

**ANALISIS DE PARAMETROS FISICOQUIMICOS PARA DETERMINAR POSIBLE
CONTAMINACION EN EL PROYECTO DE EXPLOTACION DE HIDROCARBUROS. E
INFORME DE INFILTRACION PARA MATERIAL CONSOLIDADO SOBRE LA VIA DE
AGUACHICA CESAR.**

PRESENTADO POR

GISSELLE PAOLA ARIAS OSPINA

**INFORME DE PASANTIA PARA OPTAR POR EL TITULO DE TECNÓLOGO
DESARROLLO AMBIENTAL**

**ESCUELA COLOMBIANA DE CARRERAS INDUSTRIALES
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA TECNOLOGIA EN DESARROLLO AMBIENTAL
BOGOTÁ, D.C.
AÑO 2014**

**ANALISIS DE PARAMETROS FISICOQUIMICOS PARA DETERMINAR POSIBLE
CONTAMINACION EN EL PROYECTO DE EXPLOTACION DE HIDROCARBUROS. E
INFORME DE INFILTRACION PARA MATERIAL CONSOLIDADO SOBRE LA VIA DE
AGUACHICA CESAR.**

PRESENTADO POR:

GISSELLE PAOLA ARIAS OSPINA

DIRECTOR

HOMERO CÁRDONA

ASESOR EXTERNO

ING. NESTOR VICTORIA

ESCUELA COLOMBIANA DE CARRERAS INDUSTRIALES - ECCI

FACULTAD INGENIERÍA AMBIENTAL

PROGRAMA TECNOLOGÍA EN DESARROLLO AMBIENTAL

BOGOTÁ, D.C.

2014

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma del presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Bogotá D.C, Septiembre de 2014

DEDICATORIA

A Dios...

Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mi madre Gloria...

Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

A mi padre Jhon...

Por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor.

A mi novio....

por ser el ejemplo de perseverancia, y pasión por lo que se hace del cual aprendo todos los días por su gran apoyo y motivación para la culminación de nuestros estudios profesionales y para la elaboración de este proyecto;

Por la oportunidad de vivir, por sus bendiciones y por demostrarme tantas veces su existencia y con ello darme fuerzas para salir adelante de cada tropiezo y así asumir nuevamente un reto

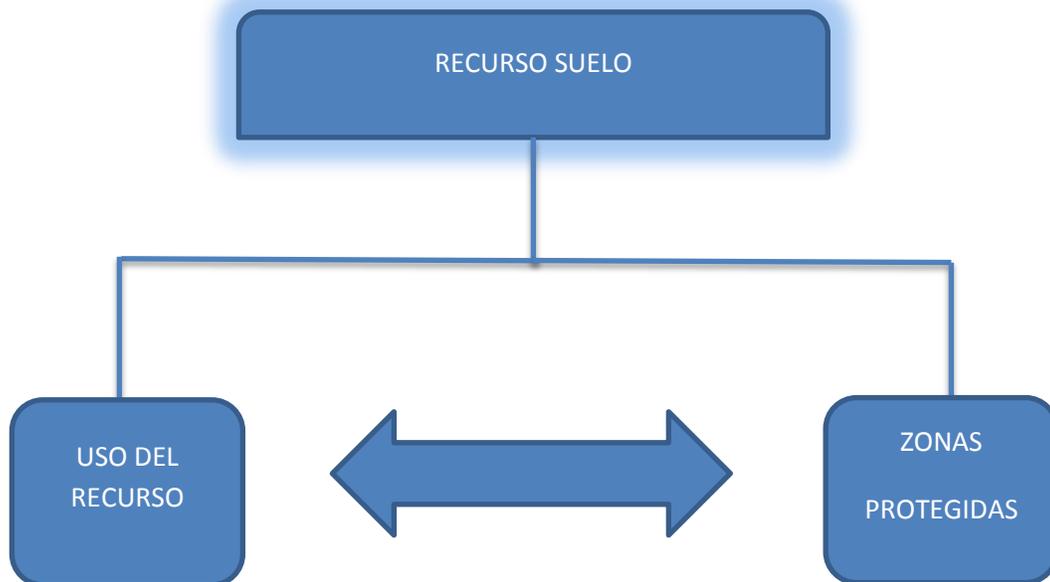
AGRADECIMIENTOS

Debo agradecer de manera especial y sincera a la empresa de monitoreo ambientales (MAHT MONITOREOS AMBIENTALES HIGH TECHNOLOGY), por abrirme las puertas y dejarme crecer profesionalmente permitir aprender mucho más acerca de mi profesión, descubrir lo que implica trabajar en un entorno relacionando a lo ambiental pero sobre todo por obtener una mayor conciencia de mis cualidades, habilidades; La realización de este proyecto, además de haberme facilitado siempre los medios suficientes para llevar a cabo todas las actividades propuestas durante el desarrollo de este proyecto. Especialmente al Ingeniero Ambiental Néstor Victoria director de proyectos, por su compromiso en el cumplimiento de los objetivos planteados, por su ayuda continúa en todo este proceso, su capacidad para guiar mis ideas ha sido un aporte invaluable, han sido la clave del buen trabajo que hemos realizado juntos, además de la confianza depositada en mí y las enseñanzas que me deja como persona y como profesional. También cabe resaltar el apoyo de los compañeros de la empresa Wilman Urrea, Oscar Burgos y Leonardo Londoño Así como a las personas de la empresa que siempre tuvieron de actitud de ayuda y colaboración y gracias a su apoyo y amistad brindados durante este periodo de pasantía hicieron más satisfactorio el trabajo.

Y a todas aquellas personas que de una u otra forma, colaboraron o participaron en la realización de este proyecto de grado, mis más sinceros agradecimientos. También agradezco al tutor de la pasantía Homero Cárdena quien influyo en la terminación y culminación del informe de pasantía, por la confianza depositada en mí y su oportuna colaboración.

Contenido

LISTA DE FIGURAS.....	x
LISTADO DE ANEXOS.....	xi
RESUMEN.....	1
INTRODUCCION.....	3
PROBLEMA DE INVESTIGACION	4
1.0 DESCRIPCION DEL PROBLEMA	4
1.1 PREGUNTA DE INVESTIGACION	5
JUSTIFICACION Y DELIMITACION DE LA PASANTIA.....	6
1.2 2.1 JUSTIFICACION.....	6
1.1 JUSTIFICACIÓN SOCIAL	6
1.3 1.2 JUSTIFICACION ECONOMICA.....	6
1.4 ESPACIAL.....	7
OBJETIVOS	8
1.5 3.1 OBJETIVOS GENERALES.....	8
1.6 3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	8
MARCO DE REFERENCIA DE LA INVESTIGACION.....	9
1.7 MARCO TEORICO	9
MARCO CONCEPTUAL	11
MARCO LEGAL.....	17
1.8 NORMATIVIDAD AMBIENTAL APLICADA.....	17



 18
TIPO DE INVESTIGACION	18
DISEÑO METODOLOGICO	19
1.9 POBLACION EN GENERAL.....	19
1.10 CLIMATOLOGIA.....	22
1.11 TOPOGRAFIA.....	23
1.12 HIDROGRAFÍA.....	23
1.13 FISIOGRAFÍA Y GEOMORFOLOGÍA.....	23
1.14 GEOLOGÍA	24
1.15 USO ACTUAL DEL SUELO.....	24
METODOLOGIA DEL TRABAJO.....	24
1.15.0 4.1. CARACTERIZACIÓN DE LAS MUESTRAS DE SUELO RELACIONADAS CON EL MATERIAL AFIRMADO PARA EVALUAR LOS VERTIMIENTOS REALIZADOS POR RIEGO EN VÍAS DE ACCESO SIN PAVIMENTAR AL PROYECTO OSOPARDO.....	25
1.16 4.2. RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS RELACIONADOS CON EL ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA DEL PROYECTO POZO OSOPARDO1.	26
1.17 4.3. EVALUACIÓN DE LA INFILTRACIÓN PROMEDIO EN LOS PUNTOS DE MUESTREO QUE HACEN PARTE DEL ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA DEL PROYECTO OSOPARDO 1.....	34

FUENTES PARA LA OBTENCIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	42
RECURSOS	43
CRONOGRAMA	46
CONCLUSIONES DE ANÁLISIS DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y PRUEBAS DE INFILTRACIÓN.....	47
RECOMENDACIONES	49
GLOSARIO.....	51
BIBLIOGRAFÍA.....	52
ANEXOS	54

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Parámetros fisicoquímicos tomados del material consolidado (vía) presente en el área de influencia del pozo de explotación pozo Osopardo 1	28
Tabla 2. Interpretación de la velocidad de infiltración básica para los materiales consolidados que hacen parte de la vía que conduce al AID del proyecto.	40
Tabla 3. Recursos Humanos	43
Tabla 4. Costos operativos de transporte	44
Tabla 5. Costos generales, servicios, suministros de oficina otros	45

LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1** Ubicación espacial de los puntos de muestreo de suelo establecidos para evaluar el comportamiento de las aguas de vertimiento aplicadas sobre el material afirmado de la vía hacia el municipio de Aguachica, Dto. del Cesar 25
- FIGURA 2** Variación del Plomo en los puntos de muestreo de vía, identificados en el área de influencia del proyecto Oso Pardo-1 32
- FIGURA 3** Representación logarítmica (Kostiakov 1932) para el comportamiento de la infiltración promedio en un punto de muestreo sobre material consolidado en el AID campo Guarimena. 37
- FIGURA 4** Representación gráfica de la velocidad de infiltración observada en el material consolidado de la vía que hace parte del AID del proyecto Guarimena..... 38
-

LISTADO DE ANEXOS

FOTO 1. Establecimiento de pruebas de infiltración sobre material afirmado relacionado con las vías de acceso al AID del proyecto Osopardo 1.

FOTO 2. Equipo ambiental del pozo Osopardo 1.

FOTO 3. Equipo ambiental del pozo Osopardo 1.

FOTO 4. Equipo ambiental del pozo Osopardo 1.

FOTO 5. Vista detallada de la forma en la que se toma la medida dentro de los cilindros.

FOTO 6. Vista panorámica de la vía que conduce hacia el municipio de Aguachica (Cesar).

FOTO 7. Vista panorámica de la vía que conduce hacia el pozo Osopardo 2.

FOTO 8. Cultivos asociados a la vía en donde se realizó la prueba de infiltración.

FOTO 9. Muestreo de suelos para análisis fisicoquímicos.

FOTO 10. Muestras de suelos compuestas para análisis en laboratorio.

FOTO 11. Muestras de suelos compuestas para análisis de laboratorios

RESUMEN

El proyecto de investigación “ANÁLISIS DE PARAMETROS FISICOQUIMICOS PARA DETERMINAR POSIBLE CONTAMINACION EN EL PROYECTO DE EXPLOTACION, E INFORME DE INFILTRACION PARA MATERIAL CONSOLIDADO SOBRE LA VIA DE AGUACHICA-CESAR DPT. CESAR”, se realiza a lo largo del recorrido de la vía que se dirige hacia el municipio Aguachica en el departamento del Cesar, la generación de muestreos de suelo, que permitirán evidenciar el conflicto de uso del suelo, se hará por medio de la caracterización de parámetros que permiten evidenciar niveles de contaminación asociados a la actividad de vertimientos de aguas residuales sobre la vía, y servirán como herramienta de análisis en los estudios de conveniencia de la empresa encargada del proyecto (MAHT MONITOREOS AMBIENTALES HIGH TECHNOLOGY) siempre teniendo en cuenta un desarrollo sostenible de los recursos naturales.

El Análisis de Suelos cobran cada vez más importancia en los estudios ambientales, en este caso funcionan como herramienta de diagnóstico en el proyecto de explotación de hidrocarburos Oso Pardo 1, que nos permite tener una estimación de la fertilidad del suelo, y la posible afectación por contaminación; esto se obtiene de resultados de un conjunto de ensayos físicos y químicos practicados en la muestra de suelo. Su objetivo es proveer una medida del contenido y variabilidad de los principales nutrientes de la superficie a analizar. Dentro del proyecto uno de los objetivos son la evaluación de los conflictos de uso del suelo, y se confrontan los usos actuales y los usos potenciales de los suelos. Este proyecto permite realizar una comprensión clara y detallada, las actividades antrópicas que prevalecen, y contribuye con un uso consiente equilibrado y equitativo de los recursos naturales.

Así es como conociendo las características propias del entorno, específicamente de los suelos se puede disminuir los impactos que cada vez degradan más los suelos y afectan la oferta natural y de esta forma asegurar que las generaciones futuras puedan disfrutar de los recursos naturales con los que hoy contamos.

Finalmente se consideran las recomendaciones a partir de los resultados de esta investigación dejando un aporte para aquellos que quieran continuar con este tipo de investigaciones en otros Departamentos Colombianos y en cualquier tema ambiental donde se requiera el análisis de parámetros fisicoquímicos de suelo, usando como eje fundamental la recolección de muestras.

Palabras claves

1. MUESTREO
 2. PARAMETROS FISICOQUIMOS
 3. CONTAMINACION
 4. VERTIMIENTOS
 5. DESARROLLO SOSTENIBLE
 6. PROYECTO DE EXPLOTACION
-

INTRODUCCION

La intervención antrópica sin un previo conocimiento de su entorno se ve reflejada en los cambios de coberturas y las implicaciones que esto tiene sobre las relaciones que existen entre recursos como el agua y el suelo. Zonas como en el Departamento de Aguachica Cesar, presentan gran riqueza natural pero con múltiples conflictos especialmente en el suelo al introducir actividades que no coinciden con la vocación de estos, como es el caso los proyectos de explotación de hidrocarburos de las grandes petroleras del país, en lugares donde el sustento de la economía es la Agricultura y son zonas donde sus usos recomendados son de conservación y preservación.

La toma de muestras de suelo para el análisis de los parámetros fisicoquímicos es una herramienta básica para comprender como en este caso distinguir entre contaminación natural, frecuentemente endógena, y contaminación antrópica; Un suelo se puede degradar al acumularse en él sustancias a unos niveles tales que repercuten negativamente en el comportamiento de los suelos. Las sustancias, a esos niveles de concentración, se vuelven tóxicas para los organismos del suelo. Se trata pues de una degradación química que provoca la pérdida parcial o total de la productividad del suelo.

Las causas más frecuentes de contaminación son debidas a la actuación antrópica, que al desarrollarse sin la necesaria planificación producen un cambio negativo de las propiedades del suelo. En los estudios de contaminación, no basta con detectar la presencia de contaminantes sino que se han de definir los máximos niveles admisibles y además se han de analizar posibles factores que puedan influir en la respuesta del suelo a los agentes contaminantes, como son: vulnerabilidad, poder de amortiguación, movilidad, biodisponibilidad, persistencia y carga crítica, que pueden modificar los denominados "umbrales generales de la toxicidad" para la estimación de los impactos potenciales y la planificación de las actividades permitidas y prohibidas en cada tipo de medio.

En este proyecto de investigación tratamos ¹Unas de las formas más importantes de contaminación del material consolidado son la infiltración (en el suelo), sobre la vía que conduce al proyecto de explotación de hidrocarburos (vía principal de Aguachica Dpto del Cesar.) sobre el proceso de riego de aguas residuales que se vierten en las vías de acceso al poso oso pardo 1 (proyecto de explotación de hidrocarburos de MAHT LTDA).

¹ ftp://ftp.fao.org/fi/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706s/x6706s01.htm consultado en septiembre del 2013

PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.0 DESCRIPCION DEL PROBLEMA

Los suelos y la tierra hacen parte de los recursos naturales de un país, con igual importancia que el agua y los bosques; no obstante en general, reciben menos atención. Muchos de sus componentes son fundamentales en el contexto de la infraestructura de datos espaciales.

Colombia dispone de suficientes suelos y tierras que, mediante la planificación y ordenamiento territorial, pueden consolidar su seguridad alimentaria y producir, con creces, recursos para la nación; ello, es importante resaltarlo, sus suelos poseen ventajas comparativas y competitivas, relacionadas con la producción de materia prima favorecidas por su localización en la zona intertropical y ecuatorial.

En la actualidad el uso de la tierra en Colombia adolece de planificación, ya que el 32,7 % se sobre utiliza, el 29,7 se subutiliza y solo el 37,6 % es utilizada correctamente; ello referido a las tierras intervenidas por el hombre (51,2 % del total territorial de Colombia).

Lo anterior trae consigo la urgente necesidad de impulsar, desde todas las fuerzas de la sociedad una efectiva planificación del uso y manejo de los suelos, localizando y destinando equitativamente los recursos naturales, de acuerdo con sus características, para los numerosos tipos de usos requeridos para el desarrollo integral de la nación, donde la producción sostenible de alimentos sea prioritaria².

Comercialmente, la historia del petróleo en Colombia comenzó en 1905, cuando el Gobierno Nacional firmó dos contratos de concesión:

Esa modalidad de concesión consistía básicamente en que el Estado cedía a particulares determinadas áreas de territorio para que los concesionarios adelantaran trabajos de exploración. A cambio se acordaba que recibieran unas regalías sobre la producción que obtuvieran, que oscilaban entre 7 y 14%.

En Colombia, los recursos naturales no renovables, entre ellos los hidrocarburos, son de propiedad del Estado. La política petrolera la define el Gobierno Nacional a través del Ministerio de Minas y Energía y, hasta el 28 de mayo de 2003, Ecopetrol, como entidad del Estado, era la encargada de su gestión.

² INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI, CORPORACIÓN COLOMBIANA DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA. CORPOICA. Zonificación de los conflictos de uso de las tierras en Colombia. Bogotá 2002.

En ese año, luego de diversos estudios en busca de incentivar la exploración de petróleo en Colombia y prologar el autoabastecimiento de este recurso en el país, el Gobierno Nacional expidió el Decreto Ley 1760, mediante el cual se creó la ANH para encargarle la administración de los hidrocarburos, la suscripción y la administración de los contratos de exploración y explotación con las compañías petroleras en el territorio nacional.³

Dado el impacto que conlleva un proyecto de explotación de hidrocarburos en él se presenta facilidad varias actividades que pueden conllevar a la transmisión de contaminantes del suelo a otros medios como el agua o la atmósfera, serán estos factores los que generan efectos nocivos, aun siendo el suelo el responsable indirecto del daño. La presencia de contaminantes en un suelo supone la existencia de potenciales efectos nocivos para el hombre, la fauna en general y la vegetación. Estos efectos tóxicos dependerán de las características toxicológicas de cada contaminante y de la concentración del mismo. La enorme variedad de sustancias contaminantes existentes implica un amplio espectro de afecciones toxicológicas cuya descripción es objeto de este trabajo, Es aquí cuando entramos a enfocarnos en los parámetros fisicoquímicos ya anteriormente mencionados y que están altamente implicados en el proyecto ya sea por el riego de aguas residuales efectuados por el carro tanque en las épocas de sequía; dichas sustancias a niveles de concentración muy altas, se vuelven tóxicas para los organismos del suelo.

1.1 PREGUNTA DE INVESTIGACION

¿De qué manera podría llegar a afectar a la población una de las actividades parte del proyecto de explotación de hidrocarburos; la cual consiste en aguas residuales vertidas sobre el suelo, y podría ocasionar una posible contaminación por los parámetros acumulados sobre suelos fértil y dispuesto para la agricultura del municipio de Aguachica Cesar y sustento de este? Todo lo anterior establecido durante el desarrollo de las actividades de explotación de hidrocarburos que genera la operadora

³ <http://www.ecopetrol.com.co/especiales/elpetroleoysumundo/petroleoencolombia4.htm>

JUSTIFICACION Y DELIMITACION DE LA PASANTIA

1.2 2.1 JUSTIFICACION

La finalidad del informe de infiltración de material consolidado sobre la vía, es precisar la función de la empresa contratante (MAHT MONITOREOS AMBIENTALES HIGH TECHNOLOGY) al determinar qué impacto se está generando en el material consolidado (suelo) y que nos permite determinar de manera clara, las afectaciones ambientales a las cuales están sometidas las vías que hacen parte del área de influencia directa del proyecto, ubicado en el municipio de Aguachica, Dto. Del Cesar. En donde se establecen en la actualidad, actividades de vertimiento de aguas residuales tratadas por medio de la disposición, en carro tanques adaptados con aditamentos posteriores, que permiten un riego eficiente de dichos residuos líquidos.

Como parte de las estrategias tendientes a la minimización de impactos ambientales, por parte de la operadora que genera la labor de explotación en la zona y sobre los producto de las actividades de vertimiento de aguas residuales sobre la vía del proyecto Osopardo 1, Es lograr evidenciar que, dichas actividades, pueden influenciar la generación de un cambio significativo en el material afirmado, por causa de posibles contaminantes incluyendo con gran importancia las zonas productivas y comerciales aledañas al por la intervención antrópica.

1.1 JUSTIFICACIÓN SOCIAL

Existen distintas vías por las cuales los pobladores cercanos al proyecto podrían tener posibles afectaciones a consecuencias de la contaminación del suelo.; ya sea Por contacto directo con el suelo, por inhalación de los contaminantes del suelo que se han evaporado y/o por infiltración de en acuíferos de agua subterránea para consumo humano.

En este caso los efectos de la contaminación del suelo en la salud humana tienen gran importancia; La presencia de metales pesados en el suelo provoca dicha contaminación y sus efectos sobre la salud humana son muy adversos y perjudiciales, Cómo lo son el **Arsénico, Cadmio, Plomo, Mercurio. Presentes en los procesos de explotación por hidrocarburos** De ahí la importancia la evaluación de dichos parámetros, que se han establecido en los puntos de muestreo a lo largo de la vía, de manera que se pueda identificar la evidencia física y representativa del área en el cual, se están desarrollando las actividades de vertimiento sobre material afirmado (vías) y así lograr soluciones viables ante la probable contaminación existentes.

1.3 1.2 JUSTIFICACION ECONOMICA

La empresa Canacol Energy una compañía internacional de producción y exploración de petróleo con operaciones en tierra ubicadas en Colombia y Ecuador, en la cual para el desarrollo de este proyecto trabaja en conjunto y por medio de Maht Monitoreos Ambientales high technology la cual desarrolla dentro de sus funciones por normatividad ambiental (términos de referencia del ministerio del medio ambiente asegurarse que el proyecto de explotación de hidrocarburos Osopardo 1 , afecte lo menos posible al entorno donde se desarrolla sus actividades, ya que podrían pagar grandes costos donde llegará a existir un desequilibrio ya sea social, natural o económico de la región intervenida municipio de Aguachica, Dto. Del Cesar.

1.4 ESPACIAL

La Universidad Escuela Colombiana de Carreras Industriales, Facultad de Medio Ambiente, ofrece esta opción de grado, que a partir del convenio que existe entre la universidad y las empresas públicas o privadas que participen en el proceso: MAHT (Monitoreos Ambientales High Technology) una empresa colombiana que cuenta con un Recurso Humano calificado con altos índices de profesionalismo y Equipos de tecnología de punta aprobados por la EPA, que cumplen con la legislación colombiana en materia de Monitoreo y Análisis de Ruido, suelo, Aire y Aguas. Nuestros servicios están destinados a la obtención, verificación y procesamiento de información sobre el estado, calidad o comportamiento de los recursos naturales De esta forma, nuestra compañía se une a los esfuerzos de la humanidad en la lucha porque las actividades industriales se enmarquen dentro de un esquema de desarrollo sostenible, de tal forma que se garantice la existencia de un ambiente sano

La empresa MAHT LTDA genera proyectos de Investigación y Monitoreo, con diferentes petroleras siempre van encaminados a la determinación de los Impactos Ambientales, en el desarrollo Industrial en todas sus sectores, así: Petróleos y Minas (exploración y explotación), Agroindustria, y demás industrias que transforman sus materias primas y que de una u otra forma, impactan el medio ambiente en sus procesos.

Entre uno de sus proyectos realizados en mayo junio y julio del año 2013 (explotación de hidrocarburos) efectuado en el municipio de Aguachica Cesar y en el cual el punto de muestreo era la vía principal, la cual fue la que se monitoreo para ver los efectos que conllevan una de las actividades del proyecto , la cual era el riego de Aguas residuales tratadas, por medio de la disposición de carro tanques adaptados, que permite un riego eficiente de dichos residuos líquidos, ;cabe recordar que la zona que rodea la vía es una zona de agricultura y sustento de los habitantes del municipio de Aguachica Cesar .

OBJETIVOS

1.5 3.1 OBJETIVOS GENERALES

Realizar un Análisis de los parámetros fisicoquímicos del estado actual del material consolidado sobre la vía (suelo) en el municipio de Aguachica, Dto. Del Cesar para poder determinar cómo se está viendo afectado por el proyecto de explotación de hidrocarburos Osopardo 1; con el fin de dar posibles soluciones y fortalecer mi actual conocimiento en el campo, como futura Ingeniera Ambiental.

1.6 3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Determinar de manera clara, las afectaciones ambientales a las cuales están sometidas las vías que hacen parte del área de influencia directa del proyecto, ubicado en el municipio de Aguachica, Dto. Del Cesar. Observando los resultados de las muestras y analizándolos por medio de graficas de barras comparándolo siempre con el límite de detención mínimo.
2. En el caso de la existencia de posibles contaminantes en el suelo, determinar la existencia de potenciales efectos nocivos sobre sus alrededores.
3. Después de determinar los Resultados de los parámetros fisicoquímicos relacionados con el área de influencia directa del proyecto pozo Osopardo1, llegar a determinar conclusiones con el fin de dar posibles soluciones a la empresa contratante. y a la elaboración clara y concisa del informe solicitado a los profesionales siempre teniendo en cuenta un equilibrio entre el desarrollo del proyecto y el bienestar de la población.

MARCO DE REFERENCIA DE LA INVESTIGACION

1.7 MARCO TEORICO

El objetivo del muestreo de suelos es obtener información confiable sobre el suelo, en el caso de la aplicación de las técnicas nucleares para evaluar la erosión se dirige, fundamentalmente, a conocer los inventarios de los radionúclidos de interés (^{137}Cs , ^7Be , ^{210}Pb) asociados a las precipitación radiactivas (FRN) y su distribución presente en el suelo que son la base para poder evaluar los fenómenos de erosión existentes.

La toma de muestras de suelos es la principal fuente de variabilidad en los resultados finales por lo que ante la imposibilidad de muestrear toda el área de estudio, es fundamental lograr un muestreo representativo. La representatividad puede definirse como el grado en cual las muestras de forma "exacta" y precisa representan una característica de una población, variación de parámetro en un punto de muestreo o una condición ambiental. Aunque las muestras se colectan para obtener información respecto al cuerpo de suelo más grande denominado "población", tales muestras podrán ser o no representativas de la misma, dependiendo de cómo hayan sido seleccionadas y colectadas.

El presente documento tiene como objeto establecer un protocolo de muestreo de suelo estandarizado a ser empleado dentro del marco del proyecto ARCAL "Environmental Radionuclides as Indicators of Land Degradation in Latin American, Caribbean and Antarctic Ecosystems" proveyendo recomendaciones que apoyen a los países participantes en la obtención de muestras de suelo que sean representativas. En el mismo entre otros aspectos se ofrecen recomendaciones para identificar el sitio de referencia y el área de estudio, se describe el plan de muestreo a emplear y se dan guías generales para su utilización.

El suelo es un medio natural de donde las plantas obtienen todos los elementos minerales (elementos esenciales) que requieren para su nutrición. Sin embargo, ocurre que por razones naturales, derivadas de la calidad de los materiales originales que dieron

formación al suelo, o a situaciones inducidas, como son la extracción por los cultivos o praderas (sin la reposición correspondiente) y las pérdidas por erosión o mal manejo del recurso, éste no puede suministrar los elementos nutricionales en la cantidad adecuada. La explotación agrícola de los suelos ha producido con el tiempo un desbalance entre las entradas y las salidas de algunos nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas. Como consecuencia de esto, se ha producido un déficit en el aporte de los elementos que es necesario suplir mediante la fertilización. Este desbalance es posible evaluarlo, con cierta precisión, a través del análisis químico de suelo⁴.

⁴ René Bernier Villarroel, Ing. Agrónomo M.Sc. técnicas de muestreo de suelo para análisis de fertilidad. Disponible en : <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/serieactas/NR25010.pdf>, consultado en octubre, 2013

MARCO CONCEPTUAL

Los conceptos más utilizados dentro del proyecto de investigación, son explicados a continuación:

Medio Ambiente.

Hace referencia a todo lo que rodea a los seres vivos, conformado por elementos biofísicos (suelo, agua, clima, atmósfera, plantas, animales y microorganismos), y componentes sociales que están relacionados con las relaciones que se manifiestan a través de la cultura, la ideología y la economía. La relación que se establece entre estos elementos genera una visión integral, que conceptualiza el medio ambiente como un sistema.

Reglamentación del uso del suelo

Colombia es considerada un país líder en legislación ambiental. Existe un amplio conjunto de normas que regulan las diferentes actividades productivas, la conservación y el manejo de los recursos naturales. En este universo normativo, se destaca por su particular importancia la Ley 99 de 1993, por medio de la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo territorial-MAVDT; se reordena el sector público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables y se organiza el Sistema Nacional Ambiental - SINA.

Uno de los aspectos relevantes a destacar de este sistema normativo ambiental, es la disponibilidad de variados instrumentos específicos para ejercer el principio de transectorialidad propia de la gestión pública ambiental y que le permite al MAVDT, los mecanismos para ejercer el liderazgo público en la aplicación de la normatividad.

En lo referente a la conservación y protección del recurso suelo, aunque no se tiene una reglamentación robusta y adecuada, se encuentran diversas disposiciones legales relacionadas con los diferentes sectores que de una u otra forma le afectan. Tal es el caso de las normas que para la regulación y uso del recurso hídrico, del sector forestal, de manejo de productos químicos, de explotación minera y petrolera, de prevención de riesgos, entre otros. Adicionalmente para el sector agropecuario, existen algunos

instrumentos normativos que se relacionan con la adecuación de tierras, reforma agraria, distritos de riego, que de alguna forma contribuyen a disminuir la afectación del recurso.⁵

Muestra de parámetros fisicoquímicos

La importancia de los muestreos de los parámetros fisicoquímicos en el suelo es importante tener en consideración una serie de aspectos. Normalmente se le da mucha importancia a los resultados de los análisis sin tener en cuenta otra serie de actividades que van a llevar a la decisión final más adecuada. En primer lugar, considero una parte esencial la observación atenta de la problemática a resolver y de las características del suelo. El muestreo de las tierras es otro de los aspectos al que no se le suele dar la importancia suficiente. La elección de muestras representativas es fundamental para poder realizar un diagnóstico adecuado. En muchas ocasiones es difícil elegir los puntos de muestreo y por lo tanto a esta fase se le debe dar atención y reflexión suficiente.

En resumen, las actividades a realizar se concretan en las fases

Siguientes:

1. Observación de la problemática a resolver.
2. Observación del suelo en toda su extensión y en profundidad.
3. Definición de los puntos de muestreo.
4. Muestreo y toma de datos en el campo.
5. Decisión sobre los análisis a realizar.
6. Preparación de las muestras para su envío al laboratorio.
7. Análisis de las muestras en el laboratorio.
8. Interpretación de los análisis.
9. Decisiones para el buen manejo del suelo.

⁵ . Sepulveda, P. Schuller, D.E. Walling, A. Castillo. Use of ⁷Be to document soil erosion associated with a short period of extreme rainfall. Journal of Environmental Radioactivity Vol. 99, pags 35-49. 2008

Plan de muestreo

El plan de muestreo abarca la forma en la cual dentro de un área de estudio y sitio de referencia los puntos a ser muestreados son seleccionados y su relación con los otros puntos a muestrear. Entre otros aspectos dentro del plan de muestreo se definen el número de muestras a tomar, su posición, profundidad, se establecen criterios para la toma de muestras, etc.

Aguas residuales

Las aguas servidas están formadas por un 99 % de agua y un 1 % de sólidos en suspensión y solución. Estos sólidos pueden clasificarse en orgánicos e inorgánicos. Los sólidos inorgánicos están formados principalmente:

por nitrógeno, fósforo, cloruros, sulfatos, carbonatos, bicarbonatos y algunas sustancias tóxicas como arsénico, cianuro, cadmio, cromo, cobre, mercurio, plomo y zinc.

Los sólidos orgánicos se pueden clasificar en nitrogenados y no nitrogenados. Los nitrogenados, es decir, los que contienen nitrógeno en su molécula, son proteínas, ureas, aminas y aminoácidos. Los no nitrogenados son principalmente celulosa, grasas y jabones.

La concentración de materiales orgánicos en el agua se determina a través de la DBO_5 , la cual mide material orgánico carbonáceo principalmente, mientras que la DBO_{20} mide material orgánico carbonáceo y nitrogenado DBO_2 . Aniones y cationes inorgánicos y compuestos orgánicos

Infiltración en el suelo

A medida que el agua filtra desde la superficie, las capas superiores del suelo se van humedeciendo de arriba hacia abajo, alterando gradualmente su humedad. En cuanto a al aporte de agua, el perfil de humedad tiende a la saturación en toda la profundidad, siendo la superficie el primer nivel a saturar. Normalmente la infiltración proveniente de precipitaciones naturales no es capaz de saturar todo el suelo, sólo satura las capas más cercanas a la superficie, conformando un perfil típico donde el valor de humedad decrece con la profundidad⁶.

⁶ Estudio general de suelos y zonificación de las tierras del Departamento de Cundinamarca. (2000). Bogotá D.C, Colombia.

RECURSO SUELO.

Suelo.

⁷En los tiempos en que los pueblos empezaron a establecerse en un sitio y abandonaron su sistema nómada, el suelo adquirió gran valor en la medida en que se fue requiriendo para producir alimentos. En esta etapa el suelo se concebía como el sustrato indispensable para el suministro de nutrientes, de agua y de soporte para las plantas. Esta concepción de suelo comenzó a cambiar hacia principios del siglo XIX, cuando el suelo empezó a considerarse como un cuerpo natural, como aparece en las definiciones de Karl Sprengel (1837) y de Frank Albert Fallow (1862) citadas por Portaetal (1994).

Hacia finales del siglo XIX, Dokuchaev (1886) según trabajo de Vilenskii (1957), citado por Buoletal (1997), propuso que el término suelo se utilizara para definir “aquellos horizontes de la roca que diaria o casi diariamente cambian sus relaciones bajo la influencia conjunta del agua, el aire y varias formas de organismos vivos y muertos”. Además, para su época, Dokuchaev concibió el suelo como “un cuerpo natural independiente y evolutivo formado bajo la influencia de cinco factores”, de los cuales él consideraba que la vegetación era el más importante.

Zonificación ambiental.

Es un proceso de análisis del medio ambiente en donde se identifican las características bio físicas y socio económicas del territorio definidas como la ocupación, la distribución espacial de la población, las actividades productivas y las características demográficas y culturales con el objetivo de determinar las potencialidades y limitantes del uso del suelo, delimitando áreas específicas a tener en cuenta según las determinantes de manejo.

Uso potencial del suelo.

Se define como la capacidad natural que poseen los suelos para producir o mantener una cobertura vegetal.

Conflicto por uso.

Se presenta cuando el uso del suelo no corresponde al uso potencial del mismo, a partir de establecer una comparación entre el uso actual y el uso potencial, evaluando el estado de los recursos naturales e identificando aquellas áreas que pueden degradarse como consecuencia de usos inadecuados.

⁷ *cribd*. (1 de 11 de 2005). Recuperado el 2014 de 04 de 2014, de <http://es.scribd.com/doc/6601573/TutorialArcGISLecturas>

Conflicto por subutilización del suelo.

El conflicto de uso por subutilización se presenta cuando en una determinada zona de estudio, por las características propias de los suelos tiene usos potenciales y estos no corresponden con la vocación de uso principal, ni con los usos compatibles asignados a los suelos, según las características agroecológicas de los mismos.

Conflicto por sobreutilización del suelo.

El conflicto por sobreutilización de los suelos se presenta cuando se desarrollan actividades predominantes en una determinada zona agroecológica, y el aprovechamiento de la base natural de los recursos es muy intenso, sobrepasando la capacidad natural y productiva de las tierras.

Por lo tanto no corresponde la vocación y uso principal recomendado, según las potencialidades y limitaciones naturales de los suelos, con daños a mediano y largo plazo en la persistencia de la calidad y cantidad de los recursos.

Determinante ambiental.

Se refiere a todas aquellas normas, directrices políticas, regulaciones o disposiciones de carácter ambiental expedidas por las autoridades que compone el SINA en el ámbito de su competencia.

Área natural protegida.

Son porciones del territorio nacional, terrestres como acuáticos, definidos geográficamente caracterizados por conservar el ambiente original al no existir una intervención directa del hombre, zonas que quedan sujetas a regímenes especiales de protección, conservación, restauración y desarrollo.

Evaluación de conflicto de uso del suelo.

Para caracterizar el nivel de conflicto de uso se toman cuatro calificaciones, estas calificaciones son: Uso Adecuado (Ua), Subuso (Sb), Sobreuso (Sm) Moderado y Sobreuso Extremo (Se). La determinación por colores del grado del conflicto se muestra en la siguiente tabla tomada del Ministerio de medio Ambiente y desarrollo Sostenible.

Categoría de manejo.

Es una unidad de clasificación o denominación genérica que se asigna a las áreas protegidas a partir de sus características específicas, con el objetivo de alcanzar logros específicos de conservación bajo unas mismas directrices de manejo, restricciones y usos permitidos.

Clasificación del suelo por capacidad de uso

La Clasificación de las Tierras por Capacidad de Uso, es un sistema ideado por el Servicio de Conservación de Suelos del departamento de Agricultura de los Estados Unidos, (Manual 210, USDA, 1965) y adaptado por la Subdirección de Agrología del IGAC a las condiciones tropicales de Colombia desde 1968.

Esta clasificación permite determinar la potencialidad agropecuaria de las tierras, a través del análisis de las características propias de los suelos y las formas de ocupación y explotación, para el establecimiento de políticas encaminadas a la obtención de altos rendimientos evitando cualquier riesgo de deterioro.

Esto se lleva a cabo mediante la evaluación tanto de características de los suelos (morfológicas, químicas, físicas y mineralógicas) como de factores de su entorno (relieve, clima, hidrología, entre otros) que inciden en el uso de este recurso y permiten clasificar las tierras en unidades que presentan condiciones similares de uso y de manejo, así es como a partir de la clasificación se muestran las diferentes alternativas de uso y manejo, aplicables a cada tipo de suelo en particular.

Las Clases de tierras es la agrupación de suelos que presentan el mismo grado relativo de limitaciones y riesgos, son ocho (8) y se designan con números romanos de I a VIII, el número e intensidad de los limitantes de uso que presentan los suelos aumenta lentamente de tal manera que al llegar a la Clase VIII las tierras tienen tantas y tan severas limitaciones que no permiten actividad agropecuaria alguna y solo se recomienda la conservación natural y/o la recreación.

MARCO LEGAL

1.8 NORMATIVIDAD AMBIENTAL APLICADA

NORMATIVIDAD RELACIONADA	
COMPONENTE SUELO	
Ley 2811 de 1974	Por medio del cual se dicta el código nacional de los recursos naturales renovables y de protección del medio ambiente, donde se establecen los principios y normas generales para la planificación de los recursos suelo, fauna y flora, aire y agua.
Ley 99 de 1993	Creación del ministerio de Medio Ambiente, y establecimiento de una política ambiental a nivel nacional, constituyéndose los lineamientos generales para el ordenamiento y manejo de cuencas hidrográficas, así como también las competencias de las corporaciones Autónomas Regionales en el manejo de las cuencas hidrográficas en su jurisdicción.
Ley 388 de 1997 Ordenamiento territorial y uso del suelo.	Especifica la restricción al uso del suelo respecto de la urbanización dentro de los Planes de Ordenamiento territorial (POT) e indica que las zonas de expansión urbana o rural pueden tener una limitación por aspectos paisajísticos, geográficos o ambientales.

<p>Ley 388 de 1997, Artículo 10 Determinantes ambientales.</p>	<p>Establece las Determinantes Ambientales como normas de superior jerarquía que los municipios deben tener en cuenta para la elaboración y adopción de los planes de ordenamiento territorial, los cuales se relacionan con la conservación y protección de los recursos naturales y el medio ambiente.</p>
<p>Ley 388 de 1997, capítulo IV</p>	<p>Clasificación del suelo: Suelo urbano, Suelo de expansión urbana, Suelo rural, Suelo suburbano, Suelo de protección.</p>

USO DEL
RECURSO

TIPO DE INVESTIGACION

Se determina que el tipo de investigación que se está realizando es descriptiva, pues entre los principios de esta investigación se encuentra la caracterización y evaluación de los diferentes aspectos y componentes del fenómeno a estudiar. Es así como se selecciona una serie de variables, se describen y se evalúa su comportamiento. Estos estudios permiten especificar las características y propiedades del fenómeno y la forma de manifestarse dentro del área de estudio.

De esta forma se identifica la relación que existe entre las diferentes variables de investigación y se miden los componentes, aspectos del fenómeno a evaluar. En este caso la investigación determina los conflictos de uso del suelo y como se manifiestan en los proyectos de explotación de hidrocarburos la posible afectación a los recursos naturales y afectar el bienestar de una población determinada. Así es como a partir de la obtención de información se realiza una descripción de las zonas objeto de estudio, identificación y análisis de las muestras de suelo, y la relación con el tipo de suelo, se espera determinar el grado de conflicto que se genera al no existir un uso adecuado del

suelo, conociendo las casusas que lo generan. De esta forma se describe el conflicto de uso, por medio de la información generada por los mapas temáticos, graficas , diagramas de los valores de los parámetros fisicoquímicos presentes actualmente en el suelo y se proporciona un diagnostico final al realizar una comparación entre el valor encontrado y el valor de limite permisible del uso potencial del suelo.

A partir de este tipo de investigación se llega a unos resultados que se analizan y se concluyen por medio de recolección de muestras y delimitación de las áreas de estudio y descripción de los conflictos identificados en la vía de Aguachica Cesar.

DISEÑO METODOLOGICO

1.9 POBLACION EN GENERAL

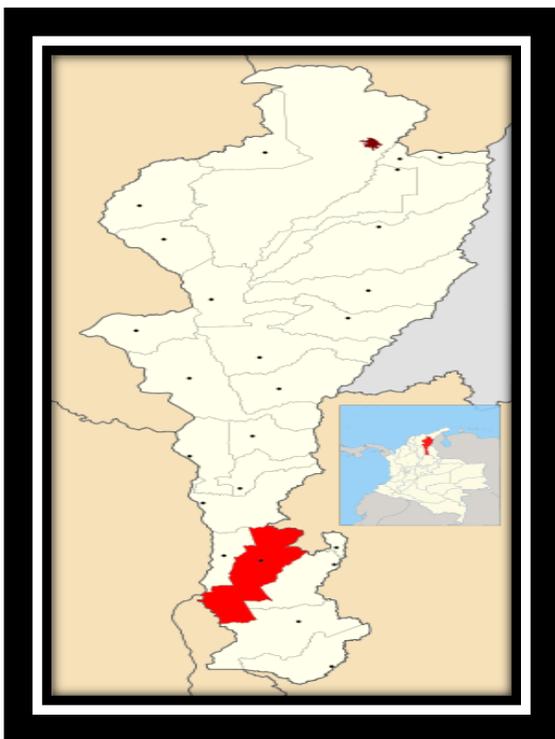
Este informe está elaborado en base a la vía principal que se dirige hacia el municipio de Aguachica, Dto. Del Cesar. Aguachica es un municipio colombiano ubicado al sur del departamento del Cesar. Demográfica y económicamente es la segunda ciudad más importante del departamento, y el centro urbano de mayor crecimiento en la región.

La ciudad se encuentra en una posición geográfica estratégica, siendo paso obligado entre el norte y el interior del país; interconectada por carretera con la Troncal del

Magdalena (Ruta Nacional 45) y la Troncal Central (Ruta Nacional 45A), además del transporte férreo, aéreo y en forma paralela la vía fluvial del río Magdalena.



Fuente:<http://aguachica-cesar-morrocayeros.blogspot.com/2011/09/mapa-de-aguachica.html>, consultado octubrev2013



Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/Aguachica>, consultado octubre 2014

Y sus alrededores en los cuales se encuentra actividades productivas de la región (Agrícolas) entre ellos los cultivos de arroz y maíz. Redefinición del perfil del aparato económico, lo que lleva a identificarle al departamento una función económica rentable y de alto valor estratégico. En este contexto, la acción se debe especializar en consolidar el territorio Cesarense como centro agroindustrial y minero por excelencia. En ejercicio de estas funciones el departamento deberá aprovechar eficientemente sus valiosos recursos naturales, reafirmar la vocación de sus gentes, consolidar su tradición económica y cultural, y ocupar toda su población activa. Como centro agroindustrial su función será recuperar y acrecentar cuantitativamente y cualitativamente la producción de materias primas industriales y alimentos transformados con fines de exportación y atención del consumo local y nacional, fundamentalmente, con los excedentes. En relación al consumo del mercado propio es relevante adentrarse en la producción de concentrados para animales e insumos agropecuarios, y profundizar el procesamiento industrial de cárnicos, frutas y otros alimentos; lo cual se asociaría a la producción manufacturera de

Varios productos de consumo popular. Como centro minero, la acción departamental se debe orientar a favorecer las condiciones para la explotación minera, esencialmente del carbón, facilitando los desarrollos de la infraestructura física y social, al igual, las condiciones de seguridad para la inversión y el desempeño de la actividad. Esto se

complementaría con la formación de servicios técnicos y de suministros especializados que apoyen la actividad, a efectos de ofrecer condiciones mínimas de soporte y hacer más atractiva y dinámica la presencia del capital extranjero del Cesar. La capacidad instalada ociosa, expresa en recursos naturales (afluentes y suelos), capacidad administrativa (conocimiento y experiencia), montajes industriales y equipos y maquinarias se pueden reutilizar para incorporarlos en términos oportunos a los procesos de relanzamiento de la economía. Fomentar e impulsar las cadenas productivas en las que sea posible garantizar razones factibles para competir. Las alianzas estratégicas con el sector privado, el solidario, la inversión nacional y extranjera son fundamentales para dinamizar y diversificar la base económica del Cesar y avanzar en el proceso de agregar valor a lo que la naturaleza le ha dado al departamento como ventaja comparativa. Este aspecto se procurará afianzar con la ejecución de macro proyectos concernientes al desarrollo infraestructural (distritos de riego, vías y electrificación rural) para la reactivación del campo, la estabilización ecológica (recuperación de cuencas) y la complementación de la infraestructura física urbana y social. Orientar la inversión social con prelación a aquellas actividades y servicios que promuevan el empleo productivo en atención al múltiple impacto que genera tanto en lo económico como en lo social. Con la ejecución de programas de vivienda, por sus efectos dinamizadores en las economías locales en atención a los componentes que él son inherentes, tales como los insumos (ladrillo, arena, gravilla, maderas, etc.) y la mano de obra no calificada, se configura un sector estratégico para asegurar la generación del empleo productivo.⁸

1.10 CLIMATOLOGIA

⁸ http://cdim.esap.edu.co/BancoConocimiento/A/aguachica_-_cesar_-_pot_-_2001_-_2010/aguachica_-_cesar_-_pot_-_2001_-_2010.asp Consultado 10 de abril 2014

La definición de las características climatológicas de una región es importante ya que ayudan a identificar épocas de siembra, período de riesgos de inundaciones y derrumbes, a determinar las especies agronómicas y forestales que pueden ser incorporadas a la región y a planificar el uso adecuado de las cuencas hidrográficas. Los factores climáticos en el municipio están determinados por la topografía, la temperatura, el nivel de precipitación, la humedad relativa, la evaporación y evapotranspiración, la radiación solar, y los vientos entre otros.

La subdivisión más sencilla del clima en el municipio son los pisos térmicos cuya distribuciones la siguiente: Piso Térmico Cálido, con temperaturas superiores a los 24,0°C y alturas entre 50 y 1 000 msnm; Piso Térmico Templado, con variaciones de temperatura entre los 18,0°C –24,0°C y alturas entre los 1 000 y 2 000 ± 200 msnm; la temperatura promedio anual es de 28°C, el mes de más alta temperatura es julio con valores que alcanzan casi los 40,0°C y el demás baja temperatura es octubre con 22,0°C aproximadamente

1.11 TOPOGRAFIA

Debido a su posición fisiográfica Aguachica presenta dos rasgos característicos: la zona de planicie o llanura inundable del río Magdalena, esta variedad fisiográfica oscila entre los 50 y los 200 msnm y la zona montañosa representada por las estribaciones noroccidentales de la Cordillera Oriental con elevaciones entre los 200 – 2150 msnm.

1.12 HIDROGRAFÍA

Desde el punto de vista hidrográfico Aguachica se ubica dentro de la Gran cuenca del Río Magdalena, en la región del valle medio; las zonas norte y central del Municipio están irrigadas por una serie de corrientes que forman subcuencas directas sobre la Gran cuenca del río Magdalena, tales como las quebradas Dorada (cuyo afluente principal es la q. Besote), Caimán, Noreán, Cristo, Buturama; la zona sur del municipio, se irriga con la cuenca Inferior del río Lebrija, conformada entre otras, por las subcuencas de las quebradas Guaduas, Tisquirama, yafluentes directos al río Lebrija, que a su vez forman un importante complejo cenagoso en la confluencia del río Lebrija al río Magdalena (ver Mapa MD3: Cuencas, Subcuencas y Microcuencas Hidrográficas)

1.13 FISIOGRAFÍA Y GEOMORFOLOGÍA

El municipio de Aguachica se encuentra ubicado entre la Cordillera Oriental y el Valle Medio del Magdalena Cesarense, lo cual le permite diferenciar dos unidades fisiográficas: una montañosa y una de tierras bajas, la primera corresponde a las estribaciones occidentales de Cordillera, y la segunda comprende las llanuras aluviales e inundables o estacionalmente inundables de la depresión del río Magdalena y del río Lebrija.

La Cordillera Oriental en este sector, está constituida por depósitos sedimentarios del mesozoico con un relieve plegado y altamente fracturado, que más al norte forma el gran anticlinorio de la Serranía de Perijá llegando a alcanzar alturas hasta de 3 500 msnm, sin embargo en el municipio de Aguachica solo se alcanzan alturas de 2 150 msnm.

La llanura inundable de la depresión del río Magdalena está conformada por llanuras poco disectadas de materiales de edad cuaternaria, caracterizada por sus numerosas ciénagas y pantanos alimentados por los frecuentes desbordamientos del río Magdalena, que aumentan la sedimentación y ocasionan la presencia de grandes bancos móviles

1.14 GEOLOGÍA

En el municipio de Aguachica afloran rocas volcanogénicas, ígneas intrusivas y sedimentarias de edad Jurásica (205 m.a.) a Cretácica (65 m.a.) en la región montañosa del nororiente y depósitos semi consolidados y no consolidados de edad Plioceno (5,3 m.a.) – Pleistoceno a Reciente (0,01 m.a.) las cuales cubren gran parte de la planicie central y sur del municipio.

1.15 USO ACTUAL DEL SUELO

Según definición del IGAC, el uso actual del suelo indica “la ocupación de la tierra, expresada en forma de cobertura, bien sea por las diferentes actividades humanas para la satisfacción de las necesidades materiales o espirituales permanentes, o bien por la vegetación natural”. El aprovechamiento de los suelos por parte de la acción del hombre, junto con los factores físicos y socioculturales condicionan los usos actuales del municipio, y determinan el uso actual de las Centro de Estudios Regionales CER-UIS tierras convirtiéndose en una herramienta de primera mano para definir la vocación económica del municipio, e identificar sus potencialidades y conflictos de uso posteriormente. Este aspecto junto con otros de tipo estratégico permite, articular una política del sector rural con miras a lograr el bienestar de los habitantes de la región. La metodología empleada para esta definición del uso actual del suelo fueron los recorridos de campo y la información secundaria obtenida de instituciones como la UMATA, CORPOCESAR, el Comité Cafetero, y la Administración Municipal entre otras (ver Mapa MD7: Uso Actual del Suelo Rural).

METODOLOGIA DEL TRABAJO

1.15.0 4.1. CARACTERIZACIÓN DE LAS MUESTRAS DE SUELO RELACIONADAS CON EL MATERIAL AFIRMADO PARA EVALUAR LOS VERTIMIENTOS REALIZADOS POR RIEGO EN VÍAS DE ACCESO SIN PAVIMENTAR AL PROYECTO OSOPARDO

La caracterización de los parámetros que permiten evidenciar niveles de contaminación asociado a la actividad de vertimiento en vías, permite establecer algunas de las condiciones actuales de los suelos asociados a este tipo de materiales y actividades. De esta manera, se ha puesto en marcha la estrategia tendiente a dilucidar la forma en la que acumulan elementos formativos de las aguas residuales, que se vierte en las vías de acceso al pozo oso pardo 1. Para la determinación de dichos parámetros, se han establecido puntos de muestreo a lo largo de la vía, de manera que se pueda identificar la evidencia física y representativa del área en el cual, se están desarrollando las actividades de vertimiento sobre material afirmado (vías) **Figura-1**.

Figura 1 Ubicación espacial de los puntos de muestreo de suelo establecidos para evaluar el comportamiento de las aguas de vertimiento aplicadas sobre el material afirmado de la vía hacia el municipio de Aguachica, Dto. del Cesar.

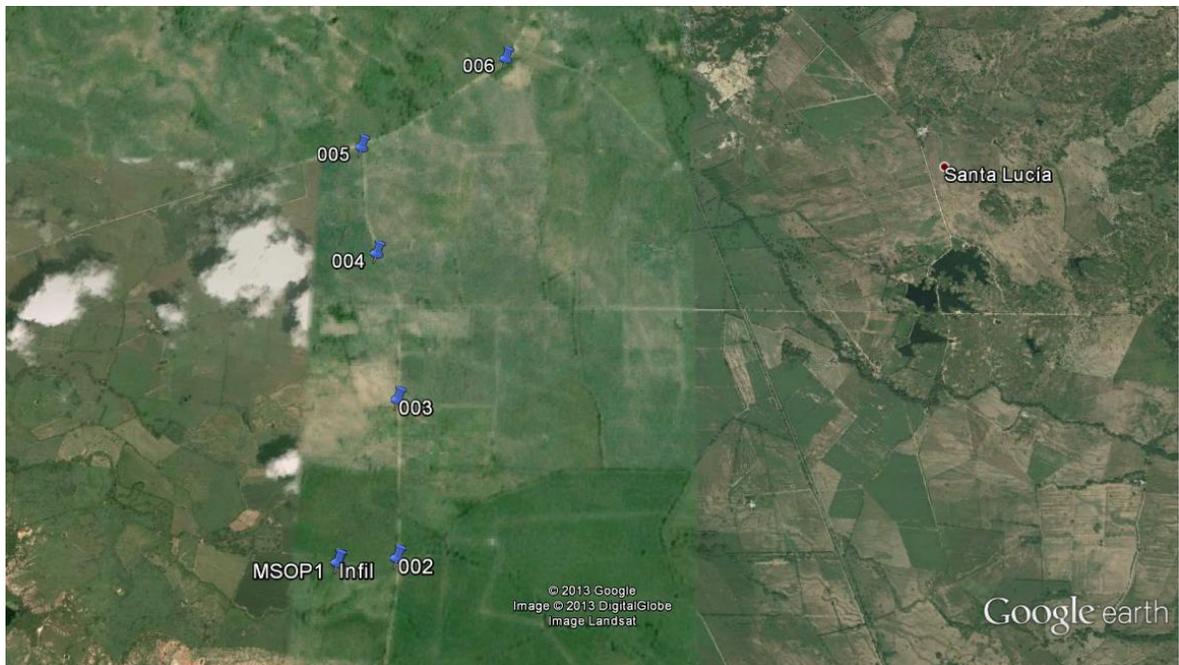


Ilustración 1 MSOP1 = POZO OSO PARDO 1

Fuente: GEOSOCIAL LTDA., 2013.

La distribución de las muestras a lo largo del recorrido de la vía que se dirige hacia el municipio de Aguachica en el departamento del Cesar, hace parte de la metodología de muestras compuestas que busca identificar en varios sectores, las implicaciones de las actividades de vertimiento sobre el material afirmado. Sin embargo, se debe tener en

cuenta que el laboratorio arroja un único valor para una única muestra, lo que resulta poco representativo, teniendo en cuenta que el recorrido de los camiones cisterna que realizan la actividad de vertimientos, se extiende a lo largo de poco más de 1km. por consiguiente se procedió al análisis de los parámetros relacionados con el suelo (material afirmado) debe ser relacionado nuevamente con muestras representativas del área de influencia de las actividades de vertimiento, con el fin único de establecer diferencias significativas entre los diferentes puntos de muestreo, y los resultados de los parámetros que se puedan relacionar con las condiciones actuales de la vía en la que se realiza dicha actividad.

1.16 4.2. RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS RELACIONADOS CON EL ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA DEL PROYECTO POZO OSOPARDO1.

En el proyecto de explotación de hidrocarburos Osopardo 1, los movimientos de la roca y del material consolidado, son una respuesta a la atracción de la gravedad y el ambiente. De esta manera, las afectaciones producidas por las actividades relacionadas con la explotación de hidrocarburos, influyen de manera directa la dinámica territorial relacionada con las actividades productivas de la región. Por esta razón, el análisis de los parámetros fisicoquímicos relacionados con el material afirmado (suelo), permiten determinar de manera clara, las afectaciones ambientales a las cuales están sometidas las vías que hacen parte del área de influencia directa del proyecto, en donde se establecen en la actualidad, actividades de vertimiento de aguas residuales tratadas por medio de la disposición, en carro tanques adaptados con aditamentos posteriores, que permiten un riego eficiente de dichos residuos líquidos.

De acuerdo con la FAO⁹, el material consolidado (suelo), se puede degradar al acumularse en él sustancias a unos niveles tales que repercuten negativamente en el comportamiento de los suelos. Por los procesos de disposición o vertimiento de aguas residuales que realiza el carro-tanque en las épocas de sequía, dichas sustancias a niveles de concentración muy altas, se vuelven tóxicas para los organismos del suelo.

Comenzando así procesos de degradación química, que provoca la pérdida parcial o total de la productividad, no solo afectando la parte fisicoquímica, sino también su valor social y económico, generando esto, aspectos negativos para la realización del proyecto de perforación Osopardo 1, entrando así, a buscar diferentes formas y soluciones que no afecten a gran escala el medio ambiente. Por esta razón, el análisis de los parámetros asociados al material consolidado, guarda una estrecha relación con los suelos que hacen parte de las dinámicas productivas del área de influencia. De esta forma, se debe tener en cuenta que la contaminación natural, se relaciona con la actuación antrópica, que al desarrollarse sin la necesaria planificación, produce un cambio en las propiedades del suelo.

⁹ftp://ftp.fao.org/fi/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706s/x6706s01.htm
septiembre del 2013

consultado en

Las fuentes que generan contaminación de origen antropogénico, en el proyecto de explotación Osopardo 1 son:

- Industriales: aunque no se produzca una contaminación a gran escala o niveles muy elevados, no se pierde de vista el objetivo principal, que es la preservación del recurso suelo, evitando el aporte de contaminantes en el control de procesos erosivos, evitando, corrigiendo y mitigando el impacto ambiental que se produce sobre el material consolidado, y las áreas agrícolas que rodean la vía principal, asociadas a las descargas de aguas residuales tratadas provenientes de los procesos de operación del proyecto.
- Agrícolas: Cuando se habla de este tipo de contaminación, se entiende la afectación producida por fertilizantes y plaguicidas relacionados con las actividades productivas agrícolas, que hacen parte del área de influencia del proyecto. De esta forma, es evidente que dichos eventos, pueden perjudicar los suelos y su componentes; los principales rasgos distintivos de la contaminación agrícola, que se presenta en el área de influencia del proyecto, se relacionan con las conexiones que se presentan entre los sistemas de riego de los cultivos aledaños a las plataformas de perforación, siendo dichas actividades, complementadas con adiciones superficiales de fertilizantes a base de compuestos inorgánicos, como fósforo, potasio y nitrógeno.

Por esta razón, la contaminación de origen antropogénico relacionado con las actividades industriales y agrícolas, presentes en el área de influencia del proyecto de explotación Osopardo 1, pueden generar grados de vulnerabilidad y sensibilidad del material afirmado, frente a la entrada de los componentes que hacen parte de las aguas residuales tratadas; este concepto está relacionado con la capacidad de amortiguación, es decir, a mayor capacidad de amortiguación, se puede generar una mejor asimilación y absorción del suelo, dependiendo de las características relacionadas con el pH.

Hay que aclarar primero, que el grado de vulnerabilidad de un suelo frente a la contaminación, se puede presentar dependiendo de la intensidad de afectación, del tiempo que debe transcurrir para que los efectos indeseables, se manifiesten en las propiedades físicas y químicas, así como de la velocidad con la que se producen los cambios secuenciales en las propiedades de los suelos en respuesta al impacto de los contaminantes. Las actividades de vertimiento de aguas residuales tratadas, se realizan en las épocas secas, entre los meses de diciembre, enero y febrero, en los cuales, el carro tanque realiza su proceso de vertimientos sobre el material consolidado.

Entre los parámetros de mayor interés para el proyecto de explotación Osopardo1, podemos caracterizar el Bario, pH, Cromo total, Mercurio, Plomo, RAS y salinidad, que permiten determinar el estado actual del material consolidado (suelo), y lograr dar una evaluación del estado actual de los parámetros fisicoquímicos del proyecto. Por ejemplo, la presencia de metales pesados cuyas concentraciones suelen ser muy pequeñas, de acuerdo con el análisis de laboratorio, no indica necesariamente que los efectos

ambientales de estos elementos no se presenten. La bio acumulación en plantas y animales, es un efecto directo de la presencia de metales pesados en suelos. Es por ello que, el análisis de los parámetros fisicoquímicos relacionados en la tabla 1, permite evaluar las condiciones en las cuales se desarrollan las actividades de vertimiento de aguas residuales tratadas, del proyecto de explotación Osopardo 1.

A continuación, se relacionan los datos de los puntos de muestreo tomados a lo largo de la vía principal que conduce hacia el municipio de Aguachica en el departamento del Cesar. Los resultados cuyos datos se muestran en la tabla como N.A, corresponden a valores por debajo del límite detectable.

Tabla 1 Parámetros fisicoquímicos tomados del material consolidado (vía) presente en el área de influencia del pozo de explotación pozo Osopardo 1.

Tabla 1

PARÁMETRO	MÉTODO	UNIDADES	LMC	LD	RESULTADO
Bario	EPA 3050B, S.M. 3111 D Método directo de llama de óxido nitroso-acetileno	mg Ba/L	0,500	0,100	N.D
pH	S.M. 4500 – H+ B Método Electrométrico	Unidades	N.A	N.A	5,8
Cromo total	EPA 3050B, S.M. 3111 B Método directo de llama aire - acetileno	mg Cr/L	0,0200	0,0100	N.D
Mercurio	S.M. 3112 B Método espectrofotométrico de absorción atómica vapor frio	mg Hg/L	0,00100	0,000500	N.D ¹⁰

¹⁰ : <http://www.lenntech.es/aplicaciones/riego/sar/riesgo-sodio-en-regadios.htm#ixzz2egfJ5GDr> consultado en septiembre-2013

Plomo	EPA 3050B, S.M. 3111 B Método directo de llama aire - acetileno	mg Pb/L	0,0500	0,0340	0,064
Relación de adsorción de sodio (RAS).	Cálculo	Adimensional	----	----	0,98
Salinidad	Relación de % sodio intercambiable y conductividad eléctrica.		----	----	NORMAL

LMC: Limite de cuantificación del método. Es el valor mínimo cuantificable con el método utilizado para la determinación del parámetro.

LD: Limite de detección mínimo

Fuente: GEOSOCIAL LTDA., 2013.

En la tabla No. 1, se puede evidenciar que los análisis de las muestras de material consolidado, presentan elementos indicadores de la presencia de Bario (Ba), Cromo Total (Cr), y Mercurio (Hg). Sin embargo, los valores arrojados por el análisis de laboratorio, indican niveles de concentración que se encuentran dentro de los límites permisibles, es decir bajo el límite de detección, según lo con lo establecido en el reporte No. 02490-13 por los laboratorios de Anascol S.A.S acreditados por el IDEAM, establecido con los Análisis realizado de acuerdo a los lineamientos del *Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater* (S.M.). Edición 22, 2012.

pH

El pH, mide la concentración de iones hidrógeno (H_3O^+) y por consiguiente, su grado de intensidad de acidez o alcalinidad cuyo factor más importante es habitualmente la concentración en anhídrido carbónico debida a la mineralización. El pH de la muestras del proyecto de exploración oso pardo-1 varía entre 5.8 unidades. Por lo que presenta características de un suelo, relacionadas con materiales medianamente ácidos, lo que puede considerarse que el material consolidado del AID del proyecto, contienen una cantidad considerable de iones hidrógeno. La actual acidificación cual debe ser consecuencia de a causas naturales (materia original pobre en cationes básicos, lavado de calcio en regiones de clima lluvioso, etc.) o también puede estar siendo provocada por el proceso de riego (incorporación de aguas residuales tratadas

De acuerdo con el IGAC (2000)¹¹, el rango de acidez de un suelo, depende de una serie de factores y procesos que giran en torno al proceso evolutivo del mismo, entre los que se destacan: el clima, el material parental, la naturaleza de los componentes orgánicos, el tiempo de evolución, el grado de eliminación de cationes, ya sea por lavado o por extracción continuada por las plantas, como el calcio, el magnesio y el sodio y el grado de su reemplazo por cationes generadores de acidez, como el aluminio y el hidrógeno. La acumulación de sales y/o de sodio intercambiable y el mismo hombre, que a través de la aplicación de fertilizantes y enmiendas puede modificar el pH del medio edáfico, complementa este aspecto.

El valor del pH relacionado con las muestras de material afirmado, presenta una variación tendiente a la acidez, posiblemente debida a las actividades de vertimientos que realiza el proyecto Oso Pardo-1 en la principal vía de acceso, que conduce hacia el municipio de Aguachica Departamento del Cesar. Como se mencionó anteriormente, se debe tener en cuenta que los valores reportados por el laboratorio, se relacionan de manera directa con material de vías afirmado, no correspondientes a suelos orgánicos por lo que un valor de pH medianamente ácido, aparentemente no tiene influencia directa con la dinámica productiva de la región. Sin embargo por escorrentía los suelos fértiles que hacen parte del AID del proyecto Oso Pardo-1, pueden alterar sus propiedades químicas produciendo alteraciones económicas y ambientales, en los sistemas productivos que se reaccionan con las actividades de vertimiento del proyecto.

Plomo.

En la actualidad y de acuerdo al reporte de laboratorio (**Figura 2**), el valor de plomo para el proyecto de explotación osopardo-1, indica la presencia de este elemento en concentraciones mayores que las presentadas de forma natural. Sin embargo, se debe tener en cuenta que este elemento se puede encontrar de forma natural en el ecosistema, siendo el resultado de las actividades humanas, por medio del enriquecimiento del suelo con lixiviados provenientes procesos industriales (actividades agrícolas y pecuarias). Naturalmente que, las actividades de vertimiento se relacionan de manera directa con la concentración de plomo en las muestras evaluadas en laboratorio. Por esta razón, los análisis de los parámetros monitoreados para el material consolidado y que se relacionan con la concentración de plomo, se encuentran fuera de los límites permisibles, con respecto a los valores que entrega el informe No. 02490-13, evidenciando una posible contaminación del suelo por este elemento.

Por dichas razones, podemos determinar que el plomo es un elemento químico particularmente peligroso, y se puede acumular en organismos individuales, pero también entrar en las cadenas alimenticias. Un alto contenido de plomo en el suelo, puede promover el desarrollo de comunidades microbiológicas como hongos y bacterias,

¹¹ Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos). Anexo 9. Laboratorio de suelos características físico-químicas y mineralógicas

alterándose los parámetros del suelo para un adecuado y sano uso de las especies vegetales.

De acuerdo a Mellor y Bevan (1999)¹², el máximo permitido para suelos no contaminados, establece un valor máximo de 150 µg g⁻¹. De esta manera, la capacidad de uso del material afirmado (suelo), se puede ver afectado ya que las tierras de la zona cercana a la vía principal del municipio de Aguachica, son tierras de uso agropecuario o agricultura comercial, con cultivos de arroz, frutales, pastos, entre otros.

El hecho de conocer el contenido de plomo de un suelo, resulta en este caso necesariamente valioso para evaluar el potencial de riesgo para los organismos, ya que el grado de exposición depende, con mucho, de la forma química o mineralógica bajo la que se presente el elemento;. La mayor parte de los compuestos de plomo, son relativamente insolubles, aunque la pequeña cantidad de plomo que puede disolverse es fácilmente asimilable por la biota. Algunos compuestos de plomo muy insolubles, ejercen poco o ningún efecto sobre los organismos vivos. Sin embargo, al determinar que los valores de plomo, superan los límites permisibles establecidos en el reporte de laboratorio, se debe contar con la estrategia que permita mitigar los impactos ambientales asociados a las actividades de vertimiento de aguas tratadas sobre la vía.

El comportamiento del plomo frente al medio ambiente del área de influencia directa del proyecto Oso pardo 1, depende de la forma química bajo la cual se presenta. El proceso natural de meteorización, transforma al plomo metal y a sus compuestos, en otros que son relativamente parecidos en su composición. No obstante, los valores de pH, como se mencionaba anteriormente, evidenciaron un estado medianamente ácido del material afirmado, lo que presumiblemente indicaría, que el comportamiento del plomo en ambientes ácidos, permite a los compuestos solubles, el aumento de su movilidad y asimilación biótica, contribuyendo a la contaminación de los suelos por plomo.

Figura 2 Variación del Plomo en los puntos de muestreo de vía, identificados en el área de influencia del proyecto Oso Pardo-1.

¹² MELLOR, A. y J. R. BEVAN. 1999. Lead in the soil and stream sediments of an urban catchment in Tyneside UK. Water, air and soil poll. 112:327-348.

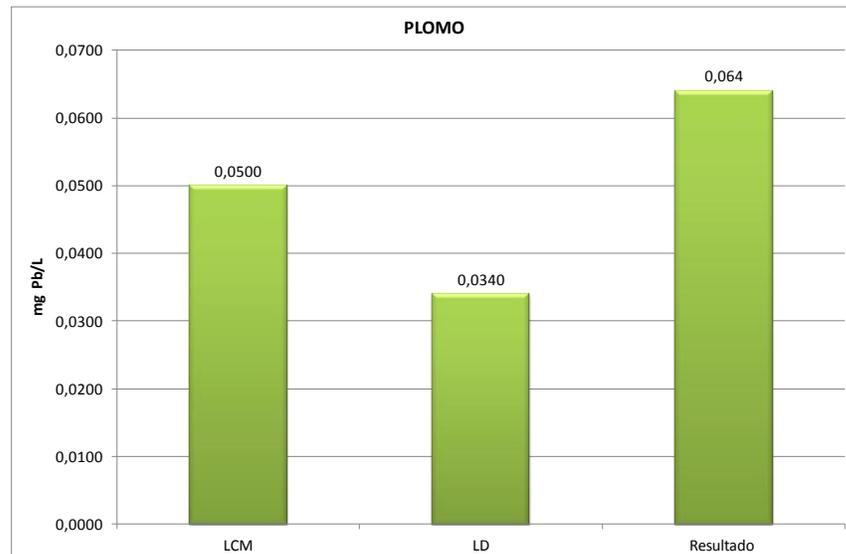


Ilustración 2

Fuente: GEOSOCIAL, 2013

Relación de adsorción de sodio (RAS).

La relación de absorción de sodio (RAS), es un parámetro que refleja la posible influencia del ion sodio sobre las propiedades del suelo, ya que tiene efectos dispersantes sobre los coloides del suelo y afecta a la permeabilidad. Sus efectos no dependen sólo de la concentración en sodio, sino también del resto de cationes. Se basa en una fórmula empírica que relaciona los contenidos de sodio, calcio y magnesio y que expresa el porcentaje de sodio intercambiable, en situación de equilibrio (este índice denota la proporción relativa en que se encuentra el sodio respecto al calcio y magnesio, cationes divalentes que compiten con el sodio por los lugares de intercambio del suelo).

La salinización de un suelo, es el proceso de acumulación en el mismo, de sales disueltas en el agua. Ésta, puede darse en forma natural, cuando se trata de suelos bajos y planos, que son periódicamente inundados por ríos o arroyos; o si el nivel de las aguas subterráneas es poco profundo y el agua que asciende por capilaridad. Los valores determinados en la prueba de laboratorio para la evaluación de este parámetro, permiten establecer que las muestras del material consolidado (suelo), presentan un riesgo de sodificación ligera a moderada, con una influencia importante sobre la conductividad eléctrica, ya que ésta, es la que sirve para medir la concentración total de sales en una solución, determinando así el estado actual en la concentración de sodio, al interior del material afirmado.

Altos contenidos en sodio (Na), puede generar problemas, especialmente cuando el nivel de infiltración es reducido (conductividad hidráulica mínima), afectando la disponibilidad y absorción de agua, por los cultivos que se encuentran a lo largo de las áreas de disposición de aguas residuales tratadas. Entonces, una desequilibrada absorción de

sodio, podría traer cambios significativos para el desarrollo natural y adecuado de la zona; es decir, generando situaciones de saturación, permeabilidad y drenaje, producidas por las actividades de vertimiento que se realizan dentro del área de influencia directa del proyecto Osopardo 1.

En este caso, la relación de absorción de sodio no implica ningún riesgo en la zona de interés, es decir la vía, donde se realizan los vertimientos de aguas residuales tratadas; debido a que los valores están dentro del rango aceptable para material consolidado (suelos). El desarrollo de las actividades relacionadas a la explotación de hidrocarburos del proyecto Osopardo 1, no afecta e interviene de manera directa las condiciones en las que se presenta la saturación de sodio de los suelos circundantes, ya que este material, no hace parte de los suelos con fines agropecuarios y por lo tanto, su comportamiento es aceptable.

Sin embargo, no se descarta la posibilidad de una afectación a los cultivos y suelos agrícolas que rodean la vía de acceso al pozo de perforación; debido a que se pueden generar escorrentías, bajas en la infiltración promedio y acumulación por los vertimientos de aguas residuales industriales tratadas, que se depositan en los canales adyacentes a la vía, generando así problemas en cultivos, como la formación de malas hierbas, erosión del suelo y escasez de nutrientes disponibles para las plantas, entre otros. La abundancia de una fuente Na en el suelo, comparado con otros cationes como Ca, K y Mg, puede ser determinante en el comportamiento y desarrollo natural del suelo, por lo tanto, debe seguirse un adecuado monitoreo, supervisión y control sobre este parámetro, fundamental en el adecuado desarrollo de los componentes del suelo de la zona intervenida, al igual que los planes de manejo ambiental adaptados para el desarrollo de las actividades de vertimiento.¹³

Salinidad.

La salinidad, es la consecuencia de la presencia en el suelo de sales solubles en altas concentraciones; no obstante, existe una salinidad adquirida por riego prolongado con aguas de buena o mediana calidad, pero mal manejada bajo climas secos. De acuerdo con el manual de fertiyeso (2009), la velocidad de infiltración se ve especialmente afectada, por la combinación de salinidad y sodicidad, ya que la salinidad es el más prevaeciente y extendido problema que limita la producción de cultivos en la agricultura, debido a que la estimación del contenido en sales, guarda una estrecha relación con el comportamiento de los cultivos frente a éstas, ya que las plantas requiere de una energía potencial para absorber el agua del suelo, a través de sus raíces; en cuanto más sales disueltas aparezcan, mayor energía necesitara un cultivo a causa de la presión generada por la existencia de compuestos en solución.

Este fenómeno de afectación por sales, suele desarrollarse en zonas de riego o vertimiento donde el clima, es un factor contribuyente clave a la hora de generación de saturación por sales disueltas. Sin embargo, para el caso del material consolidado en el

AID del proyecto Osopardo 1, no se presentan problemas de salinidad, que puedan ser asociadas a fenómenos de infiltración, ya que la salinidad reporta valores estables. Por lo tanto, la salinidad y RAS del material consolidado que hace parte de la vía y sus alrededores, no presentan variaciones importantes relacionadas con estos parámetros.

1.17 4.3. EVALUACIÓN DE LA INFILTRACIÓN PROMEDIO EN LOS PUNTOS DE MUESTREO QUE HACEN PARTE DEL ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA DEL PROYECTO OSOPARDO 1.

La disposición de aguas tratadas industriales y domésticas, mediante aspersión sobre las vías de acceso sin pavimentar existentes en el área de influencia del proyecto Osopardo 1, es actualmente la alternativa que contribuye a disminuir la emisión de material particulado en la atmósfera durante la temporada de verano, periodo en el cual se implementa esta actividad para el vertimiento de aguas tratadas. El paso de vehículos por las vías de acceso en el área de influencia del proyecto, incrementa la presencia de material particulado; dicho material, en la mayoría de las ocasiones puede generar afectaciones sobre la salud de las personas y animales, así como sobre el desarrollo normal de los cultivos, al interferir con las reacciones fotosintéticas de las plantas cultivadas ubicadas al borde de la carretera. Por esta razón y como parte de la puesta en marcha de estrategias para la mitigación de impactos ambientales, relacionados con las actividades propias del proyecto, el vertimiento de aguas residuales en las vías que hacen parte del área de influencia del proyecto, se realiza por medio del uso de camiones cisterna con adaptaciones estructurales, que permiten realizar riegos controlados y mitigar en gran medida la generación de este material particulado.

La estrategia diseñada como parte del manejo ambiental para la disposición de aguas, consiste en utilizar un carro-tanque que cuenta con un sistema de bombeo para la carga del agua residual tratada, que es descargada a través de una flauta adosada a la válvula de salida del tanque, permitiendo un flujo de agua constante a una velocidad de preferencia constante y uniforme, permitiendo evitar encharcamientos en la vía. El riego sobre las vías de acceso, se realiza únicamente en los meses en los que no se presentan lluvias constantes en el área de influencia directa del proyecto, procurando que las condiciones de las vías no se vean afectadas para su normal tránsito y funcionalidad.

En caso de presentarse lluvias aisladas, la disposición de agua se ve restringida a un periodo de tiempo, determinada por el personal relacionado con las actividades de vertimientos de aguas residuales; de esta manera, se tienen en cuenta los aspectos básicos relacionados con la estrategia de vertimiento de aguas residuales, evitando condiciones de encharcamientos o escorrentías superficiales sobre las vías de acceso al proyecto. Los carro-tanques utilizados para la actividad de vertimiento de aguas residuales sobre las vías de acceso al área del proyecto, se caracterizan por contar con una capacidad aproximada de 180 barriles de agua, dotados con tubería de diámetros entre ½" y 2" pulgadas; adicionalmente, dicho carro-tanque cuenta con una adaptación en

la parte trasera del tanque, conocida como riego tipo “flauta” con las mismas dimensiones, y con perforaciones de entre 0.4 y 0.8 centímetros de diámetro.

Sin embargo, para evaluación de las condiciones de infiltración, se presume de la condición en la cual se ha verificado que el sistema de disposición, cumple con la verificación de los límites permisibles establecidos por la Autoridad Ambiental. Por esta razón, el desarrollo de esta actividad, debe tener en cuenta, como mínimo, los siguientes criterios:

- Condiciones climáticas: se deberá realizar la actividad, únicamente en ausencia de lluvia, garantizando que las vías se encuentren secas al inicio de la actividad.
- Frecuencia de disposición sobre las vías de acceso: se tiene en cuenta con el fin de evitar encharcamientos y daños sobre la vía.
- Área disponible para disposición: se calcula teniendo como base un kilómetro de vía por y el ancho promedio de esta, el área final corresponde a 6.000 m², aproximadamente. Se debe tener en cuenta, que las vías de acceso al proyecto varían en la medida de su ancho, siendo más angosto en algunos sectores. Sin embargo, por medio de las observaciones realizadas en campo, se determinó, que en promedio las vías de acceso al proyecto cuentan con una medida de 6mts.

De esta manera, es posible determinar la efectividad del riego en vías por medio de este sistema de disposición, relacionando diferentes parámetros físicos de las vías de acceso y la identificación de la cantidad de agua a disponer sobre dichas vías. Para esto, se ha realizado pruebas de infiltración, mediante el uso de anillos infiltró metros ubicados sobre el material afirmado constituyente de la vía. En campo se estableció una prueba de infiltración realizada en un suelo (material consolidado) con una pendiente entre 5 y 10%, caracterizado por ser usado para el transporte de persona, equipos y maquinaria, y al cual se han hecho vertimientos por medio del sistema de flauta adherida a un carro tanque. De la de la misma manera, se evidencian algunas mejoras relacionadas con explanaciones y adecuaciones superficiales (compactación del material).

Foto 1. Establecimiento de pruebas de infiltración sobre material afirmado

relacionado con las vías de acceso al AID del proyecto Osopardo 1.



Fuente: GEOSOCIAL LTDA., 2013.

Se debe tener en cuenta, que muchas de las características físicas relacionadas con la infiltración en las áreas que hacen parte de las vías de acceso al proyecto, se encuentran directamente afectadas por el tipo de material afirmado y las modificaciones a las cuales este materia ha sido expuesto, por medio de las adecuaciones hechas con anterioridad a la entrada del proyecto; de esta manera, los valores de infiltración no pueden ser comparables con los valores presentados en las áreas destinadas a vertimientos por aspersión. Sin embargo, se puede tener una aproximación teórica de las condiciones en las cuales se desarrolla el movimiento de agua a través del perfil de material consolidado y que se puede representar logarítmicamente de la siguiente manera (Gráfica 2).

Figura 3. Representación logarítmica (Kostiakov 1932)¹⁴ para el comportamiento de la infiltración promedio en un punto de muestreo sobre material consolidado en el AID campo Guarimena.

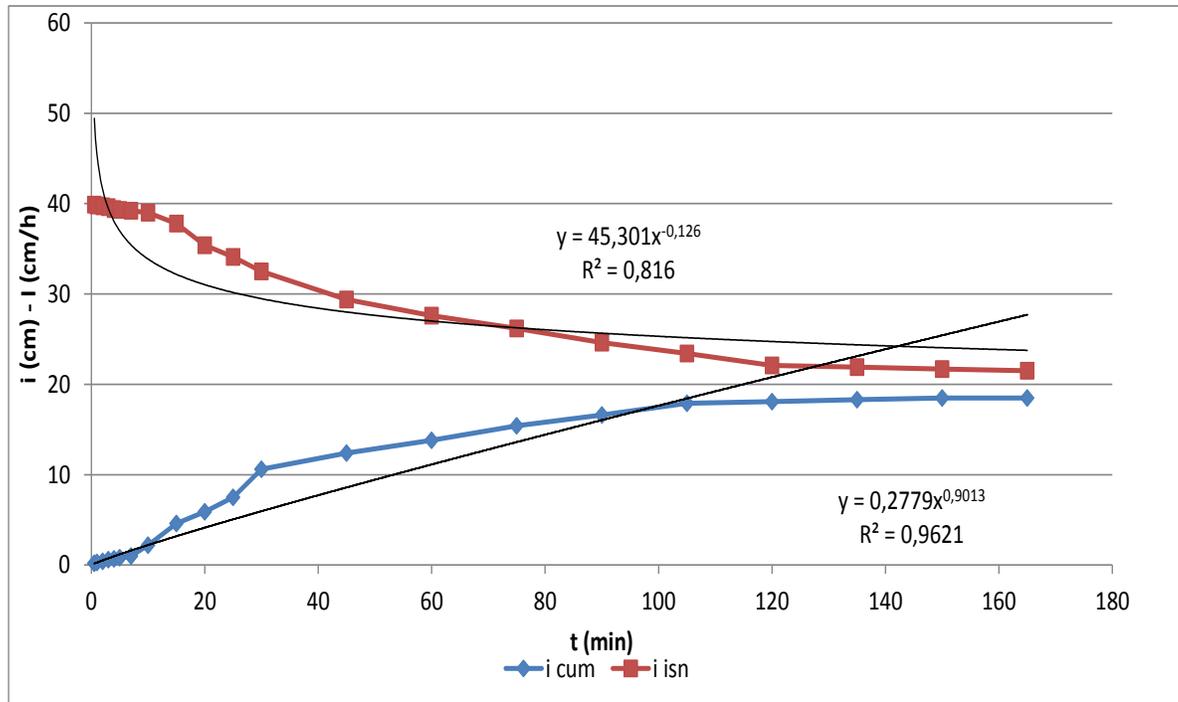


Ilustración 3

Fuente: GEOSOCIAL LTDA., 2013.

La anterior representación logarítmica de la infiltración en un material consolidado de vía, permite diferenciar el comportamiento del agua a lo largo del grosor de material compactado. Si se tiene en cuenta que la infiltración es una propiedad física, que se refiere a la entrada de agua en el suelo, se pueden establecer que la velocidad de infiltración es la relación entre la lámina de agua que se infiltra y el tiempo que tarda en hacerlo, expresado en cm/h, la representación logarítmica de la infiltración en el material consolidado que hace parte de la vía, se encuentra representada por la cantidad de agua que entra en el material consolidado, en una unidad de tiempo bajo condiciones de campo; de esta manera, es evidente que se diferencia una infiltración máxima al comenzar la aplicación de agua en el material consolidado de la vía, disminuyendo conforme aumenta la cantidad de agua que ya ha entrado en dicho material.

De otro lado, la determinación de los parámetros relacionados con la infiltración en materiales consolidados, permite diferenciar igualmente la velocidad de infiltración de

¹⁴ Se relaciona con los modelos empíricos y teóricos tradicionalmente utilizados para describir el proceso de infiltración, entre los que se encuentran los de Kostiakov; Kostiakov-Lewis (K-L); Horton y Philip (Ph) (Ravi y Williams, 1998), permiten obtener los parámetros hidráulicos del suelo ajustando ecuaciones simples a los datos experimentales.

dicho material. De esta manera, es evidente que conforme la humedad penetra en el suelo y satura las capas superiores, su velocidad disminuye debido a la mayor resistencia de las capas de material consolidado y a la reducción en el diámetro de los poros, hasta llegar a un valor constante que se mantiene en el tiempo.

Figura 4 Representación gráfica de la velocidad de infiltración observada en el material consolidado de la vía que hace parte del AID del proyecto Guarimena.

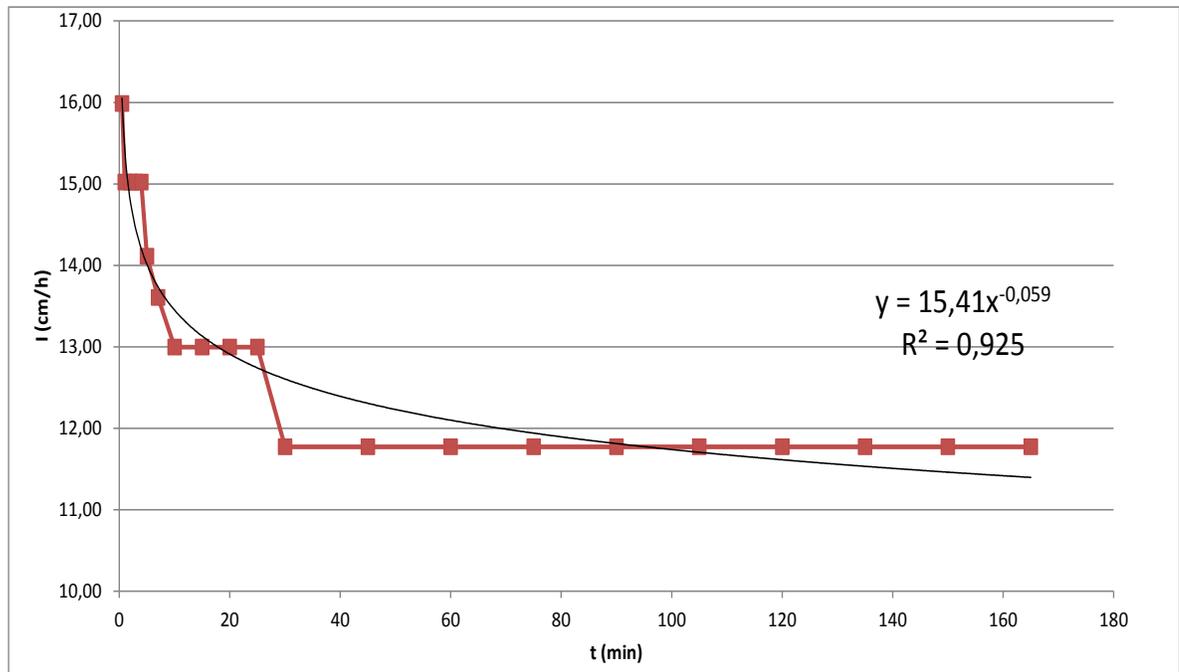


Ilustración 4

Fuente: GEOSOCIAL LTDA., 2013.

De esta manera, se establece la velocidad de infiltración relacionada con materiales consolidados; sin embargo, se debe tener en cuenta que pueden existir variaciones en dicha velocidad de infiltración, relacionadas con las adecuaciones que se puedan hacer de las vías que presentan influencia directa con el proyecto. El uso de maquinaria, la compactación de los horizontes superficiales y el mismo transporte de equipos y personal, influye de manera directa en la forma en la cual el material de la vía, permita la entrada de agua a lo largo de la unidad constitutiva.

Igualmente, existen factores que determinan la magnitud del movimiento de agua por infiltración y que se relacionan con la textura, estructura, profundidad de la capa endurecida, cantidad de agua en la vía y temperatura del material consolidado entre otros. Los porcentajes de arena, lomo y arcilla presentes en los materiales consolidados, permiten una mayor o menor infiltración, al considerarse que en una vía con materiales constitutivos arenosos, se favorece la infiltración. Por su parte, vías conformadas de

grandes agregados, presenta proporciones de infiltración mucho más altas que materiales finos. El lecho rocoso u otras capas impermeables, son también una de las condiciones importantes para el desarrollo de una efectiva infiltración.

De esta forma, se puede calcular entonces la tasa de infiltración de dichos materiales constitutivos de las vías por medio de la siguiente expresión matemática:

$$i = c \cdot t^{(a-1)}$$

Donde:

i = lamina de Infiltración acumulada [cm]

t = tiempo [min]

c y a = parámetros empíricos adimensionales

De donde se obtienen los resultados de la regresión que son:

$$c = 0,2779$$

$$a = 0,9013$$

Luego, con los datos obtenidos de la función de infiltración básica, se puede determinar la velocidad de infiltración establecida por la expresión matemática:

$$I = K \cdot t^{a-1}$$

En donde:

I = velocidad de infiltración (cm/h)

$$K = 60 \cdot c \cdot a$$

Luego, para los datos registrados tenemos que

$$K = 15,02$$

$$a-1 = -0,0987$$

Posteriormente se establecieron los valores relacionados con la infiltración básica y el tiempo básico de infiltración mediante la expresión matemática

$$t_b = 600 \cdot (a-1)$$

En donde:

t_b = tiempo básico (min)

a = parámetro empírico de la función de infiltración acumulada.

Luego, con los parámetros obtenidos con anterioridad reemplazamos en la expresión matemática para obtener:

$$t_b = 59,22 \text{ min}$$

Ahora, reemplazando este valor de tiempo básico en la función de velocidad de infiltración, se obtiene la velocidad e infiltración básica:

Infiltración básica $I_b = 10,03 \text{ cm/h}$

De esta manera, se obtiene el valor de infiltración básica (tasa básica de infiltración), que es el valor buscado mediante la prueba de infiltración establecida en campo, y se convierte en la herramienta para el diseño de los planes de vertimiento, junto con la selección de las vías destinadas para dicha actividad. Con esta información y de acuerdo con el instructivo para el levantamiento de suelos del IGAC, producto de la investigación del laboratorio de suelos para la evaluación de las características fisicoquímicas (2010), se establecen los rangos de infiltración de los suelos y su respectiva interpretación para los resultados obtenidos del análisis matemático.

Tabla 2. Interpretación de la velocidad de infiltración básica para los materiales consolidados que hacen parte de la vía que conduce al AID del proyecto.

Interpretación	Velocidad de Infiltración básica [cm/hora]
Sin dato	0
Muy lenta	< 0.1
Lenta	0.1 - 0.5
Moderadamente lenta	0.51 - 2.0
Moderada	2.01 – 6.3
Moderadamente rápida	6.311 – 12.7
Rápida	12.7 – 25.4
Muy rápida	> 25.4

Fuente: Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos). Anexo 9. Laboratorio de suelos características físico-químicas y mineralógicas. IGAC 2010.

De acuerdo con el IGAC, los materiales consolidados se caracterizan por presentar velocidades de infiltración considerados como moderadamente rápidos, lo que resulta

conveniente para la puesta en marcha de actividades de vertimiento en vías. El seguimiento de las condiciones de humedad en los materiales consolidados objeto de vertimiento, se convierte en otro factor relevante para contar con una infiltración efectiva, ya que al contar con una medición constante y en forma permanente de los niveles freáticos, se evita la disminución del potencial de presión, que generalmente se ubica con valores de cero en el nivel superior de dicho nivel freático; esta situación hipotética, permite que se vean afectados los valores de velocidad de infiltración, produciendo encharcamientos en la superficie del suelo. De esta forma, la elección de las áreas para la realización de vertimientos, deben de contar en lo posible con niveles freáticos profundos y/o que puedan ser manejados mediante sistemas de drenaje.

Con el fin de establecer el caudal máximo calculado para vertimiento por riego de vías en época de verano, a continuación se presenta el cálculo del mismo: Teniendo en cuenta un área promedio de 6000 m² (un kilómetro de vía con un ancho de 7 metros de acuerdo con la observación realizada en campo) y la tasa de infiltración promedio calculada de 52,30 L/m²-día

$$\text{Volumendiario} = \text{Infiltración} \times \text{Área}$$

$$\text{Volumendiario} = 52,30 \frac{\text{L}}{\text{m}^2} \times 7.000 \text{m}^2 = 366100 \text{L}$$

$$\frac{\text{Volumendiario}}{\text{Tiempo estimado al día}} = \frac{366100 \text{L}}{\text{día}} \times \frac{1 \text{ día}}{8 \text{ horas}} = 45.762,5 \text{L/hora} \approx 12,7118 \text{L/s}$$

En conclusión, el caudal máximo permitido para el riego de vía de acceso al interior del área de influencia directa de proyecto, es de 12,7118 L/s. Sin embargo, se debe tener en cuenta que al momento de la realización de dichos vertimientos, se pueden presentar situaciones propias de la actividad, tales como adecuación de la vía existente, relación del material consolidado constitutivo de la vía, así mismo como la disposición de la flauta en la parte trasera del camión relacionado con la distribución y tamaño de los agujeros para la salida del agua y la velocidad del vehículo, con respecto al volumen de agua aplicado. Ahora bien, los cálculos se encuentran ajustados a una jornada laboral de 8 horas, sin embargo en algunos casos en donde las condiciones permiten jornadas de trabajo más extensas, el volumen diario de agua aplicado a la vía aumenta, conforme se realicen más desplazamientos por parte del camión cisterna.

FUENTES PARA LA OBTENCIÓN DE LA INFORMACIÓN

FUENTES PRIMARIAS

La información necesaria para el proyecto de investigación es proporcionada por el asesor externo de la pasantía y el personal profesional Ing. Ambiental del proyecto del grupo coordinador de proyectos , conformado por ingenieros ambientales, agrónomos, civiles abogados, trabajadoras sociales, que se encargan de adelantar y llevar a cabo los procesos de reglamentación. También profesionales del área de SIG, áreas protegidas y profesionales encargados de la evaluación de impactos ambientales.

FUENTES SECUNDARIAS

Como fuentes secundarias que respaldan y contribuyen al desarrollo del proyecto de investigación, se encuentra el estudio general de suelos y zonificación de tierras del Departamento de Cundinamarca (2000), por el Agustín Codazzi y la guía metodológica CORI LAND COVER, y documentos relacionados en internet sobre las aplicaciones de los SIG en proyectos ambientales.

RECURSOS

A continuación se describen los recursos utilizados para la ejecución del proyecto de explotación de hidrocarburos enfocado en el desarrollo específico en la aplicación del proyecto de pasantía y aplicación del proyecto de investigación

ANALISIS DE PARAMETROS FISICOQUIMICOS PARA DETERMINAR POSIBLE CONTAMINACION EN EL PROYECTO DE EXPLOTACION DE HIDROCARBUROS. E INFORME DE INFILTRACION PARA MATERIAL CONSOLIDADO SOBRE LA VIA DE AGUACHICA CESAR.

Tabla 3.RECURSOS HUMANOS

Tabla 3

RECURSOS HUMANOS			
PERSONAL REQUERIDO	DEDICACIÓN h/mes	SALARIO MENSUAL	COSTO MENSUAL DEL PROYECTO
Ing.Ambiental director del proyecto-asesor pasantia	160 h	\$5'200.000	5'200.000
Ing agronom-asesor de pasantia	40h	\$4'000.000	1'000.000
cartografo.	40h	\$4'158.000	1'039.500
Técnicos de campo 1	16h	\$3'200.000	320.000
Técnicos de campo 2	16h	\$3'200.000	320.000
Técnicos de campo 3	16h	\$3'200.000	320.000
Social 1	16h	\$4'000.000	400.000
Social 2	16h	\$4'000.000	400.000
	40h	\$4'000.000	1'000.000
Total recursos humanos		\$34.958.000	\$9.999.500

Tabla 4. Costos operativos de transporte

Tabla 4

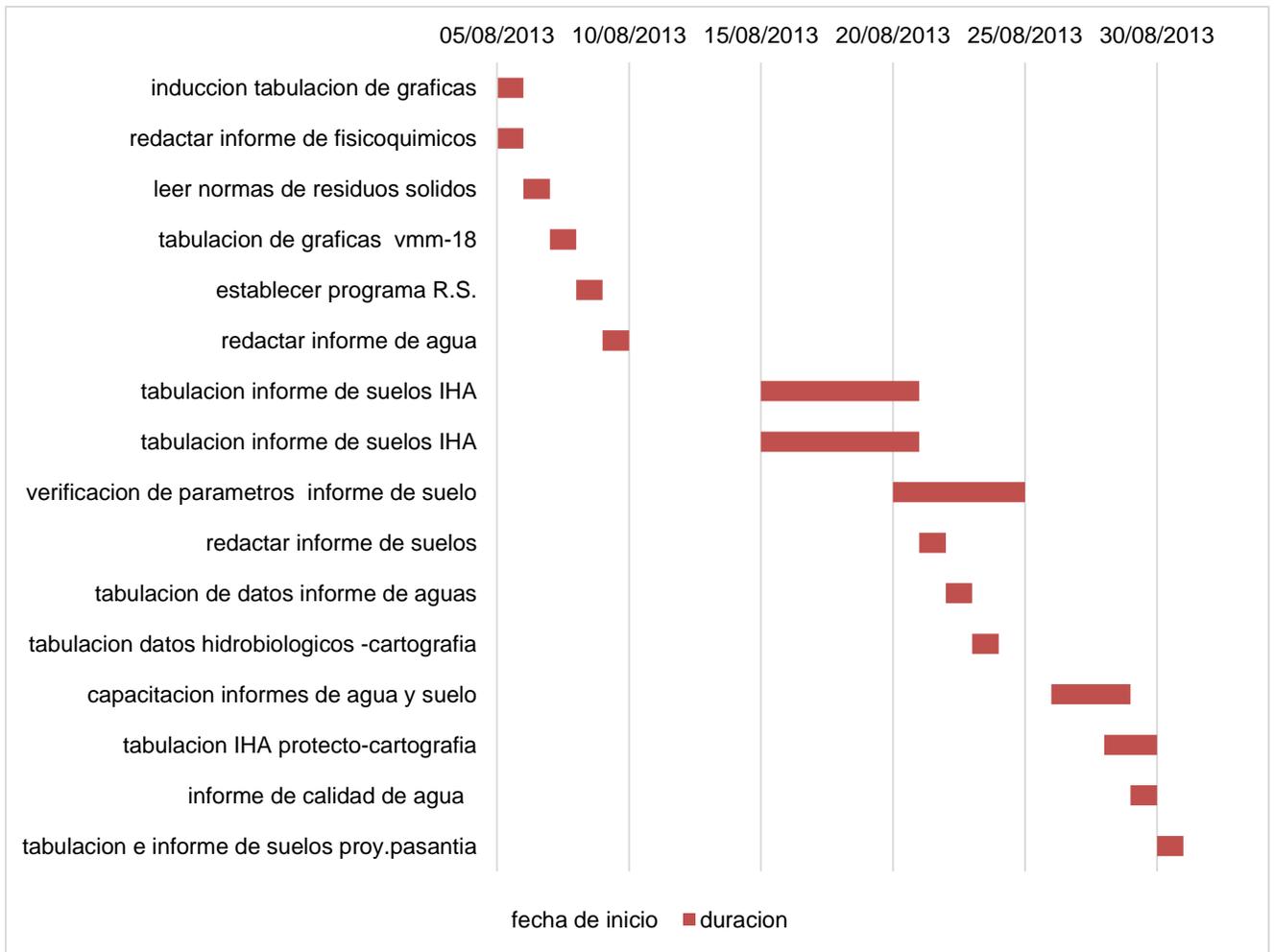
Costos operativos de transporte		
CONCEPTO	COSTO TOTAL	COSTO MENSUAL DEL PROYECTO
Camioneta	7'300.000	\$ 486.000

Tabla 5. Costos generales, Servicios, suministros de oficina otros:

Tabla 5

DESCRIPCIÓN	VALOR APROXIMADO
Computador	\$800.000
Gastos de impresión	\$100.000
Impresora toner	\$600.000
Papelería y otros(10%)	\$150.000
Internet	\$250.000
Viáticos	\$240.000
Luz	\$20.000
Agua	\$20.000
Total servicios, suministros de oficina y otros	\$2.180.000

CRONOGRAMA



CONCLUSIONES DE ANÁLISIS DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y PRUEBAS DE INFILTRACIÓN.

Con relación a los resultados de los parámetros fisicoquímicos, analizados en el material consolidado que hace parte de la vía de acceso al municipio de Aguachica, se evidencia la presencia de plomo, que fue el único parámetro que registro niveles por encima del límite permisible; se presentaron cantidades no detectables de metales pesados como Boro, Cromo total y Mercurio, los cuales registraron valores por debajo del límite permisible, por lo que no se relacionan de manera directa con las actividades de vertimiento de aguas residuales provenientes del proyecto Osopardo 1.

También, se evidenciaron niveles aceptables en cuanto a la Relación de Absorción de Sodio, que se encuentran estrechamente relacionados al comportamiento de la infiltración. Por otra parte, el agua de lluvia puede reducir la salinidad del material afirmado (suelo) y consecuentemente aumentar el valor de la RAS, reduciendo la penetración de agua en los suelos. La salinización de los suelos agrícolas cercanos a la vía principal, se encuentra controlada, ya que los parámetros evaluados en el laboratorio, evidenciaron resultados estables en cuanto al comportamiento de la RAS. Sin embargo, se debe tener en cuenta que la salinidad del suelo es quizás el problema más serio que enfrenta la agricultura en la actualidad dentro de las áreas cultivadas que hacen parte del área de influencia del proyecto.

La aceleración de estos procesos, se relacionan con el bombeo de agua y la introducción masiva de sistemas de riego o de vertimientos, sin asegurar que el destino final del drenaje será asimilado adecuadamente por dichos suelos, o para el caso específico, materiales consolidados constitutivos de vías de acceso. Los efectos directos de la salinidad en el suelo, se pueden relacionar con la sensibilidad que presentan las plantas, siendo determinada sobre todo, por la composición de las sales y no por la concentración total de éstas; de esta forma, el grado de tolerancia es muy variable. Sin embargo, en la actualidad, no se presenta una salinización del material consolidado, por lo que representa hay un adecuado drenaje y retorno de riegos, lo que permite una adecuación favorable de las condiciones en las cuales se están generando los vertimientos, sobre la vía de acceso al proyecto.

Para el caso del pH, los valores se relacionan con rangos medianamente ácidos, lo que presumiblemente, puede generar variaciones en otros elementos como el plomo. Aunque la variación en los valores de los puntos muestreados evaluados fue mínima, se recomienda buscar la estrategia de manejo de aguas residuales, que permita controlar las variables relacionadas con la contaminación de metales pesados, no solo en el material afirmado, sino además en los suelos que hacen parte del área de influencia, pues dichos elementos puede llegar a ser tóxicos, afectando de manera considerable, las condiciones ecosistemitas en las que se desarrollan las actividades humanas y productivas.

Como parte de las estrategias tendientes a la minimización de impactos ambientales, producto de las actividades de vertimiento de aguas residuales sobre la vía de acceso al

proyecto Osopardo 1, se deben tener en cuenta aspectos relacionados con la forma en la que se desarrollan los cambios producidos, por la adición de agua residual al material afirmado. Es claro que, dichas actividades, pueden influenciar la generación de un cambio significativo en el material afirmado, así como en las zonas productivas y comerciales aledañas al proyecto, previniendo de esta forma, la posible afectación o desequilibrio eco sistémico, relacionado con la composición, características fisicoquímicas y la intervención antrópica.

RECOMEDACIONES

A la Coordinación de pasantía de la facultad de Ingeniería Ambiental (Ecci)

- Coordinar mejor la asignación de los tutores académicos a los pasantes, al igual que las visitas a las empresas.
- Dar charlas a los pasantes en cuanto a la redacción y elaboración del informe de pasantía para que tengan un apoyo y guía sobre el desarrollo del proyecto.
- Mantenimiento y actualización del Sistema de Gestión de Pasantía.

A la empresa Maht Monitoreos Ambientales High Technology Ltda.

- Continuar el trabajo que se ha estado realizando en el área de aguas y la implementación de nuevos laboratorios ya que esto fortalece que se realiza al favor del medio ambiente y disminución de contaminación en nuestro país,.
- Adquirir nuevos equipos, o partes de ellos de monitoreo de aire y suelo., para fortalecerse en sus proyectos y darse reconocimiento en el campo en el que se desenvuelve Ya que la empresa está en crecimiento y por su potencial en el campo, debería invertir un poco

En el desarrollo del proceso de pasantía se adquirí conocimientos muy valiosos para el desenvolvimiento progresivo de la carrera. Uno de los conocimientos más relevantes fue el desarrollo de la elaboración del informe del componente suelo de la manera como se presenta correctamente ante las grandes entidades de medio ambiente, también participe colaborando en algunos informes de agua y cartografía. En todo momento, se estuvo rodeado de un personal altamente calificado en el área de La Ingeniería Ambiental, con el cual logre desarrollar y fortalecer mis conocimientos ya adquiridos, que seguramente se convierten en elementos importantes en la formación profesional y personal.

El período de pasantía fue de 2 meses, tiempo en el cual se desarrolló cada una de las actividades encomendadas por la consultora y acordadas con la universidad, poniendo en práctica los conocimientos adquiridos en los últimos dos años y medio transcurso de los años cursados en la Escuela Colombiana de Carreras Industriales (ECCI).

Cabe destacar que el área de la Ingeniería Ambiental ocupa definitivamente un lugar importante dentro de las organizaciones, ya que esta brinda Para las empresas, industrias y organizaciones; la conservación de recursos y protección del medio ambiente trae múltiples beneficios, entre ellos ventajas competitivas, mejoras en la imagen corporativa, reducción de costos al disminuir el consumo de energía y materias primas, aceptación y agradecimiento por parte de la comunidad.

La experiencia laboral adquirida antes y durante el período de pasantía, señala que al momento de desarrollar políticas ambientales en la industria petrolera se debe fomentar la conservación de los recursos naturales sin perjuicio de la producción industrial, por ello es altamente necesario elaborar e implementar planes de manejo ambiental más rigurosos en las industrias contemplando las áreas: social, económica y ambiental propias de cada caso.

Para finalizar, vale la pena destacar que durante todas semanas de trabajo, como pasante estuve rodeado por excelentes profesionales y expertos en la materia, quienes con dedicación y paciencia compartieron sus conocimientos, habilidades y destrezas con el mismo, sin mencionar la experiencia que me proporcionó el Ingeniero Agrónomo Willman Urrea Villalva y el Ingeniero Ambiental Néstor Victoria Escobar contacto directo con las actividades laborales que realice ya que en todo momento me estuvieron guiando y enseñándome de manera proactiva, proporcionando una experiencia excelente

GLOSARIO

INFILTRACION: La velocidad máxima con que el agua penetra en el suelo. La capacidad de Infiltración depende de muchos factores; un suelo desagregado y permeable tendrá una capacidad de infiltración mayor que un suelo arcilloso y compacto. Si una gran parte de los poros del suelo ya se encuentran saturados, la capacidad de infiltración será menor que si la humedad del suelo es relativamente baja.

PARAMETROS: Se conoce como parámetro al dato que se considera como imprescindible y orientativo para lograr evaluar o valorar una determinada situación. A partir de un parámetro, una cierta circunstancia puede comprenderse o ubicarse en perspectiva

COMPACTACIÓN: Es el conjunto de procesos mecánicos y químicos (presión-disolución) que, como consecuencia del enterramiento, provocan la disminución del espesor del primitivo sedimento y la reducción de la porosidad. Se diferencia entre compactación **mecánica** y compactación química.

CULTIVOS: es la denominación genérica de cada uno de los productos de la agricultura, la actividad humana que obtiene materias primas de origen vegetal a través del cultivo. No se consideran productos agrícolas estrictamente los procedentes de la explotación forestal. Menos habitual es la distinción con los productos procedentes de la recolección, que en algunos casos es todavía una actividad económica estimable (por ejemplo, la recolección de setas-que propiamente no son vegetales, sino hongos-).

VERTIMIENTO: Es la disposición controlada o no de un residuo líquido doméstico, industrial, urbano agropecuario, minero, etc. Los colectores son tubos colocados a lado y lado de las quebradas, evitando que los antiguos botaderos de alcantarillado continúen arrojando los vertimientos a los cauces. A su vez, los interceptores recogen de los colectores al estar ubicados a lado y lado del río. Estos interceptores se encargan del transporte final de los vertimientos a las plantas de tratamientos donde una vez acondicionada el agua residual, se incorpora al río.

CONTAMINACIÓN: Es un cambio perjudicial en las características químicas, físicas o biológicas de un ambiente o entorno. Afecta o puede afectar la vida de los organismos y en especial la humana. Desde un punto de vista general existen dos puntos contaminantes: los biodegradables, que se descomponen más o menos rápidamente por procesos naturales o con sistemas de ingeniería que refuerzan dichos procesos, y los no biodegradables, que se degradan muy lentamente en el medio natural, tales como detergentes y plásticos.

Aguas residuales: Son aguas procedentes de los usos doméstico, comercial o industrial. Su grado de impureza es variable. Las aguas residuales llevan compuestos orgánicos e inorgánicos, ya sean disueltos o en suspensión, según su origen. La cantidad de agua residual varía según los hábitos de la población.

En Colombia una persona genera un promedio de 100-400 litros/día. Las aguas cloacales también son conocidas como aguas residuales, aguas negras o aguas servidas.

BIBLIOGRAFÍA

ACCIONES ADMINISTRATIVAS PARA LA REGLAMENTACIÓN SUELO EN EL DEPARTAMENTO DE AGUACHICA -. (2009). Recuperado el 01 de 04 de 2014, de repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/11059/1233/.../3337845G216.pdf

Alcaldía de Bogotá Normas. (06 de 08 de 2002). Recuperado el 01 de 04 de 2014, de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=5534>

Ambientum. (02 de 2010). Recuperado el 01 de 04 de 2014, de <http://www.ambientum.com/revista/2010/febrero/aplicaciones-medioambientales-SIG.asp>

Ciencias Ambientales / Técnicas de desarrollo de los sistemas de información geográfica. (s.f.). Recuperado el 01 de 04 de 2014, de intranet.catie.ac.cr/intranet/posgrado/InvestCienciaGestionConocimiento/Sergio%20Velásquez/aplicacion_sig_al_medio_ambiente.pdf

Corporación autónoma. (s.f.). Recuperado el 10 de 03 de 2014, de <http://www.car.gov.co/>
Corporación Autónoma de Cundinamarca. (s.f.). Recuperado el 10 de 03 de 2014, de <http://www.car.gov.co/>

Corporación Autónoma de Cundinamarca. (s.f.). Recuperado el 10 de 03 de 2014, de <http://www.car.gov.co/>

Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. (s.f.). Recuperado el 10 de 03 de 2014, de <http://www.car.gov.co/>

Estudio general de suelos y zonificación de las tierras colombianas. (2000). Bogotá D.C, Colombia.

INGTEC Colombia E.U. (s.f.). Recuperado el 01 de 04 de 2014, de http://ingteccolombia.com/?page_id=128

Scribd. (1 de 11 de 2005). Recuperado el 2014 de 04 de 2014, de <http://es.scribd.com/doc/6601573/TutorialArcGISLecturas>

Proyecto CYTED. Protocolo de muestreo de la vegetación y de suelos.

Stolbovoy Vladimir, Luca Montanarella, Nicola Filippi, Senthil-Kumar Selvaradjou, Panos Panagos, Javier Gallego. Soil Sampling Protocol to Certify the Changes of Organic Carbon Stock in Mineral Soils of European Union. EUR 21576 EN, 12 pags. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg. 2005

ANEXOS

Anexos:

Registro fotográfico de la prueba de infiltración realizada en la vía de acceso al pozo Osopardo 1.	
Equipo ambiental del pozo Osopardo 1	Equipo ambiental del pozo Osopardo 1
	
Localización y geo referenciación de la prueba de infiltración	Vista detallada de la forma en la que se toma la medida dentro de los cilindros.
	