

**DETERMINACIÓN LA INFLUENCIA DE LAS AGUAS RESIDUALES
PRODUCIDAS EN EL CEMENTERIO JARDINES DEL ECCE HOMO SOBRE LA
CALIDAD DEL AGUA DE LA CUENCA BAJA DEL RIO GUATAPURÍ**



**MARIA KARINA OLMEDO ACOSTA
YADITH YULIETH CARDENAS NAVARRO**

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y TECNOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA
VALLEDUPAR – CESAR**

2020

**DETERMINACIÓN LA INFLUENCIA DE LAS AGUAS RESIDUALES
PRODUCIDAS EN EL CEMENTERIO JARDINES DEL ECCE HOMO SOBRE LA
CALIDAD DEL AGUA DE LA CUENCA BAJA DEL RIO GUATAPURÍ**



**MARIA KARINA OLMEDO ACOSTA
YADITH YULIETH CARDENAS NAVARRO**

**DIRECTOR:
FERNANDO ANAYA PAYARES**

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y TECNOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA
VALLEDUPAR – CESAR**

2020

Nota de aceptación

Firma del director

Firma del jurado

Firma del jurado

Valledupar, agosto de 2020

DEDICATORIA

Primeramente, dedicamos este triunfo a Dios, por su eterna bondad al darnos el conocimiento y la fortaleza para poder realizar todas las actividades necesarias para alcanzar las metas propuestas en nuestra investigación.

A nuestros familiares por esmerarse día a día para que nuestro sueño se hiciera realidad, a nuestros docentes, compañeros y amigos por hacer parte de nuestras vidas y brindarnos apoyo en los momentos de adversidades y dificultades que tuvimos para culminar con éxito nuestra meta.

Gracias por acompañarnos en el proceso más importante de nuestras vidas porque muchas veces fueron el motivo por el que levantamos la frente en alto, superamos muchos obstáculos y creímos en que sí era posible lograr todas las metas propuestas.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, agradecemos a Dios y a nuestras familias porque nos formaron y guiaron por el buen camino y en todo momento nos brindaron su apoyo incondicional para poder llegar a ser unas personas de bien, sin su ayuda no hubiese sido posible hacer nuestros sueños realidad.

También agradecemos infinitamente al Ing. Fernando Anaya Payares por darnos la oportunidad y el privilegio de realizar nuestro proyecto bajo su dirección, porque en cada momento estuvo dispuesto a ayudarnos y resolver cualquier duda e inconveniente que se nos presentara y ante todo preocuparse para que todo nos saliera bien.

A nuestros evaluadores Ing. Alehana Cahuana Mojica y Ing. Luis Francisco Ramírez por enseñarnos que cada vez podemos dar más y que todo es posible siempre y cuando estemos dispuestos a realizar cualquier tarea que se nos presente en el diario vivir.

A nuestros amigos, esos que nos motivaron y nos hicieron saber que teníamos las capacidades y conocimientos para llevar a cabo nuestro trabajo y que sin duda alguna estuvieron dispuestos a ayudarnos a lograr nuestros objetivos y a ser mejores personas.

Tabla de contenido

	Pág.
INTRODUCCIÓN	8
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	10
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	10
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	12
2. JUSTIFICACIÓN.....	13
3. OBJETIVOS.....	15
3.1. OBJETIVO GENERAL	15
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
4. MARCO REFERENCIAL	16
4.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	16
4.2. MARCO TEÓRICO	21
4.2.1. Aguas residuales.....	21
4.2.2. Cementerio.....	24
4.2.3. Contaminación del agua.....	26
4.2.4. Contaminación de aguas superficiales por cementerios	27
4.2.5. Contaminación de aguas subterráneas.....	28
4.2.6. <i>Clostridium spp.</i>	29
4.2.7. Indicadores de calidad del agua.....	29
4.2.8. Microorganismos originados del cadáver	32
4.2.9. Métodos o técnicas para determinar parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en cuerpos de agua superficiales.....	32
4.2.10 Tratamiento de aguas residuales.....	34
4.2.11 Vertimientos generados al río Guatapurí.....	36
4.2.12 Persistencia de microorganismos patógenos.....	37
4.3. MARCO CONCEPTUAL	38
4.4. MARCO CONTEXTUAL	42
4.5. MARCO LEGAL	46
4.6. MARCO INSTITUCIONAL	57
5. MARCO METODOLÓGICO	59

5.1. LÍNEA Y SUBLÍNEA DE INVESTIGACIÓN	59
5.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN	59
5.3. NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	59
5.4. POBLACIÓN DE ESTUDIO	59
5.5. MUESTRA POBLACIONAL	59
5.6. DESARROLLO METADOLÓGICO	60
6. Etapa 1: Caracterizar los parámetros fisicoquímicos (Turbiedad, Alcalinidad total, PH, DBO ₅ y DQO) aguas arriba y aguas abajo del tramo bajo del río Guatapurí.....	60
6.1.1. Etapa 2: Identificar la presencia de cadaverina y putrescina en época de verano a partir de los indicadores microbiológicos (<i>Clostridium</i> y <i>Salmonella spp</i>), coliformes totales y E. coli determinados en el tramo bajo del río Guatapurí.....	62
6.1.2. Etapa 3. Describir las afectaciones del vertimiento del cementerio jardines del Ecce Homo al río de acuerdo con la legislación ambiental vigente	64
7. RESULTADOS Y ANÁLISIS	65
8. CONCLUSIONES	72
9. RECOMENDACIONES.....	74
BIBLIOGRAFÍA.....	75
ANEXOS	78

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Diagrama de producción de las aguas subterráneas.....	29
Figura 2. Ubicación de Jardines del Ecce Homo Valledupar	42
Figura 3. Vista satelital de Jardines del Ecce Homo Valledupar	42
Figura 4. Valores de alcalinidad total	65
Figura 5. Valores de DBO ₅	66
Figura 6. Valores de DQO.....	67
Figura 7. Valores de Ph	68
Figura 8. Valores de la temperatura.....	68
Figura 9. Valores de turbiedad.....	69
Figura 10. Análisis de Coliformes Fecales y Escherichia Coli.....	71

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Legislación vigente de los cementerios en Colombia.....	46
Tabla 2. Legislación vigente referente a la normativa de diseños e implementación de planes de manejo ambiental para cementerios y calidad de las aguas.	49
Tabla 3. Puntos de muestreo	60
Tabla 4. Características fisicoquímicas.....	61

INTRODUCCIÓN

La calidad del agua en fuentes hídricas cercanas a poblaciones por lo general siempre se va a ver afectada directamente por la intervención del hombre, que en su afán de satisfacer sus necesidades hace uso de estas afectándolas y por ello puede llegar a ocasionar grandes impactos ambientales al recurso agua. Así es el caso similar de la ciudad de Valledupar con las cristalinas aguas del río Guatapurí.

El río Guatapurí a su paso por la ciudad de Valledupar recibe en gran parte ciertos tipos de vertimientos, los cuales serán objeto de estudio en esta investigación, principalmente su paso por el Cementerio Jardines Del Ecce Homo, ya que gracias a la topografía del terreno el Cementerio se encuentra a una altura mayor, donde posiblemente se puede presentar contaminación a nivel freático llegando así al cauce principal.

A lo largo de este estudio se realizó una caracterización microbiológica y fisicoquímica de muestras de agua superficiales tomadas en época de verano en el área de influencia del río Guatapurí aledaño al cementerio Jardines del Ecce Homo, a los cuales se les realizó un pre-enriquecimiento y aislamiento en medios selectivos e identificación de indicadores de cadaverina y putrescina. Logrando determinar que las muestras de agua tomadas no evidencian cantidad de microorganismos indicadores de contaminación específicamente de *salmonella* y *clostridium*, Estableciéndose que el tratamiento que está realizando el cementerio a las aguas residuales antes de verterlas al río Guatapurí está siendo eficiente para no encontrar persistencia de dichos microorganismos en época de verano.

Debido a esto es de gran importancia el análisis y caracterización de las aguas, que nos permitan identificar si existen agentes contaminantes que puedan afectar la calidad de vida de la población y el medio ambiente; posterior a esto desarrollar un diagnóstico ambiental para evaluar la situación actual y finalmente formular estrategias que nos permitan minimizar dichos impactos, si en realidad existen.

Este trabajo de grado es realizado con la finalidad de optar al título de Ingeniero Ambiental Y sanitario en la Universidad Popular del Cesar.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En nuestro país son escasas las investigaciones acerca de la persistencia de contaminantes en fuentes hídricas (superficiales y subterráneas) cercanos a establecimientos como son los cementerios en los cuales; se generan sustancias altamente contaminantes que pueden alterar las características físico-químicas y microbiológicas del recurso hídrico por lo que se hace necesario considerar los efectos del proceso de descomposición de los organismos no vivos que tiene lugar en dichos espacios.

En la ciudad de Valledupar, el Cementerio Jardines Ecce Homo, es uno de los más representativos, donde el aumento de la población y por tanto la Tasa de mortalidad, ha ocasionado un aumento de lixiviados producidos en el proceso de la exhumación y descomposición de los cuerpos lo cual, pueden significar un riesgo potencial de contaminación y persistencia de dichos contaminantes en el agua y por ende originar daños en el ecosistema y la salud pues “Se debe tener en cuenta que durante la descomposición del cadáver inhumado se originan una serie de microorganismos como (*Clostridium*, *Mycobacterium*, *Salmonella* y *Shigella*) que pueden ocasionar enfermedades transmitidas por las aguas contaminadas” (Arévalo, 2014) .

Cabe resaltar que los contaminantes originados en los cementerios pueden estar presentes en el suelo y posteriormente incorporarse en las aguas superficiales por medio de fuertes lluvias o bien infiltrarse en el suelo y entrar en las aguas superficiales a través de las aguas subterráneas.

Esta problemática ha llegado a generar efectos negativos en el cuerpo de agua más importante de la ciudad, como lo es el río Guatapurí, que recibe las aguas de los ríos Donachui, Curiba, Los mangos y el río Mamanqueca, asimismo y debido a la cercanía que tiene con el cementerio jardines del ecce homo, donde posiblemente no se llevan a cabo actividades eficientes para el manejo de los lixiviados que se

generan en dicho establecimiento, sumándole la capacidad del suelo para la infiltración, muchos contaminantes y microorganismos pueden llegar fácilmente a este cuerpo de agua durante los periodos de lluvia y permanecer en temporadas secas ya que en esta época las condiciones climatológicas como la temperatura son favorables para el desarrollo de los microorganismos presentes en las aguas residuales tales como la *salmonella spp* y el *clostridium* tal como lo demuestra un estudio realizado por ECDC (Centro Europeo para Prevención y Control de Enfermedades) en el que se pone de manifiesto un potencial incremento en de seis patógenos asociados al agua y a los alimentos (*campylobacter spp*, *cryptosporidium spp*, *listeria spp*; *norovirus*, *salmonella spp* y *Vibrio no cólera spp*) con el incremento de la temperatura.

La zona más vulnerable a dicha situación es el tramo bajo de la cuenca a raíz de que es el área más próxima al cementerio y además las fosas muchas veces no presentan impermeabilización para protegerlo del subsuelo por ello “es importante que los cementerios sean edificados en áreas elevadas de terrenos con características impermeable, con niveles freático bajo y distante de las aguas superficiales y subterráneas” (Lazo, 2014).

De acuerdo con lo establecido en la Resolución 5194 del 2010 todos los cementerios deben disponer de sistemas adecuados para el tratamiento de los vertimientos de aguas generados en el desarrollo de la actividad de exhumación.

“A raíz de no reunir las condiciones requeridas según la normatividad establecida, se habilitan cementerios ya sea de manera definitiva o precaria, aparentemente esto no genera consecuencias ambientales, sin embargo; es posible que el ecosistema que rodea dicho predio se vea expuesto a la contaminación incontrolada” (Sidoli, 2006).

En busca de alternativas para la solución de esta problemática es de vital importancia realizar un análisis del tramo bajo del río Guatapurí, determinando la persistencia de los microorganismos (*salmonella*, *clostridium* y *sigella*) que son

indicadores de contaminación por cadaverina y putrescina también como también es necesario analizar otros parámetros fisicoquímicos como lo son (turbiedad, alcalinidad Total, DBO5, DQO y PH) con el fin de determinar la calidad de las aguas.

De lo anterior surge el siguiente interrogante

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuál es la influencia de las aguas residuales del cementerio Jardines del Ecce Homo sobre la calidad del agua del río Guatapurí?

2. JUSTIFICACIÓN

La calidad y cantidad de agua potable en el planeta disminuye día a día debido; a las infiltraciones y descargas de aguas residuales generadas por las industrias, viviendas y cementerios aledaños a las fuentes hídricas las cuales; tiene un incalculable valor ambiental, social y recreacional para la población.

Muchos cementerios son establecidos sin tener en cuenta los requisitos legales establecidos para su localización, mantenimiento y operación y por ende pueden conformar varios puntos de contaminación llegando a comprometer el ecosistema.

Respecto a lo anterior Cabrera y García (2006) aseguran en cuanto a lo que respecta a la ubicación geo topográfica de los cementerios, a la falta de terrenos disponibles, suelos inadecuados, topografía irregular y poca profundidad de la superficie freática son problemas que colocan a los cementerios como factor de riesgo potencial para las aguas superficiales.

Por esta razón los cementerios pueden significar una amenaza para el desarrollo regional de la ciudad Valledupar ya que en dichos establecimientos se producen sustancias patógenas que contribuyen en forma significativa a la contaminación del agua por los microorganismos que proliferan en el proceso de descomposición de los cuerpos, el deterioro paisajístico, la alteración del ecosistema circundante y por consiguiente daños en la salud pública.

De ahí la importancia de este trabajo investigativo, del análisis de persistencia de microorganismos patógenos que se originan en los lixiviados de dichos establecimientos en la época de verano pues, en esta temporada las condiciones climatológicas son favorables para el desarrollo y crecimiento de los mismos.

El desarrollo de este estudio conlleva a la conservación del recurso hídrico y permite que sea mucho más factible aplicar métodos para su recuperación ya que; se tendría conocimiento del estado actual del ecosistema.

A raíz de esto surge la necesidad de hacer un análisis del tramo bajo de la cuenca del río Guatapurí, fuente hídrica de gran importancia para la ciudad de Valledupar ya que abastece el 100% de la demanda de agua para consumo humano, industrial y recreacional de dicha ciudad.

La identificación directa de las sustancias que generan los cementerios (cadaverina y putrescina) implica altos costos, pero; existen microorganismos indicadores de dichas sustancias, que hacen mucho más eficiente y económico el proceso de investigación y por tanto se pueden predecir y mitigar los impactos negativos que se pueden generar como también reducir en forma significativa los riesgos que puedan poner en peligro la salud y bienestar de la sociedad.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar la influencia de las aguas residuales producidas en el cementerio jardines del Ecce Homo sobre la calidad del agua de la cuenca baja del río Guatapurí.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar los parámetros fisicoquímicos (Turbiedad, Alcalinidad total, PH, DBO₅ y DQO) aguas arriba y aguas abajo del tramo bajo del río Guatapurí.
- Identificar la presencia de cadaverina y putrescina a partir de los indicadores microbiológicos *Salmonella*, *Clostridium*, coliformes termotolerantes y *E. coli* aguas arriba y aguas abajo del tramo bajo del río Guatapurí
- Describir las afectaciones del vertimiento del cementerio jardines del Ecce Homo al río de acuerdo con la legislación ambiental vigente

4. MARCO REFERENCIAL

4.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Amarilla et al., (2018) realizaron una investigación titulada Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de agua de consumo en la zona aledaña al cementerio de Minga Guazú, Paraguay, 2018, cuya finalidad fue determinar el grado de contaminación microbiológica de las muestras de agua de consumo de viviendas de la zona aledaña al cementerio del Km 16 Minga Guazú a través del análisis de concentración de coliformes fecales y totales, aerobios mesófilos, hongos y levaduras, sulfitos reductores, además de estudios fisicoquímicos. Se aplicó un cuestionario a los pobladores de tales viviendas para obtener los datos de la población y determinar las fuentes de consumo de agua. Las muestras fueron recogidas durante los meses de marzo y abril de 2018. Fueron censadas 44 viviendas alrededor del cementerio, de los cuales 13 contaban con pozo común, la mayoría de estas viviendas también contaban con agua de una red de distribución pública, del cual se estudió una muestra. Los análisis fisicoquímicos fueron realizados por medio de las técnicas de: medición de pH (con potenciómetro), turbidez (con nefelómetro), conductividad y sólidos disueltos (con conductímetro), alcalinidad total, dureza total, dureza de calcio y magnesio (con titulómetro) y oxígeno disuelto (con electrómetro). Los análisis microbiológicos fueron realizados por medio de las técnicas de filtración por membrana y de cultivos en placas Petrifilm® para la determinación de coliformes totales y fecales, aerobios mesófilos, hongos, levaduras y sulfitos reductores. Las 13 muestras de pozo común presentaron coliformes totales y fecales en cantidades que superan el límite establecido para ser considerada agua potable, pero 1 muestra de la red de distribución estaba libre de coliformes fecales. 9 muestras presentaron un recuento de aerobios mesófilos fuera del rango de valores establecido y 9 presentó sulfitos reductores y una sola muestra presentó valores fuera de lo establecido para hongos y levaduras. Con respecto a los análisis fisicoquímicos, las 14 muestras presentaron valores dentro del rango para pH, sólidos disueltos totales, alcalinidad total, dureza

total, Calcio y Magnesio; sin embargo, los 14 presentaron la conductividad fuera de lo establecido.

Lazo (2017) desarrolló la investigación titulada determinación del grado de contaminación de las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas de aguas subterráneas por lixiviados provenientes de sepulturas bajo suelo en el Cementerio general de Pucallpa-Ucayali; para optar por el título de ingeniero ambiental de la Universidad Nacional de Ucayali; los parámetros de análisis en este estudio en mención fueron los Coliformes totales, coliformes termo tolerantes, Bacterias Heterotróficas, turbiedad, color, olor, sabor, pH, cloro residual y pH, temperatura, conductividad, sólidos disueltos totales, alcalinidad, dureza, cloruro, salinidad, nitrato, nitrito y sulfato. Los análisis físico - químicos del agua mostraron que los resultados de los pozos tubulares se encuentran por debajo de los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en el reglamento de calidad de agua para consumo humano: D.S. No 031 —2010 - SA. Los análisis microbiológicos de los cinco pozos tubulares se encuentran aptos para que pueda ser consumido mediante tratamientos de simple desinfección para el consumo humano, ya que en dos análisis indicaron que se sobrepasan los LMP. Esta investigación es necesaria porque es un estudio pionero debido a que contiene muchos antecedentes de investigación y proporciona una buena bibliografía la cual es útil para el desarrollo de nuestro trabajo investigativo.

Bonilla et al., (2015) realizaron una investigación titulada determinación de la presencia de cadaverina y putrescina mediante parámetros físicos, químicos y factores microbiológicos en cuerpos de agua aledaños al cementerio jardines del recuerdo; para optar por el título de ingeniero ambiental de la Universidad del Bosque, con la finalidad de determinar principalmente la persistencia de aminas biógenas en cuerpos. Para la realización del presente estudio se recolectaron muestras de agua por duplicado en tres puntos: dos al interior del cementerio en estudio, dos lagos artificiales y uno exterior de éste; dentro de los análisis microbiológicos se determinó la presencia de *Enterobacter spp.*, *Salmonella spp* y

Shigella sp, dentro de los parámetros fisicoquímicos se determinó las concentraciones de nitratos y nitritos, pH, conductividad, sulfatos, turbiedad, fosfatos y hierro. De acuerdo con los resultados, los parámetros nitratos y nitritos cumplen con la normatividad 2115 del 2007 (aunque el agua no es destinada a consumo de agua) y la resolución 0631 del 2015. En el caso de los sulfatos, el punto 1 (300 mg/l) y 3 (1100 mg/l) incumplen con la resolución 0631 del 2015 que admite un valor máximo de 250 mg/l. Para el caso de los fosfatos, los tres puntos de muestreo se acogen al valor establecido por la resolución 0631 del 2015 la cual es de 5mg/l; por otra parte, la turbiedad no cumple en ninguno de los tres puntos de estudio ya que se encuentra por arriba del valor 2 UNT establecidos en la resolución 2115 del 2017. El pH en los tres puntos fue básico, y según la resolución 0631 del 2015 los valores límites máximos permisibles son de 6 a 9, de manera que son valores admitidos por la normatividad para el vertimiento de aguas superficiales en los tres casos. La conductividad fue mayor en el tercer punto, aun así, según la resolución 0631 del 2015 sí se cumple la normatividad debido a que el valor máximo permisible para vertimientos en aguas superficiales es de 1000 μ S/cm. Los resultados para los parámetros microbiológicos encontraron presencia de *Salmonella spp*, *Shigella spp* y *Enterobacter spp*. Esta investigación es necesaria para nuestro estudio debido a que con ella podemos corroborar que la cadaverina y putrescina son unas aminos biógenas alifáticas las cuales se pueden determinar mediante estudios microbiológicos físicos y químicos.

Méndez y Calderón (2010) desarrollaron la investigación titulada Evaluación de las aguas subterráneas contaminadas con putrescina y cadaverina en las zonas aledañas a los cementerios del norte de Bogotá y el campus de la Universidad Santo Tomás para optar por el título de ingeniería ambiental de la Universidad Santo Tomás; a lo largo de este estudio se realizó una caracterización microbiológica de muestras de aguas superficiales tomadas de diferentes puntos provenientes del campus (4 puntos) y del cementerio en estudio (4 puntos), a los cuales se les realizó un pre-enriquecimiento, enriquecimiento y aislamiento en medios selectivos. La

identificación bioquímica se realizó mediante las pruebas TSI, Lactosa, SIM, urea para colonias sospechosas de *Salmonella* spp., ayudada de una confirmación rápida por el sistema de identificación API E 20. Para la determinación de *Clostridium* spp, también se realizó un aislamiento selectivo acompañado de pruebas bioquímicas, como catalasa, nitratos, motilidad, licuefacción de gelatina. Por último, se utilizó la técnica NMP en caldo LMX en la identificación de grupos de coliformes. Se pudo determinar que las muestras de agua cercanas a las sepulturas albergan una gran cantidad de microorganismos indicadores de contaminación orgánica y específicamente de putrescina y cadaverina. Los aportes directos al presente estudio son las técnicas para la determinación y aislamiento de las bacterias *Enterobacter* spp, *Salmonella* spp y *Shigella* spp además; consideramos que esta investigación es necesaria puesto que nos permite corroborar que las tres cepas mencionadas anteriormente son nativas en las aguas residuales producidas en los cementerios y por lo tanto son indicadoras de la presencia de cadaverina y putrescina en dichos cuerpos de agua.

Cabrera y García (2006) desarrollaron la investigación titulada Identificación de microorganismos indicadores y determinación de puntos de contaminación en aguas superficiales provenientes del cementerio jardines del recuerdo ubicado en el norte de Bogotá; para optar por el título de ingeniero ambiental de la Universidad Javeriana. La metodología consistió en tomar muestra de agua en cuatro sitios de muestreo (cañería, alcantarilla, estanque y pozo) que se encontraban dentro del cementerio, en cada punto de muestreo se tomaron 3 muestras para un total de 12 muestras; se logró identificar *Salmonella* spp; *Shigella* spp. No pudo ser recuperada y aislada en las muestras de aguas tomadas durante el muestreo, lo cual puede deberse a una falta de una técnica de enriquecimiento adecuado para este organismo. Además, a partir de la muestra de cañería se obtuvo un valor de 50 UFC/ml en agar SPS para *Clostridium* spp. Finalmente se concluyó en este estudio en mención que los puntos de mayor contaminación fueron la alcantarilla y la cañería. Los aportes directos al presente estudio son los conceptos de cada uno de

los microorganismos que determinaremos nuestro estudio y es de vital importancia ya que nos da el paso a paso para aislar e identificar las bacterias indicadoras de contaminación por putrescina y cadaverina. Aunque este proyecto es un poco ambiguo tiene más información que los demás artículos de investigación por ello, será tomada como guía para lograr los objetivos de nuestro trabajo.

4.2. MARCO TEÓRICO

4.2.1. Aguas residuales

Las aguas residuales se pueden definir como aquellas que, por uso del hombre, representan un peligro y deben ser desechadas, porque contienen gran cantidad de sustancias y/o microorganismos (Espigares & Pérez, 2012).

Las aguas residuales son el producto de las aguas usadas, en ellas se encuentran suspendidas ciertas sustancias procedentes del propio uso como los aceites, jabones, sustancias químicas, combustibles, restos de alimentos, etc. En los hogares estas sustancias proceden de fregaderos, bañeras, servicios, lavaplatos, máquinas de lavado, entre otros (López, 2014).

Las aguas residuales contienen materia orgánica como inorgánica, y los microorganismos desempeñan un papel especialmente importante eliminando los compuestos orgánicos. Sin embargo, el tratamiento idóneo de las aguas residuales 14 elimina los microorganismos patógenos, evitando que estos lleguen a los ríos o a otros abastecimientos de agua. (Barrionuevo, 2014).

Así, de acuerdo con su origen, las aguas residuales pueden ser clasificadas como: (Barrionuevo, 2014)

- Domésticas: son aquellas utilizadas con fines higiénicos (baños, cocinas, lavanderías, etc.). Consisten básicamente en residuos humanos que llegan a las redes de alcantarillado por medio de descargas de instalaciones hidráulicas de la edificación también en residuos originados en establecimientos comerciales, públicos y similares.
- Industriales: son líquidos generados en los procesos industriales. Poseen características específicas, dependiendo del tipo de industria.
- Infiltración y caudal adicionales: las aguas de infiltración penetran en el sistema de alcantarillado a través de los empalmes de las tuberías, paredes de las tuberías defectuosas, tuberías de inspección y limpieza, etc. Hay

también aguas pluviales, que son descargadas por medio de varias fuentes, como canales, drenajes y colectores de aguas de lluvias.

- Pluviales: son agua de lluvia, que descargan grandes cantidades de agua sobre el suelo. Parte de esta agua es drenada y otro escurre por la superficie, arrastrando arena, tierra, hojas y otros residuos que pueden estar sobre el suelo.

4.2.1.1. Bacterias en las aguas residuales

La presencia de organismos patógenos, provenientes en su mayoría del tracto intestinal, hace que estas aguas sean consideradas como extremadamente peligrosas, sobre todo al ser descargadas en la superficie de la tierra, subsuelo o en cuerpos de agua (Rodríguez, 2017).

Es el caso con la presencia de bacterias del grupo entérico que producen enfermedades de origen hídrico como: fiebre tifoidea, paratifoidea, disentería, cólera, entre otras. Entre las principales enfermedades causadas por virus presentes en las aguas residuales están: poliomielitis, hepatitis infecciosa, entre otras, y la presencia de microorganismos producen enfermedades como disentería amebiana, bilharziasis, entre otras (Rodríguez, 2017).

4.2.1.2. Características de las aguas residuales

Las sustancias residuales que aparecen formando parte de los líquidos cloacales pueden estar presentes como disueltas, suspendidas o en estado intermedio denominado coloidal. Estas sustancias pueden ser de naturaleza mineral u orgánica (Rodríguez, 2017).

Las aguas residuales se caracterizan por su composición física, química y biológica, las características físicas más importantes del agua residual son el contenido total de sólidos, el olor, la temperatura, la densidad, el color y la turbiedad (López, 2014).

En el caso de las minerales, estas sustancias provienen de los mismos minerales que formaron parte integral de las aguas abastecidas; en el caso de sustancias

orgánicas, le comunican propiedades indeseables al líquido residual cuando los microorganismos asociados con estas aguas, alimentándose sobre materia orgánica muerta, atacan esos complejos orgánicos destruyéndolos o estabilizándolos parcialmente a través de una serie de descomposiciones, con la aparición de malos olores y apariencia física objetable. (Rodríguez, 2017).

Entre las principales características químicas se encuentran: la materia orgánica, la materia inorgánica y los gases disueltos. Las características biológicas incluyen los principales grupos de microorganismos presentes en las aguas residuales tanto aquellas que intervienen en los tratamientos biológicos como los organismos patógenos (López, 2014).

4.2.1.3. Cadaverina y putrescina

La cadaverina $C_5H_{14}N_2$ y putrescina $NH_2(CH_2)_4NH_2$ son aminas biógenas, alifáticas y primarias, que se producen mediante la descarboxilación de los aminoácidos lisina y ornitina principalmente por acción bacteriana (Méndez & Calderón., 2015).

Éstas se encuentran presentes en altas concentraciones, son necesarias y están implicadas en procesos como la actividad cerebral, la regulación de la temperatura corporal, el pH estomacal, la secreción del ácido gástrico, la respuesta inmune y el control de crecimiento y diferenciación celular. Sin embargo, un consumo excesivo de estas sustancias puede inducir reacciones adversas como náuseas, dolor de cabeza, erupciones, cambios en la presión sanguínea y en algunos casos cáncer (Díaz, 2012).

La cadaverina pertenece a un grupo especial de moléculas llamadas aminas biogénicas, que son compuestos pequeños que contienen nitrógeno. La cadaverina es un compuesto mal oliente que recibió su nombre porque se descubrió por primera vez en cadáveres (Rea, 2013).

Efectivamente, cuando un animal muere, las sustancias que lo componen se deben descomponer para integrarse al suelo y la descomposición parcial de las

proteínas en los cadáveres (y en general en tejidos animales) produce, entre otros compuestos, cadaverina y putrescina (Rea, 2013).

La cadaverina también se produce por la descomposición de alimentos en los intestinos y es parcialmente responsable del olor de las heces, la orina, el semen y el mal aliento bucal. A pesar de su origen fúnebre, la cadaverina tiene importantes funciones en los animales y las plantas y se produce en pequeñas cantidades en organismos vivos. Efectivamente, junto con otras aminas biogénicas, la cadaverina regula la división celular, actúa como neurotransmisor en el cerebro y regula la generación de nuevas vellosidades intestinales, entre otras funciones (Rea, 2013).

A pesar de sus funciones biológicas, la cadaverina es tóxica en concentraciones elevadas y la presencia de aminas biogénicas en alimentos puede causar reacciones alérgicas caracterizadas por dificultad para respirar, comezón, vómito, fiebre e hipertensión. Además, la cadaverina puede reaccionar con nitritos, usados como conservadores de alimentos, para formar nitrosaminas, compuestos conocidos por sus efectos cancerígenos (Rea, 2013).

Normalmente nuestro organismo tiene mecanismos para eliminar el exceso de cadaverina y de otras aminas biogénicas, pero en algunos casos como cuando se toman ciertos medicamentos para la depresión y la enfermedad de Parkinson esos mecanismos se inhiben y los niveles de aminas en el organismo pueden incrementar causando toxicidad (Rea, 2013).

4.2.2. Cementerio

Es el lugar destinado para la inhumación, exhumación, cremación de cadáveres y almacenamiento de restos y cenizas humanas. Tienen como finalidad prestar un servicio público que debe estar orientado y dirigido con criterio responsable, respetuoso de las creencias religiosas y del afecto que profesan los deudos por sus muertos.

De igual manera, el cementerio cuenta con un reservorio cuya función es mantener cierto volumen de agua que es utilizada para riego de pastos y árboles también,

tiene una serie de rebosaderos que permite que las aguas alcancen cierto nivel, estas llegan a su drenaje para que continúe su recorrido. Disponible http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/resoluciones/2012/res_0518_2012.pdf. Consultado: 17/10/2019.

En los cementerios se da el proceso de putrefacción de organismos, que se inicia inmediatamente con la muerte y está condicionada a factores acelerantes y retardantes. Entre los primeros están: el clima tropical, los terrenos abonados, el sumergimiento en agua y muerte por septicemia; mientras que entre los segundos están: el clima frío, el uso de antibióticos ante mortem y los terrenos desérticos.

(Arévalo, 2014)

Por otro lado, la putrefacción de un cadáver se inicia con las bacterias endógenas intestinales, del tipo saprófitas, principalmente enterobacterias. A esta fase anaerobia le sigue la aparición de bacterias facultativas como las del género *Neisseriaceae* y otras anaerobias del género *Clostridium*. Estas bacterias son originarias del cadáver o del terreno circundante. Los agentes microbianos anaerobios son los que producen los gases pútridos del cadáver, pero estos actúan después que otras bacterias aeróbicas han agotado el poco oxígeno existente en el cadáver. Entre los microorganismos originarios del cadáver, o del terreno circundante, capaces de causar enfermedades transmitidas por las aguas, tenemos:

- *Clostridium* (tétano, gangrena gaseosa)
- *Mycobacterium* (tuberculosis)
- *Salmonella Typha* y *Paratyphi* (fiebre tifoidea y paratifoidea)
- *Shigella* (disentería bacilar)
- Virus de hepatitis A.

En el proceso de putrefacción hay dos periodos fundamentales: el gaseoso y el colicuativo. En el primero aparecen gases en el interior del cadáver el cual se hincha y se rompe desprendiendo líquidos humorosos que pueden llegar a valores de 7 a

12 litros. Estos fluidos pueden entrar en contacto con las aguas subterráneas si el nivel de la capa freática estuviera muy próximo a la superficie.

De acuerdo con el Dr. Martins, la transmisión de carga bacteriana patogénica proveniente de la descomposición de cadáveres hacia las aguas subterráneas es inevitable en suelos arenosos, altamente porosos y permeables, y en que la capa freática está entre los 0.6 a 2.2 metros de profundidad.

A demás, se debe tener en cuenta que el nivel de toxicidad del volumen de líquidos generados en el proceso de descomposición del cadáver depende de la presencia de compuestos orgánicos y de la carga viral patogénica del cuerpo inhumado, el cual puede llegar hasta los 40 litros por cada adulto de 70 kilos de peso, y su constitución comprende: 60% de agua, 30% de sales minerales y 10% de sustancias complejas, poco conocidas, tales como la putrescina y la cadaverina, que contienen fundamentalmente sustancias nitrogenadas en su composición.

4.2.3. Contaminación del agua

La falta de plantas de tratamiento para las aguas residuales en las ciudades y en las industrias, hoteles y explotaciones mineras, agrícolas y ganaderas, ocasiona grandes desechos de aguas contaminadas que hacen mucho daño al medio ambiente. La mayoría de esas aguas es descargada en los ríos, lagos, mares, en los suelos a cielo abierto o en el subsuelo, a través de los llamados pozos sépticos y rellenos sanitarios (Rodríguez, 2017).

Las fuentes de agua (ríos, acuíferos, lagos, mar), han sido incapaces por sí mismas para absorber y neutralizar esta carga contaminante, y por ello estas masas de agua han perdido sus condiciones naturales de apariencia física y su capacidad para sustentar una vida acuática adecuada, que responda al equilibrio ecológico que de ellas se espera para preservar los cuerpos de agua. Como resultado, pierden aquellas condiciones mínimas que les son exigidas para su racional y adecuado aprovechamiento como fuentes de abastecimiento de agua, como vías de transporte o fuentes de energía (Rodríguez, 2017).

4.2.4. Contaminación de aguas superficiales por cementerios

Microbiología de las aguas. una de las posibles fuentes de contaminación de las aguas superficiales son los cementerios los cuales pueden constituir un peligro para el medio ambiente y la salud de las personas si no se controla adecuadamente la mineralización de las partes orgánicas de los restos humanos, los que propician la formación de olores desagradables y de sustancias solubles portadores de microorganismos patógenos, permitiendo ser percibidos por las personas asentadas en su entorno, ya que los líquidos generados pueden llegar a disponerse en las fuentes de abastecimiento de las aguas usadas para abastecimiento humano, produciendo un mayor riesgo de contaminación de las aguas superficiales y subterráneas (Rheinheimer, 1987).

Caracterización y tratamiento de microorganismos bioindicadores de contaminación y deterioro de restos óseos humanos custodiados por el Laboratorio de Antropología Física de la Universidad Nacional (Colombia) es difícil imaginar que los cadáveres pueden volverse contaminantes peligrosos, ya que el proceso de descomposición de un cuerpo da origen a un líquido llamado nechrochurume formado por un 60% de agua, 30% de sales minerales y un 10% de sustancias orgánicas, dos de ellas altamente tóxicas putrescina y cadaverina, el cual es eliminado durante el primer año posterior a la inhumación, pudiendo ser absorbido por el agua y que por medio de la lluvia puede afectar el acuífero freático (Calderón, 2004).

Cabe resaltar que en nuestro país no existen muchas investigaciones referentes a este tema, pero Brasil es uno de los países pioneros que se ha tomado la tarea en investigar este tipo de contaminación.

Uno de estos trabajos en el cual afirma que el riesgo de contaminación de aguas subterráneas del acuífero freático por cementerios existe en la mayoría de las ciudades brasileras, una vez que los cementerios municipales, de una manera general, son mal implantados y operados (Pacheco ,1996).

Por lo tanto, se debe tener en cuenta las recomendaciones realizadas en las cuales afirma que para evitar los problemas ambientales descritos anteriormente se deben tener en cuenta las normas y decretos urbanísticos y arquitectónicos vigentes para realizar y desarrollar los cementerios, ya que muchas de estas leyes son de gran ayuda para la implementación o ampliación de cementerios, evitando así el riesgo potencial de afectación a las aguas subterráneas (silva, 1994).

4.2.5. Contaminación de aguas subterráneas

Las aguas subterráneas se almacenan naturalmente en áreas denominadas acuíferos, los cuales se clasifican dependiendo factores como la porosidad, permeabilidad, transmisibilidad específica y coeficiente de almacenamiento; Estos factores, se encuentran igualmente relacionados con la determinación del riesgo a la contaminación de las aguas subterráneas; es decir la "vulnerabilidad del agua subterránea a la contaminación", la cual puede variar por las condiciones climatológicas específicas, los patrones de entrada del contaminante y las escalas espacial y temporal de la evaluación Bautista y Sanabria (2014).

Se afirma que el problema de contaminación ocasionado es de gran envergadura, ya que es muy difícil de detectar y casi imposible de eliminar, puesto que si se detecta la contaminación esta ha alcanzado grandes dimensiones y ya es demasiado tarde para actuar pues además esta se produce gracias a la infiltración de los residuos líquidos o sólidos resultantes de la actividad humana, que portan sustancias y microorganismos en aquellos terrenos que son permeables Espigares y Pérez (2012).

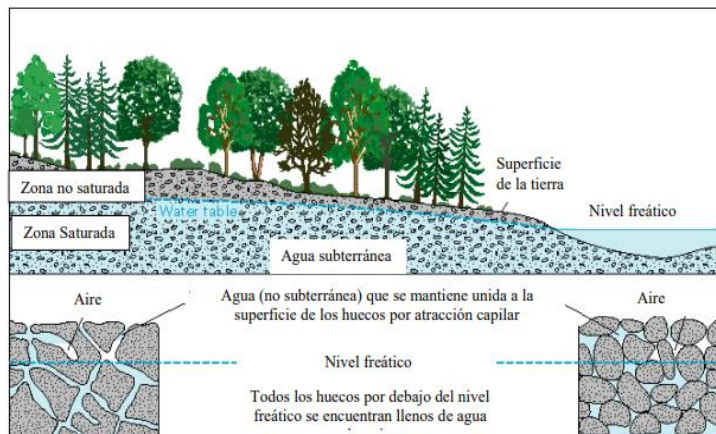


Figura 1. Diagrama de producción de las aguas subterráneas
Fuente: Bautista y Sanabria, 2014

4.2.6. *Clostridium spp*

Un bacilo anaerobio esporulado, pueden fermentar azúcares hasta butirato y acetato, son capaces de fermentar proteínas o aminoácidos obteniéndose como producto de fermentación acetato y otros ácidos grasos, NH₃, CO₂ y a veces H₂; pueden producir exotoxinas (Brock T, 1998)

4.2.7. Indicadores de calidad del agua

Los parámetros más comúnmente utilizados para establecer la calidad de las aguas son el oxígeno disuelto, pH, sólidos en suspensión, DBO, fósforo, nitratos, nitritos, amonio, amoníaco, compuestos fenólicos, hidrocarburos derivados del petróleo, cloro residual, zinc total y cobre soluble (Ramírez & Viña 1998).

- **Oxígeno disuelto:** El oxígeno disuelto es uno de los indicadores más importantes de la calidad del agua. Los valores normales varían entre los 7.0 y 8.0 mg/L. La fuente principal del oxígeno es el aire, el cual se difunde rápidamente en el agua por la turbulencia en los ríos y por el viento en los lagos (Roldán, 2003).
- **PH:** Este parámetro es definido como el logaritmo del inverso de la concentración de hidrogeniones (H⁺) (Calderón Sáenz, 2002). Este es un parámetro de calidad de gran importancia para aguas naturales y residuales ya que es necesario para la proliferación y desarrollo de la vida biológica. El

intervalo de la concentración adecuado para la proliferación y desarrollo de la vida acuática es bastante estrecha y crítico, la mayoría de los animales acuáticos prefieren un rango de 6.5 a 8.0, fuera de este rango se reduce a la diversidad por estrés fisiológico y la reproducción (Roldán, 2003).

- **Demanda Química de Oxígeno (DQO):** define este parámetro como la cantidad de Oxígeno requerido para oxidar la materia orgánica bajo condiciones específicas de agente oxidante, temperatura y tiempo; permite determinar las condiciones de biodegradabilidad y el contenido de sustancias tóxicas, así como la eficiencia de las unidades de tratamiento. Su determinación permite además calcular las descargas de los efectos de los efluentes domésticos e industriales sobre la calidad de las aguas de los cuerpos receptores (Faña, 2002).
- **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO):** es una prueba que mide la cantidad de oxígeno consumido en la degradación bioquímica de la materia orgánica mediante procesos biológicos aerobios. El aumento de este parámetro ocasiona una disminución del oxígeno disuelto, afectando la vida acuática.
- **Sólidos en suspensión:** Da cuenta de la cantidad de partículas como arena u otros elementos, suspendidos en el agua. Está relacionada a demás, con la conductividad, el color y la turbiedad del cuerpo de agua (Faña, 2002).
- **Alcalinidad:** la alcalinidad es la capacidad de neutralizar ácidos y en una muestra es la suma de todas las bases titulables, la alcalinidad de muchas aguas superficiales es primariamente una función del contenido de hidroxilos, carbonatos, bicarbonatos (calcio, potasio, sodio y magnesio) por tanto se toma como un indicador de la concentración de estos constituyentes (Faña, 2002).
- **Turbiedad:** es una expresión de la propiedad óptica que origina que la luz se disperse y absorba en vez de transmitirse en línea recta a través de la muestra. Es producida por materiales en suspensión como arcilla, limo, materia orgánica e inorgánica, organismos planctónicos y demás

microorganismos. Incide directamente en la productividad y el flujo de energía dentro del ecosistema, La turbiedad define el grado de opacidad producido en el agua por la materia particulada en suspensión. Debido a que los materiales que provocan la turbiedad son los responsables del color, la concentración de las sustancias determina la transparencia del agua puesto que limita el paso de luz a través de ella (Roldan, 2003).

- **Fósforo y fosfatos:** El fósforo en un cuerpo de agua permite la formación de biomasa, la cual requiere un aumento de la demanda biológica de oxígeno para su oxidación aerobia, además de los procesos de eutrofización y consecuentemente crecimiento de fitoplancton. El fósforo en forma de ortofosfato es nutriente de organismos fotosintetizadores y por tanto un componente limitante para el desarrollo de las comunidades, su determinación es necesaria para estudios de polución de ríos, así como en procesos químicos de y biológicos de purificación y tratamiento de aguas (Roldán,2003).
- **Nitrógeno, Nitritos y Nitratos:** El nitrógeno es un elemento esencial para el crecimiento de algas y causa un aumento en la demanda de oxígeno al ser oxidado por bacterias reduciendo por ende los niveles de este. Las diferentes formas del nitrógeno son importantes en determinar para establecer el tiempo transcurrido desde la polución de un cuerpo de agua. En el tratamiento biológico de aguas residuales, los datos de nitrógeno amoniacal y orgánico son importantes para determinar si el residuo contiene suficiente nitrógeno para nutrir a los organismos (Roldán, 2003).
- **Coliformes Totales y Fecales:** El análisis bacteriológico es vital en la prevención de epidemias como resultado de la contaminación de agua, el ensayo se basa en que todas las aguas contaminadas por aguas residuales son potencialmente peligrosas, por tanto, el control sanitario se realiza para determinar la presencia de contaminación fecal. La determinación de la presencia del grupo coliforme se constituye en un indicio de polución, así como la eficiencia y la purificación y potabilidad del agua (Roldán, 2003).

4.2.8. Microorganismos originados del cadáver

- ***Clostridium spp***: Un bacilo anaerobio esporulado, pueden fermentar azúcares hasta butirato y acetato, son capaces de fermentar proteínas o aminoácidos obteniéndose como producto de fermentación acetato y otros ácidos grasos, NH₃, CO₂ y a veces H₂; pueden producir exotoxinas (Brock T, 1998).
- ***Salmonella spp***: Pertenece a la familia enterobacteriácea, son bacilos Gram-negativos de 0,7-1,5 x 2,0-5 µm, generalmente móviles por flagelos peritricos, está ampliamente distribuida en la naturaleza y se encuentra como patógeno en el tracto intestinal de humanos, mamíferos domésticos y salvajes, reptiles, aves, insectos y roedores, causando un alto espectro de enfermedades en el hombre y los animales (Koneman, 1997). La salmonella spp es uno de los géneros bacterianos que se encuentran asociados a brotes de enfermedades de origen hídrico, ya que pueden ser aisladas de aguas frescas, aguas servidas, aguas dulces y aguas saladas y además de ciertos alimentos, además, estas bacterias son capaces de sobrevivir en gran variedad de condiciones de estrés por largos periodos de tiempo, pueden resistir la deshidratación sobrevivir en el suelo y en el agua (Palacios, 1999).
- ***Shigella spp***: Es un bacilo gramnegativo perteneciente a la familia enterobacteriácea, que se encuentra extremadamente relacionada con el género *Escherichia spp.*, por sus propiedades bioquímicas, serológicas y por similitudes genéticas (Faruque, 2002).

4.2.9. Métodos o técnicas para determinar parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en cuerpos de agua superficiales.

- **Nefelometría**: Los valores de turbiedad sirven para establecer el grado de tratamiento requerido por una fuente de agua cruda, su filtrabilidad y consecuentemente, la tasa de filtración más adecuada, la efectividad de procesos de coagulación, sedimentación y filtración, así como para determinar la potabilidad del agua (IDEAM, 2007). El reporte de los

resultados de las mediciones nefelométricas se hace como unidades de turbiedad nefelométrica (NTU). El rango de lectura del turbidímetro utilizado en el Laboratorio se encuentra entre 0 NTU y 10.000 NTU, sin embargo, el intervalo de trabajo va desde 2,0 hasta 1750 NTU. Este método se aplica en este laboratorio para el análisis de todo tipo de aguas y está estandarizado con un intervalo de aplicación entre 2.0 y 8750 NTU (IDEAM, 2007). Antes de utilizar por primera vez las celdas estas deben estar demarcadas, de forma tal que permita realizar mediciones con un menor porcentaje de error causado por la no uniformidad del material de la celda. Diligencie el formato de uso del turbidímetro y ubique el valor experimental de los estándares leídos como muestras en las cartas de control correspondientes.

- **Electrometría:** El principio básico de la medida electrométrica del pH se fundamenta en el registro potenciométrico de la actividad de los iones hidrógeno por el uso de un electrodo de vidrio y un electrodo de referencia, o un electrodo combinado. La fuerza electromotriz (fem) producida por el sistema electroquímico varía linealmente con el pH y puede verificarse por la obtención de una gráfica de pH vs. fem para diferentes soluciones de pH conocido (IDEAM, 2007). El pH de la muestra se determina por interpolación. Casi todos los aparatos usados hoy en día utilizan el electrodo de vidrio, en combinación con un electrodo de calomel, empleado como electrodo de referencia, para medir el pH. El potencial entre los electrodos es proporcional a la concentración de iones hidrógeno en solución. El sistema de electrodos se calibra siempre con soluciones de pH conocido. De acuerdo con el fabricante y el tipo de medidor de pH, cada aparato posee sus propias características e instrucciones de uso. (IDEAM, 2007)
- **Sistema de identificación API 20E:** La batería de pruebas API20E es un sistema de identificación rápida para bacterias de la familia Enterobacteriácea y otras bacterias Gram (-). Básicamente consta de 21 test bioquímicos estandarizados y miniaturizados y una base de datos. Este sistema presenta las ventajas de ser rápido, eficaz y de permitir realizar

numerosas pruebas a la vez. Cada tira de API 20E contiene 20 microtubos o pocillos con distintos sustratos deshidratados. Cada tubo es una prueba bioquímica distinta Según datos del Laboratorio de tecnología educativa (2003). Los microtubos se inoculan con una suspensión de microorganismos, en agua o solución salina, que rehidrata los medios. Las tiras o galerías se incuban a 37°C y por efecto del metabolismo bacteriano se producen cambios de color espontáneos o bien por la adición de reactivos Según datos del Laboratorio de tecnología educativa (2003). La lectura de las reacciones se hace mediante comparación con una tabla de lectura donde se indica si los microorganismos deben considerarse positivos o negativos para cada reacción según el color aparecido Según datos del Laboratorio de tecnología educativa (2003).

4.2.10 Tratamiento de aguas residuales

En su forma más simple, una planta de tratamiento de aguas residuales evacúa sólidos, reduce la materia orgánica y los contaminantes y restaura la presencia de oxígeno. Los sólidos incluyen todo, desde trapos y maderas, a arena y partículas pequeñas que se encuentran en las aguas residuales. La reducción de la materia orgánica y de los contaminantes es llevada a cabo usando bacterias útiles y otros macroorganismos que se usan para consumir la materia orgánica en el agua residual. Las bacterias y los macroorganismos son luego separados del agua. La restauración del oxígeno es importante ya que el agua debe tener suficiente oxígeno para sostener la vida.

- **Tratamiento Primario:** Los desagües sanitarios o separados llevan las aguas residuales desde las casas y negocios a la planta de tratamiento; otros drenajes combinados llevan el agua de tormenta de los drenajes de aguas pluviales.
- **Separador de Partículas Sólidas:** Es una cámara de sedimentación que es, esencialmente, un tanque grande. Esto disminuye el caudal del agua.

Posteriormente, se deja que la arena, las partículas sólidas y otros sólidos pesados se asienten al fondo. Las partículas sólidas son luego arrastradas, secadas y se dispone de ellas, usualmente como relleno.

- **Sedimentación Primaria:** Involucra la evacuación de tanta materia sólida remanente como sea posible. El drenaje fluye hacia grandes tanques llamados Tanques de Sedimentación Primaria donde las partículas más pequeñas se asientan en el fondo. Un Lodo Primario o Lodo Crudo es barrido por restregadores eléctricos hacia una tolva y luego es bombeado a la planta de asimilación de lodos. El líquido restante llamado Efluente Primario pasa a un tratamiento secundario o proceso de sedimentación secundario.
- **Tratamiento Secundario:** El propósito del Tratamiento Secundario es completar el proceso de tal modo que se evacúe el 90% de los contaminantes. El equipo usado es un Tanque de Aireación que proporciona enormes cantidades de aire a una mezcla de aguas residuales, bacterias y otros micro-organismos. El oxígeno en el aire acelera el crecimiento de micro-organismos útiles que consumen la materia orgánica dañina en el agua residual. Tanque de Sedimentación Secundario Permite a los micro-organismos y a los residuos sólidos crear cúmulos y asentarse. Alguna de esta mezcla llamada Lodo Activado, puede mezclarse nuevamente con aire y usarse en el Tanque de Aireación. El lodo del proceso de Sedimentación Secundaria y también el del proceso de Sedimentación Primaria son bombeados a una digestora de lodos donde un tipo distinto de microbio destruye los materiales degradables y de mal olor y lo convierte en un gas (gas de lodo) que contiene metano. Este proceso toma de tres a cuatro semanas.
- **Tratamiento Terciario:** Consisten en procesos físicos y químicos especiales con los que se consigue limpiar las aguas de contaminantes concretos: fósforo, nitrógeno, minerales, metales pesados, virus, compuestos orgánicos,

etc. Es un tipo de tratamiento más caro que los anteriores y se usa en casos más especiales como por ejemplo para purificar desechos de algunas industrias. Una mejor posibilidad para el tratamiento terciario consiste en agregar uno o más estanques en serie a una planta de tratamiento convencional. El agregar esos estanques de “depuración” es una forma apropiada de mejorar una planta establecida de tratamiento de aguas residuales, de modo que se puedan emplear los efluentes para el riego de cultivos o zonas verdes y en acuicultura.

Tratamiento de aguas residuales con carbón activado: el tratamiento con carbón activado es un proceso de absorción en el cual, los contaminantes se atrapan por absorción en la superficie de las partículas del carbón. Las partículas de carbón activado tienen una estructura porosa con una superficie muy grande.

La eficiencia de la absorción depende de: el tamaño de las moléculas, el tamaño de los poros, el área superficial, la concentración de partículas, la temperatura, el tiempo de contacto y otros parámetros.

La filtración con carbón activado se usa para: eliminar sabor, olor y sustancias orgánicas del agua y por ende reducir los riesgos para la salud.

4.2.11 Vertimientos generados al río Guatapurí.

Actualmente el río Guatapurí afronta uno de los problemas ambientales referentes a la contaminación del agua generada por los diferentes vertimientos al dicho cuerpo, producto de la ubicación de asentamiento humanos, las fábricas y lagunas de estabilización, alterando de esta forma las propiedades fisicoquímicas del agua como la temperatura, sólidos disueltos y suspendidos totales, Ph, conductividad, entre otros y por consiguiente provocando un deterioro de la calidad ambiental del mismo, disminución de la vida acuática, una alta sedimentación y enfermedades a la comunidad (Córdoba et al, 2007).

4.2.12 Persistencia de microorganismos patógenos

La persistencia de microorganismos presentes en cuerpos de agua sostiene unas características de resistencia a la degradación, si la temperatura es elevada (superior a 20° C), y más significativamente, si la temperatura ambiente supera los 30°C, ya que su temperatura óptima de crecimiento es de 30-37°C. Por tanto, temperatura y tiempo son dos factores claves en el desarrollo de la Salmonella (Chaves, et al., 2001).

4.3. MARCO CONCEPTUAL

Acción tóxica Es el efecto y la repercusión que tienen algunos residuos sobre la flora y fauna natural de las masas hídricas receptoras y sobre los consumidores que utilicen esas aguas, o que se vean afectados por la acumulación de estas sustancias tóxicas en la cadena alimentaria.

Afluyente: El concepto de afluyente es habitual en la hidrología en referencia al cuerpo de agua cuya desembocadura no se produce en el mar, sino que lo hace en un río superior o de mayor importancia. El afluyente o tributario se une al efluente en el sitio o zona conocida como confluencia.

Persistencia: Es la acción o efecto que tienen, en este caso los patógenos presentes en el agua para lograr subsistir de una manera u otra en las condiciones extremas que puedan presentarse. Estos son muy estables a los distintos tipos de degradación posibles, lo que supone una larga vida de estos en el medio.

Agua: el agua pura es un líquido inodoro e insípido. Tiene un matiz azul, que sólo puede detectarse en capas de gran profundidad. A la presión atmosférica (760mm de mercurio), el punto de congelación del agua es de 0° C y su punto de ebullición de 100° C. El agua alcanza su densidad máxima a una temperatura de 4° C y se expande al congelarse. Como muchos otros líquidos, el agua puede existir en estado sobre enfriado, es decir, que puede permanecer en estado líquido, aunque su temperatura esté por debajo de su punto de congelación; se puede enfriar fácilmente a unos -25° C sin que se congele.

Aguas residuales: se pueden definir como aquellas que, por uso del hombre, representan un peligro y deben ser desechadas, porque contienen gran cantidad de sustancias y/o microorganismos.

Aguas residuales domésticas o aguas negras: proceden de las heces y orina humanas, del aseo personal y de la cocina y de la limpieza de la casa. Suelen

contener gran cantidad de materia orgánica y microorganismos, así como restos de jabones, detergentes, lejía y grasas.

Aguas blancas: pueden ser de procedencia atmosférica (lluvia, nieve o hielo) o del riego y limpieza de calles, parques y lugares públicos. En aquellos lugares en que las precipitaciones atmosféricas son muy abundantes, éstas pueden de evacuarse por separado para que no saturen los sistemas de depuración.

Aguas residuales industriales: proceden de los procesamientos realizados en fábricas y establecimientos industriales y contienen aceites, detergentes, antibióticos, ácidos y grasas y otros productos y subproductos de origen mineral, químico, vegetal o animal. Su composición es muy variable, dependiendo de las diferentes actividades industriales.

Aguas residuales agrícolas: procedentes de las labores agrícolas en las zonas rurales. Estas aguas suelen participar, en cuanto a su origen, de las aguas urbanas que se utilizan, en numerosos lugares, para riego agrícola con o sin un tratamiento previo.

Aguas Superficiales: es un término general que describe cualquier tipo de agua que, se encuentra discurriendo o estancada en la superficie tales como arroyos, ríos, estanques, lagos y embalses. Las aguas superficiales se originan una combinación de procedencia:(1) Escorrentías superficiales: lluvia que ha caído sobre el terreno y que fluye sobre el terreno y que fluye directamente sobre la superficie hacia la masa de agua;(2) Precipitación directa: lluvia que cae directamente en la masa de agua;(3) Manto inmediato: exceso de humedad en el suelo que está en la masa de agua; y (4)descarga en la capa freática: donde hy un acuífero debajo de una masa de agua y la capa freática es lo suficientemente alta.

Agua subterránea: agua contenida en el subsuelo, procedente de la infiltración (precipitaciones y escorrentía) y en ocasiones de aguas juveniles magmáticas.

Calidad del agua: propiedades físicas, químicas, biológicas y organolépticas del agua, condición general que permite que el agua se emplee para usos concretos.

La calidad del agua está determinada por la hidrología, la fisicoquímica y la biología de la masa de agua a que se refiera.

Cadáver: es el nombre que recibe un cuerpo que antes ha estado vivo pero que ahora está muerto. Se trata de los restos físicos que deja un ser vivo tras fallecer.

Contaminación Ambiental: Se denomina contaminación ambiental a la presencia en el ambiente de cualquier agente (físico, químico o biológico) o bien de una combinación de varios agentes en lugares, formas y concentraciones tales que sean o puedan ser nocivos para la salud, la seguridad o para el bienestar de la población.

Cuenca: es una porción del terreno definido, por donde discurren las aguas en forma continua o intermitente hacia un río mayor, un lago o el mar.

Contaminación del agua: vertidos, derrames, desechos y depósitos directos o indirectos de toda clase de materiales y, más generalmente, todo hecho susceptible de provocar un incremento de la degradación de las aguas, modificando sus características físicas, químicas o bacteriológicas.

Densidad de población: Número de personas que habitan dentro de un área bruta o neta determinada.

Malos olores: Consecuencia de las sustancias extrañas que contiene y los compuestos provenientes de estas materias, con el desdoblamiento anaeróbico de sus complejos orgánicos que generan gases resultados de la descomposición.

Nivel de la capa freática: distancia entre el perfil del suelo y el nivel más superficial a que llegan las aguas subterráneas solo por acción de la gravedad.

Inhumar: Acción de enterrar o depositar en los cementerios cadáveres, restos óseos y partes humanas.

Impacto ambiental: es el efecto que produce la actividad humana sobre el medio ambiente. El concepto puede extenderse a los efectos de un fenómeno natural

catastrófico. Técnicamente, es la alteración en la línea de base ambiental. La ecología es una ciencia que se ocupa de medir este impacto y tratar de minimizarlo.

Lixiviados: Se trata de materia sólida descompuesta y microbios, incluidas las bacterias causantes de enfermedades. Todos los vertederos donde los residuos son depositados con un alto contenido en materia orgánica, tienen una producción de aguas residuales, llamados lixiviados. Los lixiviados, provenientes de vertederos, tienen normalmente una contaminación orgánica muy alta.

Suelo: El suelo es una capa que forma la superficie de la tierra, el cual se encuentra compuesto de minerales, materia orgánica, bacterias, agua y aire. Estos agentes ayudan a la descomposición de las rocas en granos muy finos y de esta manera forman el suelo.

Putrescina y cadaverina: complejos químicos provenientes, entre otros orígenes, de la descomposición de cadáveres y en los que predominan los compuestos nitrogenados.

4.4. MARCO CONTEXTUAL

La zona de estudio se encuentra ubicada en Colombia, Departamento del Cesar, Municipio de Valledupar, como se muestra en la Figura 2.

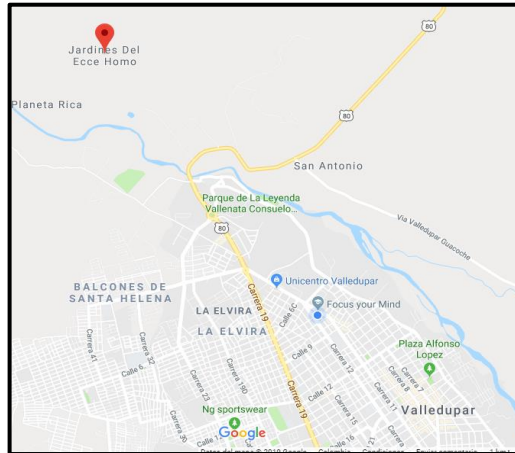


Figura 2. Ubicación de Jardines del Ecce Homo Valledupar
Fuente: Google maps, 2019

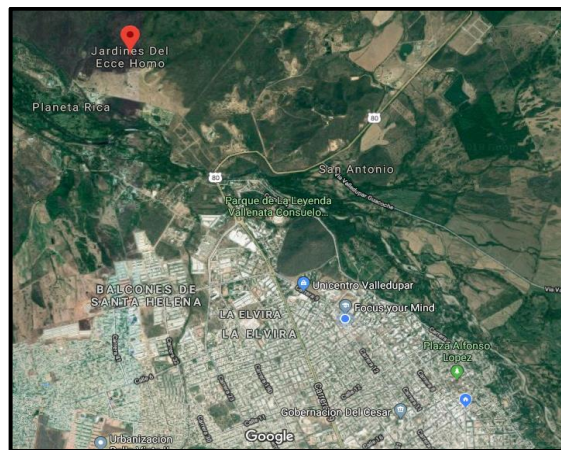


Figura 3. Vista satelital de Jardines del Ecce Homo Valledupar
Fuente: Google maps, 2019

Valledupar es la capital del departamento del Cesar, Colombia. Está ubicada al nororiente de la Costa Caribe colombiana, a orillas del río Guatapurí, en el valle del río Cesar formado por la Sierra Nevada de Santa Marta y la serranía del Perijá. Su territorio es llano y basculado hacia el sureste mediante una leve pendiente. (Alcaldía de Valledupar, 2019)

También conocida como la capital de la música vallenato. En ella se encuentran diferentes edificios coloniales como la Iglesia de la Inmaculada Concepción, el Balneario Hurtado es una piscina de baño en el Río Guatapurí, el ecoparque los Besotes el cual tiene vida silvestre debido a su grandiosa vegetación. Es un importante centro para la producción agrícola, agroindustrial y ganadera en la región comprendida entre el norte y el sur de la ciudad. De gran renombre por ser principal epicentro musical, cultural y folclórica de Colombia. anualmente atrae a miles de visitantes del país y del exterior durante el festival de la leyenda vallenata. (Alcaldía de Valledupar, 2019)

La ciudad se encuentra a una altitud que oscila entre los 220 m al norte y 150 m a sur, siendo la altitud media de 168 m. Además de las enormes estructuras montañosas que la rodean (Pico Bolívar 5.775 m) sobresalen en inmediaciones de la ciudad dos cerros, al nororiente el "Cicolac" con 330 m.s.n.m. y el de "la Popa" con 310 m.s.n.m. (Alcaldía de Valledupar,2019).

La ciudad posee una extensión total de 4.493 Km², El casco urbano tiene una longitud norte-sur de 8.3 km y este-oeste de 6.2 km
Altitud de la cabecera municipal (metros sobre el nivel del mar): La ciudad se encuentra a una altitud que oscila entre los 220 m. al norte y 150 m. a sur, siendo la altitud media de 168 m.

Referente a la zona de estudio se encontró que está ubicada al norte de Valledupar perteneciente a la costa caribe colombiana, en los alrededores del cementerio Jardines del Ecce Homo, en inmediaciones del curso de agua del río Guatapurí que finalmente pasa por el Balneario Hurtado, el cual, es posible decir que está siendo afectado, debido a las actividades que se realizan aguas arriba, como es el caso de los vertimientos del cementerio jardines del Ecce Homo. La importancia ecosistémica radica en que es un entorno natural, considerado un bosque seco tropical rodeado de vasta vegetación con distintas clases de árboles que armonizan el lugar permitiendo observar las distintas especies de aves y demás animales. Esta zona tiene instalados unos gaviones con el fin de evitar la socavación y estabilizar

el nivel de agua en épocas de creciente, ya que el río contiene abundante agua en invierno (Alcaldía de Valledupar,2019).

Temperatura media

La definición de las características climatológicas de una región es importante ya que ayudan a identificar épocas de siembras, periodo de riesgo de inundaciones y derrumbes a determinar las distintas especies agronómicas y forestales que están incorporada en la ciudad de manera específica (Rio Guatapurí) y a planificar el uso adecuado de las cuencas hidrográficas. la temperatura Media Anual es de 28,4°C, con máximas y mínimas de 22°C y 34°C respectivamente, la temperatura máxima histórica registrada es de 41.5°C y la mínima de 16°C. El mes más caluroso es abril con un promedio de 30°C y el más fresco octubre.

Los factores climáticos en la ciudad están determinados por la topografía, la temperatura, el nivel de precipitación la humedad relativa, la evaporación y evapotranspiración, la radiación solar y vientos entre otros. Distancia de referencia: De 132 km, Santa Marta.

Grupo étnicos

Se encuentran distintos grupos étnicos como la población de indígenas y diversas tribus, en la sierra nevada de Santa Marta se encuentran los pueblos Arhuacos, Kogui, Kankuamo y Wiwa. En la serranía del Perijá los Yukpas.

Cultura

En cuanto a lo cultural cabe destacar el festival de la leyenda, su famoso baile el pilon, el parque de los monumentos de grandes celebridades del vallenato llamado parque de la provincia y sus fabulosas aguas del rio Guatapurí que son visitadas por la comunidad valdupareense y de otras regiones.

Arquitectura

En su arquitectura se encuentran viejas construcciones de tipo colonial que se mezclan con las construcciones modernas que abundan en la ciudad.

Gastronomía

Su gastronomía es variada de platos, basados en productos locales como los elaborados de maíz, sancochos de gallina, chivo, frijoles, arroces, verduras y distintas carnes, existen una gran cantidad de restaurantes que ofrecen no solo comida local, sino internacional como platos de cocina mexicana, china, japonesas, fusión de pescados y mariscos entre otros.

Ganadería

Valledupar basa su economía en actividades ganaderas, la minería, el comercio, el folclor musical y en la agricultura con cultivos de arroz, palma africana, café, algodón, caña, maíz, cacao, plátano entre otros.

4.5. MARCO LEGAL

En la jerarquía de la ley colombiana predomina la constitución política de 1991 ya que esta es la norma suprema en la que se fundamenta todo ordenamiento jurídico del país y de la cual se establece que todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano y por ende es deber de todos los ciudadanos proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines además, esta norma se soporta primeramente en convenios internacionales, leyes, decretos y por ultimo las resoluciones. El campo ambiental referente a la incidencia de los vertimientos en la calidad de cuerpos de aguas superficiales debe soportarse bajo establecimiento de las siguientes normas abordadas a continuación.

La oficina de planeación nacional de Valledupar mediante la Resolución 01 del 14 de marzo de 1975 aprobó la construcción del parque cementerio jardines del eco homo obra que de acuerdo con la norma antes citada es un servicio público que satisface las necesidades colectivas de los habitantes del municipio de Valledupar de manera permanente y continua y que además tiene el control, vigilancia y regulación del estado a través del ente territorial municipio de Valledupar.

Tabla 1. Legislación vigente de los cementerios en Colombia.

NORMATIVA	DESCRIPCIÓN
LEYES	
Ley N 26298N aprobada por el decreto supremo N 03-94-SA	ley de cementerios y servicios funerarios
Ley 9 de 1979 o código sanitario nacional.	Por la cual se dictan medidas sanitarias que deben cumplir los cementerios en los artículos 516,

	<p>artículo 536, artículo 537, artículo 538 y el artículo 539</p>
<p>Ley 388 de 1997</p>	<p>Por el cual se modifica la ley 9 de 1989 y la ley 2 de 1991 se dictan otras disposiciones.</p>
<p>DECRETOS</p>	
<p>Decreto 1333 de 1986</p>	<p>Por medio del cual se expide el código de régimen municipal. En la cual la legislación municipal tiene por objeto dotar a los municipios de un estatuto administrativo y fiscal que les permita, dentro de un régimen de autonomía, cumplir las funciones y prestar los servicios a cargo, promover el desarrollo de sus territorios y el mejoramiento socio- cultural de sus habitantes, asegurar la participación efectiva de la comunidad en el manejo de los asuntos públicos de carácter local y propiciar la integración regional.</p>
<p>Decreto 201 de 1996</p>	<p>Por el cual se modifica el decreto 367 de 1995 el cual, adopta el reglamento para para la concesión de la administración, operación y mantenimiento de los cementerios y hornos crematorios de propiedad del distrito capital.</p>

Decreto 201 de 1996	Por el cual se modifica el decreto número 367 del 7 de julio de 1995, por el cual se adopta el reglamento para la concesión de la administración, operación y mantenimiento de los cementerios y hornos crematorios de propiedad del distrito capital.
Decreto 4741 de 2005	Se reglamenta parcialmente la prevención y el manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral.
Decreto 351 de 2014	El cual se reglamenta la gestión integral de residuos generados en la atención en salud y otras actividades.
RESOLUCIONES	
Resolución 4644 y 6307 de 1982	Reglamentan las prácticas de necropsias medicolegales y la expedición de certificados de defunción.
Resoluciones N° 7731 de 1983	Expedidas por el Ministerio de Salud, por el cual se regulo parcialmente la cremación de cadáveres.
Resolución conjunta 1164 de 2002	Por el cual se adopta el manual de procedimientos para la gestión integral

	de los residuos hospitalarios y similares.
Resoluciones 058 de 2002 y 886 de 2004 del Min Ambiente	Establece normas y límites máximos permisibles de emisión para incineradores de residuos sólidos y líquidos y dictan otras disposiciones.
Resolución 1402 del 2006	Por el cual se desarrolla parcialmente el decreto 4741, en materia de residuos o desechos peligrosos.
Resolución 1447 de 2009	Por el cual se reglamenta la prestación de los servicios de cementerios inhumación, exhumación y cremación de cadáveres.
Resolución 5194 de 2010	Se reglamenta la prestación de los servicios de los cementerios, inhumación, exhumación y cremación de cadáveres.
Resolución 1055 de 2012	Por el cual se modifica parcialmente la resolución número 70 del 2011, modifica el artículo 8 de dicha resolución.

Fuente: Autores, 2020

Tabla 2. Legislación vigente referente a la normativa de diseños e implementación de planes de manejo ambiental para cementerios y calidad de las aguas.

NORMATIVA	DESCRIPCIÓN
------------------	--------------------

LEYES

Ley 9 DE 1979

Dicta Medidas Sanitarias, regula el control sanitario de los usos del agua tales como su suministro, objeto, señala algunas disposiciones generales, reglamenta lo respectivo a aguas superficiales, aguas subterráneas, aguas lluvias, su conducción, estaciones de bombeo y potabilización del agua.

Ley 99 de 1993

Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones

Ley 142 DE 1994

Que establece el régimen de los Servicio Públicos Domiciliarios en Colombia, y busca garantizar su calidad en todos los niveles.

Ley 508 de 1999 y Ley 812 de 2003

Establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua. En el cual las corporaciones autónomas regionales y demás autoridades

ambientales encargadas del manejo, protección y control del recurso hídrico en su respectiva jurisdicción serán las encargadas de aprobar la implementación y ejecución de dichos programas.

Ley 1450 DE 2011

Expide el Plan Nacional de Desarrollo 2006-2010. Modifica el art. 111 de la Ley 99 de 1993, declarando de interés público las áreas de importancia estratégica para la conservación de recursos hídricos que surten de agua los acueductos municipales y distritales, por lo cual los departamentos y municipios dedicarán un porcentaje no inferior al 1% de sus ingresos corrientes para la adquisición y mantenimiento de dichas zonas o para financiar esquemas de pago por servicios ambientales

DECRETOS

Decreto 475 DE 1998

Por el cual se expiden normas técnicas de calidad del agua potable.

Decreto 3440 DE 2004

Por el cual se modifica el decreto 3100 de 2003, por medio del cual se

	<p>reglamentan las tasas retributivas por la utilización directa del agua como receptor de los vertimientos puntuales.</p>
Decreto 1575 DEL 2007	<p>El objeto del presente decreto es establecer el sistema para la protección y control de la calidad del agua, con el fin de monitorear, prevenir y controlar los riesgos para la salud humana causados por su consumo, exceptuando el agua envasada.</p>
Decreto 1040 DE 2012	<p>Por el cual se reglamenta la ley 1176 de 2007 en lo que respecta a la participación para agua potable y saneamiento básico del sistema general de participantes, y la ley 1450 de 2011 en lo atinente a las actividades de monitoreo, seguimiento y control integral de estos recursos</p>
Decreto 2667 DE 2012	<p>Por el cual se reglamenta la tasa retributiva por la utilización directa e indirecta del agua como receptor de los vertimientos puntuales, y se toman otras determinaciones.</p>
Decreto 1640 DE 2012	<p>Reglamenta los instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas y acuíferos, y se dictan otras disposiciones</p>

Decreto 953 DE 2013

Reglamenta el artículo 111 de la Ley 99 de 1993 modificado por el artículo 210 de la Ley 1450 de 2011, con el fin de promover la conservación y recuperación de las áreas de importancia estratégica para la conservación de recursos hídricos que surten de agua a los acueductos municipales, distritales y regionales, mediante la adquisición y mantenimiento de dichas áreas y la financiación de los esquemas de pago por servicios ambientales.

Decreto 063 del 2015

Por la cual se reglamenta las particularidades para la implementación de Asociaciones Público-Privadas en el sector de Agua Potable y Saneamiento básico.

Decreto 1076 del 2015

(Decreto único reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible). Capítulo 9 regulan los instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas y acuíferos.

Decreto 050 DE 2018	Modifica parcialmente el Decreto 1076 de 2015, Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible en relación con el permiso, los requisitos y el estudio de la solicitud de vertimiento, así como su evaluación ambiental.
RESOLUCIONES	
Resolución 1074 DE 1997	Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente Se establecen estándares ambientales en materia de vertimientos
Resolución No. 1096/2000 de noviembre de 2000	Documentación técnico-normativa del sector de agua potable y saneamiento básico
Resolución 2145 DE 2005	Por el cual se modifica parcialmente la resolución 1433 de 2004 sobre planes de saneamientos y manejo de vertimientos, PSMV.
Resolución 0811 DE 2006	Por medio de la cual se definen los lineamientos a partir de los cuales la autoridad sanitaria y las personas prestadoras. Concertadamente definirán en su área de influencia los lugares y puntos de muestreo para el

	control y la vigilancia de la calidad del agua para consumo humano en la red de distribución.
Resolución 2115 DEL 2007	Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano.
Resolución 3956 DE 2009	Por el cual se establece la norma técnica, para el control y manejo de vertimientos realizados al recurso hídrico en el distrito capital.
Resolución 1207 DE 2014	Establece las disposiciones relacionadas con el uso del agua residual tratada y no aplica para su empleo como fertilizante o acondicionador de suelos. Señala las definiciones; normas sobre vertimientos, balance de materia o masa, usos del agua residual tratada, criterios de calidad, distancias mínimas de retiro para el desarrollo de la reutilización;
Resolución 631 DE 2015	Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de

aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones.

Fuente: Autores, 2020

4.6. MARCO INSTITUCIONAL

Reseña histórica

El Parque Cementerio Jardines del Ecce Homo de la Diócesis de Valledupar, fue fundado por Monseñor Vicente Roig y Villalba en el año 1974, en un amplio lote ubicado al norte de la ciudad, institución creada sin ánimo de lucro, constituida para fines de ayuda mutua a la comunidad vallenata a través de sus servicios; a sus comienzos se ofrecieron lotes sencillos a perpetuidad y osarios en tierra, luego comenzó la venta de lotes dobles con la posibilidad de reutilizar; a partir del año 1982 se inició la prestación de servicio de arrendamiento de lotes; el parque cementerio en su inicio se proyectó a 60 años con utilización a perpetuidad, pero dándose la reutilización de los mismos la proyección se doble en el tiempo. En la búsqueda de seguir con nuestra misión fue creada en 1994 La Funeraria La Esperanza como una respuesta a las necesidades de las personas de escasos recursos en el momento de la pérdida de un ser querido.

Los planes exequiales se comenzaron a ofrecer en 1997, y desde entonces se ha ido posicionando en el mercado como una de las empresas con más seriedad y compromiso de la región.

Cuentan con 2.000 lotes sencillos para uso temporal en el parque cementerio y 1.100 bóvedas en el Cementerio Nuevo. Actualmente tienen espacios suficientes para la construcción de osarios y lotes dobles para satisfacer las necesidades de la comunidad;

Misión

Garantizar la excelencia del servicio, fundamentado en los principios éticos y morales. Permitiendo hacer más fácil el momento más difícil de la vida.

Visión

Ser una empresa líder a nivel nacional en prestación de servicios exequiales y de Inhumación, buscando un valor agregado en innovación, servicio y compromiso.

Sistema de tratamiento de aguas residuales de Jardines Ecce Homo

El sistema de tratamiento se basa en una red de conducción distribuida por los diferentes jardines del parque cementerio, que recolecta las aguas y lixiviados generados en cada tumba. Posteriormente pasa a un filtro anaerobio de flujo ascendente, compuesto por carbón activado y mineral antracita. Estas aguas llegan a dos tanques de homogeneización para estabilización de cargas contaminantes. Finalmente pasa a un campo de infiltración compuesto por rocas, arenas, y carbón activado y se vierte al río Guatapurí.

5. MARCO METODOLÓGICO

5.1. LÍNEA Y SUBLÍNEA DE INVESTIGACIÓN

La línea de investigación pertenece a la línea de sostenibilidad y gestión ambiental. Y la sublínea gestión del recurso hídrico, pertenecientes al programa de Ingeniería Ambiental y Sanitaria de la Universidad Popular del Cesar.

5.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación es descriptivo. De acuerdo con Sampieri, Fernández, Baptista & Collado (2014), Un estudio descriptivo es aquel que “busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. Es decir, únicamente pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren, esto es, su objetivo no es indicar cómo se relacionan éstas”.

5.3. NIVEL DE INVESTIGACIÓN

El nivel de investigación es de campo puesto que los datos fueron tomados directamente de la realidad que en este caso fue la cuenca baja del río Guatapurí. También corresponde a un nivel investigativo documental porque se recopiló información relevante para el análisis.

5.4. POBLACIÓN DE ESTUDIO

La población de análisis fundamental para este estudio fueron las aguas que conforman el tramo bajo de la cuenca del río Guatapurí donde se vierten las aguas residuales del cementerio jardines del Ecce Homo de Valledupar.

5.5. MUESTRA POBLACIONAL

La muestra estuvo conformada por los parámetros microbiológicos (*Clostridium* y *Salmonella spp*), coliformes totales y E. coli; además, de los parámetros fisicoquímicos alcalina total, DBO₅, DQO, Ph, temperatura y turbiedad.

5.6. DESARROLLO METADOLÓGICO

A continuación, se presentan las actividades para cada uno de los objetivos planteados.

6. Etapa 1: Caracterizar los parámetros fisicoquímicos (Turbiedad, Alcalinidad total, PH, DBO₅ y DQO) aguas arriba y aguas abajo del tramo bajo del rio Guatapurí.

Actividad 1.1. Punto de muestreo

Descripción: A continuación, se detallan los puntos en los cuales se realizó el muestreo.

Tabla 3. Puntos de muestreo

ZONA DE MUESTREO	COORDENADAS
Punto medio	10°32'22.5''N; 73°16'38.6''W
100 metros aguas arriba	10°30'24.5''N; 73°16'41.7''W
100 metros aguas abajo	10°30'20.1''N; 73°16'37.1''W

Fuente: autores (2020)

Actividad 1.2. Toma de muestras

Descripción: la metodología para la toma de muestra de agua fue tomada de la Guía para la toma de muestras de agua residual del ministerio de medio ambiente y agua (2015), luego, se sacaron las muestras con la técnica adecuada, en este caso la técnica empleada fue la de una muestra simple y para ello se tomaron las muestras rápidamente y a una profundidad de 20 cm para evitar la contaminación de esta siguiendo los siguientes pasos:

Para la toma de muestras predestinadas a análisis fisicoquímicos se procedió a abrir el frasco, se llevó al flujo de agua y se llenó, pero no completamente, después se cerró el envase lo más pronto posible para finalmente ponerlo en una conservadora a temperatura fría con el fin de conservar las muestras tomadas en los dos puntos descritos.

Cabe resaltar que las muestras microbiológicas se tomaron en envases de vidrio y previamente esterilizados y a diferencia de las muestras de análisis fisicoquímicos se introdujo el embace en el flujo, luego se destapo y cuando estaba previamente lleno se cerró y en último instante se sacó y depositó en una conservadora.

Actividad 1.3. Técnicas para el análisis del agua

Descripción: A continuación, se mencionan los parámetros de estudio y cada uno de los métodos o técnicas utilizadas para su determinación

Tabla 4. Características fisicoquímicas

Parámetro	Unidades	Método
Alcalinidad total	mg CaCO ₃ /L	Volumétrico
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	SM 5210 B / EPA 360.3 - Incubación 5 días
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	SM 5220 C - Reflujo cerrado – Volumétrico
Ph	U de pH	SM 4500-H+ B – Electrométrico
Temperatura	°C	SM 2130 B – Nefelométrico
Turbiedad	NTU	SM 2130 B – Nefelométrico

Fuente. Laboratorios Nancy Flórez S.A.S

6.1.1. Etapa 2: Identificar la presencia de cadaverina y putrescina en época de verano a partir de los indicadores microbiológicos (*Clostridium* y *Salmonella spp*), coliformes totales y *E. coli* determinados en el tramo bajo del río Guatapurí

Actividad 2.1. Identificación de *Salmonella spp*

Descripción: para la identificación de *Salmonella spp* se realizó el siguiente procedimiento

- Para realizar el pre-enriquecimiento se utilizaron frascos de 90 ml de caldo BHI, inoculados con 10ml de muestra de agua.
- Se incubaron los frascos a 37 °C durante 24 horas.
- Para realizar el enriquecimiento, se tomó 1 ml de la muestra de agua superficial con una pipeta estéril luego se adicionó en un tubo de 10ml de caldo Rappaport en condiciones estériles.
- Se realizó el mismo procedimiento, pero con caldo tetrionato.
- Luego se incubaron los tubos a 35 °C durante 18 horas.
- Después de la incubación se realizó el aislamiento selectivo utilizando la técnica de siembra por agotamiento en diferentes medios de cultivo tales como; EMB, Hektoen y MacConkey. Estos fueron incubados a 35 °C de 24 a 48 horas.
- Se realizó tinción de Gram a las colonias presuntivas que crecieron en los medios de cultivo.
- A las colonias sospechosas de *Salmonella spp*. se les realizó las pruebas bioquímicas de TSI y lactosa, SIM y urea.

Actividad 2.2. Cultivo, aislamiento e identificación *Clostridium spp*

Descripción: para la identificación de *Clostridium spp* se realizó el siguiente procedimiento

- Para el aislamiento de las cepas *Clostridium spp* utilizamos el agar SSP, sembramos por duplicado y en profundidad.
- Una vez solidificado el agar aplicamos una capa sellante y colocamos las cajas con las tapas hacia arriba en campana de anaerobiosis.
- Luego incubamos a 35 °C durante 48-78 horas
- Después; seleccionamos las cajas con colonias negras lo que es característica típica del crecimiento del microorganismo en este medio.
- Luego; suspendimos dichas colonias en caldo tioglicolato para incubarlas de 4-6 horas a 35 c
- Para realizar la prueba de catalasa se sembró 0,1 ml de la suspensión en agar BHI, e incubamos durante 24 horas luego, agregamos 1 ml de peróxido de hidrogeno y observamos si se presentaban burbujas los cual indica un resultado positivo.

Actividad 2.3. Identificación de coliformes totales y *E.coli*.

Descripción: la prueba estándar para el grupo de coliformes puede realizarse mediante una técnica de fermentación en tubos múltiples o también en medios más sensibles y mejorados como es el caso del caldo LMX (o verde brillante) el cual es un caldo de enriquecimiento selectivo para la identificación simultanea de coliformes y *E.coli*. el procedimiento se describe a continuación:

- Se inocularon 5 tubos de fermentación de medio de cultivo verde brillante, para cada dilución (10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3}), en un volumen final de 10 ml.
- Mezclamos los tubos mediante agitación suave e incubamos a 35 °C durante 24 horas
- Luego observamos los tubos que presentaron turbiedad, lo que denotó crecimiento de microorganismos. Se observó igualmente si hubo producción de gas en los tubos.

- Se anotaron los resultados positivos que se evidenciaron con la aparición de turbiedad y producción de gas. Se determinó el Número Más Probable (NMP) de acuerdo con los resultados.
- Se sembraron en medio EMB alícuotas provenientes de los tubos de fermentación positivos para producción de gas. Se incubó a 35°C durante 24 h, observando el crecimiento de colonias típicas para *E. coli*. Se realizó tinción de Gram y pruebas bioquímicas de confirmación (urea, citrato, LIA, SIM, Rojo de Metilo, Voges-Proskauer). Ministerio de salud (1984)

Es importante aclarar que de acuerdo con lo descrito anteriormente en cuanto a la determinación de los parámetros microbiológico mencionado es preciso denotar que dichos procedimientos no fueron los realizados para al momento de analizar las muestras en el laboratorio puesto que los análisis microbiológicos y fisicoquímicos fueron realizados en el laboratorio ambiental y de alimentos Nancy Flórez García S.A.S. acreditado por el IDEAM y ubicado en la ciudad de Valledupar, Cesar con el fin de obtener resultados confiables.

6.1.2. Etapa 3. Describir las afectaciones del vertimiento del cementerio jardines del Ecce Homo al río de acuerdo con la legislación ambiental vigente

Actividad 3.1. Comparación con la normatividad

Descripción: Una vez determinadas las concentraciones de los parámetros de estudio fueron comparadas con la normatividad resolución 0631 del 2015 y el decreto 2115 del 2017, esto con el fin de determinar el grado de afectación que presenta el cuerpo de agua.

7. RESULTADOS Y ANÁLISIS

A continuación, se presenta el resultado de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos y su comparación con la normatividad ambiental vigente en cada uno de los puntos de muestreo del río Guatapurí.

Alcalinidad total

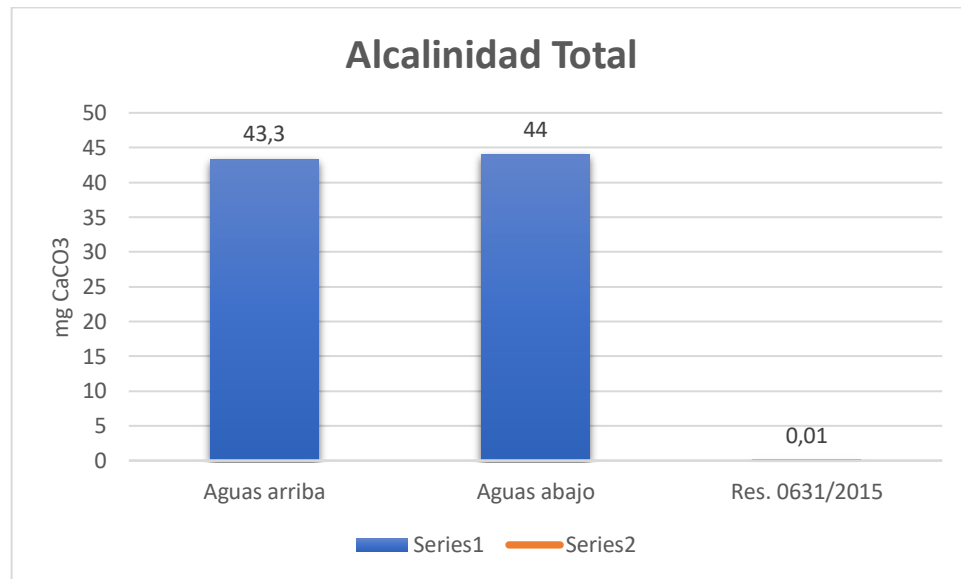


Figura 4. Valores de alcalinidad total
Fuente. Los autores, 2020

La alcalinidad expresa la capacidad que tiene el agua de mantener su pH a pesar de recibir una solución ácida o alcalina, de acuerdo con la figura 4, la alcalinidad total no sobrepasa el límite establecido por la resolución 0631 del 2015, ni tampoco con la resolución 2115 del 2017 que establece un valor de 200 mg CaCO₃; sin embargo, a nivel internacional se acepta una alcalinidad mínima de 20 mg de CaCO₃/L para mantener la vida acuática (Goyenola, 2007 citado por Pérez, 2016) lo cual de acuerdo con las muestras de agua estudiadas estas serían del doble, representado así un peligro para la existencia de flora y fauna acuática. Además, cuando las aguas tienen alcalinidades inferiores son propensas a la contaminación, porque no tienen la capacidad para oponerse a las modificaciones que generen disminuciones del pH, esto teniendo en cuenta que el Ph de las aguas analizadas es neutra como se analizará más adelante.

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)

De acuerdo con la figura 5, en los puntos de muestreo la concentración de la DBO fue muy baja, los valores fueron menores a 2 mg/l O₂ por lo cual el límite de cuantificación del método utilizado no detecto o reporto valores, esto quiere decir que el vertimiento del cementerio no aporta materia orgánica biodegradable al río, por lo cual este hecho desfavorece el crecimiento de bacterias y hongos; además, de que propicia que los niveles de oxígeno sean altos, beneficiando la vida acuática, ya que no se está requiriendo del mismo para degradar la materia orgánica, es decir, el oxígeno utilizado para la oxidación de la materia orgánica consume el oxígeno utilizado para el desarrollo de la fauna y flora acuática lo cual no está ocurriendo en el tramo de estudio.

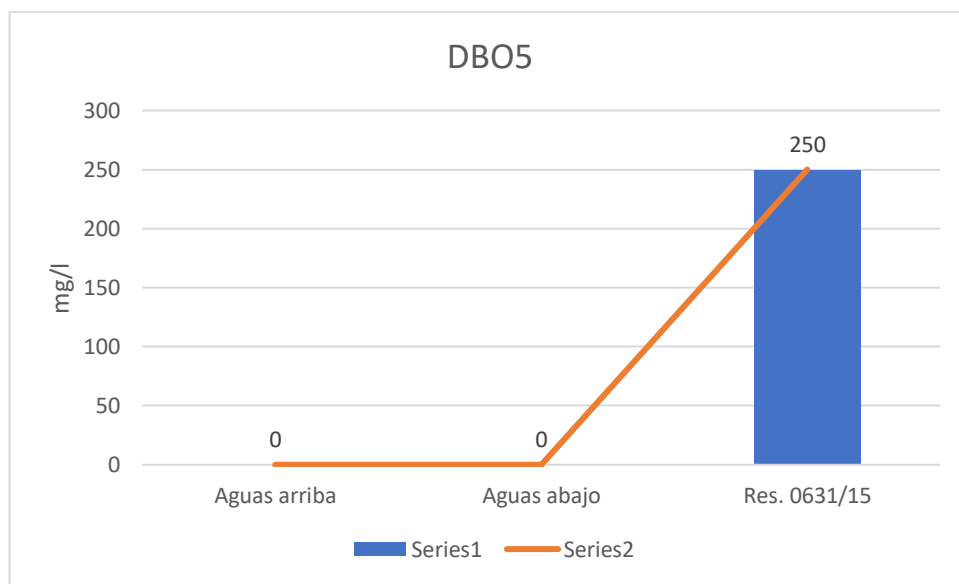
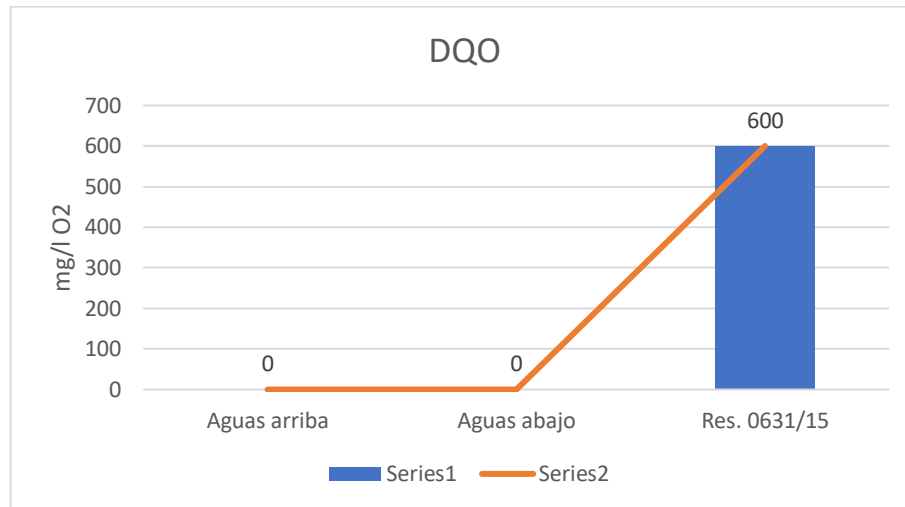


Figura 5. Valores de DBO₅
Fuente: Los autores, 2020

Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Los resultados de la DQO para las muestras de agua estudiadas permitieron evidenciar, tanto aguas arriba como aguas abajo, una concentración menor a 20,0 mg/L, es preciso aclarar que el límite de cuantificación del método utilizado es de 20,0 mg O₂ /L correspondiente al resultado proporcionado por el equipo de

laboratorio por lo cual no se reportaron valores. Este resultado era de esperarse teniendo el comportamiento de la DBO descrito previamente.

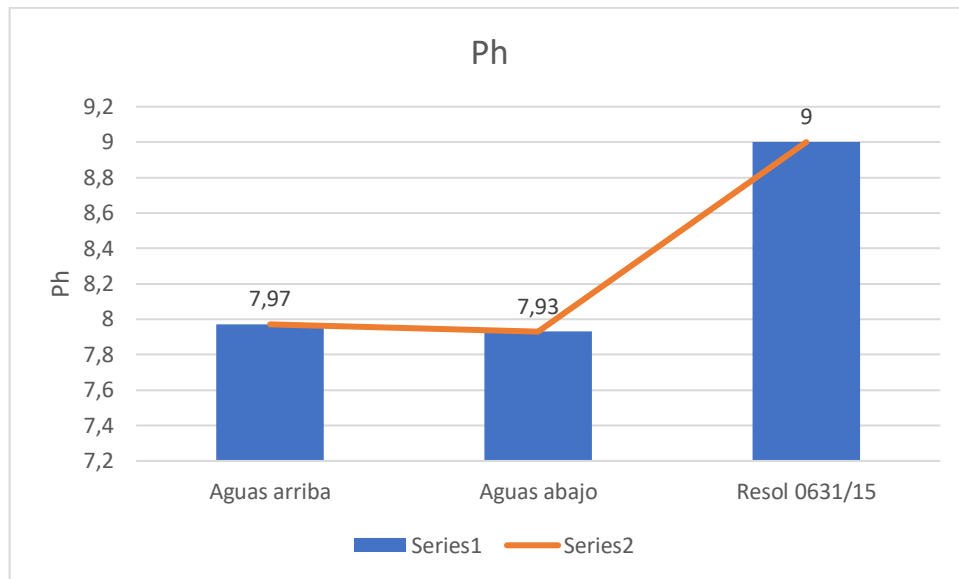


*Figura 6. Valores de DQO
Fuente. Los autores, 2020*

Potencial de Hidrógeno (Ph)

Los valores reportados de PH para las muestras tomadas al río Guatapurí 100 metros aguas arriba del punto de influencia arrojaron un resultando de 7,97 y 100 metros aguas abajo del punto de influencia de 7,93, los cuales se encuentran por debajo de la resolución 0631 del 2015 como se observa en la figura 7.

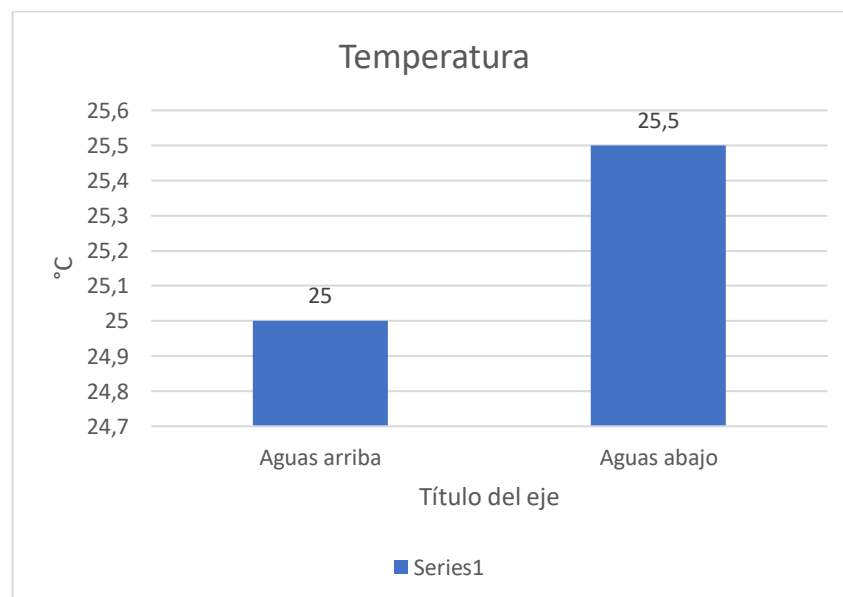
Sin embargo, de acuerdo con Pérez (2016) con respecto al valor del pH, es deseable mantener este parámetro en 6,5 como condición estable en aguas destinadas al consumo humano, a raíz de que la alteración de dicho factor puede traer consecuencias adversas por falta de nutrientes o presencia de sustancias que generan toxicidad para la salud humana.



*Figura 7. Valores de Ph
Fuente. Los autores, 2020*

Temperatura

Para su determinación se tomaron 2 muestras 100 metros aguas arriba con un resultado de 25°C y 100 metros aguas abajo con un resultado de 25,5°C.



*Figura 8. Valores de la temperatura
Fuente. Autores, 2020*

Es importante mencionar que de acuerdo con Saeed y Sun (2012) los microorganismos responsables de la remoción de nitrógeno dependen de la temperatura, es decir cuando la temperatura se encuentra entre 16.5°C y 32°C ocurren procesos de nitrificación, mientras que la desnitrificación ocurre cuando la temperatura está en el rango entre 20°C a 25°C para el caso de estudio la temperatura fue de 25°C la cual se encuentra dentro del rango óptimo para el crecimiento de microorganismo mesófilos.

Turbiedad

Para la turbiedad se encontró que en 100 metros aguas arriba se evidenció un resultado de 1,29 NTU y para 100 metros aguas abajo el resultado es de 1,45 NTU; de acuerdo con la resolución 2115 de 2007 el valor máximo aceptable es de 2 NTU es decir los resultados del laboratorio se encuentra por debajo de lo establecido por la resolución. Teniendo en cuenta esto es importante anotar que al agua puedan entrar con facilidad los rayos solares permitiendo así el intercambio de oxígeno de la atmosfera hasta las plantas acuáticas, además, propicia un ambiente óptimo para la fotosíntesis de las plantas. Asimismo, se puede inferir que el agua tiene una baja concentración de sólidos suspendidos totales.

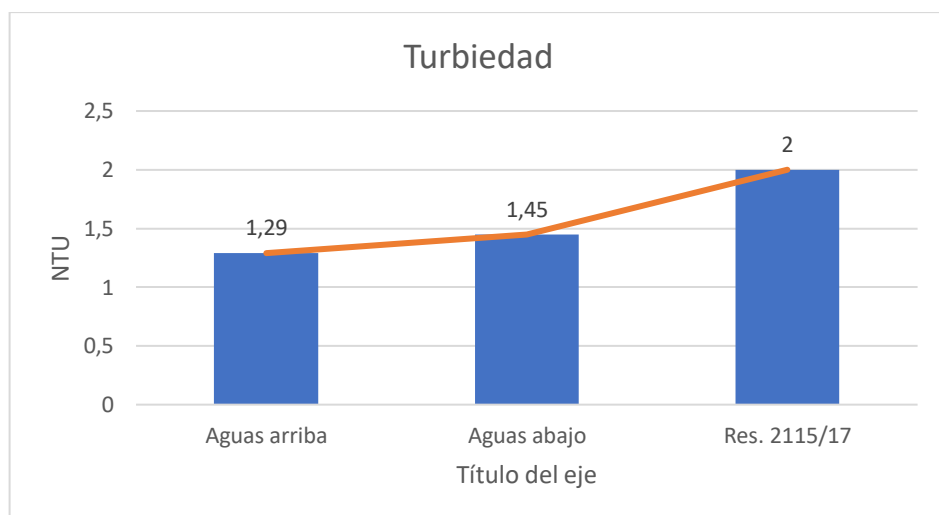


Figura 9. Valores de turbiedad
fuente. Los autores, 2020

Identificación de *salmonella ssp*

Para identificar la presencia de este microorganismo en el cuerpo de aguas objeto de estudio se realizaron 2 pruebas por medio del método Número más probable. En dichas pruebas se obtuvo un valor promedio de salmonella $< 1,1$ NMP/100 mL lo cual indica que no hay reproducción de dicho microorganismo en el tramo bajo del río Guatapurí. Cabe destacar que este tipo de microorganismos tienen incidencias especialmente en verano, debido a las altas temperaturas que favorecen su desarrollo (Méndez y Calderón, 2010), aunque en este estudio no hubo presencia de este.

Identificación *Clostridium spp*

El análisis de este bacilo anaerobio se realizó mediante dos pruebas aplicando la técnica de filtración por Membrana. En ambas pruebas tanto 100 metros aguas arriba como 100 metros aguas abajo se obtuvo un valor promedio de esporas de *clostridium* de < 1 UFC/mL que nos permite evidenciar que no hay reproducción en época de verano de dichos microorganismos en el cuerpo de agua estudiada.

Identificación de coliformes termo tolerantes y *E. coli*

La determinación de Coliformes termotolerantes se llevó a cabo mediante la realización de dos pruebas utilizando el método Número Más Probable obteniendo un resultado tanto para las muestras tomadas 100 metros aguas arriba como las tomadas 100 metros aguas debajo de $4,5 \times 10^2$ NMP/100mL lo cual permite evidenciar la presencia de materia fecal que puede poner en riesgo el ecosistema circundante y las poblaciones aledañas que se abastecen de dicho recurso hídrico pues según el reglamento de la calidad de agua para consumo humano el valor límite admisible de dicho parámetro es de 1,8 NMP/100mL y el resultado obtenido excede dicho valor. Este parámetro sobrepasa el valor estipulado por la resolución 2115 del 2007.

La determinación de *escherichia coli* se llevó a cabo mediante dos pruebas aplicando el método Número más probable. El valor promedio de este género para

las muestras tomadas 100 metros aguas arriba y 100 metros aguas abajo fue de $1,8 \times 10^2$ NMP/100 mL y $4,5 \times 10^2$ NMP/100 mL respectivamente. Es decir, que los coliformes están por encima del valor estipulado en la resolución 2115 del 2007.

De lo anterior se puede decir que el grupo de microorganismos coliformes es un indicador de contaminación bacteriana debido a que estos son contaminantes comunes del tracto gastrointestinal tanto del hombre como de los animales de sangre caliente, están presentes en el tracto gastrointestinal en grandes cantidades, permanecen por más tiempo en el agua que las bacterias (Mireya de Pilar, 2005). La presencia de los Coliformes totales presentes en el recuento de placas, se debe principalmente a una cierta relación a que el cuerpo de agua este contaminado o esté siendo influenciado por las sepulturas bajo el suelo.

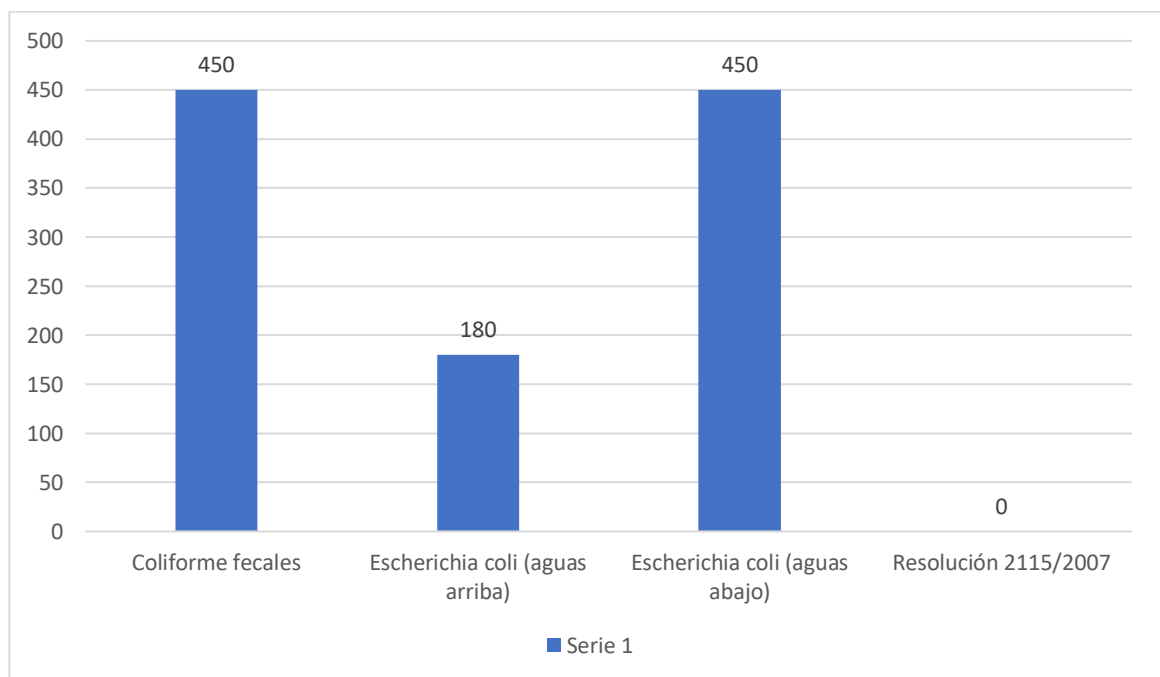


Figura 10. Análisis de Coliformes Fecales y Escherichia Coli
Fuente. Los autores, 2020

8. CONCLUSIONES

De acuerdo con lo investigado se puede establecer que no hay persistencia en época de verano de cadaverina y putrescina debido a que los indicadores utilizados para su detección (*Salmonella* y *Clostridium*) se encuentran dentro del rango establecido.

Los resultados de los análisis microbiológicos realizados a partir de las muestras de las aguas superficiales provenientes del tramo bajo del río Guatapurí específicamente los microorganismos (*salmonella* spp y *clostridium* spp) determinados indica que a las aguas residuales generadas en el cementerio jardines del Ecce Homo se les realiza un tratamiento primario y terciario eficiente y por ende no alteran la calidad del agua que conforma el tramo bajo del río Guatapurí.

La cantidad de coliformes fecales y *escherichia coli* obtenidos en cada uno de los puntos de muestreo revelan que hay gran cantidad de material fecal que está afectando la calidad del recurso hídrico para el consumo humano, esto se debe a la presencia de asentamientos indígenas, los cuales no cuentan con redes de alcantarillado ni con recolección de residuos sólidos y a la falta de control y monitoreo de la calidad del agua lo que a su vez produce vertimientos con altas cargas contaminantes de material fecal.

Luego, de los análisis fisicoquímicos detallados se identificó que las aguas residuales del cementerio jardines del Ecce Homo no están provocando alteraciones a los niveles de calidad de las aguas del río Guatapurí, ya que mediante la determinación de estos se puede evidenciar que se encuentran dentro de los niveles máximos admisibles establecido por la norma de vertimientos resolución 0631 del 2015 y el decreto 2115 del 2007.

Por último, a pesar de que los parámetros fisicoquímicos cumplen con la normatividad vigente, cabe destacar que es importante tener en cuenta que el tramo bajo de la cuenca del río Guatapurí está alterado por una alta concentración de

escherichia coli y coliformes fecales que están afectando la calidad del agua y por ende pueden propender al desarrollo de otros microorganismos patógenos.

9. RECOMENDACIONES

Con el fin de obtener resultados más exactos, se puede realizar un análisis de cromatografía de gases debido a que está es la técnica directa más utilizada para identificar y cuantificar aminas biógenas (AB) en muestras de agua.

Incentivar la creación y dotación de laboratorios de calidad ambiental por parte de la Universidad que permitan y faciliten el desarrollo de proyectos, y de esta manera fortalezcan las líneas de investigación de la institución.

Se sugiere que se replique esta investigación, pero estudiando el comportamiento de otros parámetros con el fin de conocer si tiene la actividad del cementerio alguna afectación al ecosistema por cuenta de estos nuevos parámetros de estudio.

Se recomienda realizar este estudio enfocado en otro recurso natural como el suelo con el fin de conocer si el cementerio afecta al mismo.

Se sugiere que se replique el estudio estudiando los parámetros en temporada de invierno con el fin de conocer el comportamiento de los mismos.

Se recomienda al cementerio Jardines del Ecce Homo implementar mejoras en su planta de tratamiento que permita la disminución de microorganismos coliformes termo tolerantes y *E. coli*.

Se recomienda al cementerio establecer un plan de seguimiento al vertimiento en donde periódicamente se estudie las concentraciones de los diferentes parámetros como DBO, DQO, SST, recuento de mesófilos, coliforme totales, fecales, presencia de *E. coli* y *salmonella*.

BIBLIOGRAFÍA

- Alarcón, K. P. (2014). Evaluación ambiental del vertimiento generado en el colegio Liceo Chino Campestre. Bogotá- Santa Fe de Bogotá.
- Alcaldía de Valledupar. (2010). Plan de ordenamiento Territorial de Valledupar. Valledupar-Cesar.
- Arévalo, M. (2014). Determinación del grado de contaminación de las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas de aguas subterráneas por lixiviados provenientes de sepulturas bajo suelo en el Cementerio general. Pucallpa-Ucayal.
- Barrionuevo, C. G. (2014). Las aguas residuales y su influencia en la contaminación del medio ambiente. Parroquia diez de agosto del cantón provincia de Pastaza-Ecuador.


- Bonilla et al., (2015). Determinación de la presencia de cadaverina y putrescina mediante parámetros físicos, químicos y factores microbiológicos en cuerpos de agua aledaños al cementerio Jardines Del Recuerdo. Bogotá-Santa Fé de Bogotá.
- Espigares & Pérez, J. A. (2012). Aguas residuales, composición.
- Cabrera et al., (2006). Identificación de microorganismos indicadores y determinación de puntos de contaminación en aguas superficiales provenientes del cementerio Jardines del Recuerdo ubicado al norte de Bogotá- Santa Fe De Bogotá.
- Espinoza, (2017). Contaminación de aguas subterráneas por lixiviados provenientes de sepulturas bajo suelo en el camposanto Parque el paraíso. Lurin-Lima.
- Lazo et al., (2014). Determinación del grado de contaminación de las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas de aguas subterráneas por lixiviados provenientes de sepulturas bajo suelo en el cementerio general Pucallpa. Ucayali- Perú.
- López, B. L. (2014). Las aguas residuales y su influencia en la calidad de vida de los pobladores del barrio central de la parroquia Pacayaucu cantón lago Agrio provincia de Sucumbíos-Ecuador.
- Martins, M.T. (1991). Calidad bacteriológica de aguas subterráneas en cementerios Sao Paulo-Brasil.
- Medina & Benites, A. C. (2017). Diagnóstico del sistema de aguas residuales en la Salaverry y propuesta de solución. Trujillo-Perú.
- Méndez & Calderón. (2010). Evaluación de las aguas subterráneas contaminadas con putrescina y cadaverina a las zonas aledañas a los cementerios del norte de Bogotá y el campus de Universidad Santo Tomás. Bogotá- Santa Fe de Bogotá.

- Murillo, M. (2012). Ley 1527 de 2012.Colombia.
- Ordoñez & Eraso M. J. (2009). Formulación del plan del plan de saneamiento y manejo de vertimientos PSMV la Llanada Nariño. San Juan-Pasto.
- Rea, M. (2013). Centro de Estudios Académicos sobre Contaminación Ambiental. Obtenido de Centro de Estudios Académicos sobre Contaminación Ambiental. Recuperado de <https://sites.google.com/site/ceacauaq/uplq/molecula-de-la-semana/cadaverina>
- Rodríguez, H. (2017). Iagua. Obtenido de Las aguas residuales y sus efectos contaminantes. Recuperado de <https://www.iagua.es/blogs/hector-rodriguez-pimentel/aguas-residuales-y-efectos-contaminantes>
- Secretaria Distrital de Salud. (2013). Mapa de riesgo de la calidad del agua para consumo humano. Valledupar- cesar.
- Sidoli, O. C. (2006). La contaminación producida por los cementerios. Recuperado de <http://www.terra.com.br/istoe/Reportagens/cemiterio.htm>
- Tratamiento de aguas residuales. (2010). Recuperado de https://www.belzona.com/es/solution_maps/wastewater/money_map.pdf
- Universidad del Atlántico. (2011). Caracterización e impacto ambientales por vertimientos en tramos de la cuenca media y baja del rio cesar. Valledupar-Cesar.

ANEXOS

EVIDENCIAS

Análisis fisicoquímicos y microbiológicos aguas arriba.


Nancy Flórez García S.A.S
 Confiables a todos los niveles
 NIT: 824.005.888-0

COD: RO-104 Ver: 08 del 17 de Agosto de 2018

CERTIFICADO DE ANALISIS
 N° 30759

INFORMACIÓN DEL CLIENTE
 EMPRESA : MARIA KARINA OLMEDO
 DIRECCIÓN : MZ 3 CASA 10 CASIMIRO MAESTRE
 CONTACTO : MARIA KARINA OLMEDO
 CARGO : ESTUDIANTE

NIT : 1121336162
 CIUDAD : VALLEDUPAR
 TELÉFONO : 3004851300

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA
 NOMBRE : AGUA SUPERFICIAL
 LUGAR DE MUESTREO : TRAMO BAJO DEL RIO GUATAPURI
 PUNTO DE MUESTREO : 100 m AGUAS ARRIBA DEL PUNTO DE INFLUENCIA
 TIPO DE MUESTRA : SIMPLE
 PLAN DE MUESTREO : N.S
 PROC. DE MUESTREO : N.S

CODIGO : 200255755
 LOTE : N.A
 REGISTRO INVIMA : N.A

HORA MUESTRA : 08:37
 MUESTREO : 2020/02/19
 RECEPCIÓN : 2020/02/19
 INICIO ENSAYOS : 2020/02/19
 FINAL ENSAYOS : 2020/02/28
 INFORME : 2020/03/02

Fisicoquímico				
ANÁLISIS	MÉTODO - TÉCNICA	LCM	FECHA ANÁLISIS	RESULTADO
Alcalinidad Total mg CaCO ₃ /L (A)	SM 2320 B - Volumétrico	0,500	2020/02/19	43,3
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅) mg O ₂ /L (A)	SM 5210 B / EPA 360.3 - Incubación 5 días	2,00	2020/02/19	<2,00
Demanda Química de Oxígeno (DQO) mg O ₂ /L (A)	SM 5220 C - Reflujo cerrado - Volumétrico	20,0	2020/02/24	<20,0
pH (25,1 °C) u de pH	SM 4500-H+ B - Electrométrico	-	2020/02/19	7,97
Temperatura °C	SM 2550 B - Electrométrica	-	2020/02/19	25,1
Turbiedad NTU (A)	SM 2130 B - Nefelométrica	0,500	2020/02/19	1,29
Microbiológico				
ANÁLISIS	MÉTODO - TÉCNICA	LCM	FECHA ANÁLISIS	RESULTADO
Coliformes Termotolerantes (Fecales) NMP/100mL (A)	SM 9221 E - Número más probable	1,8	2020/02/19	4,5x10 ^{^2}
Escherichia Coli NMP/100 mL	SM 9221 E - Número más probable	1,8	2020/02/19	1,8x10 ^{^2}
Esporas de clostridium sulfita reductor UFC/mL	ISO:7937:2004 - Filtración por Membranas	1	2020/02/19	<1
Salmonella NMP/100 mL	SM 9260 B - Número más probable	1,1	2020/02/22	<1,1

Análisis fisicoquímicos y microbiológicos aguas abajo.


Nancy Flórez García S.A.S.
 Confiables todos los días
 NIT: 824.005.588-0

COD: RO-104 Ver: 08 del 17 de Agosto de 2018

CERTIFICADO DE ANALISIS
 N° 30758

INFORMACIÓN DEL CLIENTE
 EMPRESA : MARIA KARINA OLMEDO
 DIRECCIÓN : MZ 3 CASA 10 CASIMIRO MAESTRE
 CONTACTO : MARIA KARINA OLMEDO
 CARGO : ESTUDIANTE

NIT : 1121336162
 CIUDAD : VALLEUPAR
 TELÉFONO : 3004851300

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA
 NOMBRE : AGUA SUPERFICIAL
 LUGAR DE MUESTREO : TRAMO BAJO DEL RIO GUATAPURI
 PUNTO DE MUESTREO : 100 m AGUAS ABAJO DEL PUNTO DE INFLUENCIA
 TIPO DE MUESTRA : SIMPLE
 PLAN DE MUESTREO : N.S
 PROC. DE MUESTREO : N.S

CODIGO : 200255756
 LOTE : N.A
 REGISTRO INVIMA : N.A

HORA MUESTRA : 08:14
 MUESTREO : 2020/02/19
 RECEPCIÓN : 2020/02/19
 INICIO ENSAYOS : 2020/02/19
 FINAL ENSAYOS : 2020/02/28
 INFORME : 2020/03/02

Fisicoquimico					
ANÁLISIS	MÉTODO - TÉCNICA	LCM	FECHA ANÁLISIS	RESULTADO	
Alcalinidad Total mg CaCO ₃ /L (A)	SM 2320 B - Volumétrico	0,500	2020/02/19	44,0	
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅) mg O ₂ /L (A)	SM 5210 B / EPA 360.3 - Incubación 5 días	2,00	2020/02/19	<2,00	
Demanda Química de Oxígeno (DQO) mg O ₂ /L (A)	SM 5220 C - Reflujo cerrado - Volumétrico	20,0	2020/02/24	<20,0	
pH (25,5 °C) U de pH	SM 4500-H+ B - Electrométrico	-	2020/02/19	7,93	
Temperatura °C	SM 2550 B - Electrométrico	-	2020/02/19	25,5	
Turbiedad NTU (A)	SM 2130 B - Nefelométrico	0,500	2020/02/19	1,45	

Microbiologico					
ANÁLISIS	MÉTODO - TÉCNICA	LCM	FECHA ANÁLISIS	RESULTADO	
Coliformos Termotolerantes (Fecales) NMP/100mL (A)	SM 9221 E - Número más probable	1,8	2020/02/19	4,5x10 ²	
Escherichia Coli NMP/100 mL	SM 9221 E - Número más probable	1,8	2020/02/19	4,5x10 ²	
Esporas de clostridium sulfito reductor UFC/mL	ISO-7937:2004 - Filtración por Membrana	1	2020/02/19	<1	
Salmonella NMP/100 mL	SM 9260 B - Número más probable	1,1	2020/02/23	<1,1	







