA IMAGEN:.....

La mala calidad del agua que consumimos, se relaciona con muchas enfermedades, porque el agua contaminada, además de tener un color y un olor desagradable, puede tener millones de microorganismos que llegan a causar malestar en nuestro organismo.


¿En el río, cuando vamos a bañarnos, le causamos daño a la naturaleza y afectamos el recurso hídrico?

¿En el trabajo de nuestros padres, en la finca, en la calle, que aporte pueden hacer los niños para cuidar el recurso hídrico?

¿En la casa, como podemos ayudar a ahorrar y proteger el agua?

¿En la escuela, como pueden los niños

SEAMOS AMIGABLES CON NUESTRO PLANETA. TRATEMOSLO BIEN, PARA AGRADECERLE TODO LO QUE NOS APORTA Y AYUDEMOSLO A RECUPERARSE DEL DAÑO QUE LOS SERES HUMANOS CAUSAMOS EN EL.



Cuidemos las fuentes de agua y los pozos o aljibes, sembremos árboles, y no arrojemos basuras a los ríos y quebradas.

Avisemos a nuestros padres y profesores si notamos que el agua está siendo contaminada o desperdiciada.

Figura 4. Plegable para niños de grados inferiores, Cara 2

Fuente. Los autores

DESDE AHORA, PODREMOS BEBER AGUA PURA, DIRECTAMENTE DEL GRIFO EN LOS BEBEDEROS DE LAS INSTITUCIONES, PUESTO QUE SE HA TRATADO PARA ELIMINAR LOS MICROORGANISMOS QUE AFECTAN LA SALUD HUMANA. DEBEMOS CUIDAR EL AGUA, TRATAR CON RESPETO LOS BEBEDEROS Y CERRAR LOS GRIFOS LUEGO DE SU USO PARA EVITAR EL DESPERDICIO.

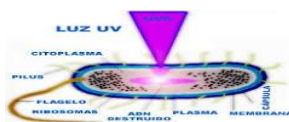


En el mundo cada año, mueren miles de personas por no tener acceso a un mínimo vital de agua POTABLE.

Tú eres privilegiado.

Tienes agua en abundancia y de buena calidad.

Puedes ayudar a que el planeta se conserve y que los recursos naturales se utilicen responsablemente.



La radiación ultravioleta Tipo C, ataca específicamente el ADN de cualquier microorganismo patógeno, con la ventaja de no dejar olor o sabor residual, como en el caso de la cloración. El poder desinfectante que se reconoce a las radiaciones UV se debe a su acción sobre el ADN de las células, generando una disminución en su actividad respiratoria, eliminando o retardando la mitosis y bloqueando procesos de síntesis. Según la intensidad que tenga la luz UV tipo C utilizada, se destruye el ADN en escasos segundos.

**Tipos de Radiación Ultravioleta:** De la luz solar, los tres tipos principales de radiación ultravioleta, son A, B, C.

La Luz ultravioleta tipo A, se conoce también como luz negra y es utilizada en inspección de sustancias fluorescentes, como cebo atrayente de insectos y para el curado de adhesivos y plásticos.

La Luz ultravioleta tipo B, tiene entre otras aplicaciones, un uso cosmético en las cámaras de bronceado para la piel.

La Luz ultravioleta tipo C, se utiliza para la esterilización del aire, el agua y algunas superficies, incluso en ambientes asépticos como el de un quirófano. Existe la luz ultravioleta tipo V que se produce en el vacío y por ende no es de aplicación común.



ESCUELA DE CIENCIAS AGRICOLAS, PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE.

ECAPMA

CEAD IBAGUE

INGENIERIA AMBIENTAL

ZURGHEY LORENA ARIAS ORTIZ  
JORGE HUMBERTO PEDRAZA  
ISAACS

“DESARROLLO COMUNITARIO MEDIANTE LA POTABILIZACIÓN DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO, UTILIZANDO LAMPARAS DE LUZ ULTRAVIOLETA TIPO C, EN TRES, (3) INSTITUCIONES ESCOLARES DEL MUNICIPIO DE ATACO EN EL DEPARTAMENTO DEL TOLIMA”.

ATACO. MAYO DE 2016

Figura 5. Plegable para jóvenes de bachillerato. Cara 1

Fuente. Los autores

<p><b>RESUMEN:</b> El proyecto permite entregar a tres instituciones educativas del municipio de Ataco-Tolima, un sistema de potabilización microbiológica del agua utilizando luz ultravioleta tipo C, a fin de asegurar que el líquido que reciben dichos centros educativos, sea tan confiable que pueda ser consumido directamente por los alumnos, el cuerpo docente-administrativo e incluso por la comunidad del entorno de los entes escolares. Se estima que el número de habitantes beneficiados con el proyecto en el municipio supera las 3522 personas, considerando un total de 1174 estudiantes con sus respectivos núcleos familiares básicos, de tres (3) integrantes cada uno de ellos. Para una población proyectada por el DANE para la cabecera municipal de Ataco en 2016 de 5262 habitantes, esto equivale al 67% del total de habitantes beneficiados por el trabajo.</p>		<p>La mala calidad del líquido con el que se surta la población en edad escolar es un potencial generador de epidemias y un problema de salud pública. Entre el alumnado es alto el ausentismo y la deserción, dadas las condiciones insalubres del agua que recibe. Se busca solucionar la problemática detectada, con la implementación de la tecnología de lámpara de radiación ultravioleta tipo C, para potabilizar el agua y facilitar su consumo directo.</p>
<p><b>MANEJO, CONSERVACIÓN Y USO RESPONSABLE DEL RECURSO HÍDRICO:</b></p> <p>-¿Qué actividades están encaminadas a la conservación de las fuentes y nacimientos de agua en el municipio?</p> <p>-¿Quién se encarga de dar un manejo adecuado al recurso hídrico y de qué manera lo debe hacer?</p> <p>-¿Cómo contribuye la sociedad en la degradación o preservación del recurso hídrico?</p> <p>-¿Cuál es el efecto de la minería sobre las fuentes de agua y sobre la biodiversidad del municipio?</p> <p>-¿Qué acciones podemos desarrollar desde la escuela, para la conservación y el uso responsable del agua?</p>	<p>Se escogió la Institución Educativa Técnica Martín Pomala, la Escuela Camilo Torres y la Escuela Nuestra Señora de Lourdes, como muestra representativa de los centros educativos del municipio que extraen agua cruda de aljibes por bombeo, que llega en deficientes condiciones de higiene y salubridad. La oficina de servicios públicos del municipio mantiene inactiva la planta de tratamiento del acueducto y por esta razón actualmente, gran parte de las viviendas y de los centros escolares obtienen por bombeo de aljibes propios, agua cruda para surtir las baterías sanitarias y las áreas comunes de sus instalaciones.</p> <p>Según análisis microbiológico realizado por el laboratorio de Salud Pública de la Secretaría de Salud del Departamento del Tolima, el líquido obtenido de dichos aljibes reporta presencia de E. Coli y de Coliformes totales, lo que va en contra de lo dispuesto en el decreto 1594 de 1984, así como en la resolución 2115 de 2007, según los cuales, para determinar el uso de agua para consumo humano, requiere desinfección o tratamiento convencional.</p>	<p>Cuidemos las fuentes de agua y los pozos o aljibes, sembramos árboles, y no arrojemos basuras a los ríos y quebradas.</p>

Figura 6. Plegable para jóvenes de bachillerato. Cara 2

Fuente. Los autores

Para los niños de primaria, se incentivó la participación activa de los estudiantes utilizando material didáctico y juegos divertidos con el obsequio de dulces y colombinas; los plegables, además de los dibujos para colorear, tienen información valiosa sobre los temas tratados, para que los infantes lleven a sus casas y multipliquen la información en sus núcleos familiares. Las charlas se hicieron aula a aula, asegurando la captación del mensaje. Por otro lado, para los grados de bachillerato se diseñó una presentación en Power point para proyectarla en un taller educativo, donde se hizo entrega de los plegables, de una sopa de letras y de un crucigrama con palabras relacionadas con la charla.

### **5.5 UBICACIÓN DE LOS BEBEDEROS**

Para definir la instalación de los bebederos que surtirían de agua microbiológicamente potable a la comunidad educativa, se hizo necesario escoger un sitio específico en cada una de las instituciones seleccionadas; se tuvieron en cuenta diferentes variables para la ubicación, donde primaban entre otras las siguientes:

- Que fuera una zona con circulación constante de alumnos.
- Con espacio suficiente para el tránsito de personas a fin de evitar congestiones y accidentes.
- Que sea un área fácilmente vigilada por personal administrativo y docente.
- Facilidad de instalación del equipo con mínima inversión en adecuaciones físicas, hidráulicas y eléctricas.
- Que los beneficiarios tuvieran un fácil acceso a los dispensadores de agua.



Los bebederos existentes en las escuelas Camilo Torres y Nuestra Señora de Lourdes, aunque estaban en desuso, tenían una excelente ubicación y por lo tanto se procedió a recuperarlos estéticamente y funcionalmente. En la Institución Educativa Técnica Martín Pomala se seleccionó un lugar que cumple a cabalidad con todos los condicionamientos para la construcción del bebedero.

### **5.6 TIPO DE LÁMPARA UTILIZADA**

Se optó por utilizar lámparas sumergibles de 30 w, con radio de acción de 1 metro a la redonda y capacidad para desinfectar 1500 litros de agua. Ya que el uso de dosis elevadas de radiación UV tipo C desinfecta microbiológicamente el agua pero no altera sus características fisicoquímicas, se utilizaron las lámparas en tanques plásticos de reserva de agua con capacidad para almacenar 1000 litros, en la Institución Educativa Técnica Martín Pomala y en la Escuela Camilo Torres; por otro lado, en la Escuela Nuestra Señora de Lourdes, se aprovechó un tanque de 500 litros que abastece dos bebederos con cinco llaves cada uno de ellos y tres lavamanos instalados en el patio de recreo. (Ver Figura7).



Figura 7. Lámpara sumergible UV tipo C de 30 W utilizada en el proyecto, capacitada para tratar 1500 litros de agua

Fuente. Los autores

Aunque aparentemente estarían sobredimensionadas las lámparas para 1500 litros en tanques de menor volumen, esto proporciona mayor seguridad en el tratamiento del agua y garantiza la inocuidad del líquido que reciben los alumnos.

## 5.7 INSTALACIÓN DE LAS LÁMPARAS ULTRAVIOLETA TIPO C

**5.7.1 Instalación en la Institución Educativa Técnica Martín Pomala.** En este centro educativo hay un área de reciente construcción, donde se encuentran diferentes aulas y baterías sanitarias para cada género. El agua bombeada del aljibe es recibida en tres tanques plásticos con capacidad para almacenar 1000 litros cada uno de ellos, desde donde se distribuye el líquido por diferentes sectores del nuevo edificio (Ver Figuras 8 y 9).

La señora rectora destinó recursos para la instalación de un bebedero con 5 llaves que cuenta con su propio tanque de 1000 litros para abastecerse, al interior del cual se instaló la lámpara sumergible. Para construir la estructura se escogió un espacio amplio sobre un corredor, aprovechando la base de una rampa que da acceso al segundo nivel del edificio, destinada al personal en condición de discapacidad.



Figura 8. Bebedero en construcción en la ITE Martín Pomala

Fuente. Los autores



Figura 9. Bebedero en la ITE Martín Pomala en funcionamiento

Fuente. Los autores

Teniendo el bebedero en funcionamiento se procedió a instalar la lámpara UV Tipo C en el tanque que lo abastece, para lo cual se hizo necesario realizar algunas adecuaciones eléctricas e hidráulicas que facilitaran el suministro exclusivo para el equipo e independizar el tanque de reserva, dejándolo solo para el agua tratada. Los recipientes de agua fueron lavados previamente para eliminar cualquier sedimento o residuo adherido a sus paredes. De igual manera, se revisó el filtro del aljibe, pues el material particulado en suspensión puede interferir con los haces de luz ultravioleta, reduciendo la eficiencia del proceso de desinfección.

Es importante asegurar a una altura adecuada el cable de la lámpara contra la parte interna de la tapa del tanque, a fin de impedir la movilidad del equipo y garantizar una radiación pareja sobre todo el líquido; se utilizaron para ello, unos ganchos tipo “perro” y abrazaderas plásticas (Ver Figura 10).

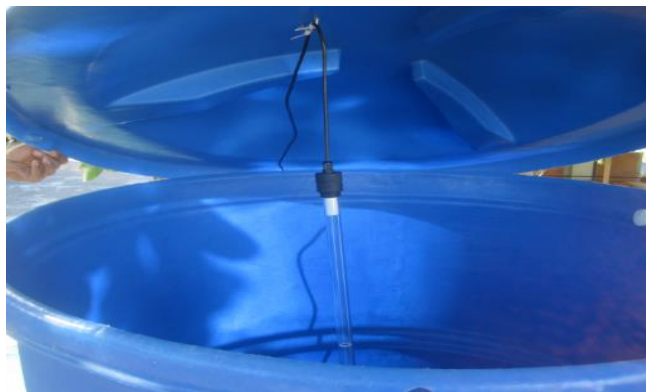


Figura 10. Asegurando altura de la lámpara UV tipo C al interior del tanque de 1000 litros

Fuente. Los autores

**5.7.2 Instalación en la Escuela Nuestra Señora de Lourdes.** En esta escuela se tienen niños pequeños en grados inferiores de primaria, (274 estudiantes matriculados en 2016), que exigen alta supervisión y cuidado; los bebederos de esta escuela se encontraban fuera de servicio y los infantes accedían al agua del aljibe que es almacenada en una alberca de cemento, con el consecuente riesgo de accidentes por ahogamiento. La administración instaló 3 lavamanos cerca de la cocina y del comedor escolar, pero la integridad física de los menores también queda en riesgo, pues dada su edad y su estatura, prácticamente deben colgarse de la porcelana sanitaria.

Las adecuaciones eléctricas en esta sede fueron más complejas, pues exigieron 10 metros de acometida en dos líneas de alambre entubada, además de clavijas, tomas e interruptores. El uso de chazos, clavos, tornillos, grapas y abrazaderas plásticas fue necesario.

A nivel hidráulico, los autores debieron habilitar la distribución del agua hacia los bebederos en desuso, recuperar la acometida en tubos de PVC de 1" e instalar las 10 llaves para

su uso. Se utilizó bastante material en PVC como uniones, codos, miples, tubos y pegante, además del teflón y de las llaves.

Con el tanque debidamente lavado se procedió a asegurar la altura de la lámpara al interior del recipiente con los perros y las abrazaderas plásticas y se concluyó la conexión eléctrica del equipo.

Los autores habilitaron los dos bebederos, dejando 10 llaves utilizables a una altura adecuada para los beneficiarios. La coordinadora de la institución está muy satisfecha con el proyecto, pues la escuela cuenta con botellones en policarbonato para cada salón, que ahora son llenados con el agua tratada con la lámpara UV, lo que ahorra dinero y facilita aún más el acceso de los niños a este líquido (Ver Figura 11).



Figura 11. Bebedero 1 en la Escuela Nuestra Señora de Lourdes.

Fuente. Los autores

**5.7.3 Instalación en la Escuela Camilo Torres.** En la sede Camilo Torres también se educan niños de primaria, (271 estudiantes matriculados en 2016). La instalación de la lámpara

se hizo en el patio de recreo, adaptando un antiguo y deteriorado bebedero que estaba fuera de servicio y que hizo parte de un sistema de filtrado para el agua de consumo (Ver Figura 12).



Figura 12. Bebedero en la Escuela Camilo Torres

Fuente. Los autores

La acometida eléctrica no fue muy exigente pues solo requirió dos metros de alambre entubado en doble línea, cinta aislante, clavijas, grapas, tomacorriente y abrazaderas plásticas. En cuanto a la acometida hidráulica se utilizaron 5 metros de tubo PVC de 1", codos y uniones de 1", pegante para PVC y cinta de teflón.

Con el tanque previamente aseado y vacío, se aseguró la altura de la lámpara al interior de la tapa del tanque plástico, el balastro UV fue debidamente protegido de la intemperie y se inició el primer llenado del recipiente, cuyo líquido fue desechado para eliminar residuos del pegante para PVC utilizado en las uniones de la tubería.

Se hizo el cambio de grifos y se realizaron adecuaciones a la estructura de vaciado, cuyos bajantes estaban obstruidos por diversos materiales.

## **6. RESULTADOS EN EL DESARROLLO DEL CASO**

### **6.1 IMPORTANCIA DE E. COLI COMO INDICADOR DE CONTAMINACIÓN FECAL EN AGUA**

Como ya se dijo, la *Escherichia coli* es un bacilo aerobio Gram Negativo no esporulado que se caracteriza por tener enzimas como la Beta galactosidasa y Beta glucoronidasa. Se utiliza la *Escherichia coli* como indicador de la contaminación fecal en el agua para consumo humano, pues aunque gran parte de las cepas de *E. Coli* presentes en el intestino humano se desempeñan como simples comensales y son inofensivas, existen otras que son bacterias altamente patógenas como: *E. coli* enteropatogénico, *E. coli* enterotoxigénico, *E. coli* enteroinvasivo, *E. coli* enterohemorrágico, *E. coli* enteroadherente, *E. coli* enteroagregativo y que son causantes de una diversidad de enfermedades gastrointestinales (Aurazo, 2004).

En el método de Sustrato definido, al utilizar medios cromogénico o fluorogénicos se esperan algunas reacciones ante indicadores específicos; Es posible que por la presencia de *E. Coli* y de Coliformes totales, se evidencie un cambio de tonalidad - coloración o que emita cierta fluorescencia.

## 6.2 TOMA DE MUESTRAS

En la fase de acercamiento inicial para el trabajo, se tomaron muestras del aljibe de cada institución, a fin de realizar el análisis fisicoquímico y microbiológico del agua consumida por la comunidad educativa. Se adquirieron frascos de 600 ml, bloques de gel refrigerante y neveras portátiles para transportar el material sin ninguna alteración hasta el laboratorio.

El análisis microbiológico lo realizó el laboratorio de salud pública y bromatología que tiene la secretaría de salud de la gobernación del departamento del Tolima en la ciudad de Ibagué, mientras que el análisis fisicoquímico fue realizado por el Laboratorio de la Empresa de Servicios Públicos de San Sebastián de Mariquita, URBES S.A.S E.S.P.


**6.2.1 Resultados del análisis microbiológico inicial a muestras de agua de las tres instituciones.** El análisis de las muestras se realizó por el método de Sustrato definido, reportando los siguientes resultados:

-En la IET Martín Pomala: Presencia de coliformes totales (100ml) y Ausencia de Escherichia Coli (100ml).

-En la Escuela Camilo Torres: Presencia de coliformes totales (100ml) y Presencia de Escherichia Coli (100ml).

-En la Escuela Nuestra Señora de Lourdes: Presencia de coliformes totales (100ml) y Presencia de Escherichia Coli (100ml). (Ver Figura 13).



	<b>GOBERNACIÓN DEL TOLIMA SECRETARÍA DE SALUD LABORATORIO DE SALUD PÚBLICA</b>		Código: LSP-FOR-IV-094
	MACROPROCESO: INSPECCIÓN, VIGILANCIA Y CONTROL DE SALUD PÚBLICA		Versión: 01
<b>INFORME DE RESULTADOS DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO</b>			Pág. 1 de 1
Vigente desde: 05/04/2011			

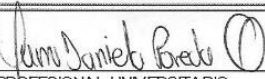
**Ibague, 10/08/2015**

INFORME No: 1390	No RADICACION : 899, 900, 901
FECHA DE RECEPCION DE LA MUESTRA :	2015-08-04 16:59:11
FECHA DE REALIZACION DEL ENSAYO :	2015-08-04
MUNICIPIO :	ATACO
NOMBRE O ENTIDAD SOLICITANTE :	ZURGHEY LORENA ARIAS ORTIZ
CONDICIONES DE LAS MUESTRAS :	CONFORME
Resolución 2115/2007	

MUESTRA	PARAMETRO	METODO UTILIZADO	RESULTADO
ESCUELA SEÑORA DE LOURDES ATACO TOLIMA	Coliformes totales (100 ml)	SUSTRATO DEFINIDO	PRESENCIA
	Escherichia coli (100 ml)	SUSTRATO DEFINIDO	AUSENCIA
ESCUELA CAMILO TORRES ATACO TOLIMA	Coliformes totales (100 ml)	SUSTRATO DEFINIDO	PRESENCIA
	Escherichia coli (100 ml)	SUSTRATO DEFINIDO	PRESENCIA
COLEGIO MARTIN POMALA ATACO TOLIMA	Coliformes totales (100 ml)	SUSTRATO DEFINIDO	PRESENCIA
	Escherichia coli (100 ml)	SUSTRATO DEFINIDO	PRESENCIA

**Observaciones:**  
**ESCUELA SEÑORA DE LOURDES ATACO TOLIMA** : Decreto 1594 de 1984: Para determinar uso para consumo Humano requiere desinfección o tratamiento convencional.  
**ESCUELA CAMILO TORRES ATACO TOLIMA** : Decreto 1594 de 1984: Para determinar uso para consumo Humano requiere desinfección o tratamiento convencional.  
**COLEGIO MARTIN POMALA ATACO TOLIMA** : Decreto 1594 de 1984: Para determinar uso para consumo Humano requiere desinfección o tratamiento convencional.

LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DEL RESULTADO DE ESTE DOCUMENTO, DEBERÁ REALIZARSE CON APROBACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO DE SALUD PÚBLICA.

  
PROFESIONAL UNIVERSITARIO

CARRERA 2a A CALLES 33 Y 34 IBAGUE-TOLIMA  
TELE FAX. (098) 2656644 - 2648333

Figura 13. Resultado del primer análisis microbiológico de las muestras de agua de las tres instituciones

Fuente. Laboratorio de Salud Pública, Secretaría de Salud, Gobernación del Tolima

### 6.2.2 Resultados de análisis fisicoquímicos a muestras de agua de las tres instituciones.


El tratamiento hídrico con la radiación UV tipo C tiene un comprobado poder germicida, y ante la contaminación microbiológica es altamente efectivo. Es necesario realizar estudios complementarios a las muestras a fin de conocer el grado de afectación que tiene el acuífero, pues en caso de presentar contaminación de tipo fisicoquímico, se debe dar al agua un tratamiento

diferente y la aplicación exclusiva de un proceso microbiológico es insuficiente para asegurar su calidad para consumo humano.

Se optó por el laboratorio de la Empresa de Servicios Públicos de San Sebastián de Mariquita, URBES S.A.S E.S.P., para realizar este análisis y los resultados relacionados para las tres instituciones escolares seleccionadas son similares (Ver Figuras 14 a 16).

El estudio analiza la presencia de diversas variables y se reporta que los mismos se encuentran dentro de los rangos aceptables, a excepción del cloro residual libre, ya que el agua de los aljibes es cruda y no ha sido tratada con este elemento. Los parámetros fisicoquímicos analizados son en su orden:

PH	Color	Turbiedad
Conductividad	Olor y Sabor	Cloro Residual
Dureza Total	Dureza Cálctica	Hierro Total
Cobre	Calcio	Magnesio
Aluminio	Acidez Total	Acidez Mineral
Alcalinidad Total	CaCO <sub>3</sub>	CaCH(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>
Cloruros	Nitratos	Nitritos
Sulfatos	Fosfatos	

	EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS <b>URBES SAS ESP</b> LABORATORIO PLANTA SAN SEBASTIAN DE MARIQUITA		Código: FOP-AC-01-02
	MACROPROCESO:		Versión: 01
	INSPECCIÓN, VIGILANCIA Y CONTROL ACUEDUCTO		Pág. 1 de 1
INFORME DE RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE AGUAS			Vigente desde: 05/04/2014

RADICACION No: 91 SOLICITANTE: JORGE HUMBERTO PEDRAZA Y LORENA ARIAS FECHA DE TOMA: 09/03/2016 FECHA DE REALIZACIÓN - ENSAYO: 10/03/2016	AGUA: TRATADA DIRECCION SOLICITANTE: ESCUELA POMOLA FUENTE HIDRICA: ALGIBE ENSAYO FÍSICOQUÍMICO	MUNICIPIO: ATACO PUNTO DE TOMA: SALIDA DE LA PLANTA DE TTO INFORME N° : 0097 F.A
--	---	--

	RESULTADO	VALOR ADMISIBLE Res. 2115/2007	METODO DE ENSAYO
pH	6.60	6.5 - 9.0	Potenciométrico
Color (UPC)	0.97	<15	Espectrofotométrico
Turbiedad (UNT)	0.88	<2	Turbidimétrico
Conductividad (umhos/cm)	ND	<1000	Conductimétrico
Olor y Sabor	Aceptable	Aceptable	Organoléptico
Cloro Residual Libre (mg/L)	0.00	0.3 - 2.0	Espectrofotométrico

	RESULTADO	VALOR ADMISIBLE Res. 2115/2007	METODO DE ENSAYO
<b>ACIDEZ (mg Ca CO<sub>3</sub> / L)</b>			
Total	17.22	<50	Volumétrico
Mineral	ND	0	Volumétrico

	RESULTADO	VALOR ADMISIBLE Res. 2115/2007	METODO DE ENSAYO
<b>ALCALINIDAD (mg Ca CO<sub>3</sub> / L)</b>			
Total	145,5	<200	Volumétrico
A la Fenolftaleína	ND		Volumétrico
Hidroxidos	ND		Volumétrico
Ca CO <sub>3</sub>	ND	<200	Volumétrico
Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	145,5		Volumétrico

	RESULTADO	VALOR ADMISIBLE Res. 2115/2007	METODO DE ENSAYO
<b>METALES (mg/L)</b>			
Hierro Total	0.01	<0.3	Espectrofotométrico
Cobre	ND	<1.0	Espectrofotométrico
Calcio	6.5	<60	Espectrofotométrico
Magnesio	9.81	<36	Espectrofotométrico
Aluminio	0.03	<0.2	Espectrofotométrico

	RESULTADO	VALOR ADMISIBLE Res. 2115/2007	METODO DE ENSAYO
<b>NO METALES (mg / L)</b>			
Cloruros	23.8	<250	Volumétrico
Nitratos	0.55	<10	Espectrofotométrico
Nitritos	0.020	<0.1	Espectrofotométrico
Sulfatos	3.3	<250	Espectrofotométrico
Fosfatos	0.27	<0.5	Espectrofotométrico

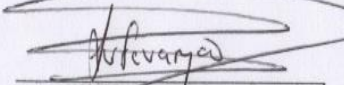
  

N.D.: No Detectado      N.A.: No Aplica

**ENSAYO MICROBIOLÓGICO**

OBSERVACIONES: NO CUMPLE LA RESOLUCION 2115/2007 POR PARAMETROS FÍSICOQUÍMICO FUERA DE RANGO (Cloro residual)

  
 LUIS FERNANDO VARGAS MARTINEZ  
 TÉCNICO EN SANEAMIENTO


  

CARRERA 3 NO. 8-30 MARIQUITA TOLIMA  
 CEL 313336328

Figura 14. Resultado del análisis físicoquímico a la muestra de la institución educativa técnica Martín Pomala

Fuente. Laboratorio de la Empresa de Servicios Públicos de San Sebastián de Mariquita, URBES

S.A.S E.S.P

	EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS URBES SAS ESP LABORATORIO PLANTA SAN SEBASTIAN DE MARIQUITA		Código: FOP-AC-01-02
	MACROPROCESO:	INSPECCIÓN, VIGILANCIA Y CONTROL ACUEDUCTO	Versión: 01
	INFORME DE RESULTADOS DE ANALISIS FISICOQUIMICO DE AGUAS		Pág. 1 de 1 Vigencia actual: 05/04/2014

RADICACION No:	89	AGUA:	TRATADA	MUNICIPIO:	ATACO
SOLICITANTE:	JORGE HUMBERTO PEDRAZA Y LORENA ARIAS	DIRECCION SOLICITANTE:	ESCUELA CAMILO TORRES	PUNTO DE TOMA:	SALIDA DE LA PLANTA DE TTO
FECHA DE TOMA:	09/03/2016	FUENTE HIDRICA:	ALGIBE	INFORME Nº:	0095 F.A
FECHA DE REALIZACION - ENSAYO:	10/03/2016	ENSAYO FISICOQUIMICO			

	RESULTADO	VALOR ADMISIBLE Res. 2115/2007	METODO DE ENSAYO
pH	7.10	6.5 - 9.0	Potenciometrico
Color (UPC)	0.88	<15	Espectrofotometrico
Turbiedad (UNT)	0.63	<2	Turbidimetrico
Conductividad (umhos/cm)	ND	<1000	Conductimetrico
Olor y Sabor	Aceptable	Aceptable	Organoleptico
Cloro Residual Libre (mg/L)	0.00	0.3 - 2.0	Espectrofotometrico

	RESULTADO	VALOR ADMISIBLE Res. 2115/2007	METODO DE ENSAYO
ACIDEZ (mg Ca CO <sub>3</sub> / L)			
Total	7.32	<50	Volumetrico
Mineral	ND	0	Volumetrico

	RESULTADO	VALOR ADMISIBLE Res. 2115/2007	METODO DE ENSAYO
ALCALINIDAD (mg Ca CO <sub>3</sub> / L)			
Total	176.8	<200	Volumetrico
A la Fenolftalein	ND		Volumetrico
Hidroxidos	ND		Volumetrico
Ca CO <sub>3</sub>	ND	<200	Volumetrico
Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	176.9		Volumetrico

	RESULTADO	VALOR ADMISIBLE Res. 2115/2007	METODO DE ENSAYO
DUREZA (mg Ca CO <sub>3</sub> / L)			
Total	30.1	<300	Volumetrico
Calcica	11.4	<124	Volumetrico

	RESULTADO	VALOR ADMISIBLE Res. 2115/2007	METODO DE ENSAYO
METALES (mg/L)			
Hierro Total	0.10	<0.3	Espectrofotometrico
Cobre	ND	<1.0	Espectrofotometrico
Calcio	4.2	<60	Espectrofotometrico
Magnesio	3.70	<36	Espectrofotometrico
Aluminio	0.07	<0.2	Espectrofotometrico

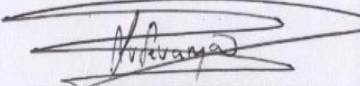
	RESULTADO	VALOR ADMISIBLE Res. 2115/2007	METODO DE ENSAYO
NO METALES (mg / L)			
Cloruros	3.9	<250	Volumetrico
Nitatos	0.75	<10	Espectrofotometrico
Nitritos	0.010	<0.1	Espectrofotometrico
Sulfatos	2.00	<250	Espectrofotometrico
Fosfatos	0.37	<0.5	Espectrofotometrico

N.D.: No Detectado      N.A.: No Aplica

ENSAYO MICROBIOLÓGICO

OBSERVACIONES: NO CUMPLE LA RESOLUCION 2115/2007 POR PARAMETROS FISICOQUIMICO FUERA DE RANGO (Cloro residual)

  
 LUIS FERNANDO VARGAS MARTINEZ  
 TECNICO EN SANEAMIENTO

CARRERA 3 NO.8-30 MARIQUITA TOLIMA  
CEL 3133356328

Figura 15. Resultado de marzo 10 de 2016, del análisis fisicoquímico a la muestra de la escuela

Camilo Torres

Fuente. Laboratorio de la Empresa de Servicios Públicos de San Sebastián de Mariquita,

URBES S.A.S E.S.P



## 6.3 EFECTIVIDAD DEL TRATAMIENTO

**6.3.1 Resultado de análisis microbiológico a muestras tomadas con el sistema en funcionamiento.** Teniendo certeza del buen funcionamiento de las lámparas instaladas, se tomaron las muestras de agua en cada una de las instituciones seleccionadas para el proyecto, para ser analizadas en el laboratorio de salud pública del departamento del Tolima; se dispuso de una nevera portátil, botellas esterilizadas de 600 ml y de bloques de gel refrigerante, a fin de preservar la integridad del material a analizar. Se solicitó un análisis microbiológico para agua de consumo humano, a fin de demostrar la utilidad del sistema (Ver Figura 17).

19/7/2016 Análisis Microbiológico de aguas

	<b>GOBERNACIÓN DEL TOLIMA</b> <b>SECRETARÍA DE SALUD</b> <b>LABORATORIO DE SALUD PÚBLICA</b>		Código: LSP-FOR-IV-094
			Versión: 01
MACROPROCESO:	INSPECCIÓN, VIGILANCIA Y CONTROL DE SALUD PÚBLICA		Pág. 1 de 1
<b>INFORME DE RESULTADOS DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO</b>			Vigente desde: 05/04/2011

**Ibague, 19/07/2016**

INFORME No: 3054	No RADICACION : 575, 576, 577
FECHA DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA :	2016-07-06 15:49:52
FECHA DE REALIZACIÓN DEL ENSAYO :	2016-07-06
MUNICIPIO :	ATACO
NOMBRE O ENTIDAD SOLICITANTE :	ZURGHEY LORENA ARIAS ORTIZ
CONDICIONES DE LAS MUESTRAS :	CONFORME
Resolución 2115/2007	

MUESTRA	PARAMETRO	METODO UTILIZADO	RESULTADO
TANQUE RESERVA COLEGIO MARTIN POMALA	Coliformes totales (100 ml)	SUSTRATO DEFINIDO	AUSENCIA
	Escherichia coli (100 ml)	SUSTRATO DEFINIDO	AUSENCIA
TANQUE RESERVA ESCUELA CAMILO TORRES	Coliformes totales (100 ml)	SUSTRATO DEFINIDO	AUSENCIA
	Escherichia coli (100 ml)	SUSTRATO DEFINIDO	AUSENCIA
TANQUE RESERVA ESCUELA NUESTRA SEÑORA LOURDES	Coliformes totales (100 ml)	SUSTRATO DEFINIDO	AUSENCIA
	Escherichia coli (100 ml)	SUSTRATO DEFINIDO	AUSENCIA

Observaciones:  
 TANQUE RESERVA COLEGIO MARTIN POMALA :  
 TANQUE RESERVA ESCUELA CAMILO TORRES :  
 TANQUE RESERVA ESCUELA NUESTRA SEÑORA LOURDES :  
 LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DEL RESULTADO DE ESTE DOCUMENTO, DEBERÁ REALIZARSE CON APROBACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO DE SALUD PÚBLICA.

  
 PROFESIONAL UNIVERSITARIO

CARRERA 2a A CALLES 33 Y 34 IBAGUE-TOLIMA  
 TELE FAX. (098) 2656644 - 2648333

Figura 17. Resultado análisis microbiológico final a las muestras de agua de las tres instituciones

Fuente. Laboratorio de Salud Pública. Secretaria de Salud del Tolima

Las muestras fueron analizadas en el laboratorio de salud pública del Tolima, por el método de Sustrato definido, reportando los siguientes resultados:

-En la IET Martín Pomala: Ausencia de coliformes totales (100ml) y Ausencia de Escherichia Coli (100ml).

-En la Escuela Camilo Torres: Ausencia de coliformes totales (100ml) y Ausencia de Escherichia Coli (100ml).

-En la Escuela Nuestra Señora de Lourdes: Ausencia de coliformes totales (100ml) y Ausencia de Escherichia Coli (100ml).

Se concluye con plena certeza que el sistema de tratamiento microbiológico al agua de los aljibes de cada una de las instituciones educativas ha demostrado su efectividad, pues no reporta presencia de E. Coli, ni de Coliformes totales.

#### **6.4 CONTROL BIOLÓGICO**

Sobre las baterías sanitarias de la sede Escuela Camilo Torres al igual que de la sede Escuela Nuestra señora de Lourdes, se encuentran tanques de similares dimensiones, (5 m x 1,5m x 0,80m), contruidos en cemento con una capacidad aproximada de 6 metros cúbicos, deficientemente cubiertos por tejas de zinc, y que contienen el agua destinada a dar aseo por gravedad a los baños que utilizan los niños.

Las numerosas campañas sobre el control a los depósitos de agua que se transmiten por radio y televisión nacional, insisten en la necesidad de cubrir este tipo de estructuras, donde es

natural la proliferación de zancudos y otras plagas. La administración escolar carece de los recursos para aislar estos recipientes y por ello, se hizo necesario implementar un método de control biológico para las larvas de moscas y zancudos, vectores de enfermedades como el dengue, Zika, chikungunya entre otras.

Los autores entregaron 120 peces guppy, (*Poecilia reticulata*), para cada centro educativo, calculando que 20 animales por metro cubico en la siembra inicial son suficientes para el control de las larvas en los 6 metros cúbicos de volumen estimado. Se adaptó una malla en la rejilla de desagüe del tanque a fin de evitar pérdidas de pececillos en cada descarga sobre los sanitarios. Estos peces son muy prolíficos y resistentes, lo que asegura que el método de control permanezca en el tiempo, aunque se deben capturar mediante barrido antes de realizar la limpieza de la estructura, para liberarlos cuando la jornada de aseo haya finalizado.



## 7. CONCLUSIONES

El proyecto aplicado de beneficio social como opción de grado para obtener el título profesional deja grandes satisfacciones a quien lo realiza, ya que el estudiante actúa como gestor de desarrollo dentro de una comunidad, y contribuye a la solución de una problemática identificada.

Previo a su utilización, el agua para consumo humano debe tener algún tipo de tratamiento que asegure su inocuidad, pues la probabilidad actual de encontrar una fuente hídrica realmente limpia y potable es mínima. Existen diferentes métodos y se debe elegir el que más se acomode a las necesidades y al presupuesto de la comunidad.

La participación ciudadana es de vital importancia para asegurar la preservación de los recursos naturales; en lo referente al recurso hídrico, la comunidad debe involucrarse en el cuidado de las aguas superficiales, de los nacimientos y del acuífero en general, respetando las rondas de protección, evitando la tala de árboles y contribuyendo en jornadas de aseo y reforestación.

Acatar las directrices que impone el Plan de Ordenamiento Territorial en cuanto al uso que se puede dar al suelo en inmediaciones de las fuentes hídricas y de los nacimientos, permite controlar la expansión de la frontera agropecuaria, minera e industrial, minimizar los vertimientos contaminantes y asegurar la calidad del recurso.

El ciudadano del común se considera con el derecho de perforar pozos sin contar con la autorización expresa de la autoridad ambiental y por ende incurre en errores garrafales de ubicación, diseño y construcción, sobreexplotando y poniendo en riesgo la calidad del acuífero. Las concesiones de agua que otorga la Corporación Autónoma Regional del Tolima, CORTOLIMA, son irrespetadas en gran parte del territorio de su jurisdicción, a pesar de las múltiples sanciones que impone la corporación a los contraventores.

Dentro de las diversas opciones para tratar el agua destinada al consumo humano, la luz ultravioleta tipo C presenta grandes ventajas sobre otras metodologías entre las que se destaca: Su facilidad de uso, bajos costos operativos, riesgos reducidos para el personal implicado, ningún efecto organoléptico final, (no deja color, olor, ni sabor en el agua tratada), no genera subproductos carcinógenos en el proceso de la desinfección e inactiva algunos patógenos resistentes al cloro.

Como método de desinfección hídrica, la luz ultravioleta tipo C no está relegada a un último lugar o destinada para plantas de tratamiento de pequeñas comunidades rurales; actualmente se encuentran instalaciones de dimensiones considerables en Europa, Norteamérica y algunos países de África y Asia. En la ciudad de Nueva York se encuentra Catskill/Delaware, la planta más grande del mundo que opera con radiación ultravioleta para tratar 8300 millones de metros cúbicos de agua para consumo humano por día.

Las jornadas de educación ambiental para preservar los recursos deberían ser obligatorias, continuas y complementarias, desde los primeros grados de preescolar hasta los últimos semestres universitarios, incrementando el nivel de complejidad según la estructura académica y la edad del

auditorio. Los niños son los mejores educadores, pues actúan como multiplicadores de lo aprendido en la escuela, transmitiéndolo en sus hogares y en el entorno social en el que se desenvuelven.

## RECOMENDACIONES

El agua que se pretenda tratar con radiación ultravioleta debe estar libre de partículas en suspensión, ya que estas interfieren con los haces de luz e impiden una desinfección total del líquido.

Se recomienda estructurar un programa continuo de sensibilización, concientización y educación sobre el uso responsable del agua y la conservación de las fuentes hídricas, que sea liderado desde la Oficina de Servicios Públicos de la alcaldía pero que involucre a todos sus habitantes, especialmente a la población en edad escolar, así como a los gremios de la producción y demás actores sociales del municipio.

La perforación de un pozo profundo tanto en Ataco como en todo el departamento del Tolima, debe contar con la autorización de la Corporación Autónoma Regional del Tolima, CORTOLIMA, que es la autoridad ambiental que tiene la potestad de concesionar o no el agua, ya sea superficial o subterránea. Esto controla la explotación indiscriminada de la fuente y evita que los aljibes sean construidos cerca de pozos sépticos, de explotaciones pecuarias (especialmente avícolas o porcinas), basureros o instalaciones industriales que generen vertimientos o lixiviados por escorrentía y que puedan contaminar el acuífero.

La masificación de esta metodología UV tipo C para tratar el agua, está limitada por la extensión de las redes de distribución del líquido, donde es probable que pueda contaminarse nuevamente. Se recomienda utilizar la radiación ultravioleta como tratamiento principal de

desinfección, complementándolo con bajas dosis de ozono, cloraminas o de algún químico que tenga un comprobado efecto residual.

La aceptación de los bebederos, -con agua tratada microbiológicamente por la luz UV tipo C-, fue inmediata en las instituciones educativas, desde el personal docente y administrativo hasta los niños como principales beneficiarios. Es recomendable aprovechar el sistema para abastecer de agua tratada la cocina y los comedores escolares, ante la inminente implementación de la jornada única.

El uso de los bebederos, especialmente por parte de los estudiantes menores, debe ser supervisado a fin de evitar daños en la infraestructura y en los grifos o el desperdicio del líquido microbiológicamente tratado.

Las lámparas sumergibles UV tipo C instaladas en los tanques tienen una vida útil de 10000 horas, lo que equivale a un poco más de un año de servicio continuo. Aunque el sistema no se mantendrá encendido permanentemente y que solo se irradiará el agua en momentos previos a la salida del personal y durante las jornadas de recreo, se recomienda dar un mantenimiento preventivo a la cubierta de cuarzo de los tubos y utilizarlos por periodos que no superen los dos años, luego de los cuales deben ser cambiados para asegurar la inocuidad del líquido.

La ubicación de las lámparas y de los sistemas de encendido eléctrico, deben estar bajo llave, fuera del alcance de los estudiantes y bajo el cuidado del personal debidamente capacitado,

a fin de evitar daños en los equipos o accidentes que pongan en riesgo la integridad física de los menores.

## REFERENCIAS

- Acosta, M., & Montilla, J. (2010). *Evaluación de la contaminación por cadmio y plomo en agua, suelo, y sedimento y análisis de impactos ambientales en la subcuenca del río Balsillas afluente del río Bogotá*. (tesis). Bogotá: Universidad de La Salle.
- Agudelo, C. (2005). *Guía para la protección específica de la caries y la enfermedad gingival*. Bogotá: Ministerio de salud y protección social, Plan obligatorio de salud –POS–.
- Alzamora, S. (2007). *Aplicaciones de la luz ultravioleta en la conservación de alimentos*. Tercer Simposio Internacional de Innovación y Desarrollo de Alimentos LATU, Montevideo. Recuperado de <http://www.innovayuy.info/docs/presentaciones/20071010/2007PPTStellaMarisAlzamora-LuzUV.pdf>
- Arocena, R. & D. Conde (ed.). (1999). *Métodos en Ecología de Aguas Continentales, con Ejemplos de Limnología en Uruguay*. DIRAC/FC/UDELAR, Montevideo. 233 pp.
- Aurazo, M. (2004). *Manual para análisis básicos de calidad del agua de bebida*. OPS y Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente -CEPIS-. Recuperado de <http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/fulltext/manual.pdf>
- Bensaude, B. (1991). Mendeleiev: historia de un descubrimiento. Historia de las ciencias. Madrid : Crítica.

- Brenes, L. (2005). *El agua: sus propiedades y su importancia biológica*. Acta Académica.
- Campos , C. (2009). Evaluación de la concentración y viabilidad de huevos de helmintos en matrices sólidas relacionadas con la disposición de biosólidos para uso agrícola. Memorias XIV Congreso Colombiano de Parasitología y Medicina Tropical. X Simposio PECET. *Revista Biomédica*. 29. Suppl (1):46-47.
- Carvajal, A. & Gonzalez, M: (2003). *Funciones biológicas del agua en relación con sus características físicas y químicas*. En: Agua. El arte del buen comer. p. 249-256. Academia Española de Gastronomía. Barcelona..
- Collins, L. (1989). *Métodos microbiológicos*. Zaragoza: Acribia Ed. España.
- Contraloría departamental del Tolima. (2014). Informe Definitivo de la Auditoria Ambiental Especial vigencia 2013. Municipio de Ataco – Tolima. Recuperado de [http://www.contraloriatolima.gov.co/webcontraloria/documentos/2014/informes/inf\\_def\\_ambiental\\_ataco\\_2013.pdf](http://www.contraloriatolima.gov.co/webcontraloria/documentos/2014/informes/inf_def_ambiental_ataco_2013.pdf)
- De Luca, L., Zamora, A. & Folabella, A. (2006). *Bacterias indicadoras de riesgo sanitario aportadas por el riego frente a la supresividad edáfica*. Recuperado de <http://www.prodti.us.es/congreso/carteles/DELUCA.pdf>



Escobar, M. (2002). *Fundamentos de Microbiología*. Tercera Edición. Bogotá: Ceja.

Fundación Sodis. (2003). *Desinfección solar del agua. Guía de aplicación*. Recuperado de [http://www.sodis.ch/methode/anwendung/ausbildungsmaterial/dokumente\\_material/manual\\_s.pdf](http://www.sodis.ch/methode/anwendung/ausbildungsmaterial/dokumente_material/manual_s.pdf)

González, M., Viernhes, M. & Sánchez, A. (2009). La radiación ultravioleta. Su efecto dañino y consecuencias para la salud humana. *Theoria*, Vol. 18 (2): 69-80. Recuperado de <http://www.ubiobio.cl/miweb/webfile/media/194/v/v18-2/06.pdf>

Institución Educativa Martin Pomala. (2016). Datos estadísticos de matrículas.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM-. (2007). pH En agua por electrometría. Recuperado de <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/pH+en+agua+por+Electrometr%C3%ADa.pdf/ec53b64e-91eb-44c1-befe-41fcfccdfff1>

\_\_\_\_\_. (2007). Demanda bioquímica de oxígeno – 5 días, incubación y electrometría. Recuperado de <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Demanda+Bioqu%C3%ADmica+de+Ox%C3%ADgeno..pdf/ca6e1594-4217-4aa3-9627-d60e5c077dfa>

Lura, M., Beltramino, D., Abramovich, B., Carrera, E., Haye, M., & Contini, L. (2002). El agua subterránea como agente transmisor de protozoos intestinales. *Rev. Chil. Pediatr.* 73 (4); 415-424. Recuperado de [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0370-41062002000400016](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-41062002000400016)

Marín, R. (2003). *Fisicoquímica y microbiología de los medios acuáticos, tratamiento y control de calidad en aguas*. Madrid: Editorial Díaz De Santos.

Ministerio del Medio Ambiente. (2016). *Redes de monitoreo de calidad de agua*. Recuperado de <http://www.ideam.gov.co/web/agua/redes-monitoreo-calidad-agua>

Municipio de Ataco. (2016). *Información general*. Recuperado de <http://www.atacotolima.gov.co/index.shtml#4>

Organización Panamericana de la Salud – OPS-, & Organización Mundial de la Salud – OMS-. (2008). *Clasificación Estadística Internacional de Enfermedades y Problemas Relacionados con la Salud*. Décima revisión. Recuperado de <http://ais.paho.org/classifications/Chapters/pdf/Volume3.pdf>

OMS (Organización Mundial de la Salud). (2007). *Lucha contra las enfermedades transmitidas por el agua en los hogares*. Washington: Red Internacional para la promoción del tratamiento y almacenamiento seguro del agua doméstica. Recuperado 2012/12/15 de <http://www.bvsde.paho.org/>

Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo -CYTED-. (2016). *Agua potable para comunidades rurales, reuso y tratamientos avanzados de aguas residuales domésticas*. Cap. 13. Riesgo de enfermedades transmitidas por el agua en zonas rurales. Recuperado de <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd57/riesgo.pdf>

Rodríguez, J., & Marín, R. (1999). *Fisicoquímica de Aguas*. Madrid: Ed. Díaz de Santos S.A.,

Romero, J. (1999). *Potabilización Del Agua*. Tercera Edición. México: Editorial Alfa Omega.

\_\_\_\_\_. (2002). *Calidad del agua*. Ed. Escuela colombiana de ingeniería. Colombia.

Salazar, L. (2012). *Diseño de plantas potabilizadoras*. Módulo didáctico. Medellín: Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD.

Snoeynk, J., & Jenkins, S. (1999). *Química del agua*. México: Ed. Limusa.

Villalba, X. (18 de junio de 2016). *Crece lista de municipios descertificados en el Tolima*. El Nuevo Día p. A7. Recuperado de <http://www.elnuevodia.com.co/nuevodia/tolima/regional/289226-crece-lista-de-municipios-descertificados-en-el-tolima>

Wright y W. L. Cairns. (2012). *Luz ultravioleta*. Recuperado de <http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/e/fulltext/simposio/ponen10.pdf>

## ANEXOS

### Anexo A. Evidencias Fotográficas



Figura 18. Fachada sede escuela Camilo Torres

Fuente. Los autores



Figura 19. Fachada de la Institución Educativa Técnica MARTÍN POMALA

Fuente. Los autores



Figura 20. Fachada Esc. Nuestra señora de Lourdes

Fuente. Los autores



Figura 21. Oficina Servicios Públicos de Ataco-Tolima

Fuente. Los autores



Figura 22. Bocatoma quebrada canoítas

Fuente. Los autores

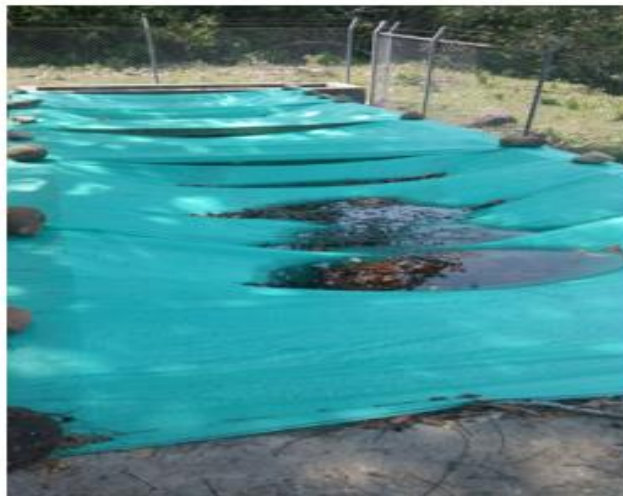


Figura 23. Tanques de almacenamiento en abandono

Fuente. Los autores



Figura 24. Abandono de Tanques de almacenamiento

Fuente. Los autores



Figura 25. Galpones que contaminan la bocatoma

Fuente. Los autores





Figura 26. Fachada Alcaldía Municipal

Fuente. Los autores

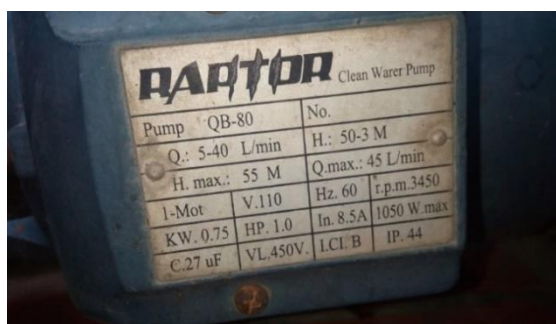


Figura 27. Plaqueta Motobomba del aljibe IET Martín Pomala.

Fuente. Los autores