

**FACTORES DE CONTAMINACIÓN AMBIENTAL POR EL DESARROLLO DE
PROYECTOS PETROLEROS EN EL CAÑO EL INGENIERO, MUNICIPIO DE
PUERTO GAITAN META**

SONIA JANNETH MARTINEZ GOMEZ
Microbióloga. Esp. Gerencia en Salud Ocupacional

**UNIVERSIDAD DE MANIZALES
FACULTAD DE CIENCIAS CONTABLES, ECONOMICAS Y
ADMINISTRATIVAS
MAESTRIA EN DESARROLLO SOSTENIBLE Y MEDIO AMBIENTE
MANIZALES
2016**

**FACTORES DE CONTAMINACIÓN AMBIENTAL POR EL DESARROLLO DE
PROYECTOS PETROLEROS EN EL CAÑO EL INGENIERO, MUNICIPIO DE
PUERTO GAITAN META**

SONIA JANNETH MARTINEZ GOMEZ
Microbióloga. Esp. Gerencia en Salud Ocupacional

**Trabajo de tesis para optar al título de Magíster Desarrollo Sostenible y Medio
Ambiente**

Director
JUAN CARLOS GRANOBLES TORRES
I . A. - MSc.

UNIVERSIDAD DE MANIZALES
FACULTAD DE CIENCIAS CONTABLES, ECONOMICAS Y
ADMINISTRATIVAS
MAESTRIA EN DESARROLLO SOSTENIBLE Y MEDIO AMBIENTE
MANIZALES
2016

Nota de aceptación

Director de Tesis

Jurado

Jurado

Manizales, 19 Septiembre 2016

AGRADECIMIENTOS

Principalmente a Dios, Por acompañarme en este camino y por ser mi guía y fortaleza en cada momento de mi vida.

A mi Padre Fernando Martínez y mi madre Valdenis Gómez, por su apoyo y confianza incondicional.

Al Profesor Juan Carlos Granobles Torres I. A. MSc. Director del trabajo de Tesis por aportarme parte de su conocimiento, por su paciencia y dedicación.

A la Universidad de Manizales con todos sus docentes y tutores de la Maestría; porque cada uno con su entendimiento y dedicación me formaron y aportaron nuevos conocimientos para mejorar mi formación profesional.

CONTENIDO

Pág.

RESUMEN

1. INTRODUCCION.....	1
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
2.1 FORMULACION DEL PROBLEMA.....	5
2.2. HIPOTEISIS.....	6
2.3 JUSTIFICACION.....	6
3. MARCO TEORICO.....	8
3.1 REFERENTE TEORICO.....	8
3.1.1 Contaminación del agua	9
3.1.2 Principales contaminantes del agua.....	9
3.1.3 Efectos de la contaminación del agua.....	11
3.2 ANTECEDENTES.....	15
3.2.1 Sistemas de contratación de explotación petrolera en Colombia.....	15
3.2.2 Impactos socioeconómicos del petróleo en el Meta.....	16
3.2.3 Impactos ambientales del petróleo en Colombia.....	19
3.2.4 Estudios sobre contaminación por hidrocarburos.....	25
3.3 MARCO LEGAL.....	27
3.3.1 Impactos ambientales.....	27
4. OBJETIVOS.....	31
4.1 OBJETIVO GENERAL.....	31

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	31
5. METODOLOGIA.....	32
5.1 Área de estudio.....	32
5.2 Procedimiento.....	34
5.3 Técnica de recolección de la información.....	35
5.4 Recolección de la información.....	35
5.5 Población y Muestra.....	36
5.6 Sistema de información.....	37
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	38
6.1 Resultados.....	38
6.2 Discusión.....	46
6.2.1 Principales causas de la contaminación en el Caño el Ingeniero.....	46
6.2.2 Posibles medidas de mitigación para prevenir y controlar el impacto ambiental generado en el Caño el Ingeniero por la presencia de proyectos petroleros.....	51
7. CONCLUSIONES.....	57
8. RECOMENDACIONES.....	59
9. BIBLIOGRAFIA.....	60

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla No. 1. Análisis de laboratorio Aguas arriba y aguas abajo del caño el ingeniero	36
Tabla No 2. Resultados físicos químicos obtenidos de los 14 muestreos de pH, Conductividad, Sólidos Totales y Temperatura realizados a la Bocatoma Caño El Ingeniero Aguas Arriba y Aguas Abajo, Campo Corocora Estación de Rebombeo 1,.....	38
Tabla No 3. Resultados físicos químicos obtenidos de los 14 muestreos de DBO5, DQO, Coliformes Totales, Coliformes Fecales y Grasas y Aceites realizados a la Bocatoma Caño El Ingeniero Aguas Arriba y Aguas Abajo, Campo Corocora Estación de Rebombeo 1, 2015.....	39

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura No. 1. Localización del municipio de Puerto Gaitán Meta.....	33
Figura No. 2. Localización río Manacacías donde desemboca el Caño el ingeniero.....	34
Figura No. 3. Análisis de pH en dos sitios con referencia al punto de descarga Caño el Ingeniero Campo Corocora Estación de Rebombeo 1, 2015.....	39
Figura No. 4. Análisis de Conductividad Eléctrica en dos sitios con referencia al punto de descarga Caño el Ingeniero Campo Corocora Estación de Rebombeo 1, 2015.....	40
Figura No 5. Análisis de Sólidos Totales en dos sitios con referencia al punto de descarga Caño el Ingeniero Campo Corocora Estación de Rebombeo 1, 2015.....	41
Figura No. 6. Análisis de Temperatura en dos sitios con referencia al punto de descarga Caño el Ingeniero Campo Corocora Estación de Rebombeo 1, 2015.....	42
Figura No. 7. Análisis de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) en dos sitios con referencia al punto de descarga Caño el Ingeniero Campo Corocora Estación de Rebombeo 1, 2015.....	42
Figura No. 8. Análisis Demanda Química de Oxígeno (DQO) en dos sitios con referencia al punto de descarga Caño el Ingeniero Campo Corocora Estación de Rebombeo 1, 2015.....	43
Figura No. 9. Análisis Coliformes totales en dos sitios con referencia al punto de descarga Caño el Ingeniero Campo Corocora Estación de Rebombeo 1, 2015.....	44

Figura No 10. Análisis Coliformes fecales en dos sitios con referencia al punto de descarga Caño el Ingeniero Campo Corocora Estación de Rebombeo 1 2015.....	44
Figura No 11. Análisis Grasas y Aceites en dos sitios con referencia al punto de descarga Caño el Ingeniero Campo Corocora Estación de Rebombeo 1, 2015.....	45

RESUMEN

Martínez Gómez, S.J. Factores de contaminación por el desarrollo de proyectos petroleros en el Caño el Ingeniero, municipio de Puerto Gaitán.

El estudio se realizó en el Caño el Ingeniero, municipio de Puerto Gaitán Meta, cerca de la vereda Alto de Manacacías, esta región se caracteriza por ser zona de explotación petrolera, la investigación fue basada en los impactos ambientales generados por esta actividad, se realizaron estudios de parámetros de la calidad del agua en el Caño el Ingeniero, para determinar la presencia de contaminación en la fuente superficial y las posibles causas de los impactos negativos generados, teniendo en cuenta que existe población cercana que también hace parte del uso de esta fuente hídrica. Los parámetros que se analizaron fueron pH, conductividad, Sólidos totales, Coliformes totales, fecales, DQO, DBO5, temperatura y Grasas y Aceites, los cuales se analizaron teniendo en cuenta el decreto 1594 de 1984. Los resultados obtenidos se analizaron estadísticamente donde se pudo observar que parámetros como DQO y Grasas y Aceites presentaron desviaciones significativas, este tipo de contaminantes es principalmente por material orgánico de tipo vegetal, animal o derivados de hidrocarburos, los otros parámetros aunque las desviaciones se observan en su mayoría en los últimos muestreos y no son tan significativas se deben tener en cuenta. Es importante seguir con los estudios de todas las fuentes hídricas del sector y hacer seguimiento para evitar que la contaminación aumente y su control se dificulte.

Palabras Clave: Empresas petroleras, Características fisicoquímicas, Análisis microbiológico, contaminantes hídrica.

ABSTRAC

Martínez Gomez, S.J. Factors pollution by oil development projects in the Caño the Engineer, municipality of Puerto Gaitan.

The study was conducted in the Caño the Engineer, municipality of Puerto Gaitan Meta, near the village of Alto de Manacacías, this region is characterized by area of oil exploration, research was based on the environmental impacts generated by this activity, conducted studies of parameters of water quality in the Caño the engineer to determine the presence of contamination on the surface source and possible causes of the generated negative impacts, taking into account that there nearby town that is also part of the use of this water source. The parameters analyzed were pH, conductivity, total solids, total coliforms, fecal, COD, BOD 5, temperature and fats and oils, which were analyzed taking into account the decree 1594 of 1984. The results were statistically analyzed where it could note that parameters such as COD and Fats and oils showed significant deviations, these pollutants is mainly organic material of vegetal, animal or hydrocarbon derivatives, the other parameters although deviations are found mostly in the last sampling and are not so significant to be taken into account. It is important to continue with the studies of all the water sources in the sector and track to prevent and control pollution increases more difficult.

Keywords: Oil companies, physicochemical characteristics, microbiological analysis, water pollutants.

1. INTRODUCCIÓN

La contaminación ambiental de los cuerpos de aguas en la región del Meta se deben principalmente a la explotación y extracción de petróleo, también por la captación masiva que hay principalmente en los fuentes hídricas superficiales pequeñas que abastece a muchas poblaciones como veredas cercanas a estas afluentes de agua.

El Caño el Ingeniero es una fuente de agua que se encuentra cerca de la vereda alto de Manacacías, a una hora aproximadamente del municipio de Puerto Gaitán Meta, este caño desemboca en el rio Manacacías recurso hídrico que provee a la población de Puerto Gaitán.

Son muy pocos los estudios realizados en los cuerpos de agua superficiales en este municipio y sus alrededores en la determinación de factores de contaminación por el desarrollo de proyectos petroleros que generan impactos negativos hacia el recurso hídrico, aunque son muchas las compañías que se abastecen de estos cuerpo de agua, realmente no se puede evidenciar que impactos se han generado frente a esta actividad.

Con esta investigación se quiere realizar un estudio en el caño el ingeniero para determinar los principales factores y causas de contaminación, aplicando métodos de recolección de muestras para análisis y/o determinación de los valores de las fuentes de agua y posteriormente obtener unos resultados para realizar un análisis de lo que se quiere estudiar y generar planes de prevención para controlar y mitigar los impactos negativos que se generan por la actividad de extracción de petróleo y captación masiva de agua en el Caño el Ingeniero.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La explotación de hidrocarburos en el departamento del Meta ha generado impactos ambientales tanto negativos como positivos en la región, pero más han sido los impactos negativos que han ocasionado en el ambiente, los cuales han afectado principalmente el recurso hídrico, afectando tanto las aguas superficiales como subterráneas.

La explotación de hidrocarburos también ha conllevado a impactos fuertes sobre la población ya que han surgidos cambios socio - culturales en la modificación de las comunidades por la población flotante que ha llegado a esta región, lo cual ha deteriorado las condiciones habitacionales de la gente.

De esta actividad económica se esperaría lo contrario por que la extracción de este compuesto orgánico anualmente deja cantidades millonarias en regalías para la población, esto hace que la corrupción aumente, convirtiendo una población ganadera a una población llena de conflictos.

De ser zonas ganaderas y agropecuarias 25 años atrás, el departamento del Meta principalmente en el municipio de Puerto Gaitán, a partir del boom petrolero son zonas de conflicto social y armado, las regalías petroleras en el departamento del piedemonte llanero han permitido realizar grandes obras, se construyeron vías secundarias, proyectos de electrificación, se dinamizó la economía agropecuaria, pero también se cometieron grandes despilfarros y hechos de corrupción, que fueron ampliamente publicitados en los medios nacionales (Fierro J. 2006).

Estos recursos son la única esperanza de muchos municipios para lograr mitigar los efectos nocivos que causa la explotación petrolera y en realidad solo corresponde una ínfima parte de los recursos totales que recibe la nación y las multinaciones por la extracción de petróleo (Fierro J. 2006).

La falta de concientizar a la población de lo importante que son los recursos que tiene su región, ha hecho que la población no los cuide, si no que por el contrario sean unos de los principales contaminadores del recurso hídrico por el mal uso y la inadecuada disposición de los residuos y lo único por lo que se han preocupado es por obtener un empleo bien remunerado en las empresas que explotan el hidrocarburo, siendo que esto no es suficiente para poder asegurar el futuro de sus familias y mantener el equilibrio del ambiente en el territorio que habitan.

Este mineral se puede acabar en cualquier momento porque es un recurso no renovable y las consecuencias que trae el extraer este producto pueden ser más graves, las cuales afectan principalmente el medio ambiente, la economía y su principal fuente de empleo después del petróleo como lo es la agricultura y ganadería.

Las fuentes hídricas son muy importantes en todo el departamento, el Caño el Ingeniero fuente de estudio en esta investigación el cual desemboca en el río de Manacacías, es uno de los principales afluentes hídricos que sustentan todas las veredas cercanas al municipio y también son fuente de captación para las compañías que extraen el petróleo, y es poca la conciencia que hay en el cuidado de este río y sus quebradas aledañas.

Las empresas de petróleo que se encuentra cerca del río Manacacías y quebradas aledañas al municipio de Puerto Gaitán como es el Oleoducto Bicentenario: Con la entrada en operación próximamente de este oleoducto de 42" pulgadas, que puede transportar entre 450.000 a 600.000 Barriles de petróleo crudo por día, se consigue con ello desembotellar el circuito de bombeo, a través Campo Rubiales, Estación ODL, Estación Jagüey ER2, Estación Corocora ER1, esta última se encuentra a 1 KM del Caño el ingeniero, Válvula del Viento, Monterrey, Porvenir, Miraflores, Vasconia, llegando al terminal marítimo de Coveñas, generando nivel freático como daño ambiental irreversible: Las licencias ambientales, los planes de manejo ambiental, el monitoreo, control e imposición de sanciones, no han sido suficientes, hoy se desbordan los límites de la oferta ambiental del territorio (Uso Nacional. 2012).

Con la llegada de la industria petrolera, especialmente la actividad sísmica, se rompen los microsistemas y microcircuitos de circulación subterránea del agua, al romper esas arterias el agua se pierde porque se va a mayores profundidades, (perdida del nivel

freático), las capas vegetales superiores mueren en la sequía y el paisaje se torna en un desierto (Uso Nacional. 2012).

Los efectos principales sobre la contaminación en las aguas superficiales, el vertido de petróleo u otros desechos produce disminución del contenido de oxígeno, este es debido a muchos factores como el vertido de aguas residuales provenientes de los procesos industriales del petróleo donde llegan con altas temperaturas esto hace que el oxígeno se disminuya causando daño a la flora y fauna de los cuerpos de agua, otros contaminantes son los nitratos también pueden afectar la calidad del oxígeno del agua, si la concentración de nitritos es alta superando los valores permitidos de 10mg/L de acuerdo a el Decreto 1594 de 1984, al consumir esta agua puede afectar la salud del consumidor, esto por la acción de los nitritos que ocupan el lugar del oxígeno en la hemoglobina y bajo ciertas circunstancias se puede presentar una condición de anoxia y ocasionar daños en el organismos de los seres vivos (Mancilla R.; Mesa H. 2012).

Otro aspecto que ayude a determinar la contaminación de los ríos es la demanda bioquímica de oxígeno a cinco días (DBO5) y la demanda química de oxígeno (DQO), que muestran la influencia antropogénica desde el punto de vista de la afectación del agua por la presencia de centros industriales (que por sus características producen desechos líquidos de calidad diferenciable). Estos parámetros permiten reconocer gradientes que van desde una condición relativamente natural o sin influencia de la actividad humana, hasta agua que muestra indicios o aportaciones importantes de descargas de aguas residuales provenientes en su mayoría de las actividades de empresas de petróleo que se encuentran cerca de las fuentes hídricas, estos indicadores aumentan por la carga orgánica contaminante que se encuentra en el agua (Mejia E.; Rosales F.; Rojas J.; Molina C., Evaluación de la calidad del agua).

La salinidad es un indicador específico del agua en la industria del petróleo, está dada por una alta carga de cloruros, el ion cloruro es el más frecuente en las aguas de campos petroleros y también de aguas frescas, se pueden determinar según la concentración que tengan, este ion se puede utilizar para medir la salinidad la cual tiene una concentración según el tipo de agua, en este caso el agua dulce se puede encontrar de 0 a 2000 ppm, en las aguas de producción petrolera se encuentra aumentado superando las 2000 ppm ya que el petróleo trae altas concentraciones de

cloruros que al tener contacto con la fuente hídrica aumenta la concentración de este ion, cabe resaltar que no solo el cloruro es causante de la salinidad, hay otros iones como calcio, magnesio, sulfatos entre otros que también aumentan la salinidad ocasionando la imposibilidad del agua para usarla como consumo humano o de uso agrícola, esto es tan solo un ejemplo de las consecuencias que trae la actividad de explotación de hidrocarburos (Mancilla R.; Mesa H. 2012).

Aunque son pocas las denuncias o los estudios sobre los impactos negativos de esta actividad, también se debe al poco apoyo por parte de los entes gubernamentales en el cuidado del medio ambiente, ya que la generación de licencias ambientales se están dando sin ningún control e investigación sobre la población aledaña a los pozos de petróleo y la afectación que esto trae sobre las comunidades (Herrera Duran N. 2013).

Existe un reportaje hecho a la población de Acacias, Guamal, Humadea y Castilla, en donde a los pobladores, primero vivieron la contaminación que les dejó la entrada del bloque petrolero Cubarral, cuando se contaminaron cerca de 38 jagüeyes o pozos profundos que tiene cada casa para surtirse de agua (Herrera Duran N. 2013).

Después, la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) le otorgó la licencia a Empresas encargadas de explotar el mineral para adelantar la exploración y explotación en varios municipios del Meta. Fue así que la exploración sísmica con un explosivo que detona la tierra cada 50 metros para saber si hay petróleo y cuyo poder puede perforar depósitos de aguas subterráneas aunque no se necesita licencia ambiental para hacerlo, se realizó entre julio y agosto de 2012. Seis meses después la comunidad denunció la contaminación de 26 pozos más (Herrera Duran N. 2013).

2.1 Formulación del problema

¿Cuáles son los factores de contaminación por el desarrollo de proyectos petroleros en el Caño el Ingeniero, municipio de Puerto Gaitán Meta?

2.2 HIPOTESIS

Los principales cambios que se generan por las actividades de empresas de explotación petrolera que desarrollan sus actividades cerca del Caño El Ingeniero, Puerto Gaitán Meta, son el pH, Conductividad, Coliformes, DQO y DBO5.

2.3 JUSTIFICACIÓN

Debido a la explotación de hidrocarburos que se ha generado desde la década de los 70 aproximadamente y los impactos negativos sobre el medio ambiente, principalmente en el recurso hídrico, en fuentes superficiales y subterráneas, recurso natural necesario para el ciclo de vida de los seres humanos, flora y fauna y la poca preparación que existe entre las poblaciones para afrontar los impactos ambientales que se están presentando y que a futuro afectara a todas las descendencias.

El motivo que mueve a realizar dicho proyecto de investigación es el de poder abordar la problemática existente por la explotación petrolera, y dicho problema se ha visto con la finalidad de abordar los temas de importancia que contribuya a mitigar controlar y prevenir este tipo de actividad que está generando reparos irreversibles sobre la naturaleza perjudicando las poblaciones y los ecosistemas del departamento del Meta.

Es necesario ofrecer e implementar medidas de prevención y control sobre el recurso hídrico que está siendo afectado por esta práctica de la explotación del fósil, esta situación que se presenta sobre el medio ambiente genera la necesidad de implementar programas donde se incluya métodos de prevención asociados con la población, pero inicialmente para poder hacer esto se debe realizar estudios de las principales fuentes de contaminación para así poder realizar gestiones y tener herramientas que permitan proponer medidas de mitigación, prevención y control sobre el recurso.

Como se menciona anteriormente, principalmente lo que se quiere hacer es determinar aquellas fuentes de contaminación del agua y así mismo poder generar

propuestas adecuadas que nos permita implementar métodos que beneficien a las industrias y a la población y sobre todo minimizar la contaminación de aguas a raíz de la explotación y exploración del hidrocarburo y promover campañas en pro de iniciar métodos de desarrollo sostenible a las comunidades y población en general.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 REFERENTE TEORICO

Son muchas las causas y los efectos de la contaminación por petróleo en los sectores donde se extrae; los derrames, actividades como la sísmica, exploración, transporte, extracción y actividades indirectas pero que hacen parte de las actividades de las empresas que extraen petróleo, generan contaminación en los ecosistemas especialmente los suelos y las fuentes hídricas, la contaminación de este último genera un impacto negativo que afecta directamente a las comunidades que dependen de ese agua para abastecer una población entera, siendo los consumidores finales de este recurso los más afectados (Fernández R. 2012).

Es importante entender la cantidad de vida acuática que puede ser destruida debido a la contaminación del agua, ya que existe muchas formas de vida y en el caso de las poblaciones aledañas que dependen de estas fuentes se verán afectadas tanto en salud, como a nivel económico ya que sus fuentes de agua estarán contaminadas y en muchos casos se evidenciará la ausencia de este recurso por la captación de agua para uso de las empresas petroleras, y cuando su hábitat y fuentes de alimentos se arruinen debido al petróleo, la supervivencia será mucho más complicada para todos los habitantes que dependen de las fuentes hídricas (Fernández R. 2012).

Esto a su vez tiene un efecto dominó en la cadena alimenticia global en el círculo de la vida. La demanda de petróleo ha aumentado también las posibilidades de que ocurra contaminación del agua, como sociedad, somos más dependientes de los hidrocarburos de lo que hemos sido nunca antes (Fernández R. 2012).

3.1.1 Contaminación del agua.

El agua siempre ha constituido un recurso vital para el hombre, al principio sólo como bebida, más tarde para lavar y también para el regadío. Con la potencia proporcionada por los combustibles fósiles y la moderna tecnología, la humanidad ha desviado los cauces de los ríos, ha extraído el agua subterránea y contaminado las fuentes de agua de la Tierra como no lo había hecho jamás (Aldoza L. 2011).

3.1.2 Principales contaminantes del agua.

-Microorganismos patógenos: son los diferentes tipos de microorganismos (bacterias, virus, protozoos y otros organismos microscópicos) que transmiten enfermedades. En los países en vías de desarrollo las enfermedades producidas por estos patógenos son uno de los motivos más importantes de muerte prematura, sobre todo de niños. Normalmente estos microbios llegan al agua en las heces y otros restos orgánicos que producen las personas infectadas. Por esto, un buen índice para medir la salubridad de las aguas, en lo que se refiere a estos microorganismos, es el número de bacterias coliformes presentes en el agua. La OMS (Organización Mundial de la Salud) recomienda que en el agua para beber haya 0 colonias de coliformes por 100 ml de agua. Estos microorganismos en muchas ocasiones son el resultado de actividades internas de las empresas explotadoras de petróleo (Estrada J.; Martínez S. 2011).

-Desechos orgánicos: son el conjunto de residuos orgánicos producidos de los procesos que no están directamente relacionados con la extracción de hidrocarburos, pero si hacen parte de los procesos internos de las empresas petroleras por la manutención del personal que labora para este tipo de empresas y genera este tipo de residuos, ejemplo consumo de alimentos, plantas de tratamiento de aguas de origen residual que generan heces y otros materiales que pueden ser descompuestos por bacterias aeróbicas, es decir en procesos con consumo de oxígeno. Cuando este tipo de desechos se encuentran en exceso, la proliferación de bacterias agota el oxígeno, y ya no pueden vivir en esta agua peces y otros seres vivos que necesitan oxígeno. Buenos índices para medir la contaminación por desechos orgánicos son la cantidad de oxígeno disuelto, en agua, o la Demanda biológica de oxígeno (Estrada J.; Martínez

S. 2011).

-Sustancias químicas inorgánicas: en este grupo están incluidos ácidos, sales y metales tóxicos como el mercurio y el plomo. Si están en cantidades altas pueden causar graves daños a los seres vivos y son resultado de procesos de separación del petróleo en sus derivados y generan alto impacto en las aguas y a nivel general en el ambiente (Estrada J.; Martínez S. 2011).

-Nutrientes vegetales inorgánicos: Nitratos y fosfatos son sustancias solubles en agua que las plantas necesitan para su desarrollo, pero si se encuentran en cantidad excesiva inducen el crecimiento desmesurado de algas y otros organismos provocando la eutrofización de las aguas. Cuando estas algas y otros vegetales mueren, al ser descompuestos por los microorganismos, se agota el oxígeno y se hace imposible la vida de otros seres vivos. El resultado es un agua maloliente e inutilizable (Estrada J.; Martínez S. 2011).

-Compuestos inorgánicos: Muchas moléculas inorgánicas como petróleo, gasolina, plásticos, plaguicidas, disolventes, detergentes, etc. acaban en el agua y permanecen, en algunos casos, largos períodos de tiempo, al ser productos fabricados por el hombre, tienen estructuras moleculares complejas difíciles de degradar por los microorganismos (Estrada J.; Martínez S. 2011).

-Sedimentos y materiales suspendidos: Muchas partículas arrancadas del suelo y arrastradas a las aguas, junto con otros materiales que hay en suspensión en las aguas, son, en términos de masa total, la mayor fuente de contaminación del agua. La turbidez que provocan en el agua dificulta la vida de algunos organismos, y los sedimentos que se van acumulando destruyen sitios de alimentación o desove de los peces, rellenan lagos o pantanos y obstruyen canales, ríos y puertos (Estrada J.; Martínez S. 2011).

-Contaminación térmica: El agua caliente liberada por centrales de energía o procesos industriales eleva, en ocasiones, la temperatura de ríos o embalses con lo que disminuye su capacidad de contener oxígeno y afecta a la vida de los organismos (Estrada J.; Martínez S. 2011).

3.1.3 Efectos de la contaminación de las aguas.

Los contaminantes del agua, ya sean introducidos por vía doméstica, industrial o agrícola, pueden producir, en general, numerosos tipos de efectos que habrán de estudiarse en función del uso que se quiera dar al agua, o bien, dentro de la perspectiva de tener unas aguas de mejor calidad, con fin de preservar la vida acuática y poderla dedicar a fines recreativos o puramente estéticos (Estrada J.; Martínez S. 2011).

Hay que destacar, además de los efectos que el agua contaminada puede producir por su consumo directo, aquellos que se originan indirectamente, como es el caso de la producción de alimentos con agua contaminada o la transmisión de enfermedades, huéspedes intermedios (Estrada J.; Martínez S. 2011).

-Efectos provocados por sólidos en suspensión: Los sólidos en suspensión absorben la radiación solar, de modo que disminuyen la actividad fotosintética de la vegetación acuática. Al mismo tiempo obstruyen los cauces, embalses y lagos. También intervienen en los procesos de producción industrial y pueden corroer los materiales y encarecer el costo de depuración del agua (Estrada J.; Martínez S. 2011).

-Efectos provocados por los fenoles: Los peces, especialmente las especies grasas como la trucha, el salmón y las anguilas, los acumulan. Pero el mayor problema reside en que cuando llegan a las plantas de cloración convencionales dan lugar a los clorofenoles, confiriendo al agua un sabor muy desagradable incluso en unidades de partes por millón (Estrada J.; Martínez S. 2011).

-Efectos provocados por las grasas y aceites: El hecho de que sean menos densos que el agua e inmiscibles con ella, hace que se difundan por la superficie, de modo que pequeñas cantidades de grasas y aceites pueden cubrir grandes superficies de agua. Además de producir un impacto estético, reducen la reoxigenación a través de la interfase aire-agua, disminuyendo el oxígeno disuelto y absorbiendo la radiación solar, afectando a la actividad fotosintética y, en consecuencia, la producción interna de oxígeno disuelto. Encarecen los tratamientos de depuración, y algunos aceites, especialmente los minerales, suelen ser tóxicos (Estrada J.; Martínez S. 2011).

-Efectos provocados por el calor: El principal efecto es la disminución del oxígeno disuelto. Del mismo modo, puede actuar directamente sobre el metabolismo de los animales acuáticos. El aumento de temperatura incrementa las velocidades de reacción biológicas y la solubilidad de algunos compuestos (Estrada J.; Martínez S. 2011).

-Efectos provocados por los detergentes: No es solo la bioconcentración el problema medioambiental, también lo es el acceso del oxígeno a la masa de agua, a causa de la espuma en su superficie y el hecho de aumentar la toxicidad del 3,4-benzopireno, otro microcontaminante de enorme acción cancerígena. El verdadero problema medioambiental causado por los detergentes reside en los polifosfatos, incluidos en su formulación para ablandar el agua (Estrada J.; Martínez S. 2011).

-Efectos provocados por los hidrocarburos: Los más destacables por su peligrosidad son los hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH's), (núcleos aromáticos condensados), no sólo presentes en pequeñísima cantidad en el petróleo sino también en los bosques de abetos y hayas. Son cancerígenos y, en particular el benzopireno –que es el mejor estudiado-, en el que ha observado un corto periodo de latencia (Choc A. 2012).

A pesar de su enorme liposolubilidad, apenas se acumulan en el tejido graso ya que se metabolizan pronto, siendo uno de sus metabolitos el agente cancerígeno. Constituyen un gran número, y por ello se suele limitar su análisis a los seis más frecuentes: fluoranteno; 3,4-benzofluorantenos; 11,12-benzofluoranteno; 3,4-benzopireno; 1,12-benzopireno; indeno-1,2,3-pireno (Choc A. 2012).

En el proceso de potabilización una parte suele ser eliminada en la floculación-filtración y la otra en la oxidación, quedando muy poca cantidad en el agua tratada. Parece ser que los detergentes potencian su toxicidad, como antes se ha dicho. A pesar de su inercia química se ha comprobado su biodegradación, aunque lenta (Choc A. 2012).

Los efectos de la contaminación del petróleo pueden considerarse a corto y a largo plazo. Los efectos a corto plazo se engloban en dos categorías:

a. Los causados por revestimiento y asfixia. Entre los efectos se encuentran: la reducción de la transmisión de luz, disminución del oxígeno disuelto, daños en las aves acuáticas, ya que las buceadoras y nadadoras sufren la impregnación de las plumas, lo que las incapacita para el vuelo y la flotación (Choc A. 2012).

b. Los procedentes de la toxicidad del petróleo. Entre los efectos debidos al carácter tóxico del petróleo pueden subrayarse los siguientes: Narcosis: los hidrocarburos saturados con bajos puntos de ebullición producen, en baja concentración, narcosis en los invertebrados marinos, y en mayores concentraciones su muerte. Letalidad: los hidrocarburos aromáticos de bajo punto de ebullición (xileno, tolueno, benceno) son venenosos para los seres vivos, pudiendo provocar la muerte por contacto directo con la mancha de petróleo (Choc A. 2012).

Entre los efectos a largo plazo podemos destacar:

a. Acumulación y amplificación en la cadena trófica: una vez que un hidrocarburo penetra en la cadena trófica permanecerá totalmente inalterable independientemente de su estructura, lo que conduce a su acumulación y ulterior concentración hasta alcanzar cantidades tóxicas (Choc A. 2012).

b. Vinculación de ciertos compuestos: ciertos compuestos, como los plaguicidas, disueltos en la película de petróleo pueden alcanzar concentraciones más elevadas de las que normalmente alcanzarían en agua contaminada, llegando así más fácilmente hasta los organismos susceptibles de contaminarse (Choc A. 2012).

-Efectos provocados por las sustancias húmicas: No presentan un problema medioambiental por sí solas, sino porque al ser degradadas lentamente, llegan, entre tanto, a las plantas urbanas de cloración, donde producen compuestos halorgánicos (generalmente clorados) de uno o dos átomos de carbono, sustancias, como sabemos, cancerígenas (el más abundante es el cloroformo). Esto no sería problema si se añadiera mayor cantidad de cloro de forma que se completara su oxidación, pero al no ser posible, solo se oxidan parcialmente y los restos orgánicos que quedan producen los llamados trihalometanos o compuestos haloformes. Como en tantos tóxicos cancerígenos, resulta muy difícil establecer la relación causa efecto entre

cloración y carcinogenicidad, debido al largo periodo de latencia (de 20 a 30 años) entre exposición y supuesta aparición del cáncer (Choc A. 2012).

-Efectos provocados por la materia orgánica: Sus efectos son diferentes según se trate de materia orgánica biodegradable o no biodegradable. La primera provoca una disminución del oxígeno disuelto por consumo de éste en los procesos de degradación, reduciendo la capacidad de autodepuración de un río (Choc A. 2012).

Cuando se ha consumido todo el oxígeno disuelto, la degradación se torna anaeróbica, desapareciendo la vida animal y apareciendo compuestos típicos de la putrefacción, generalmente mal olor, como el sulfhídrico, la putrescina, etc. La segunda puede presentar efectos diferentes como son la acumulación en los tejidos animales y la toxicidad (Choc A. 2012).

-Efectos provocados por la materia inorgánica: Los efectos debidos a la presencia de materia inorgánica pueden ser de características muy diversas. Pueden ser tóxicos, como los efectos producidos por las sales de los metales pesados, inductivos, como los producidos por la acidez y la alcalinidad, que varían la toxicidad de algunas sustancias, disuelven precipitados, etc. (Choc A. 2012).

La salinidad, en general, disminuye la concentración de oxígeno disuelto, favorece la formación de espumas y aumenta la presión osmótica. Por otra parte, la presencia de sales inorgánicas en grandes cantidades puede inutilizar procesos industriales y producir incrustaciones (Choc A. 2012).

Un problema peligroso es el que presentan los Nitratos que entran a formar parte del medio hídrico por vía agrícola. Todavía no está totalmente aclarado el efecto que puede tener sobre la salud humana el consumo de agua con alto contenido de nitratos. El principal efecto patógeno que podría atribuirse a los nitratos es la metahemoglobinemia, originada por la reacción de los nitritos con la hemoglobina de la sangre, con formación de hierro ferroso y generación de metahemoglobina (Choc A. 2012).

Cuando la concentración normal de meta hemoglobina, que está comprendida entre el 1 y 2 % se eleva al 10 %, se presenta como primera manifestación clínica un proceso

de cianosis. Concentraciones entre el 30 y el 40 % producen signos de anoxia, pudiendo presentarse estados de coma con concentraciones superiores (Choc A. 2012).

Así mismo la exposición a concentraciones elevadas del mercurio puede provocar daños permanentes en el cerebro, los riñones y en los fetos en desarrollo, como ocurrió en los habitantes de Minamata en Japón que ingirieron pescado contaminado con mercurio o con la población de Guatemala que ingirió semillas tratadas con mercurio (Choc A. 2012).

-Efectos provocados por los organismos patógenos: Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), los efectos que los diferentes tipos de organismos pueden producir sobre el hombre son los siguientes:

- Virus: infecciones víricas, inflamaciones cutáneas y oculares.
Bacterias: infecciones gastrointestinales, endémicas o epidémicas, como el cólera, fiebre tifoidea, salmonelosis, etc.
- Protozoos y metazoos: enfermedades parasitarias como la hidatidosis, esquistosomiasis, etc.

3.2 ANTECEDENTES

3.2.1 Sistemas de contratación de explotación petrolera en Colombia.

Los contratos petroleros de concesión con grandes ventajas para el capital extranjero fueron la modalidad que predominó desde 1905. A partir de los años 40 compañías multinacionales buscaron petróleo en la Orinoquia colombiana. En los años 70 los expertos mostraron las bondades petrolíferas del subsuelo orinoquense. La eliminación del sistema de concesión y la nueva forma de asociación estimularon al capital extranjero (Fernández, Z. 1998).

El contrato de asociación es una herramienta que ha usado el país desde 1974 para vincular capital extranjero de riesgo y tecnología privada internacional en la exploración de petróleo (Fernández, Z. 1998).

Bajo esta modalidad se han encontrado los yacimientos petrolíferos en la *Orinoquia*. La filosofía del contrato de asociación es que el socio privado realice bajo su propio riesgo las inversiones exploratorias. En caso de encontrarse un campo productivo, su explotación la hace asociado y no individualmente, bajo la dirección de un comité ejecutivo en el que están representados la Nación, con Ecopetrol, y la empresa asociada (Fernández, Z. 1998).

Desde la creación de este sistema de contratación dicha distribución corresponde al 50 por ciento para Ecopetrol y otro tanto para el socio privado. En 1989 se introdujo una variación en esta proporcionalidad, condicionándola al volumen de producción acumulado, así: desde el inicio de la explotación hasta un acumulado de 60 millones de barriles, al socio le corresponde 50 por ciento de la producción después de regalías. Desde este punto, por cada 30 millones de barriles de producción acumulada el socio recibe el 5 por ciento menos hasta llegar a un mínimo de 30 por ciento, que se da a partir de 150 millones de barriles (Fernández, Z. 1998).

En 1996 se incorpora, para los nuevos contratos de asociación, parámetro internacionalmente reconocido, que permite hacer una distribución de la producción más razonable económicamente. Para la repartición se tiene en cuenta el volumen de inversión, la producción, los costos y los precios del petróleo. En Casanare y el Meta los primeros hallazgos se lograron en los años 70 en las zonas de Trinidad y Tocaría, primero, y Apiay y Cubarral, después. Se destacaron por sus éxitos las siguientes compañías extranjeras: Occidental, Shell, British Petroleum, Triton, Total y -Chevron, además de Ecopetrol, que es el socio principal en representación del Estado colombiano (Fernández, Z. 1998).

3.2.2 Impactos socioeconómicos del petróleo en el Meta.

La dinámica económica del departamento del Meta no es ajena al sector petrolero. Aunque su participación en el desarrollo local es menor que Arauca y Casanare, el petróleo, y ahora el gas, han sido importantes para el Departamento y los municipios productores, Villavicencio, Acacías, Castilla la Nueva, Puerto Gaitán y San Martín (Galeano C.; Perez L.; Orlando A. 1996).

Con el aporte de las regalías departamentales y municipales, los recursos del Fondo de Inversión Regional (FIR) y con los aportes del Fondo Nacional de Regalías (FNR) a partir de 1994, el Departamento ha impulsado programas y proyectos en los diferentes sectores socioeconómicos, que han permitido multiplicar los recursos provenientes de otras fuentes de financiación para su inversión (Galeano C.; Perez L.; Orlando A. 1996).

Antes del petróleo el Meta tenía un sector agropecuario consolidado en la región, al igual que un sector agroindustrial en proceso embrionario. El Departamento no sólo depende del sector agropecuario, ya que diversificó su economía impulsando otros renglones como los servicios, el comercio y una pequeña industria que, aunque no compite con los grandes centros industriales del país, es representativa (Galeano C.; Perez L.; Orlando A. 1996).

La actividad económica en la Orinoquia está afectada por variables exógenas y endógenas del modelo aperturista y por las políticas adoptadas a nivel nacional para ajustarse al mercado mundial. A pesar de lo anterior y con índices negativos de crecimiento en algunos sectores, el sector agropecuario sigue estando a la vanguardia (Galeano C.; Perez L.; Orlando A. 1996).

Sectores como el minero (incluido el petróleo), el comercio, la industria manufacturera, los servicios del gobierno y el transporte han tenido un peso significativo en el PIB departamental (Galeano C.; Perez L.; Orlando A. 1996).

La diferencia del Meta con los demás departamentos de la Orinoquia está en que su economía es diversificada. La cercanía de Bogotá con su capital Villavicencio, la convierte en el centro más atractivo y de mayor conveniencia para intercambio comercial y de servicios. Arauca y Casanare están dependiendo del petróleo; Guaviare, Guainía y Vaupés ricos en biodiversidad y recursos naturales, basan su economía en un sector agropecuario incipiente y en cultivos ilícitos. De los departamentos de la Orinoquia es el Meta el que más aporta al PIB nacional con el 1,7% (Galeano C.; Perez L.; Orlando A. 1996).

Históricamente se demuestra que las regalías son en promedio, en la última década, del 55% de los ingresos, del presupuesto departamental. El Meta participa con el 10,6% de la producción de crudo del país a través de Ecopetrol y las compañías extranjeras ubicadas en Acacías, Castilla la Nueva y Puerto Gaitán. También participa con el 4,7% de la producción de los derivados del petróleo como la bencina, el ACPM, el asfalto y gas (Galeano C.; Perez L.; Orlando A. 1996).

Con el crudo de Castilla se produce el 19% del asfalto del país y en el campo de Apiay se obtiene el 11% de gas nacional (Galeano C.; Perez L.; Orlando A. 1996).

Con las regalías directas y con los recursos indirectos para ejecutar anualmente, es comprometedor asegurar que el desarrollo del Departamento y el nivel de vida de su población se debe esencialmente al petróleo, menos conociendo que sólo hasta mediados de 1997 es departamento petrolero, con recursos adicionales que no van al Fondo Nacional de Regalías. Sin embargo tampoco puede olvidarse que el petróleo es importante en la vida de los metenses (Galeano C.; Perez L.; Orlando A. 1996).

En la actualidad Villavicencio y los municipios cercanos están creciendo aceleradamente. Esto obedece a fenómenos migratorios de población que busca mejores alternativas de vida y más aún hoy, con la construcción de la vía Bogotá Villavicencio (Galeano C.; Perez L.; Orlando A. 1996).

La migración ha dinamizado al sector de la construcción al sector financiero, y a los servicios personales y domésticos que aunque están afectados por la crisis de la economía nacional, relativamente se están fortaleciendo en el Departamento (Galeano C.; Perez L.; Orlando A. 1996).

Para los municipios productores de petróleo y gas en el Meta la situación es diferente. Villavicencio es el primer productor municipal con 16.131.992.620 millones de pesos en regalías entre 199 y 1996, luego están Castilla la Nueva y Acacias con 7.796.055.150 y 5.224.967.388 millones de pesos respectivamente (Galeano C.; Perez L.; Orlando A. 1996).

Las regalías de San Martín y Puerto Gaitán son muy inferiores a los anteriores municipios. Lo importante del análisis está en que Villavicencio a pesar de recibir más

dinero que los otros municipios juntos sólo recibe en promedio como regalías el 14% de sus ingresos del presupuesto, mientras que para Castilla la Nueva y Acacias las regalías tienen un peso fundamental (Galeano C.; Perez L.; Orlando A. 1996).

Lo anterior significa que para Villavicencio, al igual que para el Meta, el petróleo es importante pero puede sobrevivir cuando se agote porque su economía también es diversificada. En lo concerniente al proyecto de masificación del gas se considera de gran valor ya que tiene un alto contenido social, pues suministra gas doméstico a las familias de bajos recursos en condiciones seguras. A la vez reemplaza el consumo de energía eléctrica, produciendo menores desechos y con un costo inferior favoreciendo el ahorro de energía del país (Galeano C.; Perez L.; Orlando A. 1996).

3.2.3 Impactos ambientales del petróleo en Colombia.

En general los efectos ambientales que la actividad petrolera en Colombia ha causado sobre los ecosistemas y el hombre se refieren a:

- Remoción de cobertura vegetal y construcción de trochas de penetración a zonas de la amazonia y la orinoquia, entre las que se pueden contar varios Parques Nacionales Naturales y zonas de Reserva Forestal. Es conocido que uno de los factores que en la década del 70 facilitaron la penetración de los colonos a la Reserva de La Macarena fue precisamente la trocha abierta durante las labores de prospección sísmica de hidrocarburos. En algunos proyectos, tales como el Oleoducto Caño Limón-Coveñas, el Oleoducto el Porvenir-Velásquez y el Gasoducto Villavicencio-Bogotá se intervinieron zonas de Reserva Forestal en la Cordillera Oriental con graves consecuencias sobre la estabilidad de las cuencas y la oferta ambiental de agua. La recuperación de la cobertura vegetal removida, que suma varios cientos de hectáreas, puede considerarse nula. En el mejor de los casos ha sido reemplazada por una tímida recuperación del estrato herbáceo (Avellaneda A. 1989).

.

- Alteración de los patrones naturales de drenaje que en los casos más severos ha conducido al secamiento de grandes áreas de humedales. Es conocido que las zonas donde la explotación petrolera se ha desarrollado con más fuerza corresponde a los valles medios del Magdalena y depresión Momposina, zonas éstas de gran riqueza pesquera, sustentada en los sistemas de humedales más grandes de América Latina

después de los de Matto Grosso en Brasil. El desarrollo de la industria petrolera, con sus redes, de carretables, montaje de pozos y facilidades de producción y refinación ha alterado los flujos naturales de agua en innumerables ciénagas. los efectos más agudos se manifiestan en el estado de grave deterioro que hoy presenta el sistema cenagoso de San Silvestre y de la Isla de Mompós (Avellaneda A. 1989)..

En otras zonas del país, caso campo de producción Caño Limón, construido sobre el sistema de humedales que conforman el gran Estero Caranal de importancia nacional e internacional, ha conducido a la dispersión ecológica. Estudios realizados en la zona en 1987, dos años después de iniciada la producción de petróleo, concluyen lo siguiente: "La presión colonizadora y el turismo por los ríos que bajan del piedemonte, han hecho retroceder a muchas poblaciones de aves hacia el Arauca, secundada por los fuertes veranos y quemas que se presentan en las sabanas altas (Avellaneda A. 1989).

Los bosques de galería, los caños y matas de monte son refugios pasajeros para varias especies, pero estos también van siendo destruidos. El hábitat de cada especie está sujeto a los mismos tipos de vegetación encontrados en la zona. Fue interesante observar cómo al robar tierra (préstamos) para construir las bases de las carreteras, se forman esteros artificiales donde habitan varios animales acuáticos (peces), anfibios (guíos, chigüiros, babillas), zambullidores (pato aguja y cotua) nadadores (patos) o zancudas (garzas, garzones). Estos terraplenes han dividido poblaciones animales hasta el punto que la comunicación interesteral ha sido insuficiente, presentándose una gran acumulación de materia orgánica por excrementos en algunos lugares; esto conlleva a una profusión de algas por el calentamiento del agua y a una mortandad masiva de peces (coporos) aunque las babillas han resistido (Avellaneda A. 1989).

Algunas de las zonas de préstamo se han convertido en cuerpos de agua tipo lagunar, con profundidades superiores a los diez metros y extensiones superiores a las 50 hectáreas, que han cambiado radicalmente los drenajes naturales contribuyendo al secamiento de amplias zonas de esteros naturales sobre los que se sustenta el ecosistema de esta zona de la llana Orinoquia, mal drenada, y que según la misión de la FAO (en 1962) es de la mayor diversidad biológica, razón por la cual fue declarada,

a mediados de la década del 70, Santuario de Flora y Fauna, cuya existencia con este status finalizó al dar paso a los asentamientos petroleros (Avellaneda A. 1989).

- Inducción de procesos de desestabilización de subcuencas y de procesos de erosión en áreas de fallas geológicas o de pendientes en los piedemontes y lomos de las cordilleras Oriental y Central. La construcción de oleoductos de gran diámetro (24 pulgadas), tipo Caño Limón-Coveñas, San Cayetano-Velásquez y Oleoducto de Colombia (en construcción), implica la remoción de grandes masas de materiales en zonas de gran inestabilidad y fallamiento, abundantes especialmente en la Cordillera Oriental. La construcción del Oleoducto San Cayetano-Velásquez implicó la remoción de 80 millones de metros cúbicos de material interviniendo más de cien microcuencas y cinco de importancia; a saber: Upía, Lengupa, Jenesano, Moniquirá y Minero (Avellaneda A. 1989).

- Contaminación de aguas superficiales y acuíferos por inexistencia o deficiencia en el tratamiento de las aguas asociadas a la explotación y refinación del petróleo. Las cuencas más afectadas por contaminación corresponden, en orden de importancia, así: Cuenca del Río Magdalena, en toda su extensión, Cuenca del Río Catatumbo Cuenca del Río Arauca Cuenca del Río Putumayo Cuenca del Río Meta, en lo que respecta a la CUENCA DEL RIO GRANDE DE LA MAGDALENA, la más afectada, se pueden definir algunas zonas críticas con sus respectivas características:

Zona alta: Comprendida entre el Municipio de Yaguara (Represa de Betania) y municipio de Aipe. En esta zona se encuentran los campos de producción: Los Mangos (ESSO Colombiana) en la&inmediaciones, Represa de Betania y el Oleoducto Yaguara-Tenay que conduce los crudos de este campo hasta la Estación de Tenay, Campos de producción Tello, Dina, Cretaceos, Cebú, Santa Clara, San Francisco y Balcones, operados por la compañía HOCOL S.A. (Avellaneda A. 1989).

En estos campos se genera la segunda producción más grande de petróleo, después de la de Caño Limón en Arauca: Campos de producción en Villavieja. Petrocol, Oleoductos de los campos de Hocol a la Estación receptora en DINA y líneas de transferencia entre los pozos y las baterías, Oleoductos Dina-Puerto Salgar y Tenay-Vasconia. Corresponden a grandes líneas de conducción de crudo, que bordean el Río Magdalena entre el alto y el centro del Medio Magdalena (Avellaneda A. 1989).

Los principales factores de contaminación en esta zona se relacionan con el tipo de contaminantes vertidos en las aguas industriales de las estaciones de separación petróleo-agua. Para esta zona son importantes los aportes de Fenoles, Hidrocarburos Aromáticos Polinucleares y Cromotó. En cuanto al riesgo, el paso de oleoductos y líneas de transferencia por lomos y medias laderas inestables produjo durante 1989, 17 derrames de crudo que han afectado al Río Magdalena y a varios de sus afluentes (Avellaneda A. 1989).

Durante 1990 es conocido el derrame de crudo en el pozo San Francisco 21 que produjo una emergencia ambiental en todo el Alto Magdalena, por la ruptura de una tubería de transferencia de la cual drenaron de manera incontrolada al Río Bache y el Magdalena cerca de 200 barriles (Avellaneda A. 1989).

Zona del Medio Magdalena: comprendida entre Puerto Boyacá y Pto. Wilches, es la zona más crítica desde el punto de vista de la contaminación en la cuenca del Magdalena., En ella se encuentran los siguientes enclaves petroleros: Campos Nare, Teca y Cocorná, Municipio de Puerto Triunfo, Subcuenca del Río Cocorná, Texas Petroleum Company, Campos Velásquez, Palagua y Ermitaño, Municipio de Puerto Boyacá, Texas-Ecopetrol, Estación de recepción Vasconia, Municipio de Puerto Boyacá; Los principales factores de contaminación conexos con la explotación de petróleo en esta zona corresponden a Fenoles, Hidrocarburos Aromáticos Polinucleares, Cobre, Sodio, Cloruros, Boro, Cromo, Bario y Estroncio, Arsénico, Plata, Titanio, Zirconio y Sulfatos (Avellaneda A. 1989).

Campos de Producción de Ecopetrol; El Llanito, El Centro, Casabe, Gala, Galán, Lizama, Peroles, Nutria, Infantas, La Cira Norte, La Cira Horca y Yariri. • Complejo de Refinería de Barrancabermeja. Ecopetrol; Los principales factores de contaminación asociados a estos enclaves petroleros corresponden a Bario, Cobre, Cromo, Plomo, Mercurio, Cobalto, Zinc, Hierro, Niquel, Vanadio, Molibdeno, Estroncio, Sodio, Cloruros, Sulfatos, Cianuros, Fenoles, Hidrocarburos Aromáticos Poli nucleares y Olefinicos, Acidos Orgánicos e Inorgá- nicos, BTX y Detergentes no biodegradables (Avellaneda A. 1989).

La contaminación, además de afectar en forma directa a los cuerpos de agua superficiales, que para esta zona son principalmente el Río Magdalena y el Complejo Cenagoso de San Silvestre, Yariri, El Llanito y otras de importancia, afecta los acuíferos especialmente con aquellos productos que por su movilidad y reactividad química pueden transferirse a través del suelo a las diversas napas freáticas. Los más móviles son los compuestos catiónicos, tipo metales pesados y aniónicos tipo sales. Los mecanismos a través de los cuales puede ocurrir la migración pueden ser: reacción ácido-base; reacción de óxido-reducción; reacción de complejación, intercambio iónico, adsorción y desorción. Pueden ocurrir procesos biológicos, tales como degradación, transpiración y movimiento activo bacteriano (Avellaneda A. 1989).

Según investigaciones recientemente adelantadas en las zonas por Petrocanadá y las propias realizadas por Ecopetrol, ha existido una importante migración de este tipo de compuestos a los acuíferos de la zona, facilitado por las condiciones hídricas e hidrológicas y los niveles superficiales de las aguas freáticas. De hecho el proceso descrito ha significado la limitación del uso afectándose una oferta ambiental importante para el desarrollo de la región (Avellaneda A. 1989).

Son conocidos los efectos de bioacumulación de los metales pesados y de algunos hidrocarburos y su alta residualidad en la cadena trófica. Hasta el presente no existe un estudio espacio-temporal sobre los impactos reales en cuanto a magnitud y cobertura que estos compuestos hayan venido causando a la biota y al hombre (Avellaneda A. 1989).

Zona del Bajo Magdalena: Compreendida entre Yariri y Complejo Cenagoso de Zapatos. En esta región la explotación petrolera se caracteriza por su antigüedad y por el hecho de que el mantenimiento y operación de la producción son deficientes produciendo vertimientos continuos de petróleo directamente a las ciénagas con características de criticidad en Cantagallo y la Depresión Momposina, especialmente en Talaigua, Zenón y El Limón,(en la isla de Mompós) (Avellaneda A. 1989).

- Salinización de suelos por aguas asociadas al petróleo en lugares abiertos o bajos pantanosos. Los yacimientos petrolíferos que mayor cantidad de sales presentan son los ubicados en el Medio Magdalena. Las aguas de producción asociadas a los hidrocarburos en el yacimiento tienen sales solubles que varían entre 15 y 48 partes

por mil, que es hasta un tercio más salina que el agua de mar. El proceso de producción de crudo, a medida que avanza en el tiempo va incrementando la producción de estas aguas por agotamiento de los hidrocarburos. Se encuentran relaciones 2: 1 en algunos yacimientos en Puerto Boyacá (Avellaneda A. 1989).

Previo a los inicios de los tratamientos primarios y secundarios que actualmente se adelantan, hasta hace 5 años estas aguas eran vertidas a las zonas inundables del Río Magdalena y sus afluentes, con graves problemas de salinización de suelos, que afectan principalmente la capacidad de intercambio catiónico, esencial para mantener la fertilidad. A pesar de los tratamientos enunciados, el problema de las aguas salinas no ha sido solucionado y tiende a agravarse toda vez que el volumen de producción aumenta (Avellaneda A. 1989).

- Fenómenos como los anteriores han significado la desaparición de innumerables especies vegetales y animales, alterando ecosistemas y generando nuevas dinámicas ecológicas. En el eje petrolero Puerto Berrío-Barranca, el reciente inventario realizado dentro de los estudios ambientales del Oleoducto Sebastopol-Galán, realizado por Ecoforest, se pudo establecer comparativamente que la diversidad de especies vegetales del estrato arboreo había pasado de cerca de 300 en la década del 60 a menos de 100 a mediados de 1989. Dato preocupante si se tiene en cuenta que existen zonas petroleras aún más degradadas (Avellaneda A. 1989).

- Generación y/o inducción de procesos de migración, colonización, transculturización en las zonas de influencia de los proyectos petroleros. Un estudio socioeconómico realizado en Arauca en 1987 concluye al respecto: "la existencia de un enclave petrolero con su avanzada tecnología y sus millonarias inversiones, crean en un medio social dominado por la pobreza de la mayoría de la población, expectativas crecientes de empleo, movilidad social y elevación sustancial de ingresos; aumenta las esperanzas de mejoramiento de las vías y medios de comunicación, de los servicios de infraestructura pública y de los servicios de salud y educación; en una palabra, la población ve en las compañías petroleras el único medio de llamar la atención del Estado hacia estas regiones abandonadas (Avellaneda A. 1989).

Los fenómenos que se vienen produciendo en el enclave petróleo de Arauca, el más grande del país, son la repetición actualizada de aquellos que se produjeron en el

campo Infantas allá por la década del 20 y que dieron origen a la población de Barrancabermeja, a Tibú en la década de los 30, a Puerto Boyacá, por la década del 50- 60, a Orito en la década del 60 y que continúan escribiendo una historia donde las comunidades no llevan precisamente la mejor parte. En el caso de pozos exploratorios cuyo montaje implicó en 1989 sumas que bordean los 2 millones de dólares por pozo, no se reflejan en reales beneficios para las zonas afectadas por esta actividad (Avellaneda A. 1989).

El diagnóstico realizado para pozos exploratorios en Arauca arroja que se generan demandas temporales de bienes y servicios, que a mediano plazo, una vez finalizada la actividad, se reflejan en un aumento de los precios de los artículos con consecuencias negativas para la población en general (Avellaneda A. 1989).

La generación de expectativas al inicio y durante el desarrollo de este tipo de operaciones en la medida en que no resultan positivas para la región, en la mayoría de los casos frustra las esperanzas de la población local en el proceso de desarrollo regional. A pesar de que las compañías que realizan estos trabajos utilizan los recursos locales, purifican el agua para sus campamentos y arrojan las aguas servidas y los lodos altamente tóxicos sin tratar a los cuerpos de agua cuyos usos en general son para consumo humano y pecuario, las poblaciones del área de influencia una vez finalizada la operación continúan consumiendo aguas contaminadas y degradadas aún más por la actividad petrolera (Avellaneda A. 1989).

En zonas indígenas de Arauca la actitud paterna lista de las compañías alteró las actividades normales de la precaria población de tal manera que una vez la compañía abandonó la zona los indígenas no querían volver a sus tierras a atender sus cultivos ni a sus ríos en busca de la pesca. Fenómenos de este tipo, con consecuencias aún más graves, se suceden a lo largo y ancho de la Orinoquia y la Amazonia, donde se asientan las Compañías petroleras a realizar trabajos de prospección sísmica o perforación exploratoria de hidrocarburos (Avellaneda A. 1989).

3.2.4 Estudios sobre contaminación por hidrocarburos

En julio de 2000 fue presentado en el instituto de hidrología, meteorología y estudios ambienteles IDEAM Colombia el diagnóstico ambiental y lineamiento para un uso

sostenible del año Caño Limón por pablo Leyva. Jerónimo Rodríguez, José Daniel Pabón, Ernesto Rangel, David Ojeda, Mónica Cuellar y Martha García (Galeano C.; Perez L.; Orlando A. 1996).

La investigación presenta estudios relacionados con la actividad petrolera y la calidad ambiental, cubre una descripción de los impactos de las exploraciones sísmicas sobre el medio ambiente y las infraestructuras, el proceso de producción, las emisiones, las concesiones del agua, los residuos sólidos y el consumo del combustible, se incluye resultados de laboratorio referentes a la calidad de agua en los diferentes puntos del área estudiada (Galeano C.; Perez L.; Orlando A. 1996).

Se consultó el trabajo del 7 de abril de 1998. Aprobado: 7 de enero de 1999, presentado por el Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología. Infanta No. 1158 entre Llinás y Clavel, municipio Centro Habana, Ciudad de La Habana, Cuba. Como investigación sobre la contaminación de las aguas por hidrocarburos por Lic. Vicente I. Prieto Díaz (Galeano C.; Perez L.; Orlando A. 1996).

Este trabajo presenta la metodología para estudiar las aguas que están contaminadas con hidrocarburos, cuantificarlos, determinar su fuente y hacerles seguimiento, investigación realizada en las fuentes hídricas superficiales y subterráneas afectadas por este impacto negativo y la afectación directa a la salud de la población (Galeano C.; Perez L.; Orlando A. 1996).

Otra consulta hecha fue a la Revista Panam Salud Pública. 2010 con la investigación Contaminación del agua en fuentes cercanas a campos petrolíferos de Bolivia realizada por Silvia González Alonso, Jesús Esteban-Hernández, Yolanda Valcárcel Rivera, Valentín Hernández-Barrera y Ángel Gil de Miguel (Galeano C.; Perez L.; Orlando A. 1996).

El estudio se enfoca sobre las exposiciones ocupacionales a los componentes de petróleo y los riesgos sanitarios que entrañan los vertidos de desechos de los hidrocarburos a los ríos que son la principal fuente de consumo directo de agua para 27,65% de la población rural del país, y alimentan los sistemas de agua canalizada existentes país (Galeano C.; Perez L.; Orlando A. 1996).

3.3 MARCO LEGAL

3.3.1 Impactos ambientales.

Mediante el Decreto No. 1753 del 3 de agosto de 1994, el Ministerio del Ambiente reglamento la expedición de licencias ambientales como elemento necesario para la protección del medio ambiente y los recursos naturales (Rodríguez G. 2011).

De acuerdo a esta reglamentación esta tarea le corresponde a Corporinoquia en la región. Las compañías petroleras y Ecopetrol están incluyendo la gestión ambiental en sus proyectos (Rodríguez G. 2011).

Filosofía ambientalista se basa en los siguientes principios que ha adoptado Ecopetrol para el manejo sustentable del desarrollo: planificar con el componente ambiental; responsabilizar a todos los niveles de los efectos ambientales producidos por la toma de decisiones; la conservación de los recursos es deber de todos; la prevención de los impactos negativos debe incluirse en la planificación de las acciones; la investigación debe estar al servicio de la sociedad y su entorno natural (Rodríguez G. 2011).

La política del sector petrolero obliga a realizar estudios ambientales, con planes de manejo, de contingencia y mitigación que involucran componentes como el ecológico, la contaminación ambiental, lo estético y los aspectos humanos (Rodríguez G. 2011).

Esta política tiene sus restricciones pues los procesos y estudios establecidos sólo se hacen en el área donde se localiza el proyecto, situación que permite ajustar los planes de manejo ambiental para un adecuado control de las etapas de construcción y operación de los mismos. Con esta política queda por fuera el resto de región que se ve afectada directamente por los proyectos del sector, desconociendo en gran parte los ecosistemas con su intercambio biológico (Rodríguez G. 2011).

La evaluación de impacto ambiental se desarrolló en nuestro país a partir del Código de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente, que en sus artículos 27 y 28 regula lo referente a la Declaración de Efecto Ambiental (dea) y al Estudio Ecológico Ambiental (eea), tomando el modelo americano de regulaciones ambientales (Rodríguez G. 2011).

Posteriormente, la Constitución Política de 1991 consagró el derecho de todas las personas a gozar de un ambiente sano y la protección del patrimonio natural como una función tanto del Estado como de los ciudadanos. Uno de los aportes de mayor importancia de la Carta Política del 91 fue establecer en su artículo 80 que es deber del Estado prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, además de planificar el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución. De esta forma, el desarrollo sostenible se constituyó en el principio básico de la política ambiental colombiana (Rodríguez G. 2011).

La planificación debería constituirse en uno de los principales instrumentos de la gestión ambiental y, en este sentido, la Constitución modificó la función del Estado al otorgarle la facultad de intervenir en los procesos de explotación, producción, distribución y consumo de bienes y servicios, donde juega un papel significativo el otorgamiento de las licencias y permisos ambientales, la institucionalidad ambiental encargada de la ejecución de los planes de gestión ambiental y las entidades territoriales con los planes de ordenamiento y desarrollo que deben contener el componente ambiental (Constitución Política, artículos 333 y 334, Ley 388 de 1997) (Rodríguez G. 2011).

Adicionalmente, la Ley 99 de 1993 señala que los estudios de impacto ambiental serán el instrumento básico para la toma de decisiones respecto a la construcción de obras y actividades que afecten significativamente el medio ambiente natural o artificial y establece la obligatoriedad de las licencias ambientales en la ejecución de obras, el establecimiento de industrias o el desarrollo de cualquier actividad que pueda producir deterioro grave a los recursos naturales renovables o al medio ambiente, o introducir modificaciones considerables o notorias al paisaje (Rodríguez G. 2011).

Podríamos hablar de cuatro normas que han sido las fundamentales en la reglamentación del procedimiento para otorgar las licencias ambientales: Decreto 1753 de 1994; Decreto 1728 de 2002, Decreto 1180 de 2003, Decreto 1220 de 2005 y Decreto 2820 de 2016. Sin embargo, han sido varios los intentos para modificar, restringir o limitar la función de las licencias ambientales, como puede evidenciarse a través de las normas sobre supresión de trámite o a través de disposiciones que hacen desaparecer el proceso de evaluación ambiental previa (Rodríguez G. 2011).

El gobierno creó el decreto 1594 de 1984 con el fin de controlar la fuentes superficiales, subterráneas y marinas de los procesos industriales como explotación de petróleo, minería, agropecuaria entre otras donde establece los parámetros para los diversos tratamientos de aguas de acuerdo a su uso y disposición.

Ninguna actividad industrial proyecto minero ni obra pública podrá comenzar sin haber presentado a las autoridades ambientales garantías suficientes de que su operación o etapa de construcción tendrá un impacto mínimo sobre el medio ambiente con una remoción adecuada de la carga orgánica (Decreto 1594 de 1984).

Los monitoreos, desarrollados por un laboratorio especializado deben demostrar que la calidad del vertimiento cumple con los requerimientos del Decreto en todos los parámetros que éste plantea: pH, temperatura, remoción de grasas y aceites, remoción de sólidos suspendidos, remoción de demanda bioquímica de oxígeno, fenoles y metales pesados (Decreto 1594 de 1984) .

El decreto 1594 de 1984 reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II y el Título III de la Parte III -Libro I- del Decreto - Ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos (Decreto 1594 de 1984).

CONTENIDO:

- a. Ordenamiento Del Recurso.
- b. La Destinación Genérica De Las Aguas Superficiales, Subterránea, Marítimas, Estaurinas Y Servidas.
- c. Criterios De Calidad Para Destinación Del Recurso.
- d. Las Concesiones.

- e. Vertimiento De Los Residuos Líquidos.
- f. Obtención De Los Permisos De Vertimiento Y Los Planes De Cumplimiento Para Usuarios Existentes.
- g. Los Permisos De Vertimiento Y Autorizaciones Sanitarias Para Usuarios Nuevos Y Usuarios Existentes Que Realizan Ampliaciones O Modificaciones.
- h. Las Autorizaciones Sanitarias.
- i. Los Procedimientos Para La Modificación De Normas De Vertimiento Y Criterios De Calidad.
- j. Las Tasas Retributivas.
- k. Los Estudios De Efecto Ambiental O Impacto Ambiental.
- l. Los Métodos De Análisis Y De La Toma De Muestras.
- m. La Vigilancia Y El Control.

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar los factores de contaminación por el desarrollo de proyectos petroleros en el Caño el Ingeniero, municipio de Puerto Gaitán Meta.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

-Determinar los principales contaminantes químicos, físicos y biológicos que afectan las aguas superficiales, producto de los procesos industriales de las empresas de petróleo cercanas al Caño el Ingeniero.

-Identificar las principales causas de contaminación del Caño el Ingeniero por la actividad petrolera.

-Proponer medidas de mitigación que permita prevenir y controlar el impacto ambiental por la presencia de proyectos petroleros.

5. METODOLOGIA

El tipo de investigación es de campo, es principalmente un estudio cuantitativo de carácter descriptivo, se empleó el método científico donde el objetivo era conocer las condiciones y la necesidad de identificar el impacto ambiental generado por el desarrollo de proyectos petroleros en la región y obtener datos que permitieron verificar y evidenciar que realmente la población escogida se estaba viendo afectada.

La unidad de análisis escogida fue el Caño el Ingeniero fuente superficial hídrica que abastece a varias compañías del sector petrolero y se encuentra en el departamento del Meta cerca del municipio de Puerto Gaitán y desemboca en el río Manacacías, río principal que abastece a todas las poblaciones aledañas.

Teniendo en cuenta la estrategia que se utilizó, fueron muestreos aleatorios río arriba y río abajo, las muestras tomadas se analizaron en un laboratorio de referencia de análisis de aguas, el cual determinó que tipo de agentes químicos y biológicos se encontraron en el río y este se validó con la normatividad legal vigente para fuentes superficiales de agua y se determinó el impacto ambiental de este Caño el Ingeniero unidad de análisis en la investigación, esta unidad de análisis corresponde a la entidad mayor o representativa del objeto específico de este estudio en la investigación.

5.1 Área de estudio

El Caño el Ingeniero se localiza en el Departamento del Meta, en el municipio de Puerto Gaitán, en la vereda de Altos de Manacacías, a 32 kilómetros al sur del casco urbano del municipio, al costado derecho del Oleoducto de los Llanos empresa que

transporta crudo (petróleo) por tuberías y es una de las empresas que capta agua en el caño en la abscisa kilómetro 86.

Para acceder al caño, se llega saliendo desde Puerto Gaitán por carretera destapada que conduce a campo Rubiales (sitio de mayor explotación de petróleo en Colombia), en el kilómetro 28,9 se toma a mano derecha por un acceso descendente, posteriormente a unos 3,1 kilómetros, sobre la margen izquierda de la vía se encuentra el caño, esta área corresponde a un sector de topografía ondulada que se caracteriza por presentar topes redondeados, pendientes cortas convexas de baja inclinación, las formas suaves representan vallecitos de fondo plano, los cuales evidencian procesos erosivos superficiales asociados a la poca cobertura vegetal.

Figura No. 1. Localización del municipio de Puerto Gaitán Meta.



Fuente: Mapas Puerto Gaitán - Meta, 2015.

Figura No. 2. Localización río Manacacías donde desemboca el Caño el ingeniero.



Fuente: Mapas Puerto Gaitán - Meta, 2015.

5.2 Procedimiento

Para el desarrollo de los objetivos propuestos en el Caño el Ingeniero objeto de estudio, inicialmente se hizo una visita al sitio para revisar las condiciones del área, y posteriormente se realizó el muestreo teniendo en cuenta como puntos de referencia para el estudio aguas arriba y aguas abajo, proceso que hizo con un laboratorio certificado, los muestreos se realizaron periódicamente de tal forma que se pudo obtener una base de datos representativos para el análisis de la información.

Fases del estudio:

- Fase 1: Revisión documental y construcción de la propuesta.
- Fase 2: Observación de la situación actual en campo.
- Fase 3: Consolidado y análisis estadísticos de resultados.
- Fase 4: Ajuste, conclusiones y recomendaciones preliminares.

5.3 Técnicas de recolección de información.

Para llevar a cabo esta investigación el instrumento a utilizar fue la observación en campo que se aplicó como técnica de recolección, donde se recogieron datos primarios y se describió paso a paso la recolección de las muestras, la organización y planificación del trabajo de campo, en particular la movilización y preparación de los recursos y el material necesario para el muestreo y después de finalizado el muestreo se obtuvo datos o resultados por medio de análisis de laboratorio, que posteriormente se organizaron para ser analizados aplicando técnicas de análisis estadístico.

Los instrumentos para registrar la información fueron, cámara fotográfica, cuaderno de notas y los resultados en digital dados por el laboratorio certificado, se utilizó este método ya que permitió mirar detenidamente el proceso y someter conductas de algunas cosas o condiciones manipuladas de acuerdo a ciertos principios para llevar a cabo la observación.

En este sentido, podemos llamar objetivo al instrumento de observación, que equivale a datos, a fenómenos, a hechos, la subjetividad no hizo parte de este trabajo, la observación la podemos definir como el uso sistemático de nuestros sentidos en la búsqueda de los datos que necesitamos para resolver un problema de investigación.

La observación fue directa, el investigador formo parte activa del grupo donde se realizó la investigación, se utilizó este método ya que netamente la unidad de estudio fue el ambiente natural en este caso el Caño el Ingeniero (fuente superficial de agua) y no fue directamente con personas a las cuales se podría aplicar instrumentos tales como las encuestas y entrevistas.

5.4 Recolección de información

Una vez realizado el trabajo en campo, se obtuvo la información proveniente de los resultados emitidos por el laboratorio, esto proporciono la información requerida para el análisis donde los datos y valores obtenidos se tomaron como variables.

Con esta primera información se distribuyeron los valores de la variable en medidas de tendencia central, datos estadísticos que permitieron una descripción global de la población estudiada y orientaron el análisis de la información y cumplimiento de los objetivos establecidos al inicio de la investigación.

5.5 Población y muestra

Para el desarrollo de los objetivos propuestos la población que se tomó en estudio es el Caño el Ingeniero que se encuentra en el municipio de Puerto Gaitán Meta, esta población se escoge ya que es un afluyente hídrico el cual sirve para abastecer a varias empresas del sector de petróleos que se encuentra en el área de esta fuente superficial y lo hizo favorable para el objeto de estudio de investigación, el cual fue determinar los posibles factores de contaminación por la actividad petrolera.

La muestra fue la toma del recurso hídrico (Agua) que provee este caño a las empresas que tienen el permiso para captar y abastecerse, a las cuales se hizo un análisis de laboratorio para identificar la existencia o no de factores contaminantes en el caño, lo cual se determinó con los parámetros establecidos por las normas que aplica para las fuentes de agua superficial.

Los siguientes datos (Análisis de laboratorio) son las variables de análisis:

Tabla No. 1. Análisis de laboratorio Aguas arriba y aguas abajo del caño el ingeniero.

Tipo de análisis	N° de muestreos Aguas arriba	N° de Muestreos Aguas abajo
PH (Potencial de hidrogeno)	14	14
Conductividad	14	14
Sólidos suspendidos totales	14	14
DQO (Demanda Química)	14	14

de oxígeno)		
DBO5 (Demanda Bioquímica de oxígeno)	14	14
Grasas y aceites	14	14
Coliformes totales	14	14
Coliformes fecales	14	14
Temperatura	14	14
Hidrocarburos totales	3	3
Total Análisis	129	129

Fuente: Martínez S. J., 2015.

Es de anotar que los estudios de los análisis de laboratorio en el Caño nos ayudan a tomar la mejor radiografía de la situación y evidenciar si los proyectos petroleros que ejercen actividad cerca de la población de estudio están afectando las fuentes superficiales y generando impactos negativos sobre este ecosistema.

5.6 Sistematización de la información.

Para sistematizar la información obtenida se utilizó la herramienta de Microsoft Office Excel; tablas y gráficos dinámicos, funciones estadísticas, donde se analizaron principalmente frecuencias y medidas de tendencia central y se hicieron cartas de control estadístico.

En conclusión la observación permite conocer la realidad mediante la percepción directa de los muestreos realizados en campo, el análisis consistió en la medición y la recolección de datos, haciendo énfasis en la lógica y al interrogante de la investigación, lo importante era saber qué técnicas de análisis se utilizaron para describir la situación, encontrar la relación entre las variables o hacer algunas inferencias estadísticas, para finalmente poder analizar y llegar a las conclusiones que den respuesta a la pregunta inicial de la investigación.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Resultados

Las aguas superficiales que son de uso doméstico o consumo humano deben mantener uno parámetros de acuerdo al decreto 1594 de 1984, la tabla 2 muestra los resultados obtenidos de catorce muestreos por parámetro físico químico.

Tabla No 2. Resultados físicos químicos obtenidos de los 14 muestreos de pH, Conductividad, Sólidos Totales y Temperatura realizados a la Bocatoma Caño El Ingeniero Aguas Arriba y Aguas Abajo, Campo Corocora Estación de Rebombeo 1, 2015.

MUESTREO	PH VR: 5 - 9		Conductividad us/cm VR: N/A		Sólidos Totales mg/L VR: N/A		Temperatura °C VR: N/A	
	*AA	*AB	*AA	*AB	*AA	*AB	*AA	*AB
Nov-14	7,2	7,3	2,4	2,18	0	0	26,5	26,3
Dic-14	7,35	6,98	3,43	2,75	0	0	25,8	26,1
Ene-15	7,35	6,89	3,4	2,76	0	0	26,2	27
Feb-15	4,32	4,26	4	4	13	13	25,4	25,39
Mar-15	5,11	5,16	4,01	4,05	0	0	26,4	26,5
Abr-15	5,47	5,41	7	7	13	5	25,4	25,43
May-15	5,01	5,25	4	3	4	4	25,2	25,22
Jun-15	3,97	3,92	4	4	9	6	25,2	25,17
Jul-15	5,16	5,14	3	3	4	4	25,1	25,13
Ago-15	7,9	7,81	8	8	0	4	25,5	25,45
Sept-15	5,73	5,95	8,4	8,8	46	44	27,7	27,7
Oct-15	6,09	5,56	10,6	6,5	0	0	27,8	26,9
Nov-15	5,27	5,23	5,5	4,3	11	0	26,4	25,9
Dic-15	5,27	5,23	5,5	4,3	11	0	29,4	27,2

Fuente: Lass Ltda., Laboratorio, 2015.

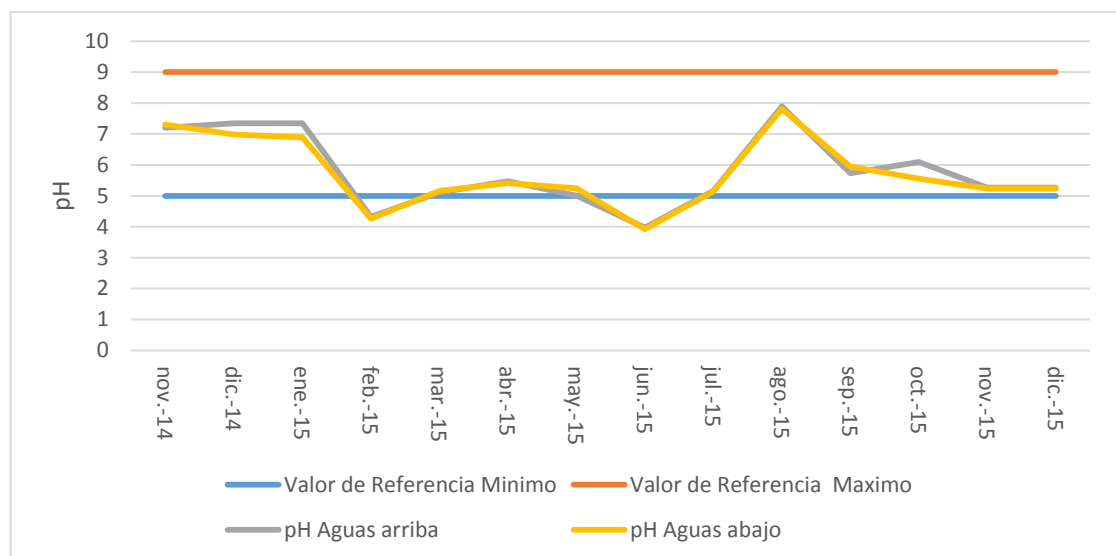
* AA: Aguas Arriba, *AB: Aguas Ab

Tabla No 3. Resultados físicos químicos obtenidos de los 14 muestreos de DBO5, DQO, Coliformes Totales, Coliformes Fecales y Grasas y Aceites realizados a la Bocatoma Caño El Ingeniero Aguas Arriba y Aguas Abajo, Campo Corocora Estación de Rebombeo 1, 2015.

MUESTREO	DBO5 mg/L VR: N/A		DQO mg/L VR: N/A		Coliformes Totales NPM/100ml VR: 20000		Coliformes Fecales NPM/100ml VR: 2000		Grasas y Aceites mg/L VR: N/A	
	*AA	*AB	*AA	*AB	*AA	*AB	*AA	*AB	*AA	*AB
Nov-14	0	0	32	39	140000	92000	0	38000	0	0
Dic-14	0	0	0	0	0	0	24	0	0	38
Ene-15	0	0	15	13	1300	2400	450	660	25	18
Feb-15	0	0		0	609	571	20	41	0	0
Mar-15	0	0	7	7	2000	7800	2000	7800	0	16
Abr-15	0	0	39	0	3873	3255	121	160	0	0
May-15	0	0	17	12	1300	1986	0	0	0	0
Jun-15	0	0	31	0	326	517	0	0	0	0
Jul-15	0	0	0	0	2755	2289	86	119	0	0
Ago-15	0	0	17	36	2755	3654	31	110	0	33
Sept-15	9	9	20	16	2100	680	210	680	22	0
Oct-15	6	5	21	14	40	61	0	0	0	0
Nov-15	5,7	0	20	20	4400	950	450	210	62	11
Dic-15	7	6	12	10	45	40	45	20	12	17

Fuente: Lass Ltda., Laboratorio, 2015.
* AA: Aguas Arriba, *AB: Aguas Abajo.

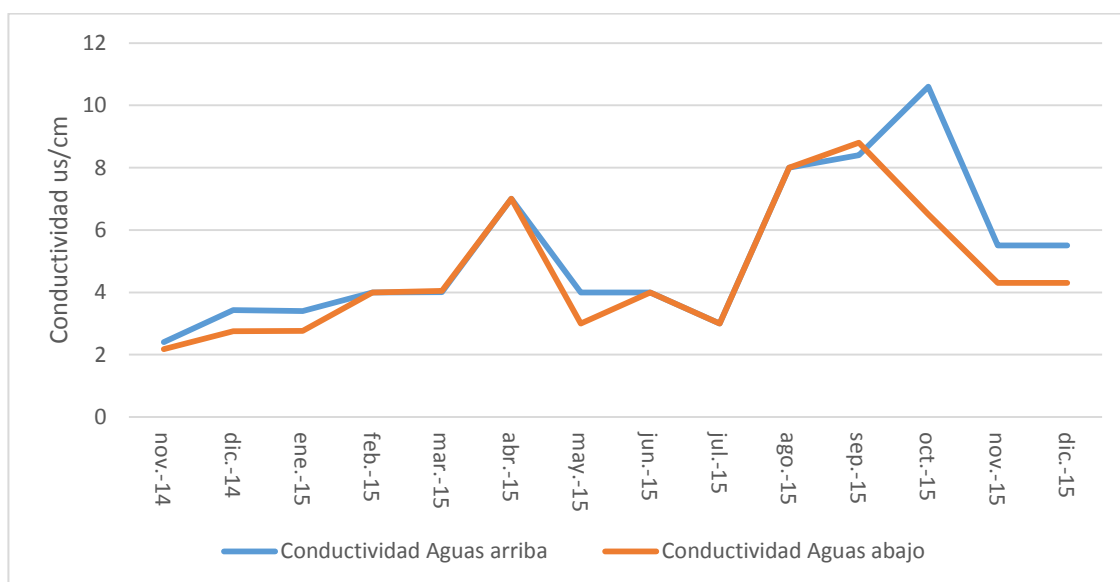
Figura No. 3. Análisis de pH en dos sitios con referencia al punto de descarga Caño el Ingeniero Campo Corocora Estación de Rebombeo 1, 2015.



Fuente: Martínez S. J., 2015.

Se observa que en dos momentos durante el periodo de evaluación, el pH estuvo por debajo de los valores mínimos de acidez permitidos (pH 5), con valores de 4,32 aguas arriba y 4,26 aguas abajo, el resto del periodo el pH del agua estuvo dentro del rango permitido (Figura No. 3).

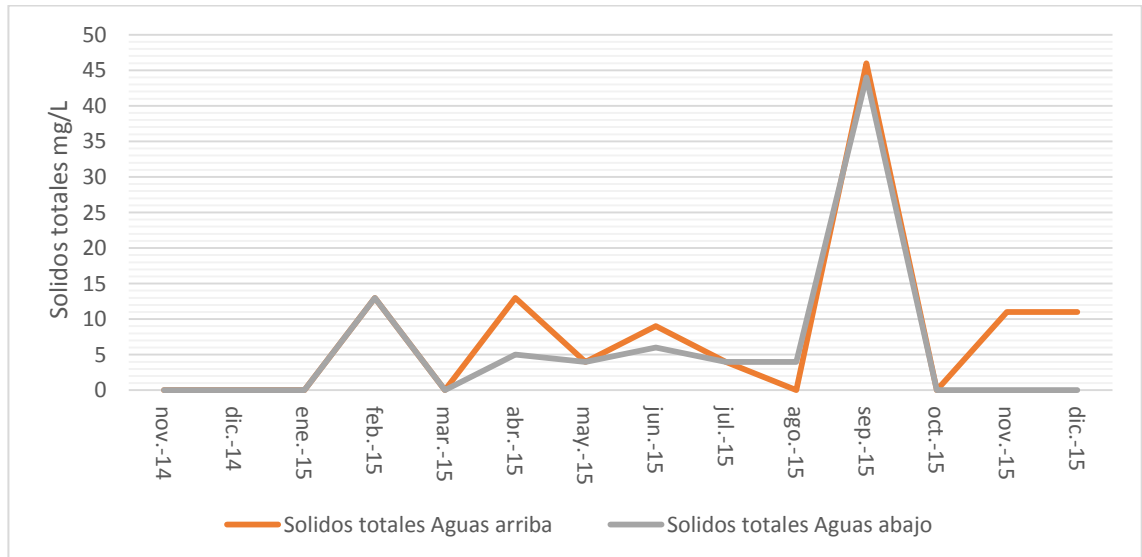
Figura No. 4. Análisis de Conductividad Eléctrica en dos sitios con referencia al punto de descarga Caño el Ingeniero Campo Corocora Estación de Rebombeo 1, 2015.



Fuente: Martínez S. J., 2015.

En los parámetros de Conductividad aunque no hay un parámetro de referencia, se puede observar que existe un aumento progresivo, en la muestreo de abril de 2015 hay un pico de aumento de 7 us/cm y luego en agosto a octubre de 2015 los picos se elevan mucho más llegando a 10,6 us/cm como lo indica la figura No. 4.

Figura No 5. Análisis de Sólidos Totales en dos sitios con referencia al punto de descarga Caño el Ingeniero Campo Corocora Estación de Rebomero 1, 2015.

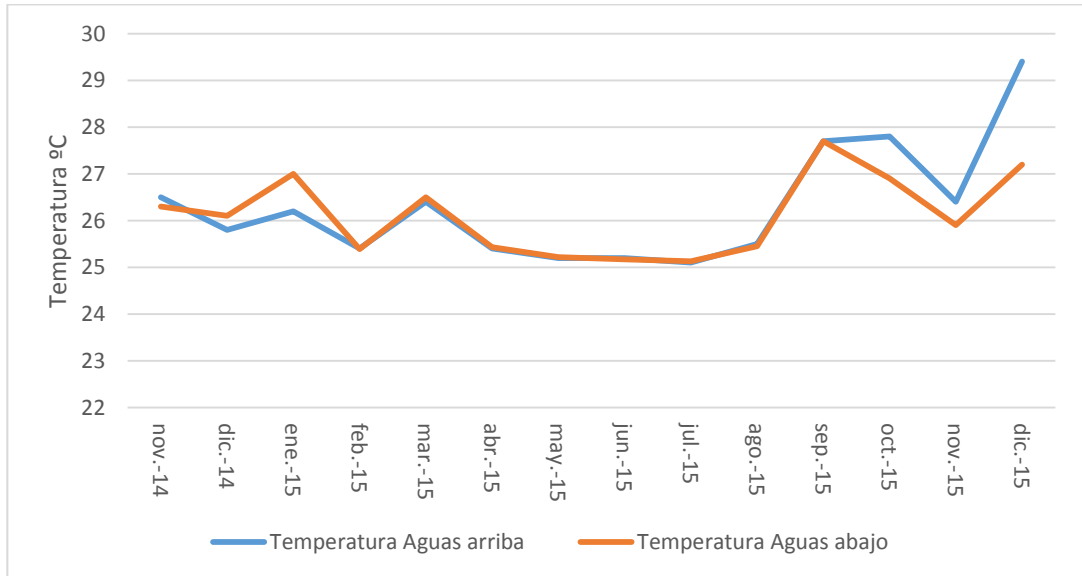


Fuente: Martínez S. J., 2015.

Los sólidos suspendidos presentan una variación en los muestreos de febrero de 2015 a junio de 2015 y picos altos en el muestreo de septiembre de 2015 tanto en aguas arriba como en aguas abajo con resultados de 46 y 43 mg/L, los sólidos suspendidos están relacionados con la calidad química del agua.

En relación con la conductividad de la figura No. 4 se puede observar el aumento de los sólidos se encuentra en los últimos muestreos de septiembre a diciembre de 2015 al igual que los resultados de la conductividad teniendo una relación entre los dos, ya que parte de los sólidos suspendidos tienen sustancias químicas compuestas de iones que hacen que la conductividad aumente.

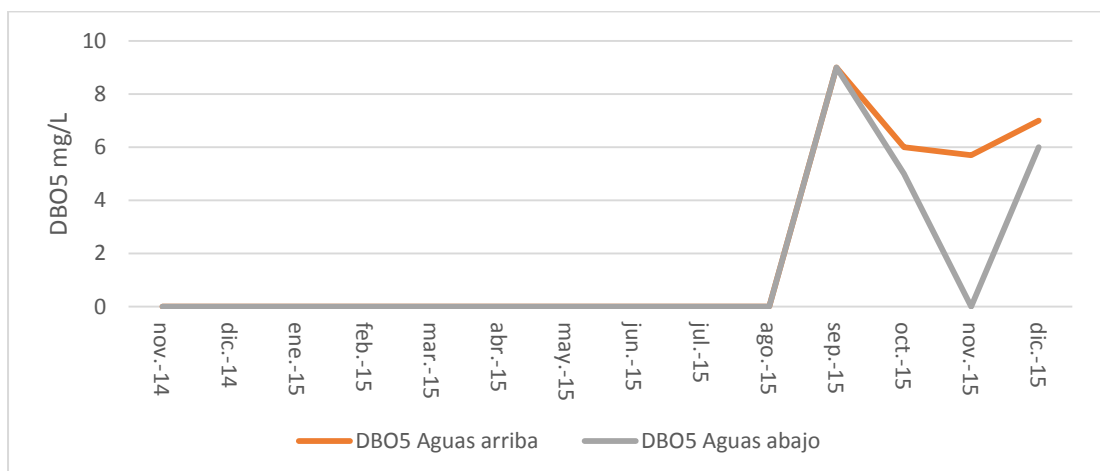
Figura No. 6. Análisis de Temperatura en dos sitios con referencia al punto de descarga Caño el Ingeniero Campo Corocora Estación de Rebombéo 1, 2015.



Fuente: Martínez S. J., 2015.

El municipio de Puerto Gaitán Meta maneja un temperatura ambiente variable de 24°C a 28,5 °C, en la figura No. 6 la temperatura del agua presenta una variación entre 28°C y 29,5 °C en las muestras de septiembre a diciembre de 2015, esto en relación a la temperatura ambiental es significativa ya que presenta valores altos.

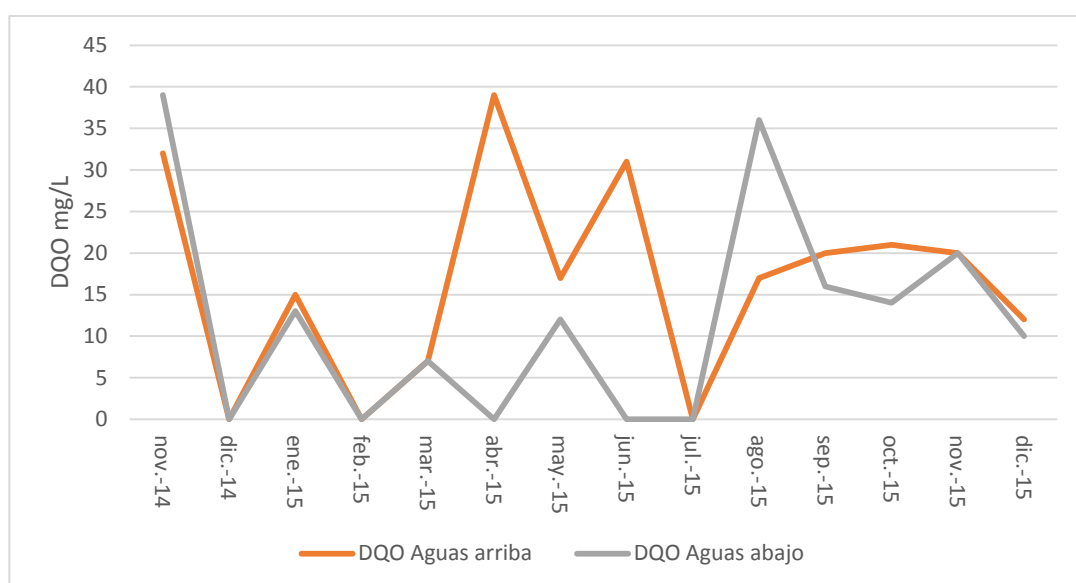
Figura No. 7. Análisis de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) en dos sitios con referencia al punto de descarga Caño el Ingeniero Campo Corocora Estación de Rebombéo 1, 2015.



Fuente: Martínez S. J., 2015.

Se observa en la figura No. 7 que hay un aumento considerable de DBO5 en las muestras de septiembre a diciembre de 2015 con picos hasta 9 mg/L, principalmente aguas arriba.

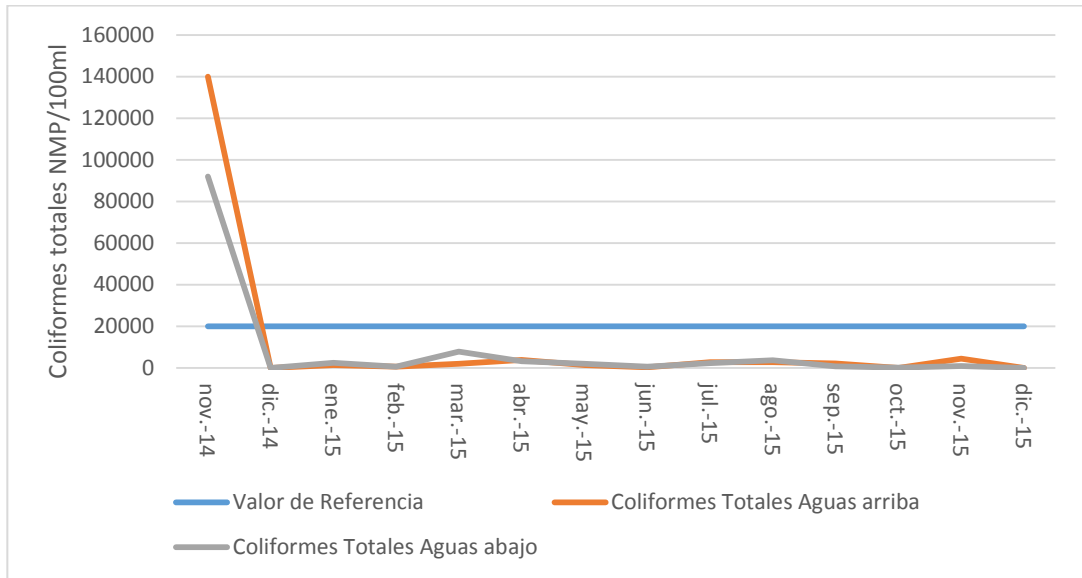
Figura No. 8. Análisis Demanda Química de Oxígeno (DQO) en dos sitios con referencia al punto de descarga Caño el Ingeniero Campo Corocora Estación de Rebombío 1, 2015.



Fuente: Martínez S. J., 2015.

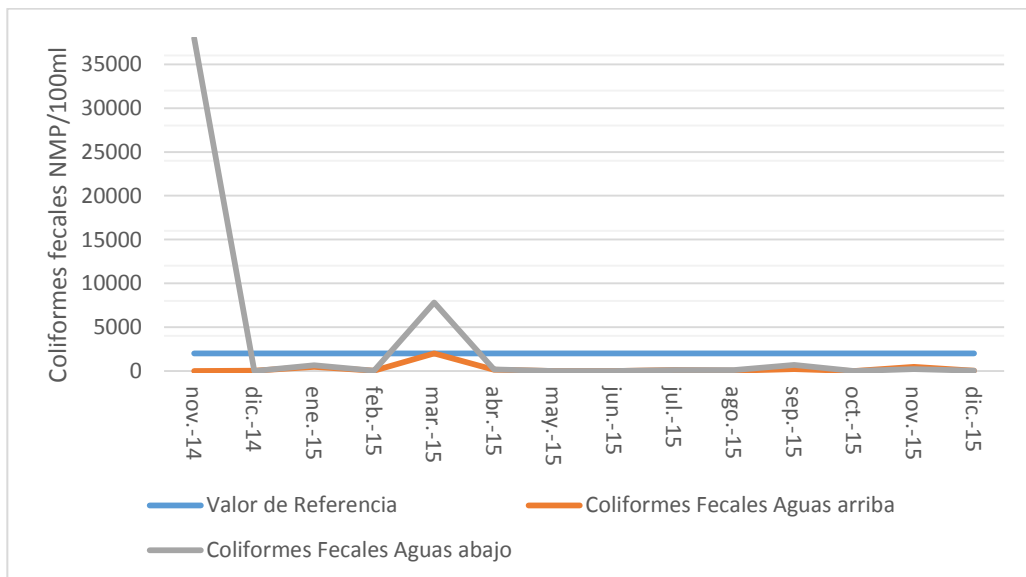
La demanda química de oxígeno (DQO) es el análisis que ha presentado las mayores variaciones en los resultados, desde el inicio presento picos altos que están entre valores de 7 mg/L a 39 mg/L, esta variación se ha dado tanto en aguas arriba como en aguas abajo (Figura No 8.).

Figura No. 9. Análisis Coliformes totales en dos sitios con referencia al punto de descarga Caño el Ingeniero Campo Corocora Estación de Rebombeo 1, 2015.



Fuente: Martínez S. J., 2015.

Figura No 10. Análisis Coliformes fecales en dos sitios con referencia al punto de descarga Caño el Ingeniero Campo Corocora Estación de Rebombeo 1, 2015.

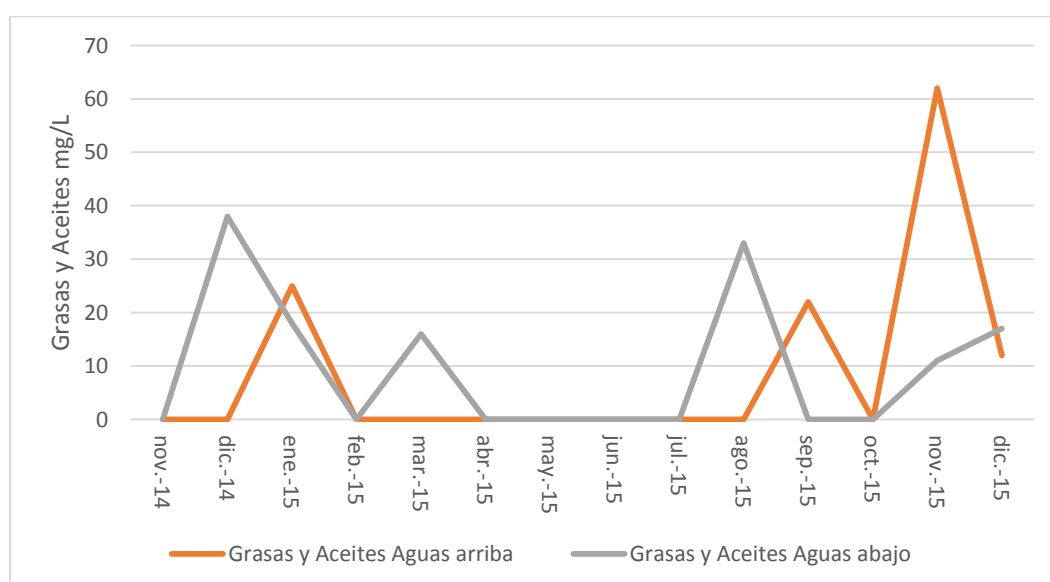


Fuente: Martínez S. J., 2015.

La detección de coliformes tanto totales como fecales se ha mantenido, existe unas desviaciones en los muestreos iniciales, los coliformes totales como su nombre lo dice es la sumatoria de todas estas enterobacterias, por lo tanto los coliformes fecales

hacen parte de los coliformes totales, estos tienen un valor de referencia de 20000 NMP/100ml, en el muestreo de noviembre de 2014 de presento una desviación con resultados de 14000 NPM/100ml aguas arriba y 92000 NPM/100ml aguas abajo, en relación con estos resultados los coliformes fecales presentaron un resultado de 38000 NPM/100ml aguas abajo teniendo en cuenta que los valores permisibles son hasta 2000 NPM/100ml, los coliformes fecales también presentaron desviación en el mes de marzo de 2015 con un valor de 7800 NPM/100ml aguas abajo (Figura No. 9. y 10.).

Figura No 11. Análisis Grasas y Aceites en dos sitios con referencia al punto de descarga Caño el Ingeniero Campo Corocora Estación de Rebombío 1, 2015.



Fuente: Martínez S. J., 2015.

De acuerdo a los parámetros evaluados en las grasas y aceites se evidencia variaciones en la figura No. 11, durante los muestreos se presentaron resultados de 16 mg/L a 62 mg/L, este último se presentó en el mes de noviembre de 2015 aguas arriba siendo el pico más alto de los resultados obtenidos.

6.2 Discusión

6.2.1 Principales causas de la contaminación en el Caño el Ingeniero.

Los análisis arrojan que existen algunos parámetros que presentan variaciones significativas como Grasas y Aceites y DQO, y otros van aumentando durante los muestreos evidenciándose en los últimos muestreos como Conductividad y temperatura.

Aunque no es representativo los resultados obtenidos de pH, se evidencia que el agua ha presentado unos picos de acidez, es importante tener en cuenta esto, ya que un pH ácido puede afectar la vida acuática, tienden a mantener un número bajo de especies, afectando la producción de los peces, y esto se da en muchos casos por vertimientos industriales (Ocasio F. 2011).

La conductividad está asociada a la carga de iones en una solución, suele aumentar cuando hay descargas de aguas residuales debido al aumento de concentración iones como el Cl, NO₃ y el SO₄, en los casos de contaminación por derrame de hidrocarburos o compuestos orgánicos como aceites, alcohol u otros que no son ionizantes no modifican significativamente la conductividad. El aumento de la conductividad también se puede asociar a la cantidad de sales o sólidos suspendidos en el agua (Ocasio F. 2011).

Los resultados coincide con estudios realizados en Puerto Rico por Awilda Ortiz (2012), donde se realizaron estudios a 5 cuerpos de agua superficial y se hizo la comparación río arriba y río abajo, se encontraron valores altos en la conductividad, es un indicativo del efecto a la calidad del agua, los resultados del pH en este estudio demostraron que las aguas debajo son más ácidas que aguas arriba, aunque estaban dentro del rango aceptable, el estudio demostró que la mayoría de las muestras no alcanzaron el nivel máximo permisible para algunos metales, la contaminación de estos afluentes de agua de Puerto Rico provienen principalmente de fuentes de contaminación como descargas de aguas usadas, desperdicios sanitarios domésticos, fertilizantes y de fuentes naturales como la lluvia.

Los sólidos suspendidos son la cantidad de sustancias orgánicas e inorgánicas disueltos en el agua que pueden ser filtrables, los sólidos disueltos determinan la salinidad del medio y en consecuencia la conductividad y los sólidos en suspensión desarrollan la turbidez y el color (Rojas C. 2011).

La existencia elevada de sólidos totales indica la existencia en el agua de grasas, arcillas, aceites entre otras o material orgánico que son el resultado de contaminación por residuos de procesos industriales de minería o de cualquier otra industria que vierta residuos en las aguas superficiales, así mismo puede ser por contaminación de poblaciones aledañas a las fuentes hídricas que desechan sus residuos en estas aguas (Rojas C. 2011).

Los sólidos totales comprenden principalmente las sales inorgánicas de calcio, magnesio, potasio, sodio, cloruros, sulfatos y pequeñas cantidades de materia orgánica que están disueltas en el agua, la presencia de concentraciones altas de sólidos disueltos en el agua de consumo procede de fuentes naturales, aguas residuales, y escorrentía urbana, la presencia de nutrientes así como de los metales presentes en el agua y sedimentos, puede explicarse mediante la contaminación industrial, (Rojas C. 2011).

El aumento de temperatura es importante en los cuerpos de agua, el oxígeno disminuye afectando la vida acuática, la temperatura es importante también en los análisis de laboratorio ya que influye en los mismos, por el aumento de sales y la disminución del oxígeno, esta variación se puede dar por el clima local en épocas de verano, caso especial en este muestreo, los resultados de septiembre a diciembre de 2015 se tomaron en verano y las temperaturas superaban los 27 °C,

La temperatura puede ser utilizada como referencia para monitorear variaciones térmicas provocadas por descargas de aguas calientes, este parámetro juega un papel importante en los procesos fisiológicos de los organismos acuáticos, tales como respiración microbiana, la cual es responsable de muchos de los procesos de auto purificación en los cuerpos de aguas superficiales, por lo tanto la temperatura debe ser uno de los indicadores básicos de seguimiento de la calidad del agua, (Zhen B. 2008),

El aumento DBO5 se debe principalmente al consumo de oxígeno por las bacterias para degradar material orgánico que existen en el cuerpo de agua, lo cual indica que el

agua en algún momento presentó contaminación de materia orgánica que hizo que aumentara el uso de oxígeno por parte de las bacteria y protozoos, Álvarez J., Panta J., Ayala C. y Acosta E (2008), mencionan que la DBO5 indica la cantidad de oxígeno necesaria para destruir, estabilizar o degradar la materia orgánica presente en una muestra de agua por la acción bacteriológica, establecieron que altos valores de DBO5, indica contaminación de agua, y cargas significativas de materia orgánica, e incremento de nutrientes y de carbono orgánico.

Cerca del Caño el Ingeniero se encuentran las empresas de petróleos, estas manejan plantas de tratamiento de agua residual y residuos sólidos resultado de sus procesos, estas empresas tiene permisos de verter esta agua residual por aspersión al suelo en épocas de verano, existe la posibilidad que por infiltración y escorrentía estas aguas lleguen al Caño y aumenten el material orgánico, aunque existe el permiso para verter por aspersión, el no tratamiento adecuado del agua residual o la aspersión de la misma cerca al Caño puede afectar el agua superficial.

La DQO nos indica la cantidad de materia orgánico contaminante en un cuerpo de agua por medio del uso del oxígeno para la oxidación y degradación de material orgánico a bióxido de carbono y agua, entre más consumo de oxígeno es por el aumento de material orgánico en el agua, los desechos orgánicos principalmente vienen de vertimiento de aguas negras, desechos de las diferentes actividades petroleras, la mayoría de los desechos orgánicos son descompuestos por bacterias, parte de los desechos orgánicos también son por las grasa y aceites que en muchos casos son derivados del petróleo o tipo vegetal y animal.

La presencia coliformes en aguas superficiales actúan como indicadores de contaminación por materia fecal que provienen principalmente de tracto intestinal del hombre, dentro de los coliformes existen microorganismos patógenos productores de enfermedades y son parte de los coliformes fecales entre lo más comunes esta la E coli, bacteria productora de enfermedades cuando se encuentra en aguas de uso doméstico, la presencia de estos fuera de los parámetros establecidos indica que hay contaminación por desechos de aguas residuales de tipo domestico, esto debido principalmente en este sector del Caño el Ingeniero por fallas de tratamiento de las aguas residuales, las cuales son vertidas por aspersión y por infiltración llegan a los cuerpos de aguas de cercanos en las épocas de verano en la zona, los vertimiento por

aspersión se realizan de acuerdo a licencia ambiental establecida para el área, pero como se mencionó anteriormente pueden existir fallas en el tratamiento en la eliminación o disminución de la carga microbiana del agua residual. Medina P. (2002), indica que la presencia de coliformes pueden provenir de excrementos humanos o de actividades industriales y la presencia en aguas superficiales indican contaminación de carácter antropogénico.

De acuerdo a Álvarez J., Panta J., Ayala C., Acosta E. (2008), los valores establecidos por la norma para coliformes se refieren a aguas tratadas, por lo que no debe sorprender que las concentraciones en las aguas residuales que no reciben ningún tratamiento, sean tan elevadas, esto implica un riesgo de infección por estos organismos para la población expuesta, los coliformes fecales están profusamente distribuidos en la naturaleza, por lo que no debe llamar la atención el que todas las aguas naturales contengan una variedad relativamente grande, algunas de ellas son saprofitas procedentes del suelo, otras pueden ser parásitas, aun las bacterias patógenas pueden encontrarse en el agua debido a la contaminación, con esta referencia se puede explicar ampliamente el porqué, se cuantificaron altas concentraciones en algunos de los resultados que se realizaron al Caño el Ingeniero.

Guzmán G., Ramírez E. (2009), mencionan estudios realizados en todo el cauce del Río San Pedro México y coinciden con el estudio realizado en esta investigación en el Caño en Ingeniero, Puerto Gaitán Meta, los autores afirman un deterioro de la calidad del agua, provocado principalmente por las descargas de aguas residuales sin tratar, de origen municipal, agropecuario e industrial, el 50 % de las muestras de agua sobrepasaron el límite permisible de referencia para dos o más parámetros de materia orgánica y coliformes fecales, las concentraciones máximas de DBO5 fueron hasta 7.5 veces superiores a los límites permisibles establecido, mientras que los valores de DQO fueron hasta 14 veces superiores al límites permisibles, esto debido a elevados niveles de materia orgánica son congruentes con las bajas concentraciones de Oxígeno Disuelto, en los resultados presentados en el Caño el Ingeniero se evidencia que los análisis de DQO, la mayoría de los muestreos presentan variaciones considerables (Ver figura 9) y resultados como DBO5 y coliformes fecales presentan algunas desviaciones lo cuales indican que existe una problemática de contaminación en el Caño el Ingeniero y ha sido progresivo como se observa en algunos de los parámetros estudiados y que se presentan en las figuras anteriores.

Las grasas y aceites son compuestos orgánicos y pueden ser derivados de ácidos grasos de origen animal y vegetal o de hidrocarburos del petróleo, no se tiene un análisis representativo de hidrocarburos totales, se realizaron tres muestreos los cuales dieron negativo, la desviaciones de los análisis de grasas y aceites posiblemente sean de origen animal y vegetal provenientes de los procesos de tipo domestico de las industrias de petróleo o comunidades aledañas, las grasas y aceites son difíciles de degradar por las bacterias, lo cual hace que sean un contaminante importante en los ecosistemas de aguas superficiales ya que interfieren con el intercambio de gases entre el agua y la atmosfera, no permite el libre paso del oxígeno hacia el agua ni la salida de CO₂ hacia la atmósfera, en muchos casos acidifica el agua e impide el paso de la luz solar, esto afectando significativamente la vida acuática y está relacionado con la presencia de sólidos en los cuerpos de agua.

El servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (2007) arroja resultados de estudios realizados en las fuentes de agua, donde existen variaciones de la conductividad y el oxígeno disuelto, muchos de los ríos de este país se ven afectados principalmente por fuentes de contaminación externas que limitan aun más el uso del recurso hídrico, principalmente la contaminación es por actividad minera, industrial y antropogénica que está dañando y destruyendo los ecosistemas de agua dulce.

En Colombia lo mismo está pasando la mayoría de los ecosistemas hídricos se están viendo afectados por las actividades mineras de todo tipo y por la falta de conciencia de las poblaciones en el uso y cuidado del los recursos, El Caño el Ingeniero es un ejemplo de fuente de agua que abastece empresas de minería cercanas y también poblaciones, aunque los resultados en algunos parámetros no están por fuera de los límites se evidencia un aumento progresivo que es una alerta de que los contaminantes están aumentando y si no se hace el debido control pueden causar daño irreversible en estos ecosistemas afectando la fauna y flora y comunidades que tengan este fuente como consumo y abastecimiento.

La protección ambiental constituye factor predominante de atención dentro de las operaciones petroleras. La contaminación involucra todas las operaciones relacionadas con la explotación y transporte de hidrocarburos y sus procesos derivados que conducen inevitablemente al deterioro gradual del ambiente, afectando

en forma directa el agua.

Los efectos sobre el agua en especial las aguas superficiales el vertido de petróleo u otros desechos producen disminución del contenido de oxígeno, aporte de sólidos y de sustancias orgánicas e inorgánicas de las cuales varias fueron analizadas en esta investigación y que arrojaron resultados significantes que dan inicio a que se está presentando contaminación en la población de estudio que es el Caño el Ingeniero.

Los contaminantes estudiados en esta investigación, aunque no sean directamente de los derivados del petróleo, si provienen de las actividades realizadas en algunos de sus procesos, en especial por las descargas de aguas de tipo industrial y doméstico, generación de residuos sólidos, captación de agua, de este último se genera contaminación debido al riego de aceites por el lavado vehículos y residuos generados por las personas que hacen la captación.

Otros causantes del daño al Caño el ingeniero es la actividad humana de las veredas y fincas que se encuentran cerca por la generación de residuos que botan al afluyente hídrico y el agua residual que no tiene un tratamiento previo antes de verterla teniendo en cuenta que no tienen un sistema sanitario, ni plantas de tratamiento para las aguas residuales generados por la población, en estas veredas también se realizan actividades de tipo agrícola, las cuales también generan contaminación que pueden estar afectando el Caño el Ingeniero.

6.2.2 Posibles medidas de mitigación para prevenir y controlar el impacto ambiental generado en el Caño el Ingeniero por la presencia de proyectos petroleros.

La contaminación de la fuente hídrica es una problemática que se ha venido presentando en el Caño el Ingeniero, los valores presentados en las gráficas anteriores muestran que han ido aumentando paulatinamente, es importante buscar medidas que ayuden a mitigar o a prevenir la contaminación del río, por esta razón existen programas que podrían implementarse en las empresas que se encuentran cerca del Caño el Ingeniero como es el sistema de Producción Más Limpia (PML), el cual compromete todo el procesos productivo de una empresa, en donde desde el inicio hasta el final de los procesos se reducen los residuos contaminantes los cuales

no son solo favorable para el medio ambiente, el PML también mejora los costos de la producción de la empresas siendo benéfico en temas económicos y ambientales.

Las industrias de los países en vías de desarrollo todavía no entienden la lógica de la producción más limpia y optan por tratar de controlar el impacto ambiental de sus empresas por medio de equipos al final de los procesos, con lo cual lo único que logran es aumentar sus costos de fabricación y por ende el precio de venta de sus productos, aumentando en gran medida su capacidad competitiva, sobre todo los mercados internacionales, (Bocanegra J.; Cavidad S.; Cifuentes C.; Giraldo J.; Varón J. 2013).

Este tipo de estrategia, si es que se le puede llamar así, debe erradicarse si la industria pretende competir exitosamente en los grandes bloques comerciales del planeta (Bocanegra J.; Cavidad S.; Cifuentes C.; Giraldo J.; Varón J. 2013).

Todo lo anterior significa evitar la generación de sustancias y elementos contaminantes desde dentro de los mismos procesos para así no tener que recurrir a costosos y sofisticados equipos de control al final de estos procesos como antiguamente se hacía (Bocanegra J.; Cavidad S.; Cifuentes C.; Giraldo J.; Varón J. 2013).

Una industria que opta por la producción más limpia, además de reducir el impacto que provoca sobre su entorno, también obtiene beneficios adicionales como son:

- Disminuye la generación de residuos y desechos, y por lo tanto los costos asociados con ellos.
- En el caso de sustancias peligrosas se disminuye el riesgo, tanto para los empleados como para los vecinos del lugar donde se localice la industria.
- Al optimizar los equipos y proceso su productividad aumenta.
- Se genera un ambiente de trabajo más eficiente y motivante a la innovación.
- El potencial competitivo de la industria aumenta, tanto a nivel local como internacional al ganar nichos de mercado entre los clientes conscientes de la problemática ambiental.
- Una industria que opta por la prevención de la contaminación demuestra su responsabilidad hacia el ambiente y por lo tanto mejora considerablemente su imagen ante la sociedad.

Chales G., Alderete E., Fuentes E. (2007), en investigaciones realizadas en la industria cubana de petróleo y gas, vieron la necesidad de implementar prácticas e introducir opciones, medidas y tecnologías de producción más limpia (PML), ellos exponen los resultados obtenidos a partir de las medidas implementadas para el control y ahorro del consumo de agua, la reducción de los niveles de contaminación del aire ambiente, en local de trabajo de una planta de llenado de gas licuado y los resultados obtenidos fue La mejora de las condiciones ambientales, debido a la disminución de los niveles de concentración de los contaminantes, un ahorro sustancial de agua y por consiguiente de divisa.

En Mexico la empresa de petroleos Pemex muestra que la protección al medio ambiente es un factor clave para el éxito de Petróleos Mexicanos, la empresa trabaja de acuerdo con los lineamientos de sustentabilidad ambiental del Plan Nacional de Desarrollo, y está comprometida a llevar a cabo las mejores prácticas ambientales (Industrias Petrolera Mexicana Pemex 2012).

De acuerdo con lo dado a conocer por Pemex, el objetivo es impulsar la actividad económica mediante un plan de inversiones, lo que no sólo contribuirá a la derrama económica sino que es una manera de promover la generación de empleos tanto directos como indirectos y minimizar los impactos ambientales (Industrias Petrolera Mexicana Pemex 2012).

El proyecto fue la planeación de una planta de cogeneración eléctrica. Esta nueva planta es parte de la estrategia de protección ambiental de Petróleos Mexicanos. Ayudará a que dejen de emitirse a la atmósfera 940 mil toneladas anuales de gases de efecto invernadero. Asimismo, aumentará la eficiencia energética generando 300 MW de electricidad y 800 Ton/hr de Vapor, y traerá importantes ahorros en el gasto operativo (Industrias Petrolera Mexicana Pemex 2012).

La paraestatal ha manifestado que con el desarrollo del Proyecto de Cogeneración Nuevo Pemex, se verán beneficiados por una producción de electricidad más limpia, eficiente y económica. Además de que se reducirá el consumo de combustibles que se utilizan para generarla. Asimismo, consideran que aumentará la confiabilidad del suministro eléctrico necesario para sus procesos de producción y, por lo tanto, mejorará la competitividad de la empresa (Industrias Petrolera Mexicana Pemex 2012).

Existen normas internacionales como la ISO 14000 – 14001, es una norma ambiental voluntaria que muy pocas empresas aplican y sugiere dentro de sus programas de prevención de la contaminación que empiecen con el diseño adecuado de los productos y que al mismo tiempo se incluyan estudios del ciclo de vida de los mismos.

Aun cuando la normativa de la serie ISO es voluntaria, las industrias que no la adopten quedarán excluidas para ingresar en los grandes bloques económicos del planeta, como es el caso actual de la Comunidad Europea, en donde es obligatorio el cumplimiento de la normatividad de la serie ISO-9000 de aseguramiento de la calidad de los productos y los servicios (Bocanegra J.; Cavidad S.; Cifuentes C.; Giraldo J.; Varón J. 2013).

Esta norma debería ser obligatoria en Colombia hacer parte de la legislación nacional, lo cual sería un paso importante para el logro de minimizar los impactos negativos del medio ambiente y prevención de las nuevas industrias que entren al país en el sector de minería es especial el de petróleos.

En Perú se han mostrado desviaciones significativas en controles operacionales que fueron detectadas en compañías relacionadas con la minería que operan en este país, se han desarrollado once auditorías ambientales con relación a ISO 14001 y se ha encontrado que las desviaciones se deben a la administración inadecuada de residuos sólidos (residuos peligrosos y no peligrosos), así como a consumos no eficientes de la electricidad, agua, aceite y combustible en el transporte; y a derrames de aceite, emisiones de polvo y desperdicios de aguas sin un adecuado tratamiento. Algunas técnicas de Producción Más Limpia han sido discutidas con el objetivo de mitigar estas desviaciones (Valdivia S.; Mongrut M. 2006).

Si embargo, es crucial la aplicación de estas técnicas de Producción Más Limpia, pues una solución más entendible necesita de la construcción de indicadores de desarrollo ambiental para que las compañías relacionadas con la minería puedan monitorear su desempeño y compararse creando el incentivo de competencia entre ellas.

Así mismo el gobierno debe exigir un apoyo de educación ambiental a las empresas de hidrocarburos a las comunidades cerca, donde generen conciencia del cuidado del medio ambiente y la disposición adecuada de residuos que generan en sus veredas, esto con el apoyo de los entes gubernamentales en donde se creen proyectos que permitan hacer una mejor disposición de los residuos y los impactos sean menos al

medio ambiente.

Galván R., Luís E., Reyes G., Rosa E. (2009), mencionan que en la práctica de muchos educadores a lo largo de la historia contemporánea, ha estado presente la necesidad de educar a la población acerca de las características y funcionamiento del ambiente, a través de diversos enfoques relacionados con la naturaleza, aunque estas prácticas no fueron hasta muy recientemente, conocidas como Educación Ambiental.

Puede decirse que la Educación Ambiental surgió cuando el ser humano comenzó a cuestionar su papel en la conservación o degradación del entorno y su relación con éste, en este contexto la Educación Ambiental se presenta como herramienta de prevención de la contaminación partiendo del hecho que la sensibilización y el conocimiento ambiental de los ciudadanos le hará adquirir las conductas proambientales correspondientes, (Galván R.; Luís E.; Reyes G.; Rosa E. 2009).

Rodríguez R., Castro F., (2013), plantean la aplicación de un Programa de Educación Ambiental en el Proyecto de Diseño y Construcción del Tercer Juego de Esclusas del Canal de Panamá, Sector Pacífico; como alternativa para lograr la prevención y disminución de los derrames de Hidrocarburo en el área de excavación que resultan de las actividades y operaciones del Proyecto.

El Sistema de Gestión Ambiental del Proyecto establece el desarrollo de programas de Educación Ambiental para generar conciencia en los colaboradores de la obra y que de esta forma puedan cumplir con las normativas de protección y conservación ambiental establecidas en el Estudio de Impacto Ambiental (Rodríguez R.; Castro F. 2013).

La implementación consistió en la capacitación a los trabajadores del área de excavación del Proyecto y el uso de materiales didácticos referentes a los temas de manejo de hidrocarburos. El objetivo fue disminuir la incidencia en la cantidad de derrames de hidrocarburo, enfocándose en las consecuencias al ambiente que traería un derrame de este material y el desarrollo de buenas prácticas de modo que realicen sus labores previniendo y conteniendo posibles impactos ambientales (Rodríguez R.; Castro F. 2013).

El porcentaje de derrames en el área de excavación disminuyó en los dos últimos meses del año, seguramente se deba a la variación en la cantidad del personal del

área de excavación, con ayuda de los folletos, murales y charlas en el lugar (Rodríguez R.; Castro F. 2013).

7. CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos se puede evidenciar que existen desviaciones significativas en los análisis de Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Grasas y Aceites.

Las mediciones de DQO y Grasas y Aceites son importante en este estudio debido a que nos indican que existe contaminación en el Caño el Ingeniero por material orgánico posiblemente de los residuos de aguas residuales provenientes de vertimientos que se realizan cerca de afluente del agua y que se hace en la épocas de verano de acuerdo a la licencia ambiental que se establece para el sector y que por filtración y escorrentía llegan al cuerpo de agua.

Los permisos de vertimiento son claros en que para realizar esta actividad el agua residual debe cumplir con los parámetros establecidos por la legislación Colombia, lo cual puede ser una falla en el tratamiento del agua que posteriormente se vierte.

El Caño el Ingeniero también es una fuente de captación para las empresas de petróleo que se encuentran cerca, esto puede afectar directamente el caño ya que los vehículos y personas que llegan a este sitio generan residuos como grasas y aceites provenientes del lavado y arreglos de los vehículos y otro tipo de residuos del uso personal de la personas que llegan a este afluente hídrico.

Existe pocas desviaciones o diferencias en los análisis de Conductividad, Sólidos suspendidos, Temperatura, y Demanda bioquímica de Oxígeno (DBO5) se puede observar que los últimos muestreos los resultados aumentaron saliendo de los parámetros establecidos por la norma y en los que no aplica norma de igual manera aumentaron los resultados, lo cual puede indicar que así sea en mínimas proporciones esta aumentado la contaminación del Caño el Ingeniero, lo cual si no se controla puede generar impactos significativos en este cuerpo de agua, teniendo en cuenta que este Caño desemboca en el río Manacacías el cual provee el agua al municipio de

Puerto Gaitán Meta.

Aunque los resultados analizados en su mayoría presentan estabilidad, las desviaciones presentadas es una alerta de que si hay una contaminación en el Caño el Ingeniero y a parte de afectar la vida acuática del agua superficial también puede afectar las veredas, fincas que tenga como fuente de abastecimiento este recurso hídrico, ya sea de uso domestico y/o agrícola.

Los tratamientos de aguas de tipo industrial y domestico en las industrias de petróleo deben cumplir con toda la normatividad para tratamiento de aguas residuales, y así mismo el vertimiento de estas se debe hacer en épocas especiales como verano, pero para el vertimiento de aguas residuales éstas deben cumplir con los parámetros para su disposición final, puede ser que este tenga una falla en este proceso de tratamiento y el agua vertida no esté cumpliendo con la lo establecido por la norma para ser vertida.

En los resultados obtenidos se observa que los mayores contaminantes son de tipo químico, ya que los resultados de coliformes, tipo biológico permanecieron en los parámetros, solo presentaron desviaciones en el primer muestreo

Con los resultados obtenidos se observa que la contaminación se puede dar por escorrentías y el desarrollo industrial que pueden estar causando problemas a la calidad del agua y al cauce del caño el Ingeniero.

En los muestreos de calidad analizados se encontró una relación entre los resultados y las posibles fuentes de contaminación, como es el caso las industrias de petróleos que se encuentran aledañas al Caño del Ingeniero y que utilizan esta fuente hídrica como suministro de agua para sus actividades ya sea de tipo industrial o domestico captando el agua con vehículos que la trasportan a sus centros de operación.

8. RECOMENDACIONES

Con base a los resultados obtenidos se debe seguir con los estudios de calidad del agua para las fuentes hídricas superficiales del Caño el ingeniero, con el fin de hacer seguimiento y generar planes de acción en caso de que las desviaciones aumenten y los impactos negativos sobre el recurso hídrico sean considerables.

Se debe realizar análisis de metales pesados ya que estos son indicadores también de contaminación y se puede dar un diagnóstico más completo de las condiciones del agua del caño el ingeniero.

Es importante también hacer estudios del suelo y correlacionar con los parámetros de los análisis de agua del caño el ingeniero para tener un estudio de impacto ambiental de los ecosistemas del área.

Aparte del caño el ingeniero existen otros cuerpos de agua cerca de las industrias de petróleo los cuales también desembocan en el río Manacacías, el cual abastece a la población de Puerto Gaitán, para tener datos de análisis de calidad del agua y poder evidenciar si estos afluentes de agua existe contaminación o por el contrario las industrias del petróleo y comunidades hacen un buen uso de este recurso y los impactos son mínimos o por el contrario hay contaminación de los ríos.

Es necesario trabajar en el marco legal, especialmente en las licencias ambientales emitidas por el ANLA, en la educación y tecnología del país para enfrentar los grandes problemas ambientales. El aspecto legal es sustancial ya que implementas normas para las actividades potencialmente contaminantes, la educación ambiental es el principio para la corrección de malos hábitos culturales de las poblaciones y la parte tecnológica es la herramienta para darle solución a los actuales problemas de contaminación de agua.

9. BIBLIOGRAFIA

AGENDA ALTERNA. ¿AGUA O PETRÓLEO? EL GRAVE IMPACTO DE LAS PETROLERA. EL CASO DE ECOPETROL EN META. [en línea] <<http://www.agendalterna.com/denuncia/menudenuncia/multimenediadenuncia/1709-ecopetrolimpacto.html>>, descargado en el 2013.

ARTEAGA MAGALLANES, C.A. (2012). Proyecto Vanadio. Explotación del petróleo. Venezuela. Asesor de tesis.

ASOCBARI. Pueblo indígena Bari. (s.f.). [en línea] <<http://www.asocbari.org/espanol/amenazas.petroleohistoria.html>>, descargado en el 2014.

AVELLANEDA A. Petróleo e impacto ambiental en Colombia. [en línea] <<http://www.bdigital.unal.edu.co/41162/1/12208-31104-1-PB.pdf>>, descargado en el 2016.

BOCANEGRA J., CAVIDAD S., CIFUENTES C., GIRALDO J., VARÓN J. Plan prospectivo para minimizar el impacto ambiental que producen los hidrocarburos (petróleo). Colombia 97 P

BOJACA R. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial – República de Colombia 2007. grasas y aceites en agua extracción liquido- liquido y gravimetría. Bogotá D.C., Colombia, segunda versión. 8 P.

BRAVO, E. (2005, enero). Impactos de la explotación petrolera en América Latina. Barcelona, España. Grain.

CHALES G., ALDERETE E., FUENTES E. Medidas de producción más limpia en instalaciones petroleras cubanas. Cuba 5P.

CHOC A. La contaminación ambiental. [en línea] <<http://lacontaminacionambiental1erp2012.blogspot.com.co/2012/06/efectos-de-la-contaminacion-de-las.html>>, descargado en 2016.

DISEÑO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN CUANTIFICABLE EN LA INVESTIGACIÓN SOCIAL. Universidad de Antioquia, Facultad de Ciencias Sociales y Humanas, Centro Estudios de Opinión, Medellín, Colombia. (1999).

ESQUIVEL O. Diagnóstico Nacional de la Calidad Sanitaria de las Aguas Superficiales. El Salvador 156 P.

ESTRADA J.; MARTINEZ S. Tipos de contaminantes del agua. [en línea] <<https://sites.google.com/site/blogdeeducacionambiental/tipos-de-contaminantes-de>>. descargado en 2016.

EXPLORACIÓN DE PETRÓLEO EN COLOMBIA. (s.f.). [en línea] <<http://laotraopinion.net/recursos-naturales/exploracion-de-petroleo-en-colombia/>>, descargado en el 2014.

FIERRO J. (S.F). Prioridades ambientales en la altillanura colombiana. [en línea] <<https://javierfierro.files.wordpress.com/2007/06/llanos-orientales.pdf>>. Descargado en el 2014.

FERNANDEZ R. Causas y Efectos de la contaminación del petróleo. [en línea] <<http://www.contaminacionpedia.com/causas-efectos-contaminacion-petroleo/>>, descargado en 2016.

FERNÁNDEZ, Z. (s.f.). Combustión fósil en los ecosistemas y medio ambiente. Venezuela, Guatire. Ministerio de educación, cultura y deporte.

GALEANO C.; PEREZ L.; ORLANDO A. Petróleo y desarrollo. [en línea] <http://www.bdigital.unal.edu.co/7499/1/PETR%C3%93LEO_Y_DESARROLLO.pdf>, descargado 2014.

GALVÁN R., LUÍS E., REYES G., ROSA E. Algunas herramientas para la prevención, control y mitigación de la Contaminación ambiental ciudad de Caracas. Venezuela 19 P.

GENERAL FORM FOR ELECTRONIC REFERENCES. (s.f.). [en línea] <http://www.puertogaitan-meta.gov.co/apc-aa/files/31353536396633393038313430346361/INFORME_INDIGENA.pdf>, descargado en el 2014.

G GUZMÁN-COLIS, EM RAMÍREZ-LÓPEZ, F THALASSO, S RODRÍGUEZ-NARCISO, AL GUERRERO-BARRERA, FJ AVELAR-GONZÁLEZ. Evaluación de contaminantes en agua y sedimentos del río San Pedro en el Estado de Aguascalientes. México 26 P.

GOMEZ S. Afectación ambiental de la calidad del agua de la quebrada Cascabel generada por la explotación minera artesanal del municipio de Marmato departamento de Caldas. Colombia 221 P.

GRUPO ALFONSO GALLARDO. “Proyecto para la instalación de una Refinería de Petróleo en Extremadura” .España: Refinería Balboa.

HERRERA DURAN N. (2013, agosto). Trazas de crudo y sueños de agua. [en línea] <<http://www.elespectador.com/noticias/politica/trazas-de-crudo-y-suenos-de-agua-articulo-440758>>, descargado en el 2014.

INDEPAZ. Responsabilidad social empresarial y derechos humanos en empresas petrolera. [en línea] <<http://petroleo.indepaz.org.co/wpcontent/uploads/2012/11/PETR%C3%93LEO-L%C3%8DNEA-BASE-18-02-2013.pdf>>, descargado en el 2013.

INDUSTRIAS PETROLERA MEXICANA PEMEX. [en línea] <
<http://www.industriapetroleramexicana.com/tag/petroleos-mexicanos/>>,
descargado en 2016.

INSTITUTO ARGENTINO DEL PETRÓLEO, (Ed.).(1991). Enciclopedia Guía de recomendaciones para proteger el medio ambiente durante el desarrollo de la exploración y explotación de hidrocarburos. Buenos Aires., [en línea].<<http://www.cricyt.edu.ar/enciclopedia/terminos/ContamPetr.htm>>, descargado en el 2014.

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES IDEAM. Julio 2000. Diagnóstico ambiental y lineamientos para el uso sostenible de área caño limón – estero de lipa. Bogotá, Colombia.

JESÚS P.A. ÁLVAREZ, JUAN E.R. PANTA, CARLOS R. AYALA Y ELIZABETH H. ACOSTA. Calidad integral del agua superficial en la cuenca hidrológica del río amajac. México 12P.

LIC. PRIETO DÍAZ, V. Y LIC. MARTÍNEZ DE VILLA PÉREZ, A. (1999). La contaminación de las aguas por hidrocarburos: un enfoque para abordar su estudio (Disertación doctoral), 1,20.

MAMANI W.; SUAREZ N.; GARCIA C. Estudio Socio Ambiental de la contaminación del agua por actividad hidrocarburifera en la Serranía Aguarague de Tarija. Bolivia zona de influencia villa montes 27 P.

MEDINA N. Estudio hidrobiológico de la cuenca del rio Armenia para las predicciones de un desarrollo sustentable. Quindío Colombia 120P.

MEJIA E.; ROSALES F.; ROJAS J.; MOLINA C.; Evaluación de la calidad del agua. [en línea] <http://www2.inecc.gob.mx/emapas/download/lch_calidad_del_agua.pdf>, descargado en 2016.

NAVAS D.; RODRIGUEZ P. procesos para la obtención del petróleo y los impactos ambientales generados por actividades petroleras 2010. Universidad Santander 57 P.

OCASIO F. Evaluación de la calidad del agua y posibles fuentes de contaminación en un segmento del río piedras. Universidad Metropolitana escuela graduada de asuntos ambientales San Juan, Puerto Rico 141 P.

OTALORA A. evaluación del sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas mediante humedales artificiales de alta tasa en la locación petrolera de caño gandúl 2011. Universidad nacional de Colombia 163 P.

ORTIZ P. A. Contaminación de los cuerpos de agua superficiales por sistemas de relleno sanitario en puerto rico, bs, ciencias ambientales, universidad de Puerto Rico de río piedras. 157 P.

PERRY GUILLERMO. El impacto del petróleo y la minería en el desarrollo regional y local en Colombia. [en línea] <<http://www.caf.com/media/3234/200906Elimpactodelpetr%C3%B3eoylaminer%C3%A>

Daversi%C3%B3nworkingpaperCAFEEd.MauricioOlivera.pdf>, descargado en el 2009.

ROJAS C. Estudios de la contaminación de los recursos hídricos en la cuenca del Río San Pedro, previos a la construcción de una hidroeléctrica (P.H. Las Cruces) en Nayarit. México 168 P.

RODRIGUEZ G. Las licencias ambientales y su proceso de reglamentación en Colombia. [en línea] < <http://library.fes.de/pdf-files/bueros/kolumbien/08360.pdf>>, descargado en 2016.

RODRÍGUEZ R., CASTRO F. La Educación Ambiental Como Alternativa Para La Prevención De Derrames de Hidrocarburos En El Proyecto De Diseño Y Construcción Del Tercer Juego de Esclusas, Sitio Pacífico. Panamá 32 P.

SPIEGS J., MAYTRE L. Control de la contaminación ambiental . Canadá 60 P.

TECNOLOGIA PARA TODOS. [en línea] <<http://tecnoaldonzalorenzo.gratisforos.com/t8p15-impacto-ambiental>>, descargado en 2016.

USO NACIONAL. Puerto Gaitán Meta con petróleo y sin futuro. [en línea] <<http://www.usofrenteobrero.org/index.php/secretarias/internacional/42-subdirectivas/meta/1485-puerto-gaitan-meta-con-petroleo-y-sin-futuro>>, descargado en 2016.

VALDIVIA S., MONGRUT M. Técnicas de producción más limpia en el sector minero. Perú 9 P.

VARGAS P.; CUÉLLAR R.; DUSSÁN J. Biorremediación de Residuos del petróleo. Universidad los Andes 8 P.

YASUNÍ-ITT. Proyecto oficial del gobierno. (s.f.). Propuesta Yasuní – ITTd en contraste con la explotación petrolera. Ecuador: Parque Nacional Yasuní

ZHEN B. Calidad físico – química del agua para el consumo de la microcuenca de la quebrada Victoria, Curubandé, y Guanacaste .Costa Rica 204 P.

ZULUAGA, J.; DROVANDI, A.; BERMEJILLO, A.;CÓNSOLI, D.; VALDÉS, A.; SALCEDO, C.; MORSUCCI, A. Evolución de la contaminación del recurso hídrico en el Cinturón verde de Mendoza. Argentina. 21 P.