

**EVALUACIÓN DEL RIESGO AMBIENTAL POR LA ALTERACIÓN DE LOS  
PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DEL RÍO CESAR A  
LA ALTURA DEL VERTIMIENTO DEL STAR EL SALGUERO**



**LIZ DANIA LAFORIS LEGUÍA  
SINDY YURANIS VANEGAS YEPES**

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA  
VALLEDUPAR, CESAR  
2018.**

**EVALUACIÓN DEL RIESGO AMBIENTAL POR LA ALTERACIÓN DE LOS  
PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DEL RÍO CESAR A  
LA ALTURA DEL VERTIMIENTO DEL STAR EL SALGUERO.**



**LIZ DANIA LAFORIS LEGUÍA  
SINDY YURANIS VANEGAS YEPES**

**Director:  
Ing. Walner López.**

**Asesor:  
Ing. Humberto Camacho Bordeth**

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA  
VALLEDUPAR, CESAR  
2018.**

NOTA DE ACEPTACIÓN: \_\_\_\_\_

PRESIDENTE DEL JURADO: \_\_\_\_\_

JURADO 1: \_\_\_\_\_

JURADO 2: \_\_\_\_\_

FECHA: \_\_\_\_\_



## **AGRADECIMIENTOS**

### **SINDY YURANIS VANEGAS YEPES**

Agradezco principalmente a Dios, por haberme regalado una familia maravillosa, quienes han creído en mí siempre, dándome ejemplo de superación, humildad y sacrificio; A mi padre Holguer Vanegas Cárdenas y hermanos que me han enseñado a valorar todo lo que tengo y todo lo que soy, porque han fomentado en mí el deseo de superación y triunfos en la vida y en la consecución de este logro.

Para Melcy Yepes Buelvas que, aunque no estés conmigo, eres y serás siempre mi energía, te dedico este proyecto como símbolo de amor inagotable e inquebrantable, sentimiento que no lo extingue ni tu ausencia en este mundo y también gracias por darme al mejor padre. Que nunca nos dejó solas y al cual amo con mi vida

### **LIZ DANIA LAFORIS LEGUIA**

Como todos los eventos del universo, la dedicatoria de un proyecto es un gesto mágico, también cabe definirla como el modo más grato y más sensible de pronunciar un nombre. Yo pronuncio ahora su nombre, madre mía, Miladis Esther Leguía Zambrano. Cuántas mañanas, cuántos días extrañándote a la distancia, cuántos sacrificios, muchas gracias, todos mis logros te los debo a ti y a Dios.

A Walner López Mena y Humberto Camacho por su gran profesionalismo, por su tiempo dedicado a la formulación y ejecución de este proyecto, junto con muchas personas entre colegas y amigos que nunca nos dejaron solas.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>10</b>
<b>1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	<b>12</b>
1.1 Descripción del problema .....	12
1.2 Formulación del problema .....	13
<b>2. JUSTIFICACIÓN</b> .....	<b>14</b>
<b>3. OBJETIVOS</b> .....	<b>17</b>
<b>3.1 Objetivo general</b> .....	17
<b>3.2 Objetivos específicos</b> .....	17
<b>4. MARCO REFERENCIAL</b> .....	<b>19</b>
4.1 ANTECEDENTES .....	19
4.2 MARCO TEÓRICO .....	21
4.2.1 Aguas residuales .....	21
4.2.2 Características típicas del agua residual municipal .....	21
4.2.3 Características físicas: .....	21
4.2.4 Características químicas .....	22
4.2.5 Características biológicas .....	23
4.2.6 Etapas de la gestión de riesgo .....	24
4.2.7 Gerencia de riesgos ambientales .....	25
4.2.8 Útilidades de la evaluación de riesgos ambientales .....	25
4.2.9 Limitaciones de la evaluación de riesgos ambientales .....	26
4.3 MARCO CONCEPTUAL .....	27
4.4 MARCO CONTEXTUAL .....	30
4.5 MARCO LEGAL .....	33
<b>5. METODOLOGÍA</b> .....	<b>36</b>
5.1 Tipo de investigación .....	36
5.2 Población y muestra .....	36
5.3 Metodología a seguir .....	37
<b>6. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b> .....	<b>47</b>
<b>7. CONCLUSIONES</b> .....	<b>87</b>

**8. RECOMENDACIONES .....90**  
**10. BIBLIOGRAFÍA .....95**

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Etapas de la gestion de riesgo .....	24
Tabla 2. Técnicas y parámetros del agua residual .....	38
Tabla 3. Rangos de calificación.....	41
Tabla 4. Diagnóstico de riesgo para el manejo de vertimientos.....	41
Tabla 5. Identificación de los peligros .....	43
Tabla 6. Medición cualitativa de la posibilidad .....	43
Tabla 7. Medición cualitativa del impacto.....	44
Tabla 8. Matriz para el análisis cualitativo del riesgo:Nivel del riesgo .....	44
Tabla 9. Evaluación de los riesgos.....	45
Tabla 10. Resultados de la caracterización de los parametros .....	47
<i>Tabla 11. Caracterización de flora.....</i>	<i>51</i>
Tabla 12. Flora del entorno .....	58
<i>Tabla 13. Caracterización de la fauna .....</i>	<i>68</i>
Tabla 14. Matriz de análisis de riesgos para el sistema de tratamiento.....	75
Tabla 15. Identificación de los riesgos .....	80
Tabla 16. Analisis de los riesgos.....	82
Tabla 17. Nivel de los riesgos.....	83
Tabla 18. Consecuencia de los riesgos .....	84
Tabla 19. Evaluación de los riesgos.....	85

## TABLA DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 1:</b> Cámara de reparto.....	70
<b>Ilustración 2:</b> Cribado y desarenador .....	71
<b>Ilustración 3:</b> Lagunas anaerobias .....	71
<b>Ilustración 4:</b> Laguna de maduración .....	72
<b>Ilustración 5:</b> Canal de vertimiento final .....	72
<b>Ilustración 6:</b> Agua tratada antes del vertimiento .....	73
<b>Ilustración 7:</b> Río Cesar antes del vertimiento.....	73
<b>Ilustración 8:</b> Río Cesar después del vertimiento.....	73

## INTRODUCCIÓN

La mayoría de las actividades humanas que utilizan agua generan aguas residuales. A medida que crece la demanda global de agua, el volumen de aguas residuales generadas y su nivel de contaminación se encuentran en constante aumento en todo el mundo. Las consecuencias del agua residual sin tratar son deterioro de los ecosistemas acuáticos, repercusiones negativas en la salud humana, tienen efectos negativos a largo plazo en el bienestar de las comunidades y los medios de subsistencia de las personas y secuelas en la productividad económica (UNESCO, 2017).

En el caso de la cuenca del río Cesar, la cual ha presentado problemas ambientales debido a los vertimientos que realiza el sistema de tratamiento de aguas residuales (STAR) del municipio de Valledupar, esa descarga está deteriorando la calidad de las aguas y componentes ambientales ecológicos; en dicha cuenca se ha declarado una emergencia sanitaria debido a la poca efectividad y cumplimiento de la normatividad ambiental para el control de dichos vertimientos (MINAMBIENTE, 2010).

Dentro de este marco que se presenta, la evaluación del riesgo ambiental es la determinación de la probabilidad de que las actividades humanas provoquen efectos indeseables en los animales, las plantas y el ambiente. La información que proporciona la evaluación de un riesgo puede apoyar decisiones de control ambiental, evaluar y jerarquizar la importancia ambiental de una medida, así como estimar cuantitativamente los daños a la salud humana o a los ecosistemas derivados de la exposición a un contaminante ambiental (Evans et al, 2003).

En este documento se establecen los pasos a seguir para realizar la evaluación de riesgos en el sector del río Cesar a la altura del vertimiento que realiza el sistema de tratamiento de aguas residuales de Valledupar, para lo cual se van a realizar

análisis físicoquímicos y microbiológicos en el vertimiento, y antes y después del mismo es decir en el río Cesar, así como visitas de campo al área de estudio (teniendo en cuenta el acceso) y al STAR el salguero, información que nos servirá para realizar la evaluación de riesgos ambientales a través de las metodologías establecidas en las GTC 104:2009, 45:2010 y la resolución 1514 del 2012. Por último, se formularán las conclusiones que resulten del estudio y se sugerirán recomendaciones para abordar la problemática que presenta la zona de estudio.

# 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

## 1.1 Descripción del problema

Las cuencas hídricas en Colombia han venido presentando grandes problemas ambientales por diversas actividades propias de cada región. Dichas actividades se han convertido en fuentes de contaminación, por los vertimientos de sustancias químicas, materia orgánica, plaguicidas, entre otras. Por otra parte, el nivel de concentración en los afluentes superficiales contribuye en deteriorar la calidad fisicoquímica y biológica de los recursos hídricos (Lugo y Sánchez, 2016).

El sistema Salguero no está exento de problemas. A partir de la observación del estado de limpieza del sistema, de la calidad del agua del río Cesar en el lugar de descarga de las aguas residuales y de los resultados de laboratorio, consultores contratados por Emdupar S.A dedujeron que las reacciones biológicas internas esperadas del sistema no se están cumpliendo, generando impactos negativos en la fuente receptora que se manifiestan mediante la formación de espumas y en olores fuertes. Toda estos problemas empeoran por la falta de regularidad en la limpieza de algunos segmentos del sistema y en la extracción de los lodos en todas las lagunas, hace que este aún no consiga reducir la carga contaminante de los vertimientos al río según los parámetros que exige la ley (Guzmán, 2013).

En diciembre del 2015 se implementó un plan de muestreo en el río Cesar, tomando muestras 50 metros aguas arriba y 50 metros aguas abajo del vertimiento del salguero. Se evidenció que la DBO5 aguas arriba fue de 16,7 mg/l y aguas abajo fue de 53,7 mg/l. Así mismo, los párametros de DQO, SST tuvieron cambios significativos después de recibir la descarga aportada por la PTAR el saguero (EMDUPAR, 2015). Esta situación demuestra el grave escenario de polución aportada por el STAR el salguero, lo cual atenta contra la salud pública de la comunidad del municipio de Valledupar y poblaciones ribereñas.

Ante este impacto ambiental, surge la necesidad de aplicar herramientas como la identificación y evaluación de riesgos ambientales que nos permitan prevenir y minimizar posibles riesgos que se puedan presentar, evitando consecuencias negativas sobre el entorno natural, humano y socioeconómico.

## **1.2 Formulación del problema**

De todo lo anteriormente mencioando, surge la siguiente pregunta de investigación:

¿Cuáles son los riesgos que ocasiona el vertimiento de aguas residuales y las magnitudes de los mismos en el río Cesar?

## 2. JUSTIFICACIÓN

Hoy en día las evaluaciones de riesgos ambientales juegan un papel fundamental en las empresas porque a través de las mismas se pueden determinar los potenciales riesgos e impactos ambientales de una actividad y poder identificar las diferentes vías para mejorar las prácticas con el fin último de prevenir, minimizar, mitigar o compensar impactos ambientales adversos y potenciar sus impactos positivos.

Dicho de otro modo, la evaluación de riesgos ambientales trae los siguientes beneficios: (Durán, 2015).

- Es la herramienta para llevar a cabo una adecuada gestión del riesgo, que por medio de la implantación de las oportunas medidas preventivas y del diseño de los planes de emergencia apropiados, permitan disminuir el nivel de riesgo de accidente ambiental.
- Cumplir con la legislación (GTC 104:2009).
- Toma de decisiones.

A través de este trabajo de grado se podrá identificar y evaluar los posibles riesgos ambientales que se puedan presentar en la cuenca media del río Cesar, a la altura del vertimiento que realiza el STAR el salguero; concretamente de esta manera podremos establecer los riesgos que se pueden presentar en el entorno social afectando a la población ribereña, y, asimismo en el ambiente, afectando significativamente al suelo, la fauna, flora, calidad del agua, entre otros.

Dentro de esta investigación se caracterizará el parámetro metalúrgico, mercurio, debido a los graves riesgos que representa para la salud humana, pues entre 2013 y 2016 se han reportado 2.183 casos de intoxicación a causa de este metal en el país, tal vez, siendo este no de gran relevancia en el Río Cesar, ya que no se registran altos índices de minería donde se utilice el Mercurio a gran escala (Minería Aurífera), sin embargo, estudios realizados a peces como el Bagre

Rayado, una de las especies más explotadas de la ciénaga, fue de 0,278 microgramos ( $\mu\text{g}$ ) por gramo (g), cuando el límite recomendado por la Organización Mundial para la Salud (OMS) es de 0,2 para el consumo frecuente por parte de mujeres embarazadas y niños(Espectador,2016) demostrando así que las fuentes que desembocan en la cienaga zapatosa como el Rio Cesar influyen dentro de estos altos índices, por lo cual se hizo prioridad este metal en la investigación, para determinar según los resultados, si el mismo es de los mayores contribuyentes a la problemática de la cienaga Zapatosa, si se deben preocupar las entidades regulatorias, si una de las fuentes principales es el vertimiento por sus aguas residuales y si puede llegar a causar alteraciones dentro del entorno de la cuenca media del rio Cesar.

Los beneficios de determinar parámetros fisicoquímicos y microbiológicos y por ende el beneficio de esta investigación es que primeramente, los parámetros fisicoquímicos son de gran importancia para los ecosistemas acuáticos debido a que son indicativos de la composición y dinámica de los agentes contaminantes y contribuyen en la evaluación de la calidad de agua de los cuerpos loticos y los microbiológicos nos alertan de las posibles enfermedades, por lo cual, permiten generar conclusiones soportadas sobre la calidad de los cuerpos de agua, información relevante en la generación de índices de calidad (ICA), útil en la formulación de futuras políticas para la gestión del recurso hídrico.

En consecuencia, los beneficiarios de este proyecto serán EMDUPAR S.A, quienes a partir de este trabajo podrán dimensionar la responsabilidad que tienen, y sobre todo tomar acciones para prevenir o mitigar el riesgo, y por otra parte, la comunidad que habita cerca del río y sin duda alguna los componentes del medio ambiente.

Toda la investigación se realizará con recursos propios tanto económicos como humanos, dentro de la calidad de laboratorios viable para los autores, dando así,

como resultado una investigación transparente, sencilla y fácil de interpretar para el lector, sin estar fuera de las técnicas necesarias y prioritaria.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo general**

Evaluar el riesgo ambiental por la alteración de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del río cesar en el sector a la altura del vertimiento del STAR el salguero.

#### **3.2 Objetivos específicos**

- Caracterizar la flora, fauna, aspecto socioeconómico y el agua del río Cesar a la altura del vertimiento que realiza el STAR el salguero para los parámetros (DBO, DQO, SST, Nitrogeno, Fosforo, mercurio y Coliformes fecales y totales).
- Determinar el riesgo ambiental producto del vertimiento que realiza el STAR el salguero.
- Proponer medidas de manejo para los riesgos ambientales encontrados



## **4. MARCO REFERENCIAL**

### **4.1 ANTECEDENTES**

**Diagnóstico ambiental de la ribera del río Cesar en el tramo puente Canoas-las Pitillas entre los municipios del Paso y Valledupar, departamento del Cesar. (Lugo y Sánchez, 2016).**

El área de estudio se dividió en tres sectores, capturando en cada sector información directa de los componentes físicos, bióticos y sociales. En el sector uno Puente Canoas - Puerto Lajas la navegabilidad del río es bastante difícil ya que las presencias de palizadas localizadas no favorecen, además de los bancos de arena y sedimentos. El sector dos puertos lajas- puente amarillo, es el más frágil, el cauce no tiene protección, el bosque de galería fue remplazado por pasturas, siendo la ganadería la actividad predominante. El sector tres puentes amarillos – las pitillas en algunos tramos, el cauce presenta socavamiento lateral producido por la acción erosiva del agua.

**Determinación de las constantes de oxigenación y desoxigenación del río Cesar en la zona de influencia de las descargas del sistema de tratamiento de aguas residuales de los municipios de la Paz y Valledupar (Cantillo y Manzur, 2014).**

Las constantes de oxigenación y desoxigenación se obtuvieron mediante un método matemático para calcular el punto crítico donde la tasa de desoxigenación es igual a la de reaireación para determinar la zona de influencia que ejercen las descargas de aguas residuales de los municipios de la Paz y Valledupar, y a su vez determinar la distancia mínima para próximos eventos.

**Evaluación del riesgo ambiental y social por amenaza de explotación de hidrocarburos: caso de estudio río las Ceibas, Huila (Ceron & Gómez, 2015).**

El presente documento tiene como objetivo principal evaluar los riesgos ambientales y sociales que generan la exploración y explotación de petróleo en la cuenca hidrográfica del río Las Ceibas. Se realizó la evaluación del riesgo en la zona de estudios con la Matriz de Leopold y el resultado se obtuvo con múltiples interpretaciones de los factores valorados, los cuales arrojaron en sus resultados que los impactos más negativos se reflejan en el entorno social y ambiental afectando significativamente los cambios del suelo, la fauna y especies en peligro, flora, vida y espacios silvestres, calidad de vida silvestre, gestión ambiental de los residuos sólidos, calidad del agua, entre otros. También se pudo evidenciar que algunos de los impactos positivos generados por la exploración y explotación de petróleo arrojados por la matriz de Leopold son la generación de empleo en la región, y construcción o mejoramiento de infraestructura vial.

### **Determinación de los riesgos y medidas de control del agua potable en la empresa seda Huánuco S.A sucursal Leoncio Prado (Menéndez, 2015).**

Los eventos peligrosos y peligros encontrados todo el sistema de suministro de agua potable fueron: ingreso de cuerpos extraños, contaminación microbiológica (agentes patógenos, microorganismos), sobrecarga de la instalación de cloración, colapso de la estructura del almacenamiento, hurto de herramientas, ingreso de sustancias químicas a la red de distribución (químicos, fungicidas, herbicidas, etc.), contaminación por derrame de aceites o solventes.

La clasificación del riesgo que se obtuvo en los 5 componentes del sistema de agua potable fue de Muy Alto.

## 4.2 MARCO TEÓRICO

### 4.2.1 Aguas residuales

Agua contaminada proveniente de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, de servicios, agrícolas, pecuarios, domésticos y en general de cualquier otro uso, así como la mezcla de ellas (Haro y Aponte, 2010).

### 4.2.2 Características típicas del agua residual municipal

#### 4.2.3 Características físicas:

**Temperatura:** La temperatura del agua residual regularmente es más alta que la del agua potable, debido a la adición de agua caliente que proviene del uso doméstico e industrial, ésta varía de 10 a 20°C. Este es un parámetro muy importante que considerar dado que puede desencadenar la desaparición de la vida acuática, la aparición de hongos y plantas perjudiciales (Zambrano y Saltos, 2008).

**Turbidez:** Se debe a la cantidad de materias en suspensión que hay en las aguas residuales (limo, materia orgánica y microorganismos. Esta turbidez, en las masas de aguas receptoras, afecta a la penetración de la luz, lo que redundaría en una menor productividad primaria.

**Color:** Los principales motivos que dan color al agua. Un color gris claro es característico de aguas que han sufrido algún grado de descomposición o que llevan poco tiempo en los sistemas de recolección. Si el color es gris oscuro o negro, se trata de aguas sépticas que han sufrido una fuerte descomposición bacterial bajo condiciones anaerobias.

**Olor:** una gran variedad de compuestos malolientes es liberada durante el proceso de degradación biológica bajo condiciones anaerobias. Debido al interés de la opinión pública, se exige un cuidado especial en el diseño de instalaciones de tratamiento de aguas residuales a fin de evitar condiciones que generan la aparición de malos olores. (Riveros, 2013)

**Sólidos:** El contenido total de materia sólida en el agua constituye los sólidos totales (ST) y comprenden, tanto sólidos orgánicos (trozos de vegetales y animales) como inorgánicos (basura, minerales, arenas), a éstos además se les denominan volátiles (V) y fijos (F), respectivamente. También dentro de los sólidos totales se encuentran los sólidos disueltos (SDT) y los sólidos en suspensión (SST), los primeros no se sedimentan y se presentan en estado iónico o molecular y los segundos pueden ser sedimentables (SSs) y no sedimentables (SSn), según sea su peso específico o se encuentran en estado coloidal (Hernández, 1990).

#### **4.2.4 Características químicas**

**Nitrógeno:** el nitrógeno es importante para evaluar la trazabilidad del agua residual mediante procesos biológicos. El contenido total de nitrógeno está compuesto por nitrógeno amoniacal, nitritos, nitratos y nitrógeno orgánico.

**Fósforo:** el fósforo es un componente químico de importancia en el agua residual debido a que es el principal responsable del crecimiento de algas y otros organismos biológicos.

**Demanda bioquímica de oxígeno (DBO):** el parámetro de contaminación orgánica más ampliamente empleado, aplicable tanto a aguas residuales como a aguas superficiales. Es la cantidad de oxígeno que necesitan los microorganismos para degradar la materia orgánica presente en el agua.

**Demanda química de oxígeno (DQO):** mide la cantidad de materia orgánica del agua, mediante la determinación del oxígeno necesario para oxidarla, pero en este caso proporcionado por un oxidante químico como el permanganato potásico o el dicromato potásico.

#### 4.2.5 Características biológicas

A continuación, se describen los principales grupos de organismos que se pueden encontrar.

**Bacterias:** pueden ser de origen fecal o bacterias implicadas en procesos de biodegradación, tanto en la naturaleza como en las plantas de tratamiento. Ejemplo: Escherichia, Salmonella, estreptococos fecales, Proteus, Pseudomonas, Aeromonas, Serratia etc.

Las bacterias coliformes se utilizan como indicador de polución por vertidos de origen humano, ya que cada persona elimina diariamente de 100.000 a 400.000 millones de coliformes a través de las heces, además de otras clases de bacterias.

**Virus:** proceden de la excreción, por parte de individuos infectados, ya sean humanos o animales. Poseen la capacidad de adsorberse a sólidos fecales y otras materias particuladas, favoreciendo de esta forma su supervivencia durante tiempos prolongados en las aguas residuales. Ejemplo: virus de la hepatitis.

**Algas:** su crecimiento está favorecido por la presencia en las aguas residuales de distintas formas de fósforo y nitrógeno, así como de carbono y vestigios de elementos tales como hierro y cobalto, dando lugar a procesos de eutrofización. Este fenómeno está producido principalmente por algas de los géneros Anacystis, Anabaena, Gleocystis, Spirogyra, Cladophora etc.

#### 4.2.6 Etapas de la gestión de riesgo

Según la GTC 104:2009 las etapas son:

**Establecer el contexto:** establecer el contexto define los parámetros básicos dentro de los cuales se deben gestionar los riesgos y establece el alcance para el resto del proceso de gestión de riesgo. El contexto incluye el ambiente interno y externo de la organización.

**Tabla 1.** Etapas de la gestión de riesgo.

Contexto externo	Contexto interno
<ul style="list-style-type: none"><li>• Ambiente del negocio, social, reglamentario, cultural, competitivo, financiero y político.<ul style="list-style-type: none"><li>• Fortalezas, amenazas, oportunidades y debilidades de la organización.</li></ul></li><li>• Partes externas involucradas.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Metas y objetivos.</li><li>• Estructura.</li><li>• Recursos.</li><li>• Cultura.</li></ul>

Fuente: GTC 104 DEL 2009

**Identificación del riesgo:** El objetivo de este punto es desarrollar una lista amplia de las fuentes de riesgos y eventos que podrían tener impacto en el logro de cada uno de los objetivos identificados en el contexto.

**Análisis del riesgo:** consiste en desarrollar el entendimiento del mismo. Suministra una entrada para las decisiones sobre si es necesario tratar los riesgos, y las estrategias del tratamiento del riesgo más adecuado y eficaces en términos de costo. Se puede analizar mediante métodos cualitativos, semicuantitativo o cuantitativos.

**Evaluación de los riesgos:** el propósito de la evaluación es tomar decisiones, basadas en los resultados del análisis del riesgo, sobre los riesgos que necesitan tratamiento y las prioridades del tratamiento. La evaluación del riesgo implica la comparación del nivel de riesgo hallado durante el proceso de análisis con los criterios de riesgo establecidos al considerar el contexto.

**Tratamiento de los riesgos:** el tratamiento del riesgo implica la identificación de opciones para tratar los riesgos, la valoración de tales opciones y la preparación e implementación de los planes de tratamiento.

#### **4.2.7 Gerencia de riesgos ambientales**

Es el proceso de identificación, evaluación y tratamiento de los riesgos ambientales asociados a las actividades que se realizan en los diferentes sectores e instalaciones, con el objeto de aplicar correctamente medidas preventivas y de minimización del riesgo (COEPA, 2007).

#### **4.2.8 Útilidades de la evaluación de riesgos ambientales**

- Cómo instrumento para identificar los riesgos a tratar con mayor urgencia y elaborar una jerarquía de prioridades sobre las necesidades de investigación y actuación.
- Como mecanismo de ayuda en el proceso de toma de decisiones sobre riesgos, especialmente en la elección entre las distintas opciones de actuación, como por ejemplo las opciones de reducción de riesgos.
- Como medio de comparación entre distintos riesgos, para determinar si existe proporcionalidad entre la actuación realizada o a realizar y el riesgo planteado.

#### **4.2.9 Limitaciones de la evaluación de riesgos ambientales**

- La conjugación del principio de prevención con la evaluación y la gestión de riesgos es, en cierta medida, difícil. Su aplicación supone asumir una postura totalmente preventiva, es decir, puesto que no existe certeza, se llevan a cabo todas las acciones que hipotéticamente podrían prevenir las consecuencias del proceso. Esto se constata ante problemas como el del calentamiento de la tierra, pues, aunque la ausencia de medidas puede tener consecuencias enormes, la acción necesaria para prevenir dicho calentamiento conlleva importantes repercusiones sociales, políticas y económicas, por lo que, en este caso, es inviable conjugar la prevención con la evaluación y la gestión de riesgos ambientales
- Ante un problema determinado, la evaluación de riesgos requiere identificar las partes en que se puede dividir, para centrarse en cada una de estas más que en el conjunto del problema.
- La evaluación de riesgos puede propiciar un exceso de dependencia y de confianza en los resultados. Esta desventaja se manifiesta sobre todo en los segmentos de riesgo de gran incertidumbre y en los que es frecuente encontrar enfoques conservadores y factores de seguridad. Los que cuestionan la certeza de los métodos de evaluación de riesgos suelen alegar que no es adecuado depender de evaluaciones de riesgos basadas en una metodología incierta (Cabezas, 2009).

### 4.3 MARCO CONCEPTUAL

Es menester brindar en este documento el significado de algunos conceptos que se manejarán en el mismo, con el fin de ubicarnos en el contexto.

**Riesgo ambiental:** (UNE:150008) Resultado de una función que relaciona la probabilidad de ocurrencia de un determinado escenario de accidente y las consecuencias negativas del mismo sobre el entorno natural, humano y socioeconómico.

Riesgo = f (probabilidad o frecuencia , consecuencia)

Habitualmente esta función toma la forma del siguiente producto:

Riesgo = Probabilidad/Frecuencia x Consecuencias

**Probabilidad:** Medida de la oportunidad de ocurrencia expresada como un número entre 0 y 1.

**Análisis del riesgo:** Proceso sistemático para entender la naturaleza del riesgo y deducir el nivel del riesgo.

**Consecuencia:** Resultado o impacto de un evento (NTC 5254).

**Riesgo ambiental:** Resultado de una función que relaciona la probabilidad de ocurrencia de un determinado escenario de accidente y las consecuencias negativas del mismo sobre el entorno natural, humano y socioeconómico (UNE 150008).

**Evaluación del riesgo ambiental:** es el proceso mediante el cual se determina si existe una amenaza potencial que comprometa la calidad del agua, aire o suelo, poniendo en peligro la salud del ser humano como consecuencia de la exposición

a todos los productos tóxicos presentes en un sitio, incluyendo aquellos compuestos tóxicos presentes que son producto de actividades industriales ajenas al sitio o cualquier otra fuente de contaminación, y define un rango o magnitud para el riesgo (MINAN, 2009).

**Reducción del riesgo:** acciones que se toman para reducir la posibilidad y consecuencias asociadas a un riesgo (UNE: 150008).

**Aguas residuales:** Agua que contiene material disuelto y en suspensión, luego de ser utilizado por una comunidad o industria (RAS, 2000).

**Aguas residuales municipales:** Agua residual de origen doméstica, industrial, comercial que contiene desechos humanos (RAS, 2000).

**Coliformes fecales:** Son microorganismos eliminados a través de la materia fecal y son utilizados como indicadores de contaminación biológica (RAS, 2000).

**Contaminación:** Se entiende por contaminación la presencia en el aire, agua o suelo de sustancias o formas de energía no deseables en concentraciones tales que puedan afectar al confort, salud y bienestar de las personas, y al uso y disfrute de lo que ha sido contaminado (Encinas, 2011).

**Cuenca hidrográfica:** Cuenca Hidrográfica, se refiere a la definición geográfica de la misma, es el contorno o límite de la misma que drena agua en un punto en común (Ordoñez, 2011).

**Demanda bioquímica de oxígeno:** parámetro que mide la cantidad de sustancias susceptibles de ser oxidadas por medios químicos que hay disueltos en una muestra líquida. (mide grado de contaminación) (RAS, 2000)

**Demanda química de oxígeno:** parámetro que mide la cantidad de oxígeno consumido al degradar la materia susceptible de ser consumida u oxidada por medios biológicos que contiene una muestra líquida, disuelta o en suspensión (RAS, 2000).

**Mitigación:** La mitigación es la definición de medidas de intervención dirigidas a reducir o atenuar el riesgo. La mitigación es el resultado de la decisión política respecto de un nivel de riesgo aceptable obtenido de un análisis extensivo del mismo y bajo el criterio de que dicho riesgo es imposible de reducir totalmente (Chardon y Gonzáles, 2002).

**Impacto Ambiental:** (Obando, 2009), se refiere al impacto ambiental como la alteración del medio ambiente, provocada directa o indirectamente por acciones humanas (labores mineras) o actividad en un área determinada. Este autor, opina que los impactos ambientales pueden ser positivos o negativos, es decir, beneficiosos o no deseados.

**Desarrollo sostenible:** Se entiende por desarrollo sostenible el que conduzca al crecimiento económico, a la elevación de la calidad de la vida y al bienestar social, sin agotar la base de recursos naturales renovables en que se sustenta, ni deteriorar el medio ambiente o el derecho de las generaciones futuras a utilizarlo para la satisfacción de sus propias necesidades (Ley 99 del 93).

**Accidente:** Evento indeseado e inesperado que ocurre rápidamente causando daños a la propiedad, a las personas y/o al medio ambiente.

**Receptor:** es el componente específico del medio ambiente sometido a estudio sobre el que puede haber impacto; ejemplo: fauna, flora, hábitats.

**Evento:** suceso corto o momentáneo.

#### 4.4 MARCO CONTEXTUAL

El río Cesar, que recorre 280 km entre los departamentos de La Guajira y el Cesar, junto con sus afluentes conforma una cuenca que se encuentra localizada al sureste de la Sierra Nevada de Santa Marta y al occidente de la Serranía de Perijá con una extensión aproximada de 1 776 900 hectáreas (Guzmán, 2013).



Imagen 2: Ubicación del STAR el salguero  
Fuente: Google Maps, 2017.

#### Geología

Los eco-región del departamento del Cesar se presentan un subsuelo de rocas ígneas y sedimentarias cuyas edades varían desde el triásico hasta el cuaternario. En el piedemonte de las estribaciones de la Sierra Nevada de Santa Marta afloran y se extienden rocas ígneas y sedimentarias correspondientes a la Formación Guatapurí, formación Volcánico Ríolítico, el Grupo Cogollo respectivamente y rocas sedimentarias no consolidadas correspondiente a los Depósitos de Llanura de Inundación (Acuña, 2013).

## **Temperatura**

Para el caso de la cuenca del río Cesar, la cual nace en las estribaciones del costado suroriental de la Sierra Nevada de Santa Marta, está rodeada entre el valle del río Ariguaní y la Serranía del Perijá, la Temperatura para esta cuenca se encuentra relativamente estable con una fluctuación de dos (2) grados centígrados durante el año, y varía entre los 27,5 °C a los 29,5 °C, lo cual nos permite evidenciar que la cuenca presenta un clima cálido desértico según la clasificación Caldas-Lang, por presentar valores promedios superior a los 25 °C, precipitaciones inferior a los 1000 mm en todo su territorio, y encontrarse en alturas inferior a los 1000 m.s.n.m. Según la clasificación de Holdridge pertenece a cálido semiárido (Acuña, 2013).

## **Ecología**

Vegetación El valle del río Cesar pertenece a la clasificación climática Bosque Seco Tropical. Las especies más representativas de la región, que corresponde a bosque seco tropical, están representadas por los géneros Cassia, Tabebuia, Crescentia e Inga entre otras con nombres comunes como acacias, cañaguates, guanábanos, cedros, ceibas y una importante variedad de especies foráneas muy adaptadas ya al medio local como los mangos, eucaliptos y cítricos.

## **Fauna**

La fauna silvestre en la actualidad se encuentra muy afectada, los felinos y mamíferos como el tigrillo y los venados son actualmente una rareza sobresaliendo casi exclusivamente los reptiles representados por las iguanas, lagartijas y algunas serpientes como boas, falsas corales, y mapaná.

## **Suelos**

La eco-región Valle del río Cesar cuenta con suelos de alta productividad por lo que tradicionalmente se ha constituido en uno de los pilares sobre los que se sustenta el potencial económico del departamento del Cesar, ya que en ella tienen asiento los procesos productivos más importantes que contribuyen de manera principal con el desarrollo socioeconómico del departamento. Dentro de estos sobresalen la ganadería, la agricultura, la agroindustria y la minería (Acuña, 2013).

## **Sistema de tratamiento de aguas residuales del municipio de Valledupar.**

El sistema de lagunas EL SALGUERO ubicado a mano izquierda en la vía Valledupar - La Paz, cuenta con una extensión aproximada de 115 hectáreas, consta de estructuras de entrada, desarenadores, zona de cribado, lagunas anaeróbicas, lagunas facultativas, lagunas de maduración, lagunas de secado de lodos y canal de entrega sobre el Río Cesar.

Este sistema de tratamiento de aguas residuales del alcantarillado de la ciudad de Valledupar fue diseñado para una población final proyectada al año 2.015, de 360.000 habitantes, en dos módulos con capacidad para 180.000 habitantes (Contraloría de Valledupar, 2008).

El sistema Salguero no está exento de problemas. A partir de la observación del estado de limpieza del sistema, de la calidad del agua del río Cesar en el lugar de descarga de las aguas residuales y de los resultados de laboratorio, consultores contratados por Emdupar S.A dedujeron que las reacciones biológicas internas esperadas del sistema no se están cumpliendo, generando impactos negativos en la fuente receptora que se manifiestan mediante la formación de espumas y en olores fuertes. La falta de regularidad en la limpieza de algunos segmentos del sistema y en la extracción de los lodos en todas las lagunas, hace que este aún no consiga reducir la carga contaminante de los vertimientos al río según los parámetros que exige la ley. En época de verano la situación del río Cesar se recrudece, pues al disminuir su cauce no alcanzan a diluir la contaminación de las

aguas residuales por lo que se convierten en nichos de vectores de enfermedades y pierden todo su potencial biológico (Cortés, 2016).

#### **4.5 MARCO LEGAL**

- **Constitución política de Colombia:**

Artículo 79. Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo. Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines.

Artículo 80. El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución. Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados. Así mismo, cooperará con otras naciones en la protección de los ecosistemas situados en las zonas fronterizas.

- **Ley 99 de 1993: Ley del Medio Ambiente.**

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. “Establecer los límites máximos permisibles de emisión, descarga, transporte o depósito de sustancias, productos, compuestos o cualquier otra materia que pueda afectar el medio ambiente o los recursos naturales renovables; del mismo modo, prohibir, restringir o regular la fabricación, distribución, uso, disposición o vertimiento de sustancias causantes de degradación ambiental.

Los límites máximos se establecerán con base en estudios técnicos, sin perjuicio del principio de precaución” (Artículo 25).

- **Decreto 1076 del 2015:**

Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Sobre las tasas retributivas por vertimientos puntuales de agua, estas se cobrarán por parte de la autoridad ambiental competente a los usuarios por la utilización directa e indirecta del recurso hídrico como receptor de vertimientos puntuales directos o indirectos y sus consecuencias nocivas, originados en actividades antrópicas o propiciadas por el hombre y actividades económicas o de servicios, sean o no lucrativas. La tasa retributiva por vertimientos puntuales directos o indirectos, se cobrará por la totalidad de la carga contaminante descargada al recurso hídrico, y se aplicará incluso a la contaminación causada por encima de los límites permisibles sin perjuicio de la imposición de las medidas preventivas y sancionatorias a que haya lugar. El cobro de la tasa no implica bajo ninguna circunstancia la legalización del respectivo vertimiento.

- **Resolución 0631 del 17 marzo de 2015:**

Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos ´puntuales a cuerpos de agua superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y dictan otras disposiciones.

Los parámetros fisicoquímicos y sus valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales de Aguas Residuales Domésticas, (ARD) y de las Aguas Residuales no Domésticas (ARND), de los prestadores del servicio público de alcantarillado a cuerpos de aguas superficiales (Artículo 8).

- **Resolución 1514 del 2012:**

Por el cual se adoptan los términos de referencia para la elaboración del plan de gestión del riesgo para el manejo de vertimientos. Propender por la seguridad técnica y operacional del sistema de gestión del vertimiento, para evitar la afectación de las condiciones ambientales y sociales del área de influencia, ante la ocurrencia de una descarga en condiciones que impidan o limiten el cumplimiento de la norma de vertimientos.

## **5. METODOLOGÍA**

### **5.1 Tipo de investigación**

Esta investigación se determina como investigación descriptiva ya que busca que los autores de este proyecto describan situaciones y eventos. En ella se destacan las características o rasgos de la situación, fenómeno u objeto de estudio (Sierra, 2012).

Los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades importantes de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno que sea sometido a análisis, miden o evalúan diversos aspectos, dimensiones o componentes del fenómeno o fenómenos a investigar (Ibarra, 2011).

### **5.2 Población y muestra**

La población objeto de esta investigación es el río Cesar en la zona de influencia del sistema de tratamiento de Valledupar a la altura del puente salguero, de donde se van a tomar muestras del agua del río en los puntos que se describen en la metodología, para su posterior caracterización y análisis.

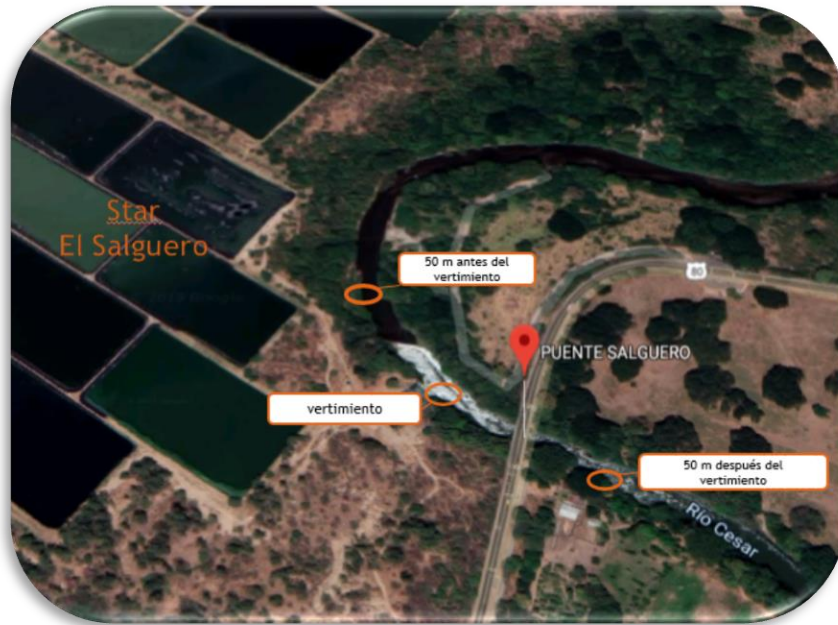


Ilustración 1 Puntos de muestreo, fuente :google y autores 2018

### 5.3 Metodología a seguir

La metodología que se describe a continuación para la formulación del panorama de riesgo ambiental en el sitio de estudio tiene como base las directrices dadas por la Guía Técnica Colombiana 104:2009, complementado con criterios de la Guía 5254: 2010 y la resolución 1514 del 2012.

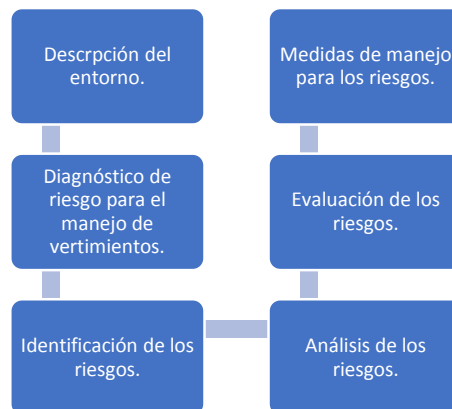


Imagen 3: Metodología a seguir.  
Fuente: Autores, 2018

## Etapa 1: Descripción del entorno (determinación de la vulnerabilidad del sector)

### Contexto externo:

En el contexto externo se describieron las condiciones ambientales, esto permitió identificar los elementos vulnerables que se vieron afectados por la materialización de los riesgos generados por el sistema de tratamiento de aguas residuales el salguero. En el contexto externo que es propiamente dicho, el sector del río Cesar, a la altura del vertimiento que realiza el STAR el salguero, se propuso acotar este sector, tomando muestras simples 50 metros aguas arriba y 50 metros aguas abajo del punto de vertimiento que realiza el sistema de tratamiento de aguas residuales de Valledupar; así como muestras en el efluente del sistema de tratamiento de aguas residuales; se tomaron muestras en estos puntos una sola vez para los siguientes parámetros:

**Tabla 2.** Técnicas y parámetros del agua residual.

Parámetro	Método	Equipo utilizado
Sólidos suspendidos totales	Gravimétrico	Aparatos de filtración, estufa, mufla, desecador, balanza analítica, probetas.
DBO	Método de dilución	Botella de vidrio de 300ml, botella para lavado de 500ml, tijera grande, pipeta serológica, llenador de pipeta.

<b>DQO</b>	Método espectrofotométrico, reflujo cerrado	Espectrofotómetro, digestor, tubo de digestión matraces, pipetas
<b>Nitrógeno total</b>	KJELDAHL	Pastilla de ebullición, carburo de silicio, probeta, pipeta, Aparato de digestión Digesdahl.
<b>Fosforo</b>	PhosVer 3	Reactor de DQO de 115/230, adaptador de DQO, microembudo, pipeta y su soporte,
<b>Coliforme fecal</b>	Filtración por membrana	Equipos de filtración, incubadora, balanza, equipo de recuento, placa de Petri, tubos de ensayo, pipetas.
<b>Coliforme total</b>	Filtración por membrana	Equipos de filtración, incubadora, balanza, equipo de recuento, placa de Petri, tubos de ensayo, pipetas
<b>Mercurio Total</b>	Método de Espectrofotometría de Absorción Atómica por Vapor Frío	Espectrofotómetro. Pipeta. Balanza Erlenmeyer.

Fuente: Laboratorio, 1996

Para complementar la descripción del entorno externo, se tuvieron en cuenta tres elementos principales, para la descripción de los siguientes elementos nos apoyamos en información de fuentes primarias y secundarias.

- **Entorno natural:** calidad del recurso hídrico, flora y fauna.
- **Socioeconómico:** Uso del suelo, actividades económicas.

### **Contexto interno:**

En el contexto interno se realizó la descripción de actividades y procesos asociados al sistema de gestión del vertimiento.

- Descripción del vertimiento.
- Tratamiento de aguas residuales.
- Frecuencia de descarga expresada en días por mes.
- Tiempo de descarga expresada en horas por día.
- Tipo de flujo de descarga.

### **Etapa 2: Diagnostico de riesgo para el manejo de vertimientos**

Para identificar el estado en el que se encuentra el sistema de tratamiento, se realizó una lista de chequeo que se enfocó en la calidad, ubicación, monitoreo y cumplimiento de la normatividad vigente de la PTAR. Para cada ítem, diez (10) es el puntaje mínimo y cien (100) es el puntaje máximo. Para calcular el porcentaje final se utilizó la siguiente fórmula:

$$\frac{\textit{Puntaje Total}}{1200} * 100$$

Fuente: Res. 1540 del 2012

La tabla 3, registra los rangos de aprobación del funcionamiento de la PTAR:

**Tabla 3.** Rangos de calificación.

<b>Excelente</b>	<b>86 % a 100 %</b>
<b>Eficiente</b>	<b>66 % a 85 %</b>
<b>Aceptable</b>	<b>50 % a 65 %</b>
<b>Deficiente</b>	<b>&lt; 10 % a 49 %</b>

**Fuente:** Res.1514 del 2012

La tabla 4, muestra la lista de chequeo empleada para la evaluación del sistema de tratamiento de aguas residuales el salguero.

**Tabla 4.** Diagnóstico de riesgo para el manejo de vertimientos.

TIPOS DE RIESGOS DEL RECURSO HÍDRICO			
MATRIZ DE ANÁLISIS DE RIESGOS PARA EL SISTEMA DE VERTIMIENTO			
PREGUNTA	<b>SÍ</b>	<b>EN OCASIONES</b>	<b>NO</b>
	<b>100 puntos</b>	<b>60 puntos</b>	<b>10 puntos</b>
<b>¿El sistema se encuentra ubicado en un sitio adecuado para la empresa y el entorno?</b>			

¿El sistema produce impacto negativo al área de estudio?			
¿El tamaño del sistema es apropiado para la cantidad de aguas residuales que genera el municipio?			
¿Existe un monitoreo y/o control del sistema?			
¿Se cumple con la normatividad ambiental vigente?			
¿El sistema emite fuerte olores al ambiente?			

Fuente: Tomada y adaptada de la res.1514 del 2012.

### **Etapa 3: Identificación de los riesgos**

Para la identificación de los diferentes riesgos que podrían existir en el sistema de tratamiento de aguas residuales, se utilizó la metodología “¿Qué pasa si...?”, es un método que consiste en cuestionarse “qué pasa si aparecen sucesos indeseados en la instalación”, de esta manera diseñamos una tabla con preguntas que destacan la situación accidental y los riesgos identificados que se derivan.

**Tabla 5.** Identificación de los peligros.

¿Qué pasa sí?	Peligro identificado	Suceso pronosticado
---------------	----------------------	---------------------

Fuente: Autores, 2018

#### **Etapa 4: Análisis de los riesgos**

Teniendo en cuenta el criterio de la Guía GTC 104 del 2009, que, sugiere que para el análisis de riesgos ambientales usualmente se hace mediante el método cualitativo, esta investigación siguió esta recomendación; también se decidió adoptar este método ya que es uno de los más sencillos y con una muy buena eficiencia.

El análisis cualitativo usa una escala de **descripciones** para examinar los impactos de cada evento que se origina y su **posibilidad**.

**Tabla 6.** Medición cualitativa de la posibilidad.

Nivel	Descriptor	Descripción
<b>A</b>	Casi seguro.	Se espera que ocurra en la mayoría de las circunstancias.
<b>B</b>	Probable.	Probablemente ocurra en la mayoría de las circunstancias.

<b>C</b>	Posible.	Podría ocurrir.
<b>D</b>	Improbable.	Podría ocurrir, pero no se espera.
<b>E</b>	Raro	Ocurre solamente en circunstancias excepcionales.

Fuente: GTC 104:2009

**Tabla 7.** Medición cualitativa del impacto.

Nivel	Descriptor	Descripción detallada.
<b>1</b>	Catastrófico	
<b>2</b>	Importante	
<b>3</b>	Moderado	
<b>4</b>	Secundario	
<b>5</b>	Insignificante	

Fuente: GTC 104:2009

**Tabla 8.** Matriz para el análisis cualitativo del riesgo: Nivel del riesgo.

Posibilidad.	Consecuencia.				
	<b>Catastrófic</b>	<b>Important</b>	<b>Moderad</b>	<b>secundari</b>	<b>Insignificant</b>
	<b>a</b>	<b>e</b>	<b>a</b>	<b>o</b>	<b>e</b>
<b>Casi seguro.</b>	E	E	E	A	A
<b>Probable.</b>	E	E	A	A	M

<b>Posible</b>	E	E	A	M	A
<b>Improbable</b>	E	A	M	B	A
<b>Raro.</b>	A	A	M	B	A

Fuente: GTC 104:2009

• **Convenciones:**

**E** = riesgo extremo, exige acción inmediata.

**A** = riesgo alto, es necesaria la atención por parte de la alta dirección.

**M** = riesgo moderado, se debe especificar la responsabilidad de la dirección.

**B** = riesgo bajo, gestionado mediante procedimientos de rutina.

**Etapa 5: Evaluación de los riesgos**

La evaluación del riesgo se realizó comparando el nivel de riesgo hallado durante el proceso de análisis con los criterios de riesgos establecidos, es decir:

Comparación del nivel del riesgo VS Criterio de riesgo: Evaluación

**Tabla 9.** Evaluación de los riesgos.

Criterio	Nivel de riesgo			
	B	M	A	E
Insignificantes 1				
Leves 2				
Graves 3				
Catastróficos 4				

Fuente: GTC 104:2009.

**Convenciones:**

Riesgos con nivel aceptable.
Riesgo inaceptable e intolerante.
Inaceptable, pero puede ser tolerable

**Etapa 6: Medidas de manejo para los riesgos**

Las medidas de manejo se hicieron con base en los riesgos encontrados, de esta manera se establecieron medidas tanto preventivas como correctivas.

## 6. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

**Etapas 1: Descripción del entorno (determinación de la vulnerabilidad del sector)**

**Contexto externo**

**Tabla 10.** Resultados de la caracterización de los parámetros.

PARÁMETROS	50 METROS AGUAS ARRIBA	PUNTO DE VERTIMIENTO	50 METROS AGUAS ABAJO
<b>DBO</b>	69,4 Mg/L	59,6 Mg/L	92,57 Mg/L
<b>DQO</b>	147,0 Mg O <sub>2</sub> /L	159,9 Mg O <sub>2</sub> /L	185,22 Mg O <sub>2</sub> /L
<b>SST</b>	63,0 Mg/L	73,35 Mg/L	98,4 Mg/L
<b>NITROGENO TOTAL</b>	5,0 Mg N/L	25,16 Mg N/L	4,75 Mg N/L
<b>FOSFORO TOTAL</b>	1,77 Mg P/L	2,91 Mg P/L	1,94 Mg P/L
<b>COLIFORMES TOTALES</b>	110*10 <sup>3</sup>	36*10 <sup>5</sup>	95*10 <sup>5</sup>

<b>COLIFORMES FECALES</b>	79*10 <sup>3</sup>	160*10 <sup>3</sup>	120*10 <sup>4</sup>
<b>MERCURIO</b>	0,0002 Hg	0,0003 Hg	<0,01Hg

**Fuente:** Autores, 2018.

Según la cantidad de oxígeno que sea requerida para la oxidación de la materia orgánica, así será mayor o menor la DBO y la DQO. La DBO mide la cantidad de oxígeno requerida para que se dé la oxidación biológica de la materia orgánica presente en el agua, aquella que sea biodegradable. La DQO mide la cantidad de oxígeno requerida para que se dé la oxidación química de la materia orgánica presente en el agua, en ella se incluye toda la materia oxidable, incluida aquella que los microorganismos no pueden degradar, es por esto por lo que la DQO es mayor que la DBO.

Tal y como se mencionó, el efluente de la planta de tratamiento cuenta con una DQO aproximadamente 2 veces mayor que la DBO. La relación DQO: DBO indica la biodegradabilidad de las aguas residuales. En teoría, si esta se encuentra cercana a 2:1 quiere decir que es muy biodegradable, y entre mayor sea la relación, será más difícil que los microorganismos puedan degradar dicha materia.

En cuanto al parámetro SST se observa un aumento después del vertimiento, sin embargo, hay que aclarar que el río Cesar arrastra sus propios sólidos como la arena, arcillas, madera, hojarasca, etc. La erosión de las riberas del río Cesar es una de las fuentes principales de sólidos que transporta.

No se presenta un aumento en el nitrógeno del agua del río Cesar, por tanto, no se espera una disminución del oxígeno disuelto que es el efecto cuando hay

presencia de estos iones en el agua, además no se esperan afectaciones ni a la flora ni fauna por causa de este parámetro (Vásquez, 2009; Sierra, 2011).

Tanto las actividades agropecuarias como las de vertimiento, llevan concentraciones de fósforo que caen al río Cesar, pese a esto no se observa un aumento en las concentraciones de fosforo después del vertimiento, de lo cual se puede inferir que el río cuenta con la capacidad de depuración y asimilación para este parámetro, teniendo en cuenta que el aporte de fosforo por parte del sistema es de 2,91 muy por encima de 1,77 que es la concentración que presenta el río aguas abajo.

Las concentraciones de mercurio en aguas río abajo no fueron detectadas por la metodología empleada (límite de detección < 0.01).

Los resultados de este estudio coinciden con la investigación realizada por Corpocesar (2014) en donde concluyen que el vertimiento el Salguero, influye sobre los contenidos de materia orgánica que lleva el río Cesar. Las características fisicoquímicas estudiadas en el río Cesar demostraron que en general se comporta como un ambiente eutrofizado con las altas concentraciones de materia orgánica y bajas concentraciones de metales, se miden altas concentraciones de Sólidos Totales, Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Coliformes Fecales, lo cual permite evidenciar el grado de contaminación por materia orgánica aguas abajo del vertimiento del STAR el Salguero.

NOTA: Se hace la observación que los resultados aquí expuestos son originales y de total transparencia, los cuales no están totalmente relacionados con otras investigaciones, concluyendo que pudo existir errores en metodología, sin embargo, también se pueden tomar como una notificación de mejora en el STAR con respecto a los parámetros Nitrógeno y Fosforo.



- **Entorno natural**

### **Flora**


La estructura de la vegetación ripiara en esta estación, es heterogénea y en algunas zonas, el estrato herbáceo está dominado por especies de malezas y pastos de hasta 1 metro de altura. El dosel está poco desarrollado y alcanza hasta 8 metros de alto. Las especies vegetales encontradas fueron:



**TABLA 11. Caracterización de flora**



ESPECIE	GÉNERO	DESCRIPCIÓN	IMAGEN
<b>Capparis badduca</b>	Capparis	Son arbustos a árboles, glabros o pubescentes con tricomas lepidotopeltados, estrellados, equinoides, y/o cortos y simples; plantas hermafroditas. Hojas simples o 1-folioladas, enteras; pecíolos cortos a largos, a veces con pulvínulos basales y apicales; estípulas diminutas escamiformes o ausentes.	
<b>Capparis indica</b>			


<p><b>Senegalia riparia</b></p>	<p>Senegalia</p>	<p>Plantas vasculares de bosques secos prioritarios para la conservación en los departamentos de Atlántico y Bolívar (caribe colombiano) éstas plantas vasculares se han reportado en los bosques secos de Colombia.</p>	
<p><b>Cordia dentata</b></p>	<p>Cordia alba</p>	<p>Poseen este nombre porque poseen pequeños dientes en el borde de sus hojas, las cuales son una continuación de los nervios secundarios. Se le da el uso como fuente de alimento, y debido a la calidad de su madera puede ser posible la fabricación de muchos objetos. Tiene presencia en muchos terrenos especialmente secos o recientemente inundados.</p>	

<p><b>Prosopis juliflora</b></p>	<p>Prosopis</p>	<p>Es un árbol espinoso, nativo de México, Sudamérica y el caribe. Bajo condiciones favorables de suelo crece hasta alcanzar una altura de 20 m, con DAP de 50 cm; copa irregular de follaje ralo extendido. Hojas compuestas. De comportamiento hermafrodita. Son plantas auto incompatibles por lo que su entrecruzamiento es necesario.</p>	
<p><b>Samanea saman</b></p>	<p>Samanea</p>	<p>Es un árbol de crecimiento lento, sus raíces son superficiales y es de vida larga. Se reproduce por semilla, aunque es difícil lograr su cultivo en zonas ganaderas por ser una planta forrajera (hojas y frutos) por lo que cuando son pequeños constituyen un alimento muy apetecible por el ganado y por lo tanto, vulnerables. Como dato curioso, se ha dado el</p>	

		<p>caso de que algunos samanes han logrado crecer espontáneamente en los Llanos venezolanos a partir de alguna semilla en la bosta del ganado.</p>	
<p><b>Enterolobium cyclocarpum</b></p>	<p>Enterolobium</p>	<p>Es un árbol muy alto y muy ancho también, por lo que a menudo tiene la apariencia de un samán, del que se diferencia por ser más alto y abierto, es decir, menos achaparrado y también por sus frutos. El fruto en legumbre tiene forma de círculo helicoidal, de modo que el ápice toca casi con la base. El tronco puede alcanzar 16 dm de ancho, y hay ejemplares de 4 m de diámetro. Alcanza alturas de 16 a 28 m con una gran expansión del ramaje. Las hojas recuerdan al tamarindo.</p>	

<p><b>Bahuinia (bejuco cadena)</b></p>	<p>Bahuinia</p>	<p>Alcanzan alturas típicas de 6-12 m y sus ramas se extienden de 3-6 m de longitud. Las hojas lobuladas normalmente son de 10-15 cm de ancho.</p>	
<p><b>Hylocereus undatus (cactus trepador)</b></p>	<p>Hylocereus</p>	<p>Es una planta de tallos color verde oscuro, de hábito rastrero y trepador que se ramifica profusamente. Los segmentos pueden medir hasta 1,20 m y los tallos pueden alcanzar una longitud de hasta 10 m con un grosor de 10 a 12 cm. Posee 3 angulosas costillas, con márgenes ondulados que se vuelven córneos con la edad, y areolas de 2 mm de diámetro con internados de entre 1 a 4 cm.</p>	

<p><b>Olea europea (Olivo)</b></p>	<p>Olea</p>	<p>Es un árbol pequeño perennifolio, longevo, que puede alcanzar hasta 15 m de altura, con copa ancha y tronco grueso, de aspecto retorcido. Su corteza es finamente fisurada, de color gris o plateado. Tiene las hojas opuestas, de 2 a 8 cm de largo, lanceoladas con el ápice ligeramente puntiagudo, enteras, coriáceas, glabras y verdes grises oscuras por el haz, más pálidas y densamente escamosas por el envés, más o menos sésiles o con un peciolo muy corto.</p>	
<p><b>Mentha spicata (Hierbabuena)</b></p>	<p>Mentha</p>	<p>Alcanza los 30 cm de altura. Las hojas le dan su nombre por su forma lanceolada (spica significa 'lanza' en latín); son muy aromáticas, serradas, glabras, pilosas por el envés.</p>	
		<p>Son arbustos y árboles, mayormente siempre</p>	

<p><b>Coccoloba acuminata (árbol de maíz tostado)</b></p>	<p>Coccoloba</p>	<p>verdes. Hojas alternas, con frecuencia grandes (a muy grandes en algunas especies), y en plantas juveniles con diferentes formas y tamaños que en las plantas adultas. Flores en espigas. Fruto aquenio triangulado, envuelto por un carnosos y brillante perianto, comestible en algunas especies, aunque por lo general astringente.</p>		
---	------------------	---	---	--

*Fuente: Autores, 2018*

En la zona caracterizada que abarca las zonas de muestreo dentro de la cuenca media, se identificaron 12 especies entre malezas, arbustos y árboles, nativos e inducidos, ya adaptados en el territorio.

La zona de influencia del proyecto presenta en un área de muestreo de 800 m<sup>2</sup> se registraron 11 morfoespecies, el mayor número de individuos pertenecen a la Familia Fabaceae, representada en esta estación por cinco morfoespecies siendo *Prosopis juliflora* la que mayor número de individuos presentó (20), y están representados por árboles entre 3 y 7 m de alto, también formas arbustivas de 2 metros de alto. El valor del área basal fue de 1,460 m<sup>2</sup> y la densidad 0.085 ind/m (corpocesar).

**Tabla 12.** Flora del entorno.

Estrato			
	Arbóreo	Arbustivo	Herbáceo
Especies	5	9	3
Área basal m <sup>2</sup>	1,01	0,40	0,00
Porcentaje de cobertura	899,6	448,4	3,92

Fuente: Corpocesar

## Fauna

La caracterización de flora y fauna se realizó dentro de visitas a la STAR y a la cuenca media, dentro del rango de muestreo, realizando observaciones y recolección de especies identificadas y formando una lista de lo observado, las visitas se realizaron en diferentes días, se recolectaron imágenes propias y de otras fuentes, ya que, se hizo difícil fotografiar a algunas especies. Se registraron insectos, aves, reptiles, anfibios y mamíferos, se observan dentro de las especies más comunes, además se apoyó en información secundaria de

estudios en Corpocesar. En la cuenca del río Cesar estudiada se encontraron las siguientes poblaciones:

Especie	Género	Descripción	Imagen
<b>Jabiru mycteria</b>	Jabirú	<p>Es una especie de ave ciconiforme. Con una altura de 120 a 140 cms y una envergadura (alas desplegadas), de 3m, come cadáveres aunque sea carnívoro, prefiere pescar dentro del agua. No es una ve sociable. Se le encuentra en solitario; las parejas construyen nidos voluminosos sobre grandes árboles, con puestas de 2 a 4 huevos.</p>	 <p>Fuente: (Taly,2019)</p>

<p><b>Cairina mostacha</b></p>	<p>Cairina</p>	<p>Su hábitat típico corresponde al de los sitios arbolados con suficiente agua dulce, preferiblemente en humedales, lagunas o en cercanías de arroyos o ríos de corriente lenta. En tales zonas se les suele encontrar posados sobre las ramas de los árboles próximos a los espejos o corrientes de agua.</p>	
<p><b>Mycteria americana</b></p>	<p>Mycteria</p>	<p>Es una especie de ave ciconiforme de la familia ciconiidae ampliamente distribuida en regiones cálidas de América del sur, Centroamérica y el sur de América del Norte. Es también conocida localmente como gabán huesito, cayama, pontoc, cabeza seca y tuyuyú</p>	

<p><b>Dendrocygna autumnalis</b></p>	<p>Dendrocygna</p>	<p>Este ánade es comúnmente llamado Güirirí o Yaguaso Pico Rosado gracias a la combinación de su canto y color del pico que en realidad es más bien de un tono coral intenso que resalta con el tono gris opaco en la cara y parduzco de la cabeza. La parte superior del cuello es grisácea y la inferior castaña hasta el pecho donde va adquiriendo un tono gris parduzco hasta unirse con el abdomen negro. La espalda es castaña rojiza y las alas negras con una gran mancha blanca que se distingue mientras vuela.</p>	<p>Fuente:( Taly,2019)</p>  <p>Fuente:( Taly,2019)</p>
--------------------------------------	--------------------	--	---

**Allouata  
seniculus**

Allouata

La especie habita principalmente en bosques primarios de baja altitud, bosque seco caducifolios, bosques de neblina, bosques de galería, manglares y bosques de várzea. Se lo ha observado hasta los 3200 msnm en Colombia; en Ecuador se halla en la selva tropical lluviosa de la cuenca amazónica entre los 200 y 2000 msnm, siendo más frecuente a menos de 700 msnm



Fuente: Taly, 2019



<b>Cebus capucinus</b>	Cebus	<p>Es un mono de tamaño mediano, que alcanza en peso hasta 3.9 kg (1500 - 4000 g). Son casi completamente negros, pero tienen cara rosada y pelo blanco en gran parte del frente de su cuerpo, por eso se les llama comúnmente "monos cariblanco". En su hábitat natural es muy versátil, adaptándose a varios tipos de bosques y consumiendo muchos tipos de comida que incluyen frutas, diferentes vegetales, invertebrados y pequeños vertebrados.</p>	 <p>Fuente: Taly,2019</p>
------------------------	-------	---	--

**Prochilodus  
magdalenae  
(bocachico)**


Prochilodus

Durante la época de aguas altas permanece en las ciénagas alimentándose del detritus proveniente de la descomposición de materia orgánica de la vegetación acuática, aumentando en tamaño y peso. Con el inicio del periodo de aguas bajas, abandona las ciénagas y remonta los ríos en busca de los tributarios laterales, en una migración masiva conocida como "la subienda".



<p><b>Sorubim cuspicaudus</b></p>	<p>Sorubim</p>	<p>Los machos pueden llegar alcanzar los 80 cm de longitud total. En promedio, miden 52,8 cm de longitud y pesan 581,5 g. Las hembras presentaron mayor longitud que los machos.</p>	
<p><b>Ardea alba</b></p>	<p>Ardea</p>	<p>Es solo ligeramente menor que la garza real o la garza azulada. En su plumaje reproductivo presenta en la espalda largas y finas plumas ornamentales que suelen erizar. Machos y hembras son idénticos en apariencia, y los juveniles se parecen a los adultos en plumaje no reproductivo.</p>	

<b>Chiroptera</b>		<p>Son los únicos mamíferos capaces de volar, se han extendido por casi todo el mundo y han ocupado una gran variedad de nichos ecológicos diferentes. Desempeñan un papel ecológico vital como polinizadores, como controladores de plagas de insectos y pequeños vertebrados.</p>	
<b>Iguana</b>	Iguana	<p>Viven normalmente en árboles, alrededor de 1,2 m sobre el suelo. A pesar de su tamaño, pueden moverse velozmente entre las plantas y son excelentes trepadoras.</p>	

<b>Formicidae</b>	Pogonomyrmex spp	Es muy raro verlas dentro de las casas ya que su hábitat natural son los campos con zonas secas y cálidas. Recolectan y almacenan semillas en el interior de su hormiguero para su posterior consumo.	
-------------------	------------------	---	---

**Tabla 13.** Caracterización de la fauna

*Fuente: Autores, 2018*

- **Socioeconómico**

En el ámbito socioeconómico se presenta el predominio del latifundio, con una dinámica económica orientada hacia la ganadería extensiva del 63 % (Poveda, 2006), caracterizada por bajos niveles tecnológicos y escasa aplicación industrial. En general los índices muestran que el modelo, genera concentración de ingresos, siendo proclive a incrementar la pobreza y la marginalidad en un 58 % (PNUD, 2011).

Además, la pesca es una actividad relevante de la población; se caracteriza por ser de subsistencia y artesanal, incluso existe una pequeña asociación de pescadores (ASOPESCAV).

En los alrededores de la zona se identifican asentamientos lejanos a posibles afectaciones directamente, individuos pertenecientes a ámbitos laborales (militares, ingenieros, conductores) personas indigentes y que van a realizar alguna actividad personal.

Personas que habitan las invasiones intentaron robar la geomembrana para usarla de techo en sus viviendas improvisadas, generando posibles infiltraciones de estas aguas en el suelo y zonas de peligro para empleados del sitio y personal que ingrese a la zona, no siendo estos grupos idealizados como al Margen de la Ley pero que están afectando al funcionamiento del sistema generando consecuencias negativas sobre el medio, la comunidad y la empresa, esta información es sustentada por los trabajadores dentro de la STAR.

### **Contexto interno**

- **Descripción del vertimiento**

Los efluentes procedentes de las lagunas se vierten directamente al río Cesar, aproximadamente a unos 300 m aguas arriba del Puente Salguero. El tipo de

flujo de descarga es superficial a través de dos estructuras, un canal y mediante una escalinata de aireación.

- **Tratamiento de aguas residuales**

Primeramente, en la entrada del sistema de tratamiento de aguas residuales se encuentran dos compuertas que permiten repartir el agua residual, logrando que estas mismas ingresen a la planta para aplicarles sus respectivos procesos; sin embargo, en caso de haber desbordamiento por el exceso de caudal debido a las lluvias prolongadas, se abre la segunda compuerta que es la que permite que el agua se vierta directamente al río, debido a que no se puede suplir la demanda ocasionada.



***Ilustración 2:** Cámara de reparto  
Fuente: Autores, 2018.*

Posteriormente encontramos la **zona de cribado y el desarenador** que nos conducen a las dos fases siguientes, las cuales están conformadas por cuatro módulos cada una, que contienen dos lagunas anaerobias, una facultativa y una de maduración.



**Ilustración 3:** Cribado y desarenador  
*Fuente: Autores, 2018.*

En la primera fase, se encuentran las **lagunas anaerobias**, a la fecha de hoy, presentan una degradación de 50-60% de la materia orgánica presente en las aguas residuales, es necesario tener en cuenta que el sistema está trabajando bajo una colmatación debido al incremento del caudal para el que fue diseñado inicialmente.



**Ilustración 4:** Lagunas anaerobias  
*Fuente: Autores, 2018.*

En la segunda fase, nos encontramos con las **lagunas facultativas y de maduración**, las cuales están impermeabilizadas por una geo membrana, aquí se sigue degradando biológica y químicamente la materia orgánica y se eliminan los agentes patógenos presentes.



**Ilustración 5:** Laguna de maduración  
Fuente: Autores, 2018.

El vertimiento al río cesar se realiza a través de un canal rectangular, una vez el agua pasa por el canal, debido a que es un tanto angosto, y a que la planta no tiene un proceso idóneo para eliminar los tensoactivos productos de los detergentes utilizados por toda la comunidad, se observa el inicio de la formación de pequeñas burbujas, es decir, se activan los tensioactivos. Añadiéndole a lo anterior, el hecho de que la pendiente con la cual se realiza el vertimiento, es muy elevada, esto ocasiona un cambio en el régimen, de laminar a turbulento, produciendo una fuerte descarga llena de fuerza y turbulencia, fortaleciendo la formación excesiva de las espumas, ocasionando un daño mayor al río.



**Ilustración 6:** Canal de vertimiento final  
Fuente: Autores, 2018.



**Ilustración 7:** Agua tratada antes del vertimiento  
Fuente: Autores, 2018.



**Ilustración 8:** Río Cesar antes del vertimiento  
Fuente: Autores, 2018.



**Ilustración 9:** Río Cesar después del vertimiento  
Fuente: Autores, 2018.

- **Descripción de lo identificado en visita técnica a las STAR**

Al momento de construir la laguna, y hacer la prueba de llenado del módulo 5, los contratistas no tuvieron las precauciones correctas y se llenó de aire la geo membrana generando una burbuja de metano atrapado en el centro de la laguna.

Se observó la presencia de natas en las lagunas.

El módulo 5 siempre presenta problemas, y no se ha tomado medidas para arreglar o cambiar el módulo 5 debido a los problemas y la burbuja de metano que se formó durante la construcción del complejo lagunar.

La sección de salud y seguridad en el trabajo no ha hecho la gestión para una señalización dentro del sistema, para tener mayor seguridad en la planta.

En un par de lagunas se observa un rompimiento y desgarre de la geo membrana que las permeabiliza debido a que las personas que habitan las invasiones intentaron robarla para usarla de techo en sus viviendas improvisadas, generando posibles infiltraciones de estas aguas en el suelo y zonas de peligro para empleados del sitio y personal que ingrese a la zona. El material es hurtado debido a que el metro cuadrado de este es costoso.

El tiempo de degradación de la materia organica en las lagunas anaerobias es de un día, pero debido a el caudal que está entrando al sistema, que es el doble del que fue diseñada, el tiempo de retención es menor; entre unas pocas horas para que no se colapse el sistema.

El último módulo de lagunas de maduración no se alcanzó a construir, puesto que no alcanzó el presupuesto y esa está faltando.

Presencia de espumas en el proceso de vertimiento al rio Cesar, debido también a la altura del tubo de vertido con respecto al rio.

Según la nueva norma de vertimientos la PTAR SALGUERO cumple parcialmente con los parámetros máximos permisibles, desde que se ha implementado el proyecto con microorganismos desde el año 2015.

El vertimiento del sistema de tratamiento en Salguero, influye sobre los contenidos de materia orgánica que lleva el río Cesar como se observó en resultados de

estudios consultados, existe un proceso deficiente en la retención de materia orgánica. A pesar del número de lagunas, es posible que la carga orgánica sea tan alta, que el sistema no alcanza a procesarla.

- **Frecuencia de descarga**

El caudal de salida del Sistema de Tratamiento de Agua Residual es de 517 L/s, con una frecuencia continua de 30 días al mes.

- **Tiempo de descarga**

Durante las 24 horas del día.

**Etapas 2: Diagnóstico de riesgo para el manejo de vertimientos**

**Tabla 14.** Matriz de análisis de riesgos para el sistema de tratamiento.

TIPOS DE RIESGOS DEL RECURSO HÍDRICO			
MATRIZ DE ANÁLISIS DE RIESGOS PARA EL SISTEMA DE VERTIMIENTO			
PREGUNTA	SÍ	EN OCASIONES	NO
	100 puntos	60 puntos	10 puntos
¿El sistema se encuentra ubicado en un sitio adecuado para la empresa y el entorno?	<b>X</b>		

¿El sistema produce impacto negativo al área de estudio?		<b>X</b>	
¿El tamaño del sistema es apropiado para la cantidad de aguas residuales que genera el municipio?		<b>X</b>	
¿Existe un monitoreo y/o control del sistema?		<b>X</b>	
¿Se cumple con la normatividad ambiental vigente?		<b>X</b>	

¿El sistema emite fuertes olores al ambiente?		X	
---	--	---	--

Fuente: Autores, 2018.

El STAR el Salguero tiene como “vecinos” a la Ciudad de Valledupar y al municipio de La Paz.

El reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico RAS – 2000, sección ii, título e: tratamiento de aguas residuales, reglamenta las distancias mínimas:

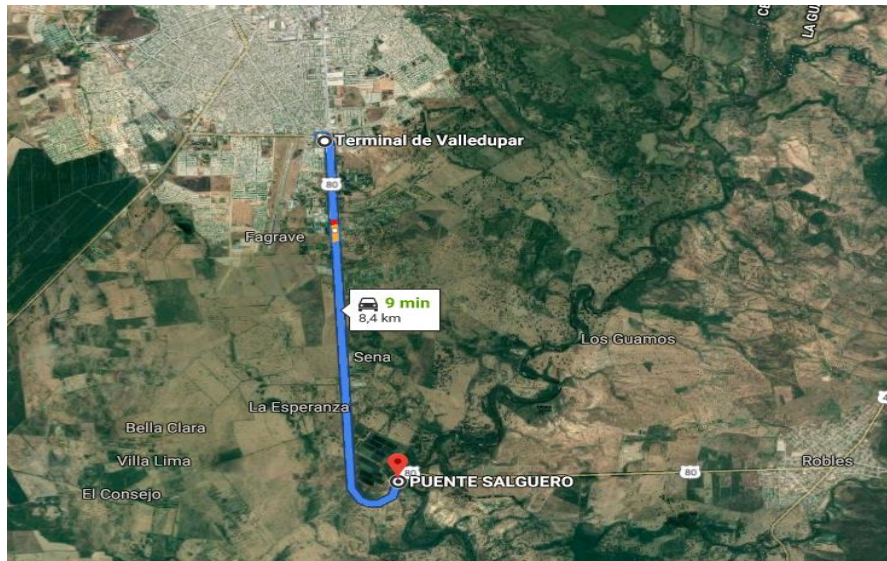
Los apartes del documento respecto a estas distancias mínimas son:

**E.4.3.3 Selección de Sitios de Ubicación de los Sistemas Centralizados, página 43.**

**Nivel alto de complejidad del sistema**

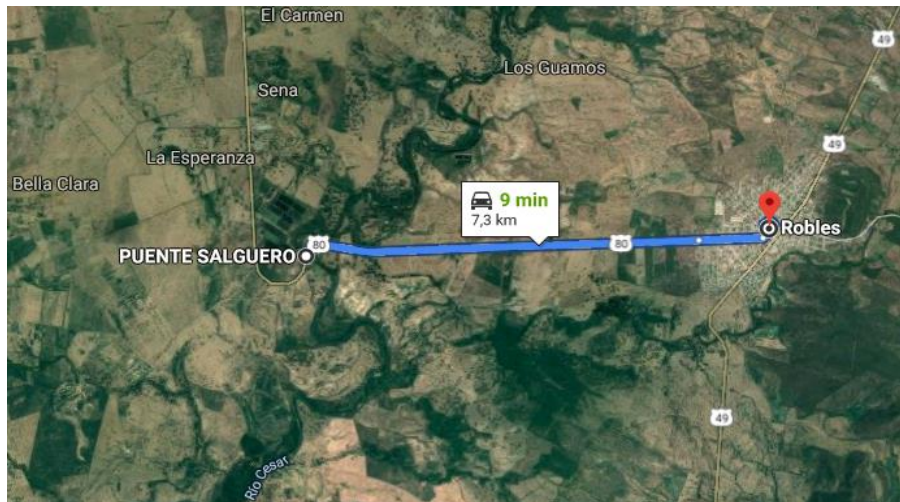
*“La distancia mínima de amortiguamiento para zonas residenciales debe ser de 75m. Para sistemas particulares pueden exigirse aislamientos superiores. En las zonas susceptibles a inundación, se debe proveer una protección adecuada por medio de diques de tierra u otro método, alrededor del perímetro de la planta. Como mínimo la planta debe permanecer operacional para una creciente con un periodo de retorno de 25 años”.*

El STAR cumple absolutamente con todas distancias establecidas por el RAS-2000, por lo cual, se le da la puntuación (100 puntos) en la Tabla 14.



Fuente: google Maps

Distancia mínima existente de la STAR a Valledupar (800m) (cumple más del doble)



Fuente: google maps

Distancia mínima de la STAR al municipio de La Paz, Cesar (700m) (cumple más del doble).

El sistema de tratamiento de agua residual “el salguero” produce impacto negativo en el ambiente o en el área de influencia, lo cual se deja ver por el aumento en la

concentración de los parámetros SST, DBO, DQO después del vertimiento (Ver tabla 11) pero no en su totalidad porque a pesar de las fallas, realiza un trabajo que evita impactos más significativos, por lo cual, se le da la puntaje de (60) en el tabla 14.

Según la nueva norma de vertimientos la PTAR SALGUERO cumple parcialmente con los parámetros máximos permisibles, desde que se ha implementado el proyecto con microorganismos desde el año 2015, por lo cual, se le dio una puntuación de (60 puntos) en la tabla 14, ya que, es menester según la normatividad ambiental colombiana realizar constantemente seguimiento a los parámetros tanto fisicoquímicos como microbiológicos en la entrada del sistema y salida, con el fin de poder tener datos significativos que permitan tomar medidas correctivas o evitar cualquier impacto negativo al medio ambiente y los habitantes. Este monitoreo o control al sistema se realiza en ocasiones, ya que, al solicitar información sobre los parámetros estudiados para diferentes meses, la empresa manifestó que aún no había realizado la caracterización.

Después de realizar la respectiva visita técnica a la STAR, se pudo determinar que los malos olores se deben principalmente a problemas de diseño y mala operación, ya que, el sistema trabaja sobrecargado pues éste fue diseñado para 800 l/s; y se están recibiendo 1700 l/s; debido también al cerramiento de la PTAR Tarullal, por lo cual se le da un puntaje de (60 puntos) la tabla 14, porque, sin embargo, el sistema trata de cumplir con todo lo requerido.

El olor puede intensificarse en las horas de las 9-12 am aproximadamente por todo el caudal de agua que empieza a ingresar al sistema, además, como se describe en la sección de (Contexto interno, pág. 65) existen problemas de diseño y construcción en algunas zonas incluyendo las lagunas, por ende una mala operación de éstos procesos primordiales en la degradación de la materia orgánica, lo cual propicia el ambiente perfecto (anaeróbico) para la aparición y reproducción de bacterias sulfato reductoras que viven en este ambiente y que son responsables de los malos olores, por lo tanto se le dio un puntaje de (60

puntos) en la tabla 14, ya que, el olor es percibido por la comunidad solo cuando pasan por el puente El Salguero y por los trabajadores e invasiones lejanas.

Según se observa en la tabla 14 se obtuvieron 400 puntos, de esta manera al aplicarlo a la fórmula, el funcionamiento de la PTAR es deficiente, por ubicarse en un rango entre <10 % y el 49 %. En este sentido, el riesgo por vertimiento es alto.

$$\frac{400}{1020} * 100 = 39,2 \%$$

### Etapa 3: Identificación de los riesgos

En esta etapa se recopiló información que permitió identificar los riesgos ambientales existentes teniendo en cuenta las características y el rendimiento del sistema de tratamiento de agua residual. Los resultados se presentan en la tabla 14.

**Tabla 15.** Identificación de los riesgos.

¿Qué pasa sí?	Riesgo identificado	Suceso pronosticado
Después del vertimiento hay un aumento de DBO en el agua del río.	Agotamiento de oxígeno del agua, proliferación de organismos	Muerte de flora y fauna acuática
Después del vertimiento hay un aumento de DQO en el	Agotamiento de oxígeno del agua, proliferación de organismos	Muerte de flora y fauna acuática

<b>agua del río.</b>		
<b>Después del vertimiento hay un aumento de SST en el agua del río.</b>	<b>Turbiedad</b>	<b>Reducción de la fotosíntesis en las plantas acuáticas.</b>
<b>Hay un aporte excesivo de fosforo al río.</b>	<b>Eutrofización</b>	<b>Aumento en la vegetación del río.</b>
<b>Hay un aporte excesivo de nitrógeno al río.</b>	<b>Eutrofización</b>	<b>Aumento en la vegetación del río.</b>
<b>Se perciben malos olores</b>	<b>Dolor de cabeza, mareos, molestias respiratorias, alteraciones psicológicas.</b>	<b>Molestia en la población ribereña y en los trabajadores del STAR.</b>
<b>Los habitantes tienen contacto con las bacterias presentes en el vertimiento.</b>	<b>Fiebre tifoidea, paratifoidea, disentería, cólera, entre otras.</b>	<b>La muerte de las personas por alguna enfermedad.</b>

Fuente: Autores, 2018.

#### **Etapa 4: Análisis de los riesgos**

Esta etapa se buscó establecer tanto la probabilidad de ocurrencia del riesgo como la consecuencia o impacto, con el propósito de estimar la zona de riesgo inicial.

**Tabla 16.** Análisis de los riesgos.

<b>Riesgos</b>	<b>Nivel</b>	<b>Descriptor</b>	<b>Descripción</b>
Dolor de cabeza, mareos, molestias respiratorias, alteraciones psicológicas	A	Casi seguro.	Se espera que ocurra en la mayoría de las circunstancias.
Muerte de flora y fauna	B	Casi seguro.	Se espera que ocurra en la mayoría de las circunstancias.
Eutrofización	D	Improbable.	Podría ocurrir, pero no se espera.
Agotamiento de oxígeno del agua, proliferación de	A	Casi seguro	Se espera que ocurra en la mayoría de las circunstancias

organismos			
fiebre tifoidea, paratifoidea, disentería, cólera, entre otras.	A	Casi seguro	Se espera que ocurra en la mayoría de las circunstancias

Fuente: Autores, 2018.

**Tabla 17.** Nivel de los riesgos.

Nivel	Descriptor	Descripción detallada.
1	Catastrófico	fiebre tifoidea, paratifoidea, disentería, cólera, entre otras.
2	Importante	Dolor de cabeza, mareos, molestias respiratorias, alteraciones psicológicas
1	Catastrófico	Muerte de flora y fauna
4	Secundario	Eutrofización
1	Catastrófico	Agotamiento de oxígeno del agua, proliferación de organismos

Fuente: Autores, 2018.

**Tabla 18.** Consecuencia de los riesgos.

Posibilidad	Consecuencia				
	Catastrófic a	Important e	Moderad a	Secundari o	Insignificant e
Casi seguro.	E	E	E	A	A
Probable.	E	E	A	A	M
Posible	E	E	A	M	A
Improbable	E	A	M	B	A
Raro.	A	A	M	B	A

**Fuente:** Autores, 2018.

El riesgo de que el vertimiento cause dolor de cabeza, mareos, molestias respiratorias, alteraciones psicológicas es casi seguro, lo cual sería catastrófico por lo cual es un riesgo extremo (E) que exige acciones inmediatas.

La muerte de flora y fauna es casi segura, lo cual sería catastrófico por lo cual es un riesgo extremo (E) que exige acciones inmediatas.

La Eutrofización es un (B) riesgo bajo, merece gestionarse mediante procedimientos de rutina.

Las enfermedades como fiebre tifoidea, paratifoidea, disentería, cólera, entre otras son casi seguras que ocurran, lo cual sería importante para la salud de los habitantes ribereños, por lo cual es riesgo extremo (E) que exige acciones inmediatas.

El Agotamiento de oxígeno del agua y la proliferación de organismos es casi seguro que ocurra lo cual sería catastrófico por lo cual es un riesgo extremo (E) que exige acciones inmediatas.

### **Etapas 5: Evaluación de los riesgos**

**Tabla 19.** Evaluación de los riesgos.

Criterio	Nivel de riesgo			
	B	M	A	E
Insignificantes 1				Fiebre tifoidea, paratifoidea, disentería, cólera, entre otras.  Dolor de cabeza, mareos, molestias respiratorias, alteraciones psicológicas
Leves 2	Eutrofización			
Catastróficos 4				Muerte de flora y fauna  Agotamiento de oxígeno del agua, proliferación de organismos

Fuente: Autores, 2018.

**Convenciones:**

Riesgos con nivel aceptable.

Riesgo inaceptable e intolerante.

Inaceptable, pero puede ser tolerable

**Etapas 6: Medidas de manejo para los riesgos**

### **Medidas preventivas**

Remoción y retiro de Natas, espumas, lodos y material flotante y disponerlos en las lagunas de secado de lodos.

Inspección del estado (caracterización mensual al vertimiento y al río Cesar) y funcionamiento del sistema lagunar de forma periódica con lo cual se pueda encaminar acciones que eviten problemas graves.

### **Medidas correctivas**

Se sugiere implementar tecnologías complementarias a fin de aumentar la eficiencia de los sistemas como son el uso de biotecnologías con bacterias, enzimas y otro producto en el cual se haya comprobado su efectividad.

Dado las altas concentraciones de DBO Y DQO es importante poder hacer uso de sistemas de aireaciones que permitan la degradación de DBO sin poner en riesgo el oxígeno disuelto del agua.

El mejoramiento paisajístico (siembra de árboles de eucalipto) no solo contribuye al control de olores, sino que también genera un impacto visual positivo, así mismo un bienestar social ante los vecinos y transeúntes del lugar y para el STAR.

## 7. CONCLUSIONES

En el ámbito socioeconómico se presenta el predominio del latifundio, además, la pesca es una actividad relevante de la población; se caracteriza por ser de subsistencia y artesanal.

En la caracterización de la flora y fauna se encontró diversas especies autóctonas de la región, también extranjeras con respecto a la flora de la ribera, indicando poca afectación por el vertimiento, pero si por acciones antropogénicas intencionales, debido a construcciones de infraestructura futuras. Con respecto a la fauna se identificó animales de diferentes especies adaptadas a la zona, dentro de los macro invertebrados que identificaron peces que se reproducen notablemente indicando adaptación al agua y buenas condiciones ambientales para su supervivencia.

En cuanto a la caracterización de la cuenca media del río Cesar, afectada por el vertimiento, se encontró un aumento significativo de la concentración de DBO, DQO, SST, valores asociados a alto impacto del vertimiento indicando el agotamiento de oxígeno del agua y la proliferación de organismos, encajando esto muy bien con el propósito de evaluar el impacto en la fauna acuática de cuerpos receptores y también representa bien cuánto se puede prestar el agua como foco de infección.

No hubo aumento en el nitrógeno total, esto indica que a pesar del alto uso de agroquímicos de los vertimientos industriales y domésticos, los compuestos generalmente vertidos y/o filtrados no son ricos en nitrógeno.

En cuanto al fósforo el aumento fue muy ligero, permitido por la normatividad Colombiana, es posible que factores como: materia orgánica proveniente de

vegetación riparia y actividades agrícolas contribuyen al aumento de fosforo en el cuerpo de agua, siendo de poca relevancia.

En los coliformes fecales hubo una pequeña disminución, no muy significativa, asociada al vertimiento e indicando la baja calidad del agua para el consumo humano, por otro lado, los coliformes totales sí aumentaron después del vertimiento, una elevada proporción de los coliformes que existen en los sistemas de distribución no se debe a un fallo en el tratamiento en la planta, sino a un recrecimiento de las bacterias en las conducciones. Dado que es difícil distinguir entre recrecimiento de coliformes y nuevas contaminaciones, se admite que todas las apariciones de coliformes son nuevas contaminaciones, mientras no se demuestre lo contrario (Salamanca,2008).

El mercurio no se encuentra en grandes concentraciones en el vertimiento, además luego del vertimiento, es decir, en aguas abajo la concentración es tan mínima que no es detectada por la metodología empleada, por lo cual, es poco probable que el Rio Cesar sea principal contribuyente a la problemática de la Ciénaga de Zapatoza, indicando también que las aguas residuales que llega a la STAR, contienen poco índice de este metal, por lo cual podemos concluir que las actividades industriales y domésticas de la ciudad no se basan en Mercurio.

En cuanto al diagnóstico del vertimiento, el funcionamiento de la STAR es deficiente con un porcentaje de 33,3%, es decir se ubica dentro del rango entre <10 % y el 49 %, por lo cual el riesgo por vertimiento es alto.

Dentro de los riesgos encontrados se tiene: dolor de cabeza, mareos, molestias respiratorias, alteraciones psicológicas, muerte de flora y fauna es casi seguro que ocurra lo cual sería catastrófico por lo cual es un riesgo extremo (E) que exige acciones inmediatas; la eutrofización es un riesgo bajo (B), merece gestionarse mediante procedimientos de rutina; las enfermedades como fiebre tifoidea,

paratifoidea, disentería, cólera, entre otras son casi seguras que ocurran, lo cual sería importante para la salud de los habitantes ribereños, por lo cual es riesgo extremo (E) que exige acciones inmediatas. Además, el Agotamiento de oxígeno del agua y la proliferación de organismos es casi seguro que ocurra lo cual sería catastrófico por lo cual es un riesgo extremo (E) que exige acciones inmediatas.

## 8. RECOMENDACIONES

- Se hace necesario el diseño e implementación de políticas ambientales amparadas según la Resolución 0631 de 2015 reglamentada el artículo 28 del Decreto 3930 de 2010 y actualizada por el Decreto 1594 de 1984 ( Vertimiento y reuso de aguas residuales) aplicadas dentro del ordenamiento de la cuenca, que busquen la preservación de los recursos naturales, mitigación de los impactos generados por las actividades aledañas a la misma, la cuales pueden ser obras de ingeniería ( plantas de tratamiento PTAR para reusar el agua en otras actividades o el rediseño del sistema actual), buenas prácticas de agricultura y ganadería, además campañas de reforestación y revegetalización de los bosques, cumpliendo con los objetivos del desarrollo sustentable.
- Deben existir campañas de sensibilización ambiental en las industrias, grandes edificaciones, hogares, colegios y universidades etc., las cuales busquen cambiar el enfoque hacia una cultura ambiental permitiendo implementar control y tratamiento de sus aguas residuales antes de conducirlos al sistema de alcantarillado de la ciudad en la actualidad hay muchos recursos tecnológicos como pequeños instrumentos y equipos que se pueden implementar en las viviendas y edificaciones con el fin de reducir los impactos negativos en las proporciones de DBO,DQO,SSL entre otros, con esto se ahorran recursos económicos para la recuperación y protección de estas zonas.
- Es necesario que la autoridad ambiental implemente la regulación ambiental en lo concerniente al respeto de la ronda hidráulica, definiendo de manera urgente en los planes de ordenamiento de cuencas, así como brindar mayor apoyo para el seguimiento y control de los componentes ambientales, sociales y económicos de la cuenca.

- La pérdida de vegetación ripiara, muy común en la zona de estudio, trae también procesos erosivos a lo largo de la cuenca y la exposición de estos cuerpos de agua a períodos más prolongados de brillo solar, que suman más problemas en la pérdida o las no existencias de condiciones ecológicas para la conformación de hábitats en los que se generen los procesos tróficos típicos de estos sistemas lóticos.
- Se recomienda cuidar de las aguas del río y controlar posibles contaminaciones, sean ellas antrópicas o naturales; para beneficio de las poblaciones actuales y venideras.
- Que las medidas administrativas que se tomen con relación al recurso y el sistema de tratamiento cuenten con un adecuado sustento científico, con herramientas precisas, realistas en cuanto a sus posibilidades efectivas de implementación y que permitan la recuperación del río, y eviten impacto negativo al ambiente.
- Se recomienda que se lleven a cabo nuevos estudios, tales como trabajos de grado, se publiquen artículos científicos, se hagan revisiones sistemáticas, entre otros, que permitan explorar la temática desde puntos de vista alternativos y complementarios (cualitativos, longitudinales, explicativos, de cohorte, etc.).
- Estos proyectos gubernamentales se deben ejecutar de la mano con la comunidad para que sean estas las que identifiquen las ventajas de la protección y preservación de estos sistemas.
- Con apoyo de CORPOCESAR Y el ministerio MADS identificar las descargas agrícolas, industriales, mineras y domiciliarias de los municipios ribereños de la

cuenca y monitorear el aporte en cuanto a metal Mercurio e incidencia en las variaciones de los parámetros fisicoquímicos de la columna de agua, exigirles que implementen políticas e ingeniería para tratar sus aguas residuales antes de descargarlas en la cuenca del río y de esta forma mitigar un poco la concentración de agentes y los parámetros fisicoquímicos.

- Se debe tener continuidad en el desarrollo de la investigación con el fin de obtener un monitoreo considerable en las diferentes épocas del año y en otros puntos del río ya que se detectó que los resultados obtenidos son de gran diversidad debido a las diferentes fuentes de aguas residuales que llegan a la STAR El Salguero.
- Es considerable tener en cuenta las precauciones en la toma, conservación, tratamiento y análisis de la muestra, adoptando los criterios estandarizados, así como los procedimientos del laboratorio para cada uno de los análisis.
- Se recomienda, realizar el manteniendo y mejoramiento periódico del diseño e infraestructura de la STAR El Salguero, para la mitigación y reducción de impactos negativos.
- Se hace necesario la implementación de sistemas más eficientes y el uso de mejores tecnologías dada la alta incertidumbre de las variables debido a las condiciones in situ.

## 9. ANEXOS





## 10. BIBLIOGRAFÍA

Cantillo, G., Manzur, M. (2014) Determinación de las constantes de oxigenación y desoxigenación del río Cesar en la zona de influencia de las descargas del sistema de tratamiento de aguas residuales de los municipios de la Paz y Valledupar. Valledupar. Tesis de pregrado. Universidad Popular del Cesar. Facultad de Ingenierías y tecnológicas.

Cortés, A (2016) Aplicación de modelos matemáticos para evaluar el comportamiento del oxígeno disuelto en el río cesar entre los vertimientos de la paz y salguero y su relación con componentes microbiológicos e índice de calidad BMWP. Valledupar, Cesar. Tesis de pregrado. Universidad Popular del Cesar. Facultad de ciencias y tecnologías.

Chardón, A., y Gonzáles, J (2002) programa de información e indicadores de gestión de riesgos. Indicadores para la Gestión de Riesgos. Manizales. Universidad Nacional.

Cerón, D., y Gómez, D. (2015) Evaluación del riesgo ambiental y social por amenaza de explotación de hidrocarburos. Bogotá. Tesis de pregrado. Universidad católica de Colombia. Facultad de ingeniería.

Confederación Empresarial de la Provincia de Alicante COEPA (2007) Identificación y evaluación de riesgos ambientales. Guía de Gerencia de Riesgos Ambientales.

Evans, J., Fernández, A., Gavilán A., Ize, I., Martínez, M., Ramírez, P., y Zuk, M. (2003) Introducción al análisis de riesgos ambientales: Conceptos básicos del análisis de riesgo. México: Coordinación editorial, diseño de interiores 2003. Pág. 129.

Encinas, (2011) Medio ambiente y contaminación: principios básicos. 1ra edición. España. Autor-Editor. Pág. 119. ISBN: 978-84-615-1167-9

Guzmán, K. (2013) Documentos de trabajo sobre economía regional. El río Cesar. Cartagena.

Hernández, A (1990) Saneamiento y alcantarillado, 2ª edición, Madrid, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

Haro, M., y Aponte, N (2010) Evaluación de un humedal artificial como tratamiento de agua residual en un asentamiento irregular. México. Tesis de pregrado. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de ingeniería.

Guía Técnica Colombiana GTC 104 (2009). Gestión del riesgo ambiental. Principios y procesos. Bogotá: Editada por el Instituto Colombianos de Normas Técnicas y Certificaciones.

Guía Técnica Colombiana GTC 45 (2010) Guía para la identificación de los peligros y valoración de los riesgos en seguridad y salud ocupacional. Bogotá: Editada por el Instituto Colombianos de Normas Técnicas y Certificaciones.

Resolución 1514 (2012) por la cual adoptan los términos de referencia para la elaboración del plan de gestión del riesgo para el manejo de vertimientos. Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible. Colombia.

Laboratorio de Tecnología Educativa. Departamento de Microbiología y Genética. Universidad de Salamanca (2008) disponible en: [http://coli.usal.es/Web/demo\\_fundacua/demo2/FiltraMembColiT\\_auto.html](http://coli.usal.es/Web/demo_fundacua/demo2/FiltraMembColiT_auto.html)

Lugo, C., Sánchez, J. (2016) Diagnostico ambiental de la ribera del río Cesar en el tramo puente Canoas-las Pitillas entre los municipios del Paso y Valledupar, departamento del Cesar. Valledupar. Tesis de pregrado. Universidad Popular del Cesar. Facultad de Ingenierías y tecnológicas.

Ley 99 (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. [en línea] Disponible en: [http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley\\_0099\\_1993.html](http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0099_1993.html)

Menéndez, S. (2015) determinación de los riesgos y medidas de control del agua potable en la empresa seda Huánuco S.A sucursal Leoncio prado. Tingo María – Perú. Tesis De pregrado. Universidad nacional agraria de la selva. Facultad de recursos naturales renovables

Ministerio del ambiente (2011) Guía para Evaluación de Riesgos Ambientales. Lima, Perú. 117 pág.

Ordoñez, J. (2011) CARTILLA TÉCNICA: ¿QUÉ ES CUENCA HIDROLÓGICA? Lima. Primera edición. Zaniel I. Novoa Goicochea/ Sociedad Geográfica de Lima. 44 pág. ISBN: 978-9972-602-76-4

Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico. RAS. (2000). Título D Sistemas de Recolección y Evacuación de Aguas Residuales Domésticas y Aguas Lluvias

Riveros, B. (2013). Tratamiento de aguas residuales municipales en la ciudad de México. México. Tesis de maestría. Universidad nacional autónoma de México. Facultad de ingeniería

Zambrano, X., y Saltos, E (2008) Diseño del sistema de tratamiento para la depuración de las aguas residuales domésticas de la población San Eloy en la provincia de Manabí por medio de un sistema de tratamiento natural compuesto por un humedal artificial de flujo libre. Ecuador. Tesis de pregrado. Escuela Superior Politécnica del Litoral.

UNESCO (2017) Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2017. Aguas residuales: El recurso desaprovechado. París.

Vásquez (2009); Calidad de aguas, disponible en [https://www.cortolima.gov.co/sites/default/files/images/stories/centro\\_documentos/pom\\_prado/diagnostico/l211.pdf](https://www.cortolima.gov.co/sites/default/files/images/stories/centro_documentos/pom_prado/diagnostico/l211.pdf)

Váldez, J (2009) Metodología de Análisis de Riesgos Ambientales (Norma UNE 150008:2008).