

Informe de práctica académica realizada en la empresa Geocol Consultores S.A
Apoyo técnico en la realización del informe de cumplimiento ambiental del proyecto
Campo Guando operado por la empresa Perenco Oil and Gas

BOGOTÁ -CUNDINAMARCA

Anyi Paola Alarcón Marin

Universidad de Caldas
Facultad de Ciencias Exactas Y Naturales
Departamento de Ciencias Geológicas

Manizales

2023

Informe de práctica académica realizada en la empresa Geocol Consultores S.A
Apoyo técnico en la realización del informe de cumplimiento ambiental del proyecto

Campo Guando operado por la empresa Perenco Oil and Gas

Anyi Paola Alarcón Marin

Trabajo de grado presentado como prerrequisito de grado para optar al título de Geóloga

Director de trabajo de grado

Geólogo John Jairo Cardona Rios

Tutor en la empresa

Ingeniero Alejandro Giraldo Castaño

Universidad de Caldas

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

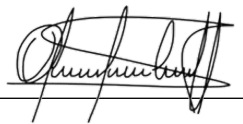
Departamento de Ciencias Geológicas

Manizales

2023

Nota de aceptación

Aprobado



John Jairo Cardona Ríos

Director

Manizales

Agradecimientos

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a Dios por brindarme la vida y la oportunidad de cursar esta maravillosa carrera que me ha permitido crecer como individuo y desarrollarme como profesional a lo largo de los últimos seis años.

Mi gratitud se extiende a mi madre, Diomar Alarcón, por su inmenso amor y apoyo inquebrantable durante mi travesía académica. También agradezco a mis queridos hermanos y amigos por creer en mí, motivarme y estar a mi lado en este viaje.

No puedo dejar de expresar mi sincero agradecimiento a todos mis compañeros, profesores, y a Taylor Swift, quienes generosamente compartieron sus valiosos consejos y conocimientos, contribuyendo significativamente a mi crecimiento profesional.

Un reconocimiento especial a GEOCOL CONSULTORES S.A. por brindarme la oportunidad de realizar mi práctica profesional, una experiencia enriquecedora que ha fortalecido mi formación.

Agradezco a cada profesional que compartió sus conocimientos conmigo durante este proceso. No puedo olvidar mencionar a mi tutor y asesor académico, John Jairo Cardona Ríosb, por su constante ayuda y apoyo tanto en la realización de mi trabajo de grado como a lo largo de mi carrera.

Finalmente, expreso mi gratitud a la Universidad de Caldas y a su equipo académico y administrativo por brindarme la oportunidad de formar parte de esta comunidad excepcional.

Resumen

Un informe de cumplimiento ambiental (ICA), es una herramienta que permite a las autoridades ambientales hacer un seguimiento de control y prevención de los diferentes impactos que un proyecto puede tener en una comunidad o área determinada. Este, permite verificar el cumplimiento del plan de manejo ambiental (PMA) que está desarrollando la empresa titular del proyecto en el área de influencia y el cual ha sido establecido después de realizar un estudio de impacto ambiental (EIA) por medio del cual las Autoridades Ambientales han otorgado la licencia ambiental para el desarrollo del proyecto.

Perenco Oil and Gas es la empresa que está desarrollando el proyecto Campo Guando en el municipio de Melgar y para dar cumplimiento a los requisitos exigidos por la Agencia Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) contrató a la empresa Geocol Consultores S.A., para que lleve a cabo la realización de los informes de cumplimiento ambiental, mismos que contienen una serie de requerimientos como la revisión de la calidad del agua, tema central que será presentado en este informe, describiendo la caracterización del análisis fisicoquímico y microbiológico de las fuentes de aguas superficiales y subterráneas en el área de influencia. En los análisis se evidencian algunos picos que incumplen con los límites establecidos por la normativa vigente, los cuales son un claro ejemplo de la contaminación del agua por medios antrópicos como lo son la ganadería y la agricultura.

Continuo al desarrollo del ICA se actualiza el plan de manejo ambiental donde se evidencia las medidas de prevención y mitigación tomadas, esta información es agregada al Estudio de Impacto Ambiental para ser entregada ante la entidad competente encargada de otorgar, verificar y dar seguimiento a el cumplimiento de los compromisos adquiridos por la empresa, cuando se le otorgo la Licencia Ambiental.







  Universidad de Caldas	TRABAJO DE GRADO	FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
	INFORME DE PRACTICA ACADÉMICA REALIZADA EN LA EMPRESA GEOCOL CONSULTORES S.A.	PROGRAMA DE GEOLOGÍA

TABLA DE CONTENIDO



1	INTRODUCCIÓN	1
1.1	OBJETIVO GENERAL	5
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
2	JUSTIFICACIÓN	6
3	MARCO TEÓRICO	8
3.1	NORMATIVIDAD	8
3.2	TERMINOLOGÍA	10
3.3	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA)	10
3.4	INFORME DE CUMPLIMIENTO AMBIENTAL (ICA)	10
3.5	PLAN DE MANEJO AMBIENTAL (PMA)	11
3.6	ANTECEDENTES	11
3.7	NORMATIVAS DE LA METODOLOGÍA	13
3.7.1	Normas Icontec	14
3.7.2	conceptos técnicos de los parámetros que fueron analizados para cada muestra	14
3.7.3	Calidad del Agua	14
3.7.3.1	pH	15
3.7.3.2	Conductividad	15
3.7.3.3	Hidrocarburos Totales	15
3.7.3.4	Fenoles Totales	16
3.7.3.5	Nitratos y Nitritos	16
3.7.3.6	Coliformes Totales y Fecales	17
3.7.3.7	Cadmio	17
3.7.3.8	Bario	17
3.7.4	Decreto Único Reglamentario 1076 del 2015	18
4	MARCO GEOLOGICO	19
4.1	Geología	19
4.1.1	Grupo Villeta	19
4.1.2	Grupo Olini	20

  Universidad de Caldas	TRABAJO DE GRADO	FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
	INFORME DE PRACTICA ACADÉMICA REALIZADA EN LA EMPRESA GEOCOL CONSULTORES S.A.	PROGRAMA DE GEOLOGÍA



4.1.3	Formación La Tabla	21
4.1.4	Conglomerados de Carmen de Apicalá	21
4.1.5	Grupo Honda	22
4.1.6	Abanico de Espinal	22
4.1.7	Depósito Coluvial	23
4.1.8	Aluviones recientes	23
4.2	GEOLOGÍA ESTRUCTURAL	23
4.2.1	Fallas	23
4.2.1.1	Falla Cucuana Este	24
4.2.1.2	Falla de Suárez	24
4.2.1.3	Falla de Cunday	24
4.2.1.4	Falla El Páramo	24
4.2.1.5	Sistema de Fallas de Quininí	25
4.2.2	Pliagues	25
4.2.2.1	Sinclinal de Carmen de Apicalá	25
5	MARCO GEOGRÁFICO	26
5.1	Fuentes de agua superficiales	26
5.2	Fuentes de agua subterráneas	27
5.3	Clima	30
5.3.1	Temperatura	30
5.3.2	Precipitación	31
6	METODOLOGÍA	32
6.1	ETAPA DE DOCUMENTACIÓN:	32
6.2	ETAPA DE PLANIFICACIÓN	32
6.2.1	Formato No 4	32
6.3	ETAPA DE EJECUCIÓN	33
6.3.1	Fase de organización logística	33
6.3.2	Fase de muestreo	33
6.3.3	Fase de análisis y entrega de resultados	34
6.4	RESULTADOS	34

  Universidad de Caldas	TRABAJO DE GRADO	FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
	INFORME DE PRACTICA ACADÉMICA REALIZADA EN LA EMPRESA GEOCOL CONSULTORES S.A.	PROGRAMA DE GEOLOGÍA

6.5	ETAPA DE ANÁLISIS	34
6.6	ETAPA DE INTERPRETACIÓN	34
7	RESULTADOS	35
7.1	RESULTADOS DE AGUAS SUPERFICIALES	35
7.2	RESULTADOS DE AGUAS SUBTERRÁNEAS PIEZÓMETROS	48
7.2.1	pH	48
7.2.2	Bario	49
7.2.3	Fenoles	51
7.2.4	Hidrocarburos	52
8	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	54
8.1	ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE AGUAS SUPERFICIALES	54
8.1.1	Septiembre	54
8.1.1.1	pH	54
8.1.1.2	Conductividad	56
8.1.1.3	Fenoles totales	57
8.1.1.4	Compuestos metálicos Bario y Cadmio	57
8.1.1.5	Compuestos Nitrogenados (Nitritos y Nitrógeno Amoniacal)	57
8.1.1.6	Coliformes Fecales	58
8.1.2	Diciembre	59
8.1.2.1	pH	59
8.1.2.2	Conductividad	60
8.1.2.3	Fenoles Totales	60
8.1.2.4	Compuestos metálicos Bario y Cadmio	61
8.1.2.5	Compuestos Nitrogenados (Nitritos y Nitrógeno Amoniacal)	61
8.1.2.6	Coliformes Fecales	62
8.2	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS-PIEZÓMETROS	63
8.2.1	pH	63
8.2.2	Bario	65
8.2.3	Fenoles	66



  Universidad de Caldas	TRABAJO DE GRADO	FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
	INFORME DE PRACTICA ACADÉMICA REALIZADA EN LA EMPRESA GEOCOL CONSULTORES S.A.	PROGRAMA DE GEOLOGÍA

8.2.4	Hidrocarburos	66
9	<i>INTERPRETACIÓN</i>	68
9.1	FUENTES DE AGUA SUPERFICIALES	68
9.2	FUENTES DE AGUA SUBTERRÁNEAS (PIEZÓMETROS)	70
10	<i>CONCLUSIONES</i>	72
11	<i>RECOMENDACIONES</i>	74
12	<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	75

  Universidad de Caldas	TRABAJO DE GRADO	FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
	INFORME DE PRACTICA ACADÉMICA REALIZADA EN LA EMPRESA GEOCOL CONSULTORES S.A.	PROGRAMA DE GEOLOGÍA

LISTA DE TABLAS

Tabla 1	Tabla de coordenadas del área de Campo Guando _____	1
Tabla 2	Tabla de Coordenadas de la localización de las líneas de captación y vertimiento de agua _____	2
Tabla 3	Normativa de la Constitución Política _____	8
Tabla 4	Antecedentes Legales del Campo Guando _____	12
Tabla 5	Límites Permisibles Decreto Único Reglamentario 1076 _____	18
Tabla 6	AGUAS SUPERFICIALES A LAS CUALES SE LE REALIZO EL ANÁLISIS TRIMESTRAL _____	27
Tabla 7	Puntos de muestreo de los piezómetros de la fuente de agua subterránea _____	29
Tabla 8	Resultados obtenidos para las Fuentes de Agua Superficiales _____	36
Tabla 9	Resultados de pH de los 39 piezómetros _____	48
Tabla 10	Resultados de Bario de los 39 Piezómetros _____	49
Tabla 11	Resultados de Fenoles de los 39 Piezómetros _____	51
Tabla 12	Resultados de Hidrocarburos de los 39 Piezómetros _____	52

  Universidad de Caldas	TRABAJO DE GRADO	FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
	INFORME DE PRACTICA ACADÉMICA REALIZADA EN LA EMPRESA GEOCOL CONSULTORES S.A.	PROGRAMA DE GEOLOGÍA

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Ubicación Geográfica de Campo Guando _____	2
Figura 2	Diagrama General del Proceso de Agua en Campo Guando _____	3
Figura 3	Ubicación geográfica de los puntos de monitoreo de las fuentes de agua superficiales _____	26
Figura 4	Mapa de ubicación de los 39 piezómetros _____	28
Figura 5	Temperatura de Melgar durante 2022 _____	30
Figura 6	Precipitación de Melgar durante 2022 _____	31
Figura 7	Análisis Trimestral de Ph para el mes de septiembre del 2022 _____	55
Figura 8	Análisis trimestral de Conductividad _____	56
Figura 9	Análisis trimestral de Fenoles totales _____	57
Figura 10	Análisis Trimestral de Nitrógeno Amoniacal _____	58
Figura 11	Análisis Trimestral de Coliformes Fecales _____	59
Figura 12	Análisis Trimestral de Ph para el mes de septiembre del 2022 _____	60
Figura 13	Análisis trimestral de Conductividad _____	60
Figura 14	Análisis trimestral de Fenoles totales _____	61
Figura 15	Análisis Trimestral de los compuestos nitrogenados _____	62
Figura 16	Análisis Trimestral de Coliformes Fecales _____	63
Figura 17	Análisis de PH de aguas Subterráneas _____	64
Figura 18	Análisis de Bario de aguas Subterráneas _____	65
Figura 19	Análisis de Fenoles de aguas Subterráneas _____	66
Figura 20	Análisis de Hidrocarburos de aguas Subterráneas _____	67
Figura 21	Usos identificados en campo A. Actividades económicas - Uso pecuario B Actividades económicas – Criadero de Babillas C Uso del agua en infraestructura social - Escuela. D. Uso del agua en infraestructura social – Finca la esperanza (Pozo profundo). E. Tanque de almacenamiento uso comunitario. F. Punto de captación Veredal _____	69
Figura 22	Fuentes fijas dispersas _____	70

1 INTRODUCCIÓN

El análisis fisicoquímico y microbiológico de la calidad del agua de las fuentes de agua superficiales y subterráneas tiene como propósito analizar y verificar el cumplimiento de la ley, en cuenta al aprovechamiento de los recursos hídricos por parte de la empresa petrolera, para ello se deben realizar una serie de estudios y análisis en el área donde se llevará, o se lleva a cabo el proyecto.

El análisis fisicoquímico y microbiológico de la calidad del agua de las fuentes de agua superficiales y subterráneas es un componente valioso dentro del informe de cumplimiento ambiental (ICA). El ICA reporta las acciones que en materia de prevención, seguimiento y control ha implementado el titular de la Licencia Ambiental Perenco Oil and Gas en un período de tiempo, enfocadas al autocontrol y al mejoramiento continuo de la gestión ambiental del proyecto.

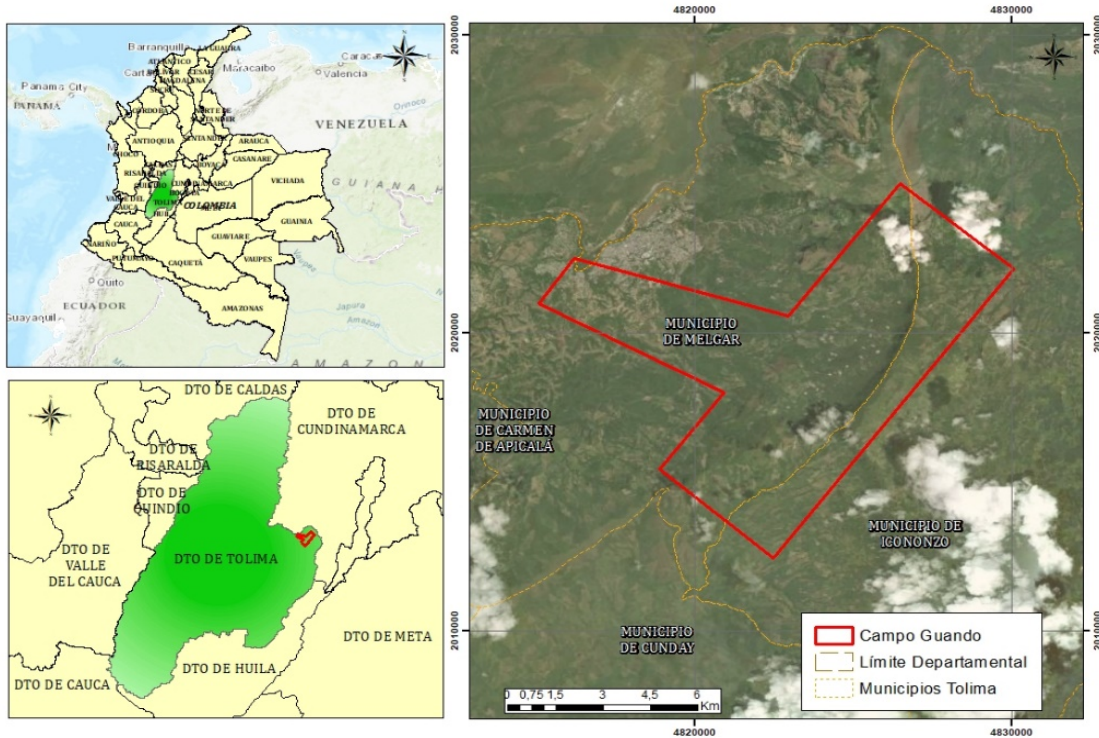
El análisis fisicoquímico y microbiológico de la calidad del agua de las fuentes de agua superficiales y subterráneas que se expone en este informe pertenece al ICA N° 39 de Campo Guando, proyecto desarrollado por Geocol Consultores S.A., para la empresa Perenco Oil And Gas Colombia Limited en el municipio de Melgar, con una extensión aproximada de 60 Km² en jurisdicción de las veredas Águila Alta, Águila Media, Águila Baja, Cualamaná, Calcuta, Arabia, Alto de la Palma y Guacamayas, como se muestra en la Figura 1 y Tabla 1.

Tabla 1 Tabla de coordenadas del área de Campo Guando

VÉRTICE	MAGNA ORIGEN NACIONAL	
	ESTE	NORTE
1	4826394,2	2024966,02
2	4829988,575	2022112,386
3	4822378,814	2012377,257
4	4818784,479	2015380,785

Fuente: Perenco Oil And Gas Colombia Limited, 2022

Figura 1 Ubicación Geográfica de Campo Guando



Fuente: Geocol Consultores S.A., 2023

Es importante resaltar que el proyecto Campo Guando incluye dentro del casco urbano del municipio de Melgar, las facilidades denominadas Terrazas de Captación y Transferencia, las líneas de captación, líneas de flujo para petróleo y gas, y el tendido para línea eléctrica; áreas que se encuentran ubicadas en las coordenadas de la Tabla 2.

Tabla 2 Tabla de Coordenadas de la localización de las líneas de captación y vertimiento de agua

VÉRTICE	MAGNA ORIGEN NACIONAL	
	ESTE	NORTE
1	4822839,693	2020522,955
2	4816394,962	2022281,045
3	4815218,408	2020783,31
4	4820762,139	2017976,943

Fuente: Perenco Oil And Gas Colombia Limited, 2022.

Cabe anotar que se cuenta con el permiso ambiental para el vertimiento de agua residual domestica e industrial en el Rio Sumapaz, otorgado mediante la Licencia Ambiental Global del Campo - Resolución No. 1156 de 2000. Perenco Oil And Gas Colombia Limited no realiza ningún

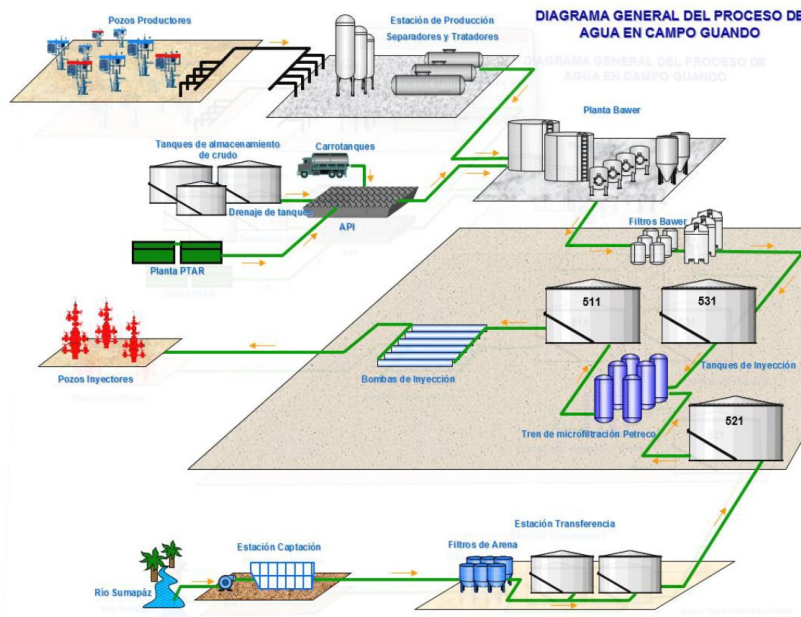
vertimiento, ya que, como una medida de manejo más eficiente, las aguas residuales industriales y domesticas tratadas se usan para el proceso de reinyección a la formación productora.

- **Proceso de Reinyección (Tecnología de Recobro Mejorado):**



Debido a la baja presión en los yacimientos la Empresa Perenco Oil And Gas Colombia Limited, informa que se utiliza la estimulación por inyección de agua, para la obtención y elevación del crudo desde la formación productora hacia la superficie por lo tanto el agua utilizada para la inyección es captada del Río Sumapaz y clarificada en la Terraza 1, la cual cuenta con 8 tubos de succión de aguas, los cuales están sobre el río Sumapaz.

Posteriormente el agua captada se pasa a la Terraza 2 en donde se le realiza un tratamiento inicial para luego poder hacer transferencia desde la Terraza 2 hasta la Terraza 3, de donde se derivan las troncales de inyección hacia las Islas. En la Terraza 3, el agua que se recolecta se almacena en los tanques para estabilizarla y tratarla, antes de reinyectarla al crudo; todos los tanques de almacenamiento de agua cuentan con sus respectivos diques perimetrales, así como cunetas conectadas a un *Skimmer*, los cuales son puntos de control interno en caso de presentarse una contingencia. Ver Figura 2.

Figura 2 Diagrama General del Proceso de Agua en Campo Guando





Fuente: Perenco Oil And Gas, Colombia Limited, 2022.

  Universidad de Caldas	TRABAJO DE GRADO	FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
	INFORME DE PRACTICA ACADÉMICA REALIZADA EN LA EMPRESA GEOCOL CONSULTORES S.A.	PROGRAMA DE GEOLOGÍA

Se observa que en el manejo de agua para el proceso de inyección se logra recuperar el mayor volumen de agua, dando un uso eficiente, un monitoreo de sus condiciones y algo importante es no realizar vertimientos y disminuir la captación de agua, ya que cada gota de agua es valiosa para la operación.

Uno de los principales enfoques del análisis fisicoquímico y bacteriológico de la calidad del agua de las fuentes de agua superficiales y subterráneas, es que le permite conocer a la empresa la efectividad de este sistema además de hacer el seguimiento ambiental mencionado al inicio para las autoridades ambientales.

Para llevar a cabo lo mencionado anteriormente este informe se estructura en los siguientes capítulos: EL Capítulo 1 introduce al lector en la temática principal a tratar, aquí, se proporciona una visión general de la naturaleza del trabajo, incluyendo el nombre y la ubicación en la que se llevó a cabo. En el Capítulo 2 que corresponde a la justificación, se abordan las razones y motivaciones detrás de la realización de este trabajo, entre tanto el Capítulo 3 presenta un marco teórico, que incluye información sobre la normativa y definiciones fundamentales para comprender los análisis fisicoquímicos y microbiológicos, este último es complementado por el Capítulo 4, Marco Geológico, el cual ofrece información sobre la geología de la zona en la que se desarrolla el proyecto. El Capítulo 5: Marco Geográfico nos permite conocer la zona donde se llevaron a cabo los análisis de la calidad del agua de las fuentes superficiales y subterráneas, así como los componentes ambientales del área del proyecto, dando continuidad al Capítulo 6: Metodología, el cual describe detalladamente los métodos utilizados para llevar a cabo este informe. El Capítulo 7: Resultados, muestra los resultados de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos de las fuentes de agua superficiales y subterráneas, este capítulo es complementado con el Capítulo 8: Análisis de Resultados, el cual orienta al lector a una mayor comprensión de los datos recopilados. Finalmente, el lector encontrara en los capítulos 9 y 10: Conclusiones y Recomendaciones, las cuales están basadas en la interpretación y desarrollo de los capítulos anteriores, así como recomendaciones para futuros estudios. Para cerrar este informe el Capítulo 11: Bibliografía, se incluye una lista de las fuentes bibliográficas utilizadas para la

  Universidad de Caldas	TRABAJO DE GRADO	FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
	INFORME DE PRACTICA ACADÉMICA REALIZADA EN LA EMPRESA GEOCOL CONSULTORES S.A.	PROGRAMA DE GEOLOGÍA



elaboración del informe, permitiendo al lector consultar y profundizar en las normas, métodos y definiciones relevantes.

1.1 OBJETIVO GENERAL

Apoyo en la realización del ICA No 39 del Proyecto Campo Guando para la empresa Geocol Consultores S.A.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar un análisis fisicoquímico y microbiológica que permita verificar el estado de la calidad del agua durante los meses de septiembre y diciembre del 2022.
- Revisar información técnica y bibliográfica para la contextualización de proyectos.
- Elaboración de formatos con información relacionada con los proyectos.
- Revisión de licencias ambientales y otros documentos para identificación de los compromisos y pendientes de nuestros clientes en el componente Geológico y Ambiental
- Procesamiento de información de campo

  Universidad de Caldas	TRABAJO DE GRADO	FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
	INFORME DE PRACTICA ACADÉMICA REALIZADA EN LA EMPRESA GEOCOL CONSULTORES S.A.	PROGRAMA DE GEOLOGÍA



2 JUSTIFICACIÓN

Geocol Consultores S.A., es una empresa que tiene más de 30 años de experiencia en la prestación de servicios de consultoría en el desarrollo de estudios ambientales y de gestión social, en interventoría (Técnica, ambiental, social, seguridad industrial y salud ocupacional) de proyectos de exploración sísmica, perforación de pozos y diseño e interventoría de obras civiles; estudios y diseños de ingeniería civil y ambiental, gestión de proyectos y arqueología. Geocol Consultores S.A., brinda la oportunidad a jóvenes universitarios de desarrollar su práctica profesional; vinculándolos en sus diferentes proyectos relacionados con ICAs, PMAs, EIAs, etc., para que puedan aprender y adquirir nuevas habilidades que le faciliten desenvolverse en el mundo laboral y crecer como profesional.

Durante la practica participe en la realización del ICA # 39 de Campo Guando, específicamente en el desarrollo del Formato 4 el cual incluye el análisis fisicoquímico y bacteriologo de las fuentes de agua superficiales y subterráneas, que abarca los meses de Septiembre y Diciembre del 2022 solicitado por la empresa Perenco Oil And Gas Colombia para ser presentado ante la Agencia Nacional De Licencias Ambientales (ANLA).

La mayoría de procesos que impulsan el desarrollo de la sociedad provocan grandes impactos sobre el recurso hídrico cuando generan cargas contaminantes, los cuales representan un riesgo para el recurso hídrico como tal y para la vida que allí se sustenta, estas afectaciones pueden llegar a repercutir en impactos sobre la salud humana al presentar un contacto de estas fuentes alteradas con algún sistema de abastecimiento de agua.

Las caracterizaciones de las fuentes superficiales en las áreas susceptibles son excepcionales, ya que permiten identificar si se está generando alguna alteración de origen antrópico o si se trata de las actividades que requieren del recurso hídrico como servicios ecosistémicos. Es por esto, que en la normatividad actual se especifican algunos valores de concentración máxima permisible en las fuentes de agua superficial, los cuales pueden garantizar la calidad del recurso dependiendo su

  Universidad de Caldas	TRABAJO DE GRADO	FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
	INFORME DE PRACTICA ACADÉMICA REALIZADA EN LA EMPRESA GEOCOL CONSULTORES S.A.	PROGRAMA DE GEOLOGÍA

uso; el Decreto Único Reglamentario 1076 del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible especifica dichos límites.

Es así, como conocer el estado de la calidad del agua antes, durante y después de la ejecución del proyecto permite realizar un mejoramiento continuo y tomar iniciativas que pueden ser contempladas en el plan de manejo ambiental. En caso de no realizarse los análisis de verificación de la calidad del agua, la empresa operadora podría ser sancionada o incluso podría perder la licencia ambiental, ya que el desarrollo del ICA es un compromiso adquirido al momento de solicitar y obtener la licencia ambiental.

3 MARCO TEÓRICO



En este capítulo se presentan las leyes, decretos y artículos por los cuales está regido este trabajo, además de otorgar al lector una serie de definiciones de los términos clave en los cuales se basa este informe.

3.1 NORMATIVIDAD

La Constitución Política de 1991, consagra los los Derechos colectivos y del ambiente (Capitulo 3), como se enseña en la Tabla 3.

Tabla 3 Normativa de la Constitución Política

NORMATIVA	DESCRIPCIÓN
Art 8	Es obligación del Estado y de las personas proteger las riquezas culturales y naturales de la Nación.
Art 78	La ley regulará el control de calidad de bienes y servicios ofrecidos y prestados a la comunidad, así como la información que debe suministrarse al público en su comercialización. Serán responsables, de acuerdo con la ley, quienes en la producción y en la comercialización de bienes y servicios, atenten contra la salud, la seguridad y el adecuado aprovisionamiento a consumidores y usuarios. El Estado garantizará la participación de las organizaciones de consumidores y usuarios en el estudio de las disposiciones que les conciernen. Para gozar de este derecho las organizaciones deben ser representativas y observar procedimientos democráticos internos.
Art 79	Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo. Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines.
Art 80	El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución.
Art 95	Es obligación del Estado y de las personas proteger las riquezas culturales y naturales de la Nación.

  Universidad de Caldas	TRABAJO DE GRADO	FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
	INFORME DE PRACTICA ACADÉMICA REALIZADA EN LA EMPRESA GEOCOL CONSULTORES S.A.	PROGRAMA DE GEOLOGÍA

Con la Ley 685 de 2001 “por la cual se expide el Código de Minas y se dictan otras disposiciones.”:

Artículo 85. Estudio de Impacto Ambiental. Simultáneamente con el Programa de Trabajos y Obras deberá presentarse el estudio que demuestre la factibilidad ambiental de dicho programa. Sin la aprobación expresa de este estudio y la expedición de la Licencia Ambiental correspondiente no habrá lugar a la iniciación de los trabajos y obras de explotación minera. Las obras de recuperación geomorfológica, paisajística y forestal del ecosistema alterado serán ejecutadas por profesionales afines a cada una de estas labores. Dicha licencia con las restricciones y condicionamientos que imponga al concesionario, formaran parte de sus obligaciones contractuales.

Por su parte, el decreto número 1220 de abril del 2005: “por el cual se reglamenta el Título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre licencias ambientales. “considera:



Artículo 4°. Licencia ambiental global:

Es la autorización otorgada por la autoridad ambiental competente para las obras y actividades relacionadas con los proyectos de explotación minera y de hidrocarburos.

Artículo 5°. La licencia ambiental frente a otras licencias:

La obtención de la licencia ambiental, es condición previa para el ejercicio de los derechos que surjan de los permisos, autorizaciones, concesiones y licencias que expidan otras autoridades diferentes a las ambientales.

Perenco Oil And Gas Colombia Limited; debe presentar el Informe de Cumplimiento Ambiental para la operación y desarrollo del Campo Guando en el periodo comprendido entre el 01 de Julio al 31 de diciembre de 2022, en cumplimiento del artículo Cuarto de la Resolución 1552 de 2005 y el artículo Décimo Segundo de la Resolución 1156 de 2000. Para la creación del ICA, la empresa contratista Geocol Consultores S.A., es la encargada desde el mes de enero de 2022 de la interventoría ambiental del Campo Guando basada en el Manual de Seguimiento Ambiental de

  Universidad de Caldas	TRABAJO DE GRADO	FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
	INFORME DE PRACTICA ACADÉMICA REALIZADA EN LA EMPRESA GEOCOL CONSULTORES S.A.	PROGRAMA DE GEOLOGÍA

Proyectos, apéndice 1, del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – MADS. Tomado de Geocol Consultores S.A. (2023)



3.2 TERMINOLOGÍA

3.3 ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA)

El EIA, definido por Agencia Nacional de Licencias Ambientales (ANLA), es un documento que constituyen el instrumento básico mediante el cual las autoridades ambientales deciden si desde el punto de vista ambiental son viables los proyectos, obras o actividades sujetos a licenciamiento ambiental. Sus objetivos fundamentales, son describir el área de influencia, identificar y valorar los impactos ambientales que generaría el proyecto, obra o actividad, así como formular las medidas de manejo de acuerdo con la naturaleza de dichos impactos, especificando cómo prevenirlos, mitigarlos, corregirlos y compensarlos.

3.4 INFORME DE CUMPLIMIENTO AMBIENTAL (ICA)

El ICA definido por el ANLA, reporta las acciones que, en materia de prevención, seguimiento y control ha implementado el titular de la licencia ambiental en un período de tiempo, enfocadas al autocontrol y al mejoramiento continuo de la gestión ambiental del proyecto, obra o actividad. El titular de la licencia ambiental, se encuentra obligado a presentar a la Autoridad Ambiental los informes de cumplimiento ambiental del proyecto, obra o actividad de manera periódica (Decreto 1076 de 2015). El contenido de los ICA, se centra en reportar el cumplimiento y efectividad de las obligaciones que el titular de la licencia ambiental asumió ante la autoridad ambiental competente y que se encuentran establecidos en el contenido de la licencia ambiental correspondiente (decreto 1076 de 2015). También, reflejan el cumplimiento de requerimientos que quedan integrados en los actos administrativos de modificación de licencia ambiental y de seguimiento ambiental, pues a través de este pueden modificarse o actualizarse algunas de esas obligaciones, de acuerdo con las condiciones del proyecto, de las necesidades del contexto y el comportamiento de los impactos (decreto 1076 de 2015).

  Universidad de Caldas	TRABAJO DE GRADO	FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
	INFORME DE PRACTICA ACADÉMICA REALIZADA EN LA EMPRESA GEOCOL CONSULTORES S.A.	PROGRAMA DE GEOLOGÍA

3.5 PLAN DE MANEJO AMBIENTAL (PMA)

La ley 99 de 1993 decreta en el artículo 1, la definición del PMA como el conjunto detallado de actividades, que producto de una evaluación ambiental, están orientadas a prevenir, mitigar, corregir o compensar los impactos y efectos ambientales que se causen por el desarrollo de un proyecto, obra o actividad. Incluye, los planes de seguimiento, monitoreo, contingencia, y abandono según la naturaleza del proyecto, obra o actividad.

3.6 ANTECEDENTES


La empresa Petrobras en Colombia, adquirió los derechos para llevar a cabo la exploración del área de interés perforatoria Guando (Asociación Boquerón) a la empresa Lasmo Oil Colombia Ltd, en el año 1998; la cual se realizó a partir del 1 de octubre de 1995 hasta el día 30 de septiembre de 2002; a partir de esta fecha se dio inicio al periodo de explotación, vigente hasta el mes de octubre del año 2023 (Geocol Consultores S.A, 2023).

El Ministerio del Medio Ambiente mediante la Resolución No. 0607 de Julio 29 de 1999, otorgó licencia ambiental a la empresa Petrobras en Colombia, para el área de perforación exploratoria Guando, que incluía las actividades de perforación de tres pozos exploratorios, adecuación de vías de acceso a cada pozo, adecuación de sitios para perforación, perforación de los pozos, pruebas de producción, desmantelamiento y abandono.

Mediante Resolución No.1156 de noviembre 10 del 2000, el Ministerio de Medio Ambiente, otorgó licencia ambiental global a la empresa Petrobras en Colombia, para la explotación del Campo Guando, localizado en los municipios de Melgar e Icononzo, Departamento del Tolima.

Mediante Resolución No.0961 de septiembre 9 de 2003, el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial modificó los Artículos; Segundo, Tercero, Cuarto (Numeral 1) y Quinto (Numeral 2), de la Resolución No.1156 de noviembre 10 de 2000 (Licencia Ambiental Global).

Mediante la Resolución No.804 de mayo de 2011, expedida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, se modifican los numerales 3 y 4 del Parágrafo Tercero del

	TRABAJO DE GRADO	FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
	INFORME DE PRACTICA ACADÉMICA REALIZADA EN LA EMPRESA GEOCOL CONSULTORES S.A.	PROGRAMA DE GEOLOGÍA

Artículo Quinto de la Resolución No.1156 de 2000; en el sentido de permitir la inclusión de la opción de compra y/o adquisición de predios como medida de compensación forestal.

Mediante escritura pública No. 5197 de mayo 29 de 2014 de la Notaria 72 de Bogotá (D.C), inscrita en junio 03 de 2014 bajo el número 00234738 del Libro VI; la empresa Petrobras Colombia Limited, cambia de razón social a Perenco Oil And Gas Colombia Limited.

Mediante Auto No. 4509 de octubre 09 de 2014, La ANLA, acepta el cambio de razón social, solicitado por Perenco Oil And Gas Colombia Limited, identificada con NIT. 860.521.658-1 a través del radicado No. 4120-E1-43045 del 18 de agosto de 2014, y en consecuencia la titularidad de las licencias Ambientales, otorgadas a Petrobras Colombia Limited.


Como se mencionó anteriormente, el seguimiento, verificación, monitoreo y control de las medidas y acciones de manejo ambiental; la evaluación y documentación del cumplimiento de las obligaciones estipuladas en la Resolución No.1156 de 2000, las demás resoluciones que la han modificado, autos de requerimientos, permisos ambientales y demás normatividad ambiental vigente; fueron realizados permanentemente por la empresa contratista de interventoría ambiental Geocol Consultores S.A.

Semestralmente conforme a lo establecido por la licencia ambiental global, se elaboran y presentan los ICA, mediante la compilación de la información entregada por cada una de las áreas involucradas en la operación y desarrollo del Campo Guando.

En la Tabla 4 se relacionan los antecedentes legales que son la base para la elaboración de los informes de cumplimiento ambiental del Campo Guando.

Tabla 4 Antecedentes Legales del Campo Guando

ACTO ADMINISTRATIVO	ENTIDAD	FECHA	OBSERVACIONES	ESTADO
Resolución 1156	MA	Noviembre 10 de 2000	Otorga Licencia Ambiental Global para la explotación del Campo Guando.	Abierto
Auto 1093	MA	Noviembre 7 de 2002	Hace requerimientos.	Abierto
Resolución 0961	MA	Septiembre 9 de 2003	Modifica el Artículo Segundo de la Resolución No. 1156 de noviembre 10 de 2000 y hace requerimientos.	Abierto
Auto 0755	MAVDT	2005	Resuelve recurso de reposición interpuesto contra el Auto No.1074 de octubre 15 de 2004	Abierto

	TRABAJO DE GRADO	FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
	INFORME DE PRACTICA ACADÉMICA REALIZADA EN LA EMPRESA GEOCOL CONSULTORES S.A.	PROGRAMA DE GEOLOGÍA


ACTO ADMINISTRATIVO	ENTIDAD	FECHA	OBSERVACIONES	ESTADO
Auto 1572	MAVDT	Mayo 29 de 2009	Hace requerimientos.	Abierto
Resolución 804	MAVDT	Mayo 2 de 2011	Modifica los numerales 3 y 4 del párrafo tercero del artículo quinto de la resolución 1156 de 2000 y se toman otras determinaciones.	Abierto
Auto 3195	MADS	Octubre 10 de 2011	Hace requerimientos	Abierto
Auto 0767	ANLA	Marzo 11 de 2014	Se realiza seguimiento y control ambiental y establece otras disposiciones	Abierto
Auto 3165	ANLA	Julio 25 de 2014	Se realiza un seguimiento y control ambiental	Abierto
Auto 2324	ANLA	Junio 16 de 2015	Se efectúa seguimiento y control ambiental	Abierto
Auto 2440	ANLA	Junio 23 de 2015	Se efectúa seguimiento y control ambiental	Abierto
Auto 0472	ANLA	Febrero 18 de 2016	Se efectúa un seguimiento y control ambiental	Abierto
Auto 4986	ANLA	Octubre 31 de 2017	Por el cual se efectúa seguimiento y control ambiental.	Abierto
Resolución 4529	ANLA	Diciembre 20 de 2019	Por la cual se generan algunos permisos.	Abierto
Auto 10192	ANLA	Noviembre 21 de 2019	Se efectúa seguimiento y control ambiental	Abierto
Auto 11236	ANLA	Diciembre 27 de 2021	Se efectúa seguimiento y control ambiental	Abierto
Resolución 0342	ANLA	Febrero 10 de 2022	Por la cual se aprueba plan de inversión del 1 %	Abierto
Acta 519	ANLA	Agosto 30 del 2022	Se efectúa seguimiento y control ambiental	Abierto

MA: Ministerio de Ambiente. MAVDT: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. MADS: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. CORTOLIMA: Corporación Autónoma Regional del Tolima. ANLA: Autoridad Nacional de Licencias Ambientales.

Abierto: El Acto Administrativo tiene requerimientos que aún no han sido cumplidos al 100%, el seguimiento se incluye en el presente documento. Cerrado: Los requerimientos del Acto Administrativo se cumplieron al 100%, no tiene acciones pendientes. El seguimiento se ha incluido en ICA's anteriores.

3.7 NORMATIVAS DE LA METODOLOGÍA

Con el fin de determinar la calidad de los cuerpos de agua superficial correspondientes a la Licencia ambiental otorgada en el campo Guando la empresa Perenco Oil And Gas contrató a la empresa Servicios Geológicos Integrados SGI SAS., acreditada por la Resolución 1628 del 26 de Diciembre de 2019, Resolución 1392 del 4 de diciembre de 2020, Resolución 0502 del 08 de junio de 2021 y extendido su alcance por la Resolución 1614 de 23 de diciembre de 2021, para realizar el Monitoreo de Calidad del Agua de campo Guando desde el mes de Julio a Diciembre del 2022. (Servicios Geológicos Integrados SGI SAS).

	TRABAJO DE GRADO	FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
	INFORME DE PRACTICA ACADÉMICA REALIZADA EN LA EMPRESA GEOCOL CONSULTORES S.A.	PROGRAMA DE GEOLOGÍA

3.7.1 Normas Icontec


Son el conjunto de normas que utilizo el laboratorio Servicios Geológicos Integrados SGI SAS para realizar la recolección y estudio de las muestras, su objetivo es garantizar la calidad durante todo el procedimiento de recolección, transporte, análisis y entrega de resultados, que después serán analizados por Geocol Consultores S.A.

- **Norma Técnica Colombiana NTC 5667-1:2010.**
Calidad del agua. Muestreo: Directrices para el diseño de programas de muestreo. Icontec.
- **Norma Técnica Colombiana NTC 5667-3:2004.**
Calidad del agua. Muestreo: Directrices para la preservación y manejo de las muestras. Icontec.
- **Norma Técnica Colombiana NTC-ISO-5667-11.**
Gestión Ambiental. Calidad del Agua. Muestreo. Guía para el Muestreo de Aguas Subterráneas
- **Norma Técnica Colombiana NTC-ISO-5667-6.**
Calidad del Agua. Muestreo. Guía para el Muestreo de Aguas de Ríos y Corrientes
- **Norma Técnica Colombiana NTC-ISO 5667-4.**
Gestión ambiental. Calidad del Agua. Muestreo. Guía para el muestreo de lagos Naturales y artificiales.
- **Norma Técnica Colombiana NTC-ISO 5667-10.**
Calidad del agua. Muestreo. Muestreo de aguas Residuales.

3.7.2 conceptos técnicos de los parámetros que fueron analizados para cada muestra

3.7.3 Calidad del Agua

La calidad del agua se refiere a las condiciones necesarias para que el agua conserve un equilibrio en su ecosistema y cumpla con ciertos estándares de calidad. Esta calidad se determina mediante aspectos físicos, químicos, biológicos y ecológicos del agua. (ENA, 2014)

	TRABAJO DE GRADO	FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
	INFORME DE PRACTICA ACADÉMICA REALIZADA EN LA EMPRESA GEOCOL CONSULTORES S.A.	PROGRAMA DE GEOLOGÍA

3.7.3.1 pH


La medición del pH es una de las pruebas más comunes para evaluar la calidad del agua. El pH nos proporciona información sobre si el agua es ácida o alcalina, en realidad, es una medida de la concentración de iones de hidrógeno (H^+) en un líquido, como el agua. Se realiza en una escala que va de 0 a 14, donde 7.0 se considera neutral. Valores por debajo de 7.0 indican acidez, mientras que valores por encima de 7.0, hasta 14.0, indican alcalinidad o carácter básico. Todos los organismos tienen un rango específico de pH en el que pueden funcionar de manera óptima. En agua superficial, el rango normal de pH es de 6.5 a 8.5, mientras que, en aguas subterráneas, suele estar entre 6 y 8.5. La alcalinidad, por otro lado, mide la capacidad del agua para resistir cambios en su pH que tiendan a volverla más ácida. La medición del pH y la alcalinidad es esencial para determinar la corrosión del agua. El pH del agua pura (H_2O) es 7 a 25 °C, pero cuando está expuesta al dióxido de carbono en la atmósfera, este equilibrio cambia y el pH desciende a aproximadamente 5.2. (PureWater S.A.S,2019).

3.7.3.2 Conductividad

La conductividad es una medida que indica la capacidad del agua para conducir la corriente eléctrica, y nos proporciona información sobre la concentración de iones presentes en el agua. Cada especie iónica contribuye de manera diferente a la conductividad, por lo que su medición proporciona un valor que no está directamente relacionado con el número total de iones en la solución. (Servicios Geológicos Integrados, 2023)

3.7.3.3 Hidrocarburos Totales

El término "hidrocarburos totales de petróleo" (abreviados como TPH en inglés) engloba una extensa familia de varios cientos de compuestos químicos derivados del petróleo crudo. Este último se utiliza como materia prima para la fabricación de diversos productos derivados del petróleo, los cuales tienen el potencial de contaminar el entorno. Dada la diversidad de productos químicos presentes en el petróleo crudo y en sus derivados, resulta impráctico medir cada uno de ellos de manera individual. Por tanto, resulta útil determinar la cantidad total de TPH presente en un sitio. Los TPH consisten en una mezcla de compuestos químicos compuestos principalmente de carbono e hidrógeno, conocidos como hidrocarburos. Los científicos han clasificado los TPH

	TRABAJO DE GRADO	FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
	INFORME DE PRACTICA ACADÉMICA REALIZADA EN LA EMPRESA GEOCOL CONSULTORES S.A.	PROGRAMA DE GEOLOGÍA



en grupos de hidrocarburos de petróleo que muestran un comportamiento similar en el suelo o en el agua. Estos grupos se denominan "fracciones de hidrocarburos de petróleo". Cada una de estas fracciones contiene numerosos compuestos químicos individuales. (ATSDR, 1998)

3.7.3.4 Fenoles Totales

Los fenoles son altamente solubles en agua y su presencia suele ser el resultado de la contaminación con desechos industriales. Cuando se aplica cloro al agua contaminada con fenoles para su desinfección, se generan compuestos conocidos como clorofenoles, lo que puede ocasionar problemas de olores y sabores desagradables, incluso a concentraciones muy bajas. A concentraciones elevadas, los fenoles son altamente tóxicos y pueden causar irritación renal e incluso la muerte, aunque su ingestión es improbable debido a su sabor desagradable. Estos compuestos también son perjudiciales para los peces. A pesar de su toxicidad, los fenoles se utilizan ampliamente como bactericidas, y es importante destacar que son biodegradables. En el laboratorio, se emplea un método espectrofotométrico para analizar la concentración de compuestos fenólicos en muestras de agua, en un rango que va desde 0.01 hasta 0.4 mg/L. (IDEAM, 2006).

3.7.3.5 Nitratos y Nitritos

Los niveles de nitratos y nitritos en aguas naturales son indicadores significativos de la calidad del agua. Estos compuestos están estrechamente vinculados al ciclo del nitrógeno en el suelo y las plantas superiores. Los nitratos, en particular, pueden introducirse en el agua a través de la aplicación de fertilizantes, lo que puede resultar en un aumento de sus concentraciones. Por otro lado, los nitritos se forman durante procesos de degradación de nitratos, nitrógeno amoniacal u otros compuestos orgánicos nitrogenados, y se utilizan como indicadores de contaminación fecal en aguas naturales. En sí, los nitratos no se consideran tóxicos, pero su ingestión en grandes cantidades puede tener efectos diuréticos. Por otro lado, los nitritos tienen la capacidad de generar compuestos cancerígenos, conocidos como nitrosaminas, cuando reaccionan con aminos secundarias o terciarias. Además, pueden interactuar con los glóbulos rojos de la sangre, lo que provoca metahemoglobinemia, un trastorno que dificulta el transporte de oxígeno en el cuerpo.

  Universidad de Caldas	TRABAJO DE GRADO	FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
	INFORME DE PRACTICA ACADÉMICA REALIZADA EN LA EMPRESA GEOCOL CONSULTORES S.A.	PROGRAMA DE GEOLOGÍA

Se han desarrollado numerosos métodos para cuantificar estos analitos en aguas y en otras muestras, como alimentos y fluidos biológicos. Muchos de estos métodos se basan en la cromatografía iónica, y la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) recomienda la determinación de nitratos y nitritos a través de este enfoque. No obstante, existen varios métodos que se centran en la cromatografía líquida de alta presión y la electroforesis capilar para llevar a cabo estas mediciones. (Molina et al., 2003)

3.7.3.6 Coliformes Totales y Fecales

Las bacterias coliformes son una familia de microorganismos que se encuentran comúnmente en el ambiente, incluyendo plantas, suelos y animales, incluyendo seres humanos. Su presencia en el agua sugiere que esta puede estar contaminada con aguas residuales o desechos en descomposición. Estas bacterias suelen ser más abundantes en la capa superficial del agua o en los sedimentos del fondo (Munn, 2004). La contaminación fecal ha representado y sigue siendo el principal riesgo para la salud en el agua, ya que conlleva la introducción de microorganismos patógenos que pueden desencadenar enfermedades en los seres humanos. (Ramos-Ortega et al., 2008)

3.7.3.7 Cadmio

El cadmio (Cd) es un metal altamente tóxico que se libera en el medio ambiente debido a fuentes tanto naturales como humanas (Castrillo et al., 2012). Entre las fuentes naturales se incluyen la actividad volcánica, los incendios forestales y el transporte por el viento de partículas del suelo (Filipič 2012). Por otro lado, las fuentes antropogénicas provienen de actividades como la minería, el uso de fertilizantes fosfatados, la fundición de metales, la quema de combustibles fósiles, así como la fabricación de baterías, pigmentos, cemento y plásticos (Pernía et al., 2008)

3.7.3.8 Bario

El bario es un metal de color blanco-plateado que adquiere un tono plateado-amarillento cuando se expone al aire. En la naturaleza, se presenta en varias formas conocidas como compuestos de bario. Estos compuestos son sólidos que se presentan en forma de polvos o cristales y no son fácilmente inflamables. Dos formas comunes de compuestos de bario, el sulfato de bario y el

carbonato de bario, se encuentran con frecuencia en depósitos minerales subterráneos. A veces, el bario se encuentra naturalmente en el agua potable y en alimentos. Dado que algunos compuestos de bario, como el sulfato de bario y el carbonato de bario, tienen una baja solubilidad en agua, la cantidad de bario generalmente presente en el agua potable es reducida. (ATSDR, 2007).



3.7.4 Decreto Único Reglamentario 1076 del 2015

En el año 2015 se expide un decreto único reglamentario correspondiente al sector ambiente y desarrollo sostenible “por medio del cual se expide el decreto único reglamentario del sector ambiente y desarrollo sostenible”. Este decreto dentro del régimen de transición indica como vigentes los artículos referentes a la calidad del agua para cada uso contenidos en el Decreto 1594 de 1984. En el presente documento, se utilizan los límites indicados en el Decreto Único Reglamentario en los artículos 2.2.3.3.9.3 “tratamiento convencional y criterios de calidad para consumo humano y doméstico”, 2.2.3.3.9.4 “desinfección y criterios de calidad para consumo humano y doméstico”, 2.2.3.3.9.5. “criterios de calidad para uso agrícola” y el artículo 2.2.3.3.9.10. “criterios de calidad para la preservación de flora y fauna (Ver Tabla 5).

Tabla 5 Límites Permisibles Decreto Único Reglamentario 1076

Parámetro	Unidades	D.U.R. 1076/15 Artículo 2.2.3.3.9.3.	D.U.R. 1076/15 Artículo 2.2.3.3.9.4	D.U.R. 1076/15 Artículo 2.2.3.3.9.5.	D.U.R. 1076/15 Artículo 2.2.3.3.9.10
		Tratamiento Convencional y Criterios de Calidad Para Consumo Humano y Doméstico	Desinfección Y Criterios De Calidad Para Consumo Humano y Domestico	Criterios De Calidad Para Uso Agrícola	Criterios De Calidad Para Preservación De Flora Y Fauna
Hidrocarburos en Agua "TPH"	mg/L	N.E	N.E	N.E	N.E
pH	unidades de pH	5,0_9,0	6,5_8,5	4,5_9,0	5,5_9,0
Nitrógeno Amoniacal (Amonio)	mg N-NH3/L	N.E	N.E	N.E	N.E
Nitritos	mg N- NO2/L	1	1	N.E	N.E
Bario en agua	mg/L	1,0	1	N.E	N.E
Cadmio en agua	mg/L	0,01	0,01	0,01	N.E
Fenoles totales	mg/L	0,002	0,002	N.E	N.E
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	2000	N.E	1000	N.E
Coliformes Totales (NMP)	NMP/100 ml	20000	1000	5000	N.E

Decreto Único Reglamentario 1076

  Universidad de Caldas	TRABAJO DE GRADO	FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
	INFORME DE PRACTICA ACADÉMICA REALIZADA EN LA EMPRESA GEOCOL CONSULTORES S.A.	PROGRAMA DE GEOLOGÍA

4 MARCO GEOLOGICO

Los aspectos abióticos que a continuación se describen corresponden a geología, geomorfología, suelos e hidrogeología, además del análisis climatológico e hidrológico del área de influencia. La caracterización se hace con base en la información recolectada en campo y la revisión de información secundaria de entidades como IGAC, INGEOMINAS, IDEAM, entre otras.

4.1 GEOLOGÍA


4.1.1 Grupo Villeta

La creación del término de esta formación se ha atribuido a Hettner (1892), quien la llamó "*Villetaschiten*" y se refirió a los estratos de limo debajo de las areniscas en la Cordillera Oriental. De acuerdo con Hubach (1931), esta formación se extiende desde la angostura del río Une (en Cáqueza) hasta la región de Chipaque y subyace a la Formación de Areniscas de Cáqueza, descansando de manera concordante sobre las areniscas más antiguas de la Formación Arenisca Dura del Grupo Guadalupe, este autor dividió la formación en tres conjuntos: inferior, medio y superior, a los cuales denominó Formación Fómeque, Areniscas de Une y Chipaque respectivamente. Más tarde, Hubach (1931) la llamó Piso Villeta, y posteriormente, la misma persona la definió como el Grupo Villeta (Hubach, 1957).

El Grupo Villeta forma parte de una estructura geológica con una orientación de N20°E, que se encuentra en las veredas Santa Isabel, Contreras, El Puño y Tomín. Asimismo, aflora en la parte sur-central del municipio de San Luis en las veredas Guacimito, Buenos Aires, Campoalegre, Caimital, Gallego, Tomogó, Pedregal, Santa Lucía, Guadalajara, Luisa García y La Aurora. En el Valle superior del Magdalena, el Grupo Villeta se superpone a la Formación Caballos y yace por debajo del Grupo Oliní.

En cuanto a su composición litológica, esta unidad está constituida por intercalaciones de shales negros (algunos de naturaleza calcárea), calizas micríticas y esparíticas, así como chert negro.

En cuanto a los límites geográficos, Renzoni (1963) señala que el límite superior de la Formación Chipaque con el Grupo Guadalupe se ubica en la parte superior de las capas de limo de la


	TRABAJO DE GRADO	FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
	INFORME DE PRACTICA ACADÉMICA REALIZADA EN LA EMPRESA GEOCOL CONSULTORES S.A.	PROGRAMA DE GEOLOGÍA

Formación Chipaque y en la base de las areniscas y limolitas de la Formación Arenisca Dura. Sin embargo, autores como Julivert (1968), Patarroyo (1993) & Vergara (1994) argumentan que el término "Villeta" debe restringirse al flanco occidental de la Cordillera Oriental, ya que la definición original de la unidad solo se aplica a esa área. No obstante, Hettner (1892) no limita las capas de Villeta al flanco occidental y, de hecho, las extiende al flanco oriental de la Cordillera Oriental, identificando afloramientos en varias regiones.

En cuanto al espesor, las estimaciones para el Grupo Villeta en el occidente de la Sabana de Bogotá varían entre 900 m (Caceres & Etayo, 1969), 2250 m (Hubach, 1957), con una estimación de 3400 m en el informe de Martínez (1999). Respecto a la edad, y según los fósiles de amonitas reportados por Patarroyo (1993) y los microfósiles de Vergara (1994), se cree que esta formación abarca desde el Albiano medio hasta el Coniaciano (Cretácico superior) en el Valle Superior del Magdalena. No obstante, el informe del Ingeominas de la plancha de Guateque atribuye una edad del Barreniano-Santoniano, y según Hubach (1957), la parte más antigua del grupo proviene de la Formación Fómeque, que contiene amonitas del Barremiano, mientras que la parte superior de la Formación Chipaque incluye palinomorfos del Santoniano (Guerrero & Sarmiento, 1996).

4.1.2 Grupo Olini

El término "Grupo Olini" fue inicialmente empleado en el Valle Superior del Magdalena por geólogos de Intercol, pero fue introducido en la literatura por Petters (1954). Posteriormente, De Porta (1965) proporciona una redefinición en la región de Piedras, en el departamento del Tolima, describiendo tres unidades litológicas distintas en secuencia de abajo hacia arriba: Lidita Inferior, Nivel de Lutitas y Lidita Superior. Cáceres & Etayo (1969) elevan al rango de formaciones a las unidades llamadas Lidita Inferior y Lidita Superior, mientras que la unidad intermedia (Nivel de Lutitas) permanece informal hasta tiempos recientes. Solamente Bermúdez & Morcote (1995), y Morcote & Bermúdez (1997), siguiendo el concepto original de De Porta mencionado anteriormente, designan a la unidad intermedia del Grupo Olini como Formación Nivel de Lutitas. (Guerrero et al., 2000) presentaron una propuesta para una nueva unidad llamada la "Formación El Cobre" con el fin de designar las rocas que ocupan la parte media del Grupo Olini en el flanco oeste de la Cuenca del Valle Superior del Magdalena (VSM), (Bermúdez, 2004).

	TRABAJO DE GRADO	FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
	INFORME DE PRACTICA ACADÉMICA REALIZADA EN LA EMPRESA GEOCOL CONSULTORES S.A.	PROGRAMA DE GEOLOGÍA

Este grupo está compuesto por varias facies, la primera es desde Arenitas laminadas a Lodolitas laminadas, la segunda facies son fosforitas laminadas o sedimentos fosfatizados de pristina, la tercera facies son lentes y capas muy finas de mudstones y en ocasiones wackestones, de color gris oscuro y la cuarta facies contiene fragmentos de Chert. (Bermúdez, 2004). En cuanto al espesor las estimaciones del Grupo Olini son variables; 110 m (Bürgl & Dumit 1954), 50 m (De Porta, 1965) 26 m (Bermúdez & Morcote, 1995). Para determinar la edad en la región de Girardot-Nariño, Bürgl & Dumit (1954) hicieron referencia a las siguientes especies: *Buliminella carseyae* Plummer, *Sporobulimina perforata* Stone y *Wheelerella magdalenaensis* Petters. Basándose en esta fauna, los autores concluyeron que la Lidita Superior tiene una edad Campaniana.


4.1.3 Formación La Tabla

El nombre fue asignado por De porta (1965). La formación se encuentra aflorando en el flanco oriental de los anticlinales de Valle de San Juan y Contreras, en el flanco occidental del Anticlinal de Chicumbe, en la cuchilla Aguas Claras, cuchilla Boquerón, cuchilla Páramo, cuchilla Buena Vista cuchilla San Pablo y filo Cubillos. (Terraza et al., 2002)

Litológicamente, corresponde a una arenisca cuarzosa, de tonalidad que varía entre el gris y el amarillo pálido. Contiene glauconita y presenta una granulometría que oscila entre grano medio y grueso, con una distribución moderada a bien calibrada. Está cementada por sílice y muestra estratos de espesor medio a grueso con estratificación cruzada. Además, se intercalan capas delgadas de lodolita y lodolita arenosa de tonalidad gris claro. Estas características se presentan hacia la parte superior de la unidad. (Terraza et al., 2002). Bürgl & Dumit (1954) le asignan una edad Maastrichtiano

4.1.4 Conglomerados de Carmen de Apicalá

Los Conglomerados de Carmen de Apicalá están conformados principalmente por niveles conglomeráticos compuestos por arenitas lodosas y lodolitas arenosas, en menor proporción. Estas rocas exhiben bioturbación y un moteamiento prominente. Desde el punto de vista geográfico, se encuentran en el Municipio de Carmen de Apicalá y en el Municipio de Melgar, específicamente

	TRABAJO DE GRADO	FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
	INFORME DE PRACTICA ACADÉMICA REALIZADA EN LA EMPRESA GEOCOL CONSULTORES S.A.	PROGRAMA DE GEOLOGÍA

en las veredas de San Cristóbal y Seboruco, así como en la parte oriental del casco urbano de Melgar. (Servicio Geológico Colombiano, 2012).

4.1.5 Grupo Honda


El Grupo Honda, ubicado en el Valle Superior del Magdalena, está delimitado por discordancias en su base y en su parte superior. Se cree, que la formación de este grupo está relacionada con eventos volcánicos significativos y coincide con el proceso de elevación de la Cordillera Central, marcando los inicios del levantamiento de la Cordillera Oriental (Guerrero, 1997 en: Torres-Quintero, 2019). La datación geológica sitúa al Grupo Honda en el Mioceno medio, específicamente entre 13.5 y 12.9 millones de años, según investigaciones realizadas por Guerrero (1997).

El Grupo Honda se subdivide en dos formaciones: la Formación La Victoria y la Formación Villavieja. La Formación La Victoria, que constituye la unidad inferior, está principalmente compuesta por sedimentos típicos de ambientes de ríos meandriformes que fluían en dirección este-suroriente. (Guerrero, 1997 en: Torres-Quintero, 2019). Por otro lado, la unidad superior corresponde a la Formación Villavieja, que se formó durante un período de levantamiento activo y actividad volcánica en la Cordillera Central Colombiana. Esto, también marca el inicio del levantamiento de la Cordillera Oriental Colombiana. (Guerrero, 1997 en: Torres Quintero, 2019).

4.1.6 Abanico de Espinal

El Abanico de Espinal se extiende desde Chicoral hasta el río Magdalena, llegando hasta la Vereda La Chamba. Su límite suroeste está marcado por la quebrada Guaduala (o Guaduas) y continúa hacia el norte, pasando por Espinal y llegando al Municipio de Girardot. Esta unidad, también se puede seguir hacia el sur del río Saldaña hasta el suroccidente de Purificación. (Terraiza et al., 2002)

En términos de su morfología, el Abanico de Espinal se caracteriza por ser completamente plano en toda su extensión, formando una meseta con una inclinación casi imperceptible hacia el río

	TRABAJO DE GRADO	FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
	INFORME DE PRACTICA ACADÉMICA REALIZADA EN LA EMPRESA GEOCOL CONSULTORES S.A.	PROGRAMA DE GEOLOGÍA

Magdalena. El patrón de drenaje predominante en esta área es subdendrítico, con dirección hacia el sureste. (Terraiza et al., 2002)

Este abanico, está mayormente compuesto por depósitos de materiales volcánicos que han sido retrabajados y acumulados por la acción de ríos. Los niveles de material pumítico con arenas de cuarzo son los más comunes, y se intercalan con niveles no pumíticos que son menos frecuentes. Estos últimos, varían en espesor desde 0,30 m. hasta 12 m. (Terraiza et al., 2002).

4.1.7 Depósito Coluvial

Los coluviones están formados principalmente por acumulaciones de material resultante de la acción de la gravedad. En su mayoría, consisten en bloques subangulares a angulares con una selección deficiente y están compuestos por materiales lodosos, arcillosos y arenosos. Estos depósitos, muestran una disposición caótica que, en ocasiones, incluye restos de escombros. Los coluviones más extensos, se encuentran al suroeste del Sinclinal Carmen de Apicalá. (Terraiza et al., 2002).



4.1.8 Aluviones recientes

Los aluviones más significativos provienen de los ríos Magdalena, Saldaña, Ortega, Tetuán y Coello, así como de algunas quebradas y corrientes más pequeñas. Cabe destacar, que los depósitos provenientes del río Saldaña son notables por su contenido de oro. En la zona oriental, predominan los cantos de chert de tonalidades negras y pardas, así como limolitas silíceas y areniscas cuarzosas. Estos depósitos corresponden a acumulaciones que se han formado en áreas restringidas, con capas relativamente delgadas, depositadas en el lecho de los valles de los ríos y quebradas. (Terraiza et al., 2002).

4.2 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

4.2.1 Fallas

En el Departamento del Tolima, se han cartografiado fallas geológicas que pueden asociarse a tres grupos o sistemas principales: el primero se orienta en dirección norte-sur (desde N a N 30° E), el segundo en dirección este-oeste (desde N 60° E a E-W) y el tercero hacia el noroeste (desde N

  Universidad de Caldas	TRABAJO DE GRADO	FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
	INFORME DE PRACTICA ACADÉMICA REALIZADA EN LA EMPRESA GEOCOL CONSULTORES S.A.	PROGRAMA DE GEOLOGÍA

30°W a N 60° W). El primer sistema, es particularmente relevante en los bordes de las cordilleras y es muy probable que hayan desempeñado un papel en el levantamiento de las mismas durante la Orogenia Andina, que tuvo lugar en el Paleógeno y Neógeno. (INGEOMINAS, 2008)

4.2.1.1 Falla Cucuana Este

La Falla de Cucuana se manifiesta morfológicamente en el lineamiento del valle del río Cucuana, en la región central del departamento y sobre la Cordillera Central. Esta falla interrumpe estructuras geológicas que datan del Cretácico, Paleógeno y Neógeno, específicamente del Grupo Honda, lo que sugiere un movimiento post-Mioceno. La actividad Cuaternaria de la Falla de Cucuana no está documentada de manera exhaustiva. (INGEOMINAS, 2008).

Es una falla de rumbo dextral, con una dirección predominante de N70°E, y su plano de falla se encuentra prácticamente en posición vertical o cercano a la vertical. Esta falla, interrumpe la continuidad de las rocas que datan del Paleógeno y Cretácico en ambos lados de su trazo. (Terraza et al., 2002).

4.2.1.2 Falla de Suárez


Se trata de un cabalgamiento con una convergencia hacia el noroeste. La dirección del plano de la falla, es de aproximadamente N10°E, y el ángulo de inclinación del plano de falla es de aproximadamente 30° hacia el sureste. Esta falla hace que las rocas del Grupo Olini estén superpuestas a las rocas del Grupo Honda, (Terraza et al., 2002).

4.2.1.3 Falla de Cunday

Esta es una falla de tipo cabalgamiento con una convergencia hacia el noroeste. La dirección del plano de la falla es de aproximadamente N35°E, y el ángulo de inclinación del plano de falla es de alrededor de 35° hacia el sureste, tal como se ha calculado en un corte geológico. Esta falla, hace que las rocas de la Formación Lidita Superior se superpongan a las rocas de la Formación La Tabla y repite la secuencia de arenitas de la Formación La Tabla. (Terraza et al., 2002).

4.2.1.4 Falla El Páramo

La Falla El Páramo también conocida como Falla de Boquerón según Franco y Gómez (1978), es un cabalgamiento con una convergencia hacia el noroeste. La dirección del plano de la falla es de

	TRABAJO DE GRADO	FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
	INFORME DE PRACTICA ACADÉMICA REALIZADA EN LA EMPRESA GEOCOL CONSULTORES S.A.	PROGRAMA DE GEOLOGÍA

aproximadamente N35°E, y el ángulo de inclinación del plano de falla es de alrededor de 20° hacia el sureste, según cálculos realizados en un corte geológico. Esta falla provoca que las rocas del Grupo Olini estén superpuestas a las rocas del Grupo Villeta en la parte sur y, a su vez, las rocas del Grupo Olini en la parte norte. (Terraiza et al., 2002).

4.2.1.5 Sistema de Fallas de Quinini

La descripción proporcionada por Franco y Gómez (1978) indica que se trata de fallas de tipo inverso, en la cuales los planos se inclinan hacia el oriente. Esta falla, actúa como un límite occidental para lo que se denomina el bloque de la Sabana, el cual experimentó un proceso de elevación a finales del Paleoceno, (Torres, 1993).

4.2.2 Pliegues

4.2.2.1 Sinclinal de Carmen de Apicalá

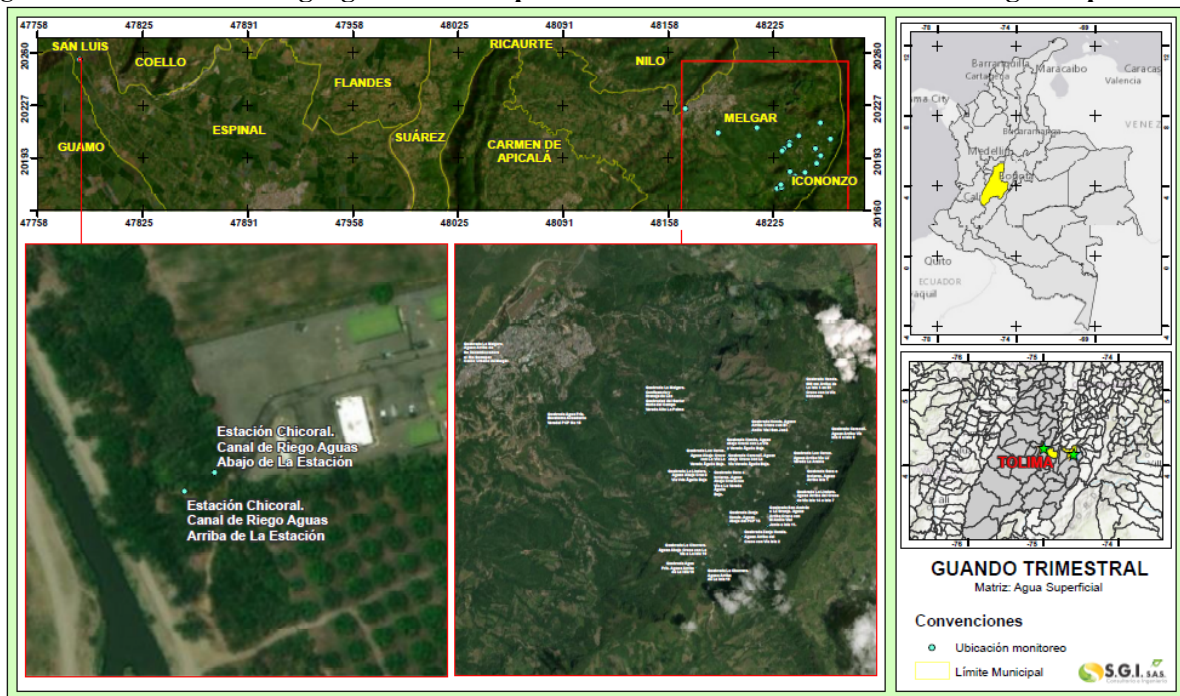
El Sinclinal de Carmen de Apicalá recibe su nombre del Municipio de Carmen de Apicalá y ha sido referenciado por De Porta (1974) y Mojica & Franco (1992), entre otros. Se trata de una estructura sinclinal de amplia extensión geográfica, de forma suave y subvertical, con una inmersión poco pronunciada. La dirección del plano axial se compone de dos segmentos que van de sur a norte, marcados por N10° E y N35° E. El plano axial tiene una inclinación hacia el sureste, con inmersiones tanto al norte como al sur, generando una cubeta estructural. El núcleo del sinclinal está compuesto por rocas pertenecientes al Grupo Honda; el flanco occidental está formado por la Lidita Inferior, mientras que el flanco oriental está afectado por fallas de cabalgamiento, lo que deja remanentes de un anticlinal en rocas del Cretácico. (Terraiza et al., 2002)

5 MARCO GEOGRÁFICO

5.1 Fuentes de agua superficiales

Se realizó un muestreo en un total de 20 puntos dentro del municipio de Melgar en el departamento del Tolima. La economía del municipio de Melgar se basa en los sectores de turismo, agricultura e hidrocarburos. Melgar es la puerta de oro del turismo en el centro del país, gracias a su posición geográfica que brinda un clima cálido a lo largo del año, un bosque tropical y numerosas fuentes hídricas como el río Sumapaz y la Quebrada La Melgara entre otros afluentes. El municipio tiene una extensión total de 201 Km², de los cuales 16 Km² representan el sector urbano y 185 km² el sector rural. En la Figura 3, se presenta la ubicación de los puntos de las fuentes superficiales monitoreadas en los meses de septiembre y diciembre del 2022.

Figura 3 Ubicación geográfica de los puntos de monitoreo de las fuentes de agua superficiales



Fuente: Servicios Geológicos Integrados SGI SAS

Las quebradas analizadas se presentan en Tabla 6:

Tabla 6 Aguas Superficiales A Las Cuales Se Le Realizo El Análisis Trimestral

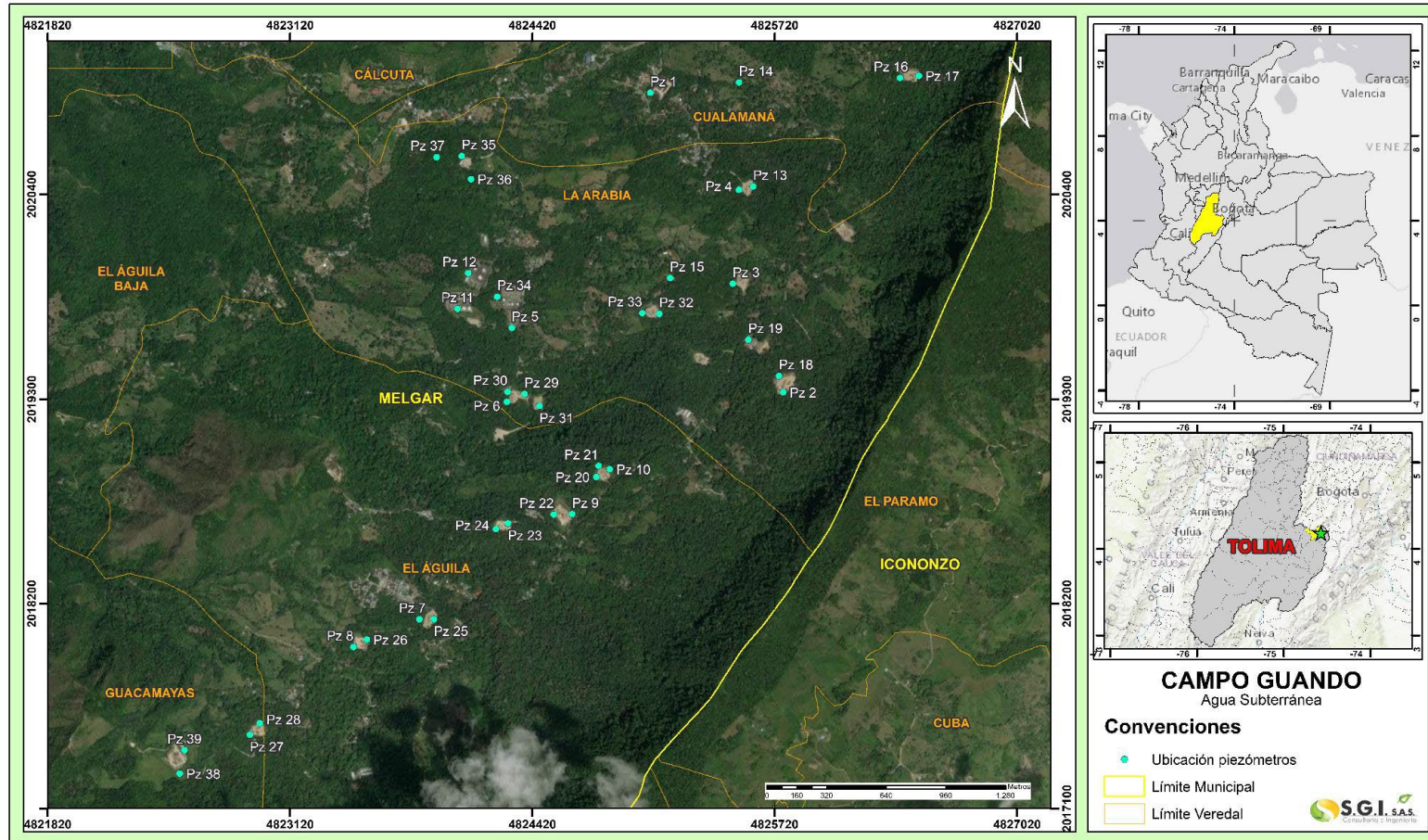
AGUAS SUPERFICIALES A LAS CUALES SE LE REALIZO EL ANÁLISIS TRIMESTRAL
Quebrada Honda. Aguas Arriba Cruce con El Anillo Vial San José
Quebrada Honda. Aguas abajo Cruce con La Vía a Vereda Águila Baja
Quebrada Honda. 600 ms Arriba de La Isla 5 en El Cruce con la Vía Icononzo
Quebrada Caracolí. Aguas Arriba Vía Isla 8 a Isla 9
Quebrada Caracolí. Aguas abajo Cruce con La Vía Vereda Águila Baja.
Quebrada Los Curos. Aguas Arriba Vía La Vereda La Arabia
Quebrada Los Curos. Aguas Abajo Cruce con La Vía La Vereda Águila Baja
Quebrada Seca o Invierno Aguas Arriba (AA) Isla 1
Quebrada Seca o invierno. Aguas Abajo Cruce con Vía a La Vereda Águila Baja.
Quebrada La Lindera Aguas Arriba (AA) Cruce de la Vía Entre la isla 14 y 7
Quebrada La Lindera, Aguas Abajo Cruce Vía Vda Águila Baja
Quebrada Zanja Honda Aguas Abajo (AB) PCP N°15
Quebrada Zanja Honda Aguas Arriba (AA) del Cruce con la Vía a la Isla 2
Quebrada Agua Fría Aguas Arriba (AA) de la Isla 19
Quebrada Agua Fría Bocatoma Acueducto Veredal PCP N°16
Quebrada La Chorrera. Aguas Arriba de La Isla 19
Quebrada La Chorrera. Aguas Abajo Cruce con La Vía a La Isla 19
Quebrada La Melgara. Confluencia y Drenaje de Las Quebradas del Sector Norte del Campo Vereda Alto La Palma
Quebrada La Melgara. Aguas Arriba de Su Desembocadura al Río Sumapaz Casco Urbano de Melgar
Quebrada San Andrés o La Granja. Aguas Arriba Cruce con El Anillo Vial Junto a Isla 11.

Fuente: Servicios Geológicos Integrados SGI SAS

5.2 Fuentes de agua subterráneas

En el municipio de Melgar, departamento del Tolima, se desarrolló el monitoreo para los puntos de agua subterránea “Piezómetros” que se ubicaban en las veredas del El Águila, Guacamayas y la Arabia. En la Figura 4, se observa la ubicación de los puntos de agua subterránea monitoreados en el mes de diciembre 2022.

Figura 4 Mapa de ubicación de los 39 piezómetros



Fuente: Geocol Consultores S.A.,2023

A continuación, se encuentra la Tabla 7, en la que se observan los puntos de muestro tomados por el laboratorio Servicios Geológicos Integrados S.A.S., 2022

Tabla 7 Puntos de muestreo de los piezómetros de la fuente de agua subterránea

Puntos	Código de Laboratorio (muestra)	Localización (vereda)
Piezómetro 1 aguas abajo Isla 5	M22-11140	Cualamana
Piezómetro 2 aguas arriba Isla 3	M22-11172	Arabia
Piezómetro 3 aguas abajo Isla 10	M22-11181	Arabia
Piezómetro 4 aguas abajo isla 16	M22-11167	Arabia
Piezómetro 5 aguas arriba Isla 6	M22-11563	Arabia
Piezómetro 6 aguas abajo Isla 13	M22-11559	Arabia
Piezómetro 7 aguas abajo Isla 2	M22-11568	Arabia
Piezómetro 8 aguas abajo Isla 12	M22-11566	El Águila Media
Piezómetro 9 aguas arriba Isla 11	M22-11180	El Águila Media
Piezómetro 10 aguas arriba Isla 14	M22-11174	El Águila Media
Piezómetro 11 aguas arriba Terraza 3	M22-11562	Arabia
Piezómetro 12 aguas abajo Terraza 4	M22-11561	El Águila Media
Piezómetro 13 aguas arriba isla 16	M22-11168	Arabia
Piezómetro 14 aguas arriba isla 5	M22-11141	Arabia
Piezómetro 15 aguas arriba isla 10	M22-11182	Arabia
Piezómetro 16 aguas abajo isla 9	M22-11169	Cualamana
Piezómetro 17 aguas arriba isla 9	M22-11170	Cualamana
Piezómetro 18 aguas abajo isla 3	M22-11171	Arabia
Piezómetro 19 aguas abajo isla 1	M22-11173	Arabia
Piezómetro 20 aguas abajo isla 14	M22-11176	El Águila Media
Piezómetro 21 aguas abajo isla 14	M22-11175	El Águila Media
Piezómetro 22 aguas abajo isla 11	M22-11179	El Águila Media
Piezómetro 23 aguas arriba isla 18	M22-11177	El Águila Media
Piezómetro 24 aguas abajo isla 18	M22-11178	El Águila Media
Piezómetro 25 aguas arriba isla 2	M22-11567	El Águila Media
Piezómetro 26 aguas arriba isla 12	M22-11565	El Águila Media
Piezómetro 27 aguas arriba isla 19	M22-11556	Guacamayas
Piezómetro 28 aguas abajo isla 19	M22-11557	Guacamayas
Piezómetro 29 aguas arriba Isla 13	M22-11558	Arabia
Piezómetro 30 aguas abajo isla 13	M22-11560	Arabia
Piezómetro 31 aguas arriba Isla 15	M22-11564	Arabia
Piezómetro 32 aguas arriba isla 17	M22-11183	Arabia
Piezómetro 33 aguas abajo isla 17	M22-11184	Arabia
Piezómetro 34 aguas abajo isla 6	M22-11573	Arabia
Piezómetro 35 aguas arriba zodme tropical	M22-11031	Arabia
Piezómetro 36 aguas abajo zodme tropical	M22-11569	Arabia

Puntos	Código de Laboratorio (muestra)	Localización (vereda)
Piezómetro 37 aguas abajo zodme tropical	M22-11570	Arabia
Piezómetro 38 aguas arriba isla 21	M22-11572	Guacamayas
Piezómetro 39 aguas abajo isla 21	M22-11571	Guacamayas

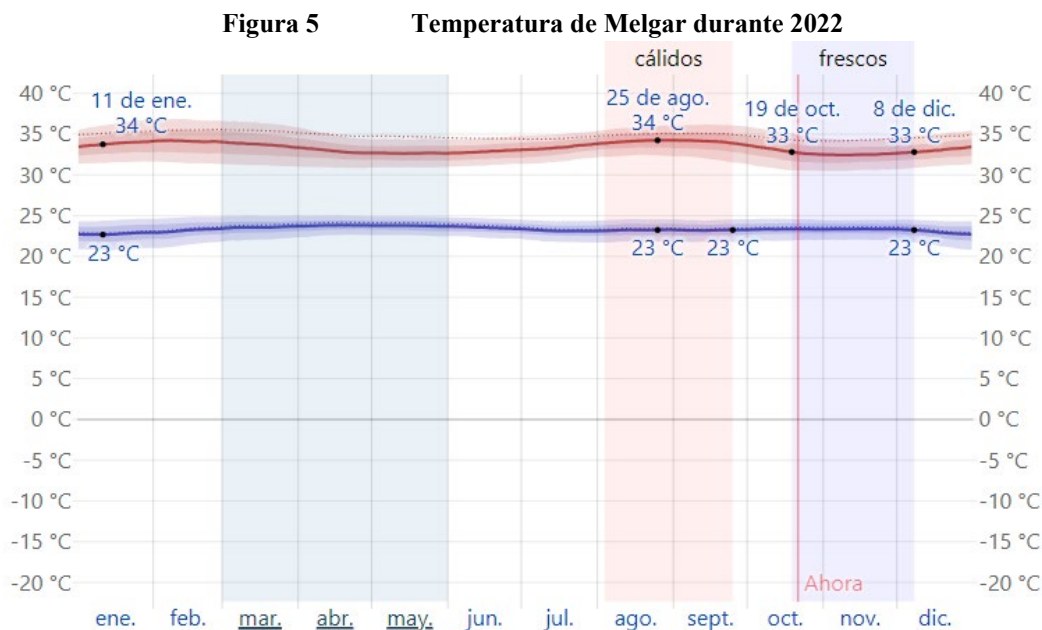
Servicios Geológicos Integrados S.A.S., 2022

5.3 CLIMA

5.3.1 Temperatura

En Melgar, la temporada cálida se extiende por aproximadamente 1,7 meses, abarcando desde el 3 de agosto hasta el 25 de septiembre, durante este periodo la temperatura máxima diaria promedio supera los 34 °C. El mes más caluroso del año es agosto, con una temperatura máxima promedio de 34 °C y una mínima de 23 °C. Por otro lado, la temporada fresca tiene una duración de aproximadamente 1,6 meses, desde el 19 de octubre hasta el 8 de diciembre. Durante esta temporada, la temperatura máxima promedio diaria es inferior a 33 °C. El mes más frío en Melgar es noviembre, con una temperatura mínima promedio de 23 °C y una máxima de 33 °C. (*Weather Spark 2022*).

En la Figura 5 se observa la temperatura máxima (línea roja) y la temperatura mínima (línea azul) promedio diario con las bandas de los percentiles 25° a 75°, y 10° a 90°. Las líneas delgadas punteadas son las temperaturas promedio percibidas correspondientes. *Weather Spark 2022*

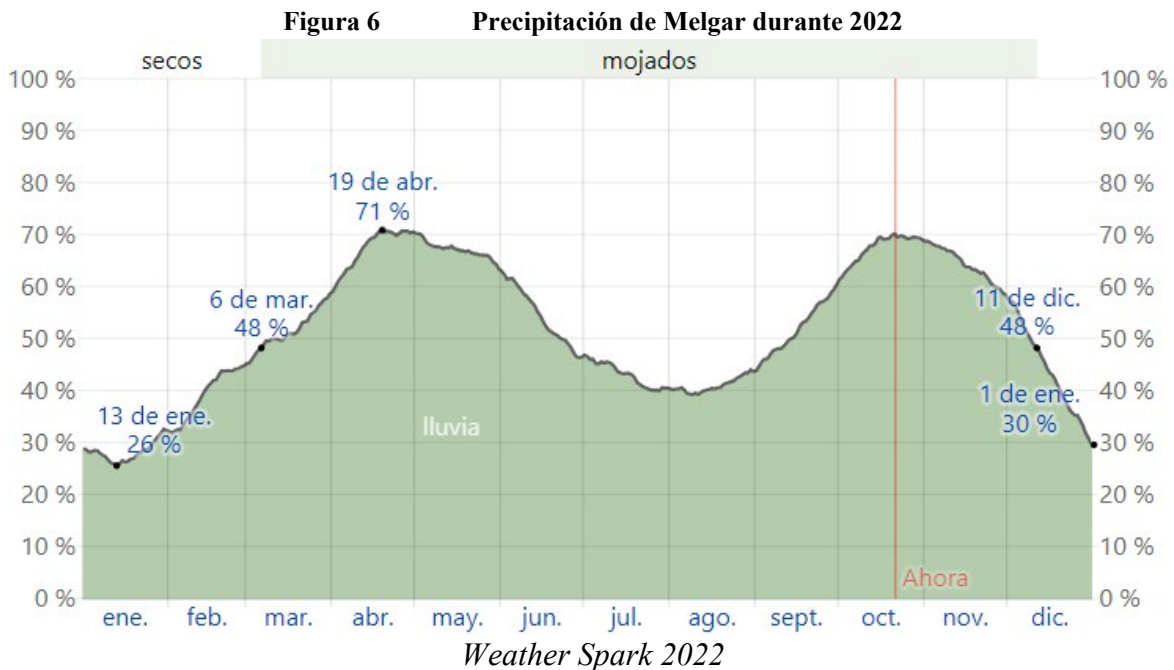



Fuente: *Weather Spark (2022)*

5.3.2 Precipitación

En Melgar, la probabilidad de experimentar días húmedos, es decir, con al menos 1 milímetro de precipitación líquida, varía a lo largo del año. En la Figura 6, se observa que la temporada más lluviosa abarca 9,2 meses, desde el 6 de marzo hasta el 11 de diciembre, con una probabilidad de más del 48 % de que un día determinado sea un día húmedo. En promedio, el mes más lluvioso en Melgar es abril, con aproximadamente 20,3 días que cumplen con este criterio (*Weather Spark, 2022*).

La temporada más seca tiene una duración de 2,8 meses, desde el 11 de diciembre hasta el 6 de marzo. El mes con menos días húmedos en Melgar es enero, con un promedio de alrededor de 8,7 días con al menos 1 milímetro de precipitación. En cuanto a la tipología de la precipitación en días húmedos, se pueden distinguir entre días con solo lluvia, y días nublados o una combinación de ambas. El mes con la mayor cantidad de días de lluvia en Melgar es abril, con un promedio de 20,3 días. con base en esta clasificación, el tipo de precipitación más común durante el año es la lluvia exclusivamente, con una probabilidad máxima del 71 % registrada el 19 de abril. (*Weather Spark, 2022*)



	TRABAJO DE GRADO	FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
	INFORME DE PRACTICA ACADÉMICA REALIZADA EN LA EMPRESA GEOCOL CONSULTORES S.A.	PROGRAMA DE GEOLOGÍA

6 METODOLOGÍA

Este trabajo se desarrolló en varias etapas para ello se siguió la siguiente metodología:

6.1 ETAPA DE DOCUMENTACIÓN:

En la etapa de documentación se investigó con mayor profundidad que son los EIA, ICAs y PMA y cuáles son las leyes y decretos que los rigen, en conjunto con los documentos proporcionados por la empresa sobre el ICA del proyecto Campo Guando. Esta etapa también incluyó una revisión bibliográfica de la Geología presente en la zona.



6.2 ETAPA DE PLANIFICACIÓN

En esta etapa se planteó la temática de este informe, su propósito, importancia y finalidad, para ello se tuvo en cuenta el Formato 4 del ICA No. 39 del proyecto Campo Guando, para lo cual se establece lo siguiente:

- Las leyes y decretos que se tuvieron en cuenta al momento desarrollar este informe.
- Las definiciones de los términos de los cuales se hicieron mención a lo largo de este documento ya que estos aportan un mayor enriquecimiento a la de lectura del mismo.
- Un marco Geológico con la bibliografía que se recopiló.
- Un marco Geográfico con los puntos de muestreo donde se llevaron a cabo los análisis, así como el clima y la temperatura del lugar.
- Un Análisis del formato No. 4 del ICA No. 39 de Campo Guando tuvo en cuenta los antecedentes de los trimestres anteriores.

6.2.1 Formato No 4

Este formato está compuesto por un análisis fisicoquímico y microbiológico que se le realizó a las fuentes de agua superficiales y subterráneas de Campo Guando, para llevar a cabo este análisis se hizo un monitoreo de las fuentes de aguas superficiales que se realiza de manera quincenal, mensual, semestral y trimestral para luego ser estudiados en conjunto con los análisis de los trimestres anteriores.

  Universidad de Caldas	TRABAJO DE GRADO	FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
	INFORME DE PRACTICA ACADÉMICA REALIZADA EN LA EMPRESA GEOCOL CONSULTORES S.A.	PROGRAMA DE GEOLOGÍA

Para la realización de este informe se tiene en cuenta el análisis trimestral del segundo trimestre del 2022 de los 20 puntos de monitoreo y los 39 piezómetros analizados correspondientes a las fuentes de agua subterráneas con sus antecedentes.

6.3 ETAPA DE EJECUCIÓN

Para realizar el análisis fisicoquímico y microbiológico de fuentes de aguas superficiales y aguas subterráneas fue importante tener ciertos criterios que describen las técnicas y metodologías utilizadas para la medición, identificación de los insumos y materiales requeridos para el desarrollo del análisis determinado por Geocol Consultores S.A., el laboratorio Servicios Geológicos Integrados SGI SAS y Perenco Oil y Gas para el cumplimiento de sus obligaciones ante la ANLA.

Esta etapa fue realizada por el laboratorio Servicios Geológicos Integrados SGI SAS el cual tiene en cuenta las normas Icontec al momento de tomar las muestras y realizar el análisis de las mismas. El objetivo del muestreo de aguas fue obtener la parte más representativa del cuerpo de agua y que este no sufra ninguna alteración para poder analizar los parámetros de interés. Para desarrollar este análisis, el laboratorio se tiene en cuenta las siguientes etapas:



6.3.1 Fase de organización logística

Esta requiere una planeación logística donde se deben determinar los elementos de muestreo (Formatos, frascos equipos, reactivos, etc.) el transporte y ubicación cartográfica.

6.3.2 Fase de muestreo

La etapa de ejecución está compuesta por un muestreo puntual que sigue los siguientes pasos:

- Desplazarse al punto de monitoreo
- Ubicar los puntos en el mapa
- Realizar la verificación de los puntos de medición
- Hacer lavado y purga de los electrodos
- Envasar, preservar y rotular

  Universidad de Caldas	TRABAJO DE GRADO	FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
	INFORME DE PRACTICA ACADÉMICA REALIZADA EN LA EMPRESA GEOCOL CONSULTORES S.A.	PROGRAMA DE GEOLOGÍA

6.3.3 Fase de análisis y entrega de resultados

Para el análisis de las muestras el laboratorio Servicios Geológicos Integrados SGI SAS aplica todos los métodos según las prioridades de acreditación siguiendo los procedimientos PO-AM-005-V5. Y “Muestreo de Aguas PO-TM-007”.

6.4 RESULTADOS

Los parámetros son escogidos a solicitud del cliente y para este informe se tuvo en cuenta los antecedentes del análisis trimestral de los años 2019, 2021 y 2022 y el análisis trimestral del segundo semestre del 2022 para el cual aplica el ICA No. 39 de Campo Guando. Los parámetros analizados fueron: (Ph, Conductividad, Fenoles Totales, Bario, Nitrógeno Amoniacal, Nitritos, Cadmio, Coliformes Fecales). Entre tanto los parámetros para el análisis de aguas subterráneas fueron: (Ph, Bario, Fenoles, Hidrocarburos).



6.5 ETAPA DE ANÁLISIS

Una vez que el laboratorio ha entregado los resultados de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos se procedió a:

- Analizar la caracterización fisicoquímica y microbiológica de las aguas superficiales y subterráneas para los meses de septiembre y diciembre del 2022.
- Verificar el cumplimiento de los límites establecidos por el decreto 1076 del 2015 para proyecto Campo Guando para los meses de septiembre y diciembre del 2022.
- Determinar que parámetros incumplieron con los límites establecidos y cuáles fueron sus posibles causas en los meses de septiembre y diciembre del 2022.

6.6 ETAPA DE INTERPRETACIÓN

En esta etapa, se abordan detenidamente los análisis de los resultados, evaluando los diversos factores que podrían haber influido en los picos observados en los diferentes parámetros. El objetivo es discernir si las causas que llevaron a la superación de los límites permisibles son de origen antrópico o si, por el contrario, se ven afectadas por factores naturales como el clima y la geología del entorno. Este análisis integral incorpora observaciones detalladas realizadas en el campo durante la toma de muestras, permitiendo una evaluación de las condiciones ambientales y la identificación de las influencias que impactan en los resultados.

  Universidad de Caldas	TRABAJO DE GRADO	FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
	INFORME DE PRACTICA ACADÉMICA REALIZADA EN LA EMPRESA GEOCOL CONSULTORES S.A.	PROGRAMA DE GEOLOGÍA

7 RESULTADOS

7.1 RESULTADOS DE AGUAS SUPERFICIALES

Los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio realizados a las muestras correspondientes a los puntos monitoreados para la caracterización trimestral que comprende los meses de septiembre y diciembre de 2022, se muestran en esta sección. Estos, tienen en cuenta los antecedentes de los trimestres anteriores. Es importante mencionar, que los puntos denominados Estación Chicoral – Canal de Riego Aguas Arriba de la Estación y Estación Chicoral – Canal de Riego Aguas Abajo de la Estación se encontraban secos, por lo tanto, no fue posible obtener muestra de ellos.

La Tabla 8 enseña los resultados de los parámetros de bario, cadmio, coliformes fecales, fenoles totales, conductividad, nitritos, nitrógeno amoniacal y pH relacionados con el Artículo 2.2.3.3.9.3, Artículo 2.2.3.3.9.4, Artículo 2.2.3.3.9.5, Artículo 2.2.3.3.9.10 del decreto único reglamentario 1076 del 2015, en la cual se puede observar que para el segundo trimestre del 2022 los resultados señalados con color verde, cumplen con los límites establecidos, a excepción de los Nitritos en la Quebrada Agua Fría Bocatoma Acueducto Veredal PCP N°16, los cuales tienen un valor de 3,49 mg N- NO₂/L superando el límite de 1 mg N- NO₂/L establecido en el artículo 2.2.3.3.9.3 y el artículo 2.2.3.3.9.4 del decreto 1076 de 2015. Asimismo, los coliformes fecales de la Quebrada La Melgara aguas arriba de su desembocadura al Rio Sumapaz casco urbano de Melgar presentan un valor de 1200 NMP/100 ml. superando el límite inferior del artículo 2.2.3.3.9.4 del decreto 1076 de 2015 para el segundo trimestre del 2022.

De los antecedentes se puede observar que algunos parámetros como los Coliformes fecales cruzaron los límites establecidos durante la pandemia en los años 2020 y 2021.



Universidad de Caldas

TRABAJO DE GRADO

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

INFORME DE PRACTICA ACADÉMICA REALIZADA EN LA EMPRESA
GEOCOL CONSULTORES S.A.

PROGRAMA DE GEOLOGÍA

Tabla 8 Resultados obtenidos para las Fuentes de Agua Superficiales

Parámetros	Unidad de medición	Fecha de muestro	Valor Estación Chicoral Aguas Arriba de la Estación	Valor Estación Chicoral Aguas Abajo de la Estación	Valor Qda Agua Fría- Aguas arriba de Isla 19 Vereda Águila Media	Valor Qda Agua Fría- Bocatoma acueducto PCP No. 16	Valor- Qda Caracolí-Arriba vía Isla 8 a Isla 9 Vereda Arabia	Límite Inferior	Límite Superior	Límite permisible
pH	Unidades	25-sep-19	8,9	9,2	Seco	7	6,1	4,5	9	
		11-dic-19	7,3	7,7	5,8	7,2	6,8	4,5	9	
		4-sep-20	Seco	Seco	6,5	7,7	7	4,5	9	
		11-dic-20	Seco	Seco	5,5	6,4	5,2	4,5	9	
		3-mar-21	Seco	Seco	5,1	5,8	6,1	4,5	9	
		2-jul-21	Seco	Seco	6,4	6,7	7,3	4,5	9	
		16-sep-21	Seco	Seco	6,39	6,87	7,37	4,5	9	
		6-dic-21	Seco	Seco	5,67	7,86	7,91	4,5	9	
		13-mar-22	Seco	Seco	5,7	7,7	6,5	4,5	9	
		4-jun-22	Seco	Seco	6,04	7,82	6,71	4,5	9	
		14-sep-22	Seco	Seco	5,97	7,11	7,1	4,5	9	
9-dic-22	Seco	Seco	5,76	7,76	6,59	4,5	9			
Conductividad	µS/cm a 25°C	25-sep-19	290	290	Seco	36	48			
		11-dic-19	280	280	16	32	42			
		4-sep-20	Seco	Seco	19	54	44			
		11-dic-20	Seco	Seco	14	28	29			
		3-mar-21	Seco	Seco	19	26	39			
		2-jul-21	Seco	Seco	9,9	40	7,3			
		16-sep-21	Seco	Seco	15,2	34	54,8			
		6-dic-21	Seco	Seco	16,14	36,5	42,4			
		13-mar-22	Seco	Seco	16	38	43			
		4-jun-22	Seco	Seco	18,69	44,3	42,5			
14-sep-22	Seco	Seco	20,87	39,7	43,9					
9-dic-22	Seco	Seco	11,94	37,3	43,1					
Fenoles Totales	mg/L	25-sep-19	0,002	0,002	Seco	0,002	0,002			0,002
		11-dic-19	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002			0,002
		4-sep-20	Seco	Seco	0,002	0,002	0,002			0,002
		11-dic-20	Seco	Seco	0,002	0,002	0,002			0,002
		3-mar-21	Seco	Seco	0,002	0,002	0,002			0,002
		2-jul-21	Seco	Seco	0,002	0,002	0,002			0,002
		16-sep-21	Seco	Seco	0,002	0,002	0,002			0,002
Parámetros	Unidad de medición	Fecha de muestro	Valor Estación Chicoral Aguas	Valor Estación Chicoral Aguas	Valor Qda Agua Fría- Aguas arriba	Valor Qda Agua Fría- Bocatoma	Valor- Qda Caracolí-Arriba	Límite Inferior	Límite Superior	Límite permisible



			Arriba de la Estación	Abajo de la Estación	de Isla 19 Vereda Águila Media	acueducto PCP No. 16	vía Isla 8 a Isla 9 Vereda Arabia			
Fenoles Totales	mg/L	6-dic-21	Seco	Seco	0,002	0,002	0,002			0,002
		13-mar-22	Seco	Seco	0,002	0,002	0,002			0,002
		4-jun-22	Seco	Seco	0,002	0,002	0,002			0,002
		14-sep-22	Seco	Seco	0,002	0,002	0,002			0,002
		9-dic-22	Seco	Seco	0,002	0,002	0,002			0,002
Bario	mg/L	25-sep-19	0,1	0,1	Seco	0,1	0,1			1
		11-dic-19	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1			1
		4-sep-20	Seco	Seco	0,1	0,1	0,1			1
		11-dic-20	Seco	Seco	0,1	0,1	0,1			1
		3-mar-21	Seco	Seco	0,1	0,1	0,1			1
		2-jul-21	Seco	Seco	0,05	0,05	0,05			1
		16-sep-21	Seco	Seco	0,05	0,05	0,05			1
		6-dic-21	Seco	Seco	0,05	0,05	0,05			1
		13-mar-22	Seco	Seco	0,05	0,1	0,05			1
		4-jun-22	Seco	Seco	0,05	0,05	0,05			1
Nitrógeno Amoniacal	mg/L	25-sep-19	0,3	0,3	Seco	0,3	0,3			1
		11-dic-19	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3			1
		4-sep-20	Seco	Seco	0,3	0,3	0,3			1
		11-dic-20	Seco	Seco	0,3	0,3	0,3			1
		3-mar-21	Seco	Seco	0,3	0,3	0,3			1
		2-jul-21	Seco	Seco	0,3	0,3	0,3			1
		16-sep-21	Seco	Seco	4	4	4			1
		6-dic-21	Seco	Seco	4	4	4			1
		13-mar-22	Seco	Seco	4	4	4			1
		4-jun-22	Seco	Seco	4	4	4			1
Nitritos	mg/L	25-sep-19	0,03	0,03	Seco	0,03	0,03			1
		11-dic-19	0,053	0,03	0,03	0,03	0,03			1
		4-sep-20	Seco	Seco	0,03	0,03	0,03			1
		11-dic-20	Seco	Seco	0,03	0,03	0,03			1
		3-mar-21	Seco	Seco	0,03	0,03	0,03			1
Parámetros	Unidad de medición	Fecha de muestro	Valor Estación Chicoral Aguas	Valor Estación Chicoral Aguas	Valor Qda Agua Fría- Aguas arriba	Valor Qda Agua Fría- Bocatoma	Valor- Qda Caracolí-Arriba	Límite Inferior	Límite Superior	Límite permisible



TRABAJO DE GRADO

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

INFORME DE PRACTICA ACADÉMICA REALIZADA EN LA EMPRESA
GEOCOL CONSULTORES S.A.

PROGRAMA DE GEOLOGÍA

			Arriba de la Estación	Abajo de la Estación	de Isla 19 Vereda Águila Media	acueducto PCP No. 16	vía Isla 8 a Isla 9 Vereda Arabia			
Nitritos	mg/L	2-jul-21	Seco	Seco	0,03	0,03	0,03			1
		16-sep-21	Seco	Seco	0,02	0,02	0,02			1
		6-dic-21	Seco	Seco	0,02	0,02	0,02			1
		13-mar-22	Seco	Seco	0,01	0,01	0,01			1
		4-jun-22	Seco	Seco	0,01	0,02	0,01			1
		14-sep-22	Seco	Seco	0,01	0,01	0,01			1
		9-dic-22	Seco	Seco	0,01	0,01	0,01			1
Cadmio	mg/L	25-sep-19	0,01	0,01	Seco	0,01	0,01			0,01
		11-dic-19	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01			0,01
		4-sep-20	Seco	Seco	0,01	0,01	0,01			0,01
		11-dic-20	Seco	Seco	0,01	0,01	0,01			0,01
		3-mar-21	Seco	Seco	0,01	0,01	0,01			0,01
		2-jul-21	Seco	Seco	0,01	0,01	0,01			0,01
		16-sep-21	Seco	Seco	0,003	0,003	0,003			0,01
		6-dic-21	Seco	Seco	0,003	0,003	0,003			0,01
		13-mar-22	Seco	Seco	0,003	0,003	0,003			0,01
		4-jun-22	Seco	Seco	0,003	0,003	0,003			0,01
Coliformes fecales	NMP/ 100mL	25-sep-19	2960	428	Seco	3123	248	1000	2000	
		11-dic-19	17000	22000	130	120	6,1	1000	2000	
		4-sep-20	Seco	Seco	200	3800	330	1000	2000	
		11-dic-20	Seco	Seco	4,5	1300	100	1000	2000	
		3-mar-21	Seco	Seco	45	2000	46	1000	2000	
		2-jul-21	Seco	Seco	210	920	94	1000	2000	
		16-sep-21	Seco	Seco	1	1	1	1000	2000	
		6-dic-21	Seco	Seco	1	1	206	1000	2000	
		13-mar-22	Seco	Seco	1	1	1	1000	2000	
		4-jun-22	Seco	Seco	1	1	1	1000	2000	
		14-sep-22	Seco	Seco	1	1	1	1000	2000	
		9-dic-22	Seco	Seco	1	801	1	1000	2000	
Parámetros	Unidad de medición	Fecha de muestro	Valor-Qda Caracolí-Abajo del cruce con		Valor-Qda Honda-Arriba del cruce	Valor-Qda Honda-Arriba	Valor-Qda La Chorrera Aguas	Límite Inferior	Límite Superior	Límite permisible



			la vía Vereda El Águila Baja	Valor-Qda Honda-Arriba del cruce anillo vial San José	anillo vial San Jose Abajo del cruce con la vía Vereda El Águila	del cruce anillo vial San José 600m Arriba Isla 5 cruce con vía Icononzo	Arriba de Isla 19 – Vereda Águila media			
pH	Unidades	20-sep-19	6,7	7,1	7,8	7,7	Seco	4,5	9	
		16-dic-19	6,9	6,6	6	6,3	6,7	4,5	9	
		4-sep-20	6,9	6,2	7,1	7,2	7,1	4,5	9	
		11-dic-20	5,6	5,2	5,1	5,3	6	4,5	9	
		3-mar-21	6	6,4	5,2	6,5	5,2	4,5	9	
		2-jul-21	6,5	6,2	6,3	6,2	6,5	4,5	9	
		16-sep-21	7,57	7,64	7,65	8,01	7,46	4,5	9	
		6-dic-21	7,3	7,35	7,5	8,78	7,46	4,5	9	
		15-mar-22	7,52	7,52	7,55	7,3	6,78	4,5	9	
		5-jun-22	7,97	7,86	7,83	7,51	6,97	4,5	9	
		6-sep-22	7,67	7,51	7,6	6,97	6,6	4,5	9	
		2-dic-22	7,49	7,84	7,29	7,82	7,54	4,5	9	
Conductividad	µS/cm a 25°C	20-sep-19	457	63	65	65	Seco			
		16-dic-19	20	60	42	60	31			
		4-sep-20	38	65	69	63	29			
		11-dic-20	16	68	58	53	43			
		3-mar-21	23	44	35	57	28			
		2-jul-21	6,5	51	43	58	0,002			
		16-sep-21	54,9	66,6	50,7	68,3	29,2			
		6-dic-21	50,4	47,8	50,5	54,1	29,2			
		15-mar-22	16,79	52,2	13,77	56	31,6			
		5-jun-22	48,6	45,1	37	54,6	24,6			
		6-sep-22	56,5	54,9	50,5	56,8	30,1			
		2-dic-22	37,9	48,5	30,9	55	23,4			
Fenoles Totales	mg/L	20-sep-19	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002			0,002
		16-dic-19	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002			0,002
		4-sep-20	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002			0,002
		11-dic-20	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002			0,002
		3-mar-21	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002			0,002
		2-jul-21	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002			0,002
		16-sep-21	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002			0,002
		6-dic-21	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002			0,002
Parámetros	Unidad de medición	Fecha de muestro	Valor-Qda Caracolí-Abajo del cruce con	Valor-Qda Honda-Arriba del cruce anillo vial San José	Valor-Qda Honda-Arriba del cruce anillo vial San Jose	Valor-Qda Honda-Arriba del cruce anillo	Valor-Qda La Chorrera Aguas Arriba de Isla 19	Límite Inferior	Límite Superior	Límite permisible



Universidad de Caldas

TRABAJO DE GRADO

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

INFORME DE PRACTICA ACADÉMICA REALIZADA EN LA EMPRESA
GEOCOL CONSULTORES S.A.

PROGRAMA DE GEOLOGÍA

			la vía Vereda El Águila Baja		Abajo del cruce con la vía Vereda El Águila	vial San José 600m Arriba Isla 5 cruce con vía Icononzo	- Vereda Águila media			
Fenoles Totales	mg/L	15-mar-22	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002			0,002
		5-jun-22	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002		0,002
		6-sep-22	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002		0,002
		2-dic-22	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002		0,002
Bario	mg/L	20-sep-19	0,1	0,1	0,1	0,1	Seco			1
		16-dic-19	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1			1
		4-sep-20	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1			1
		11-dic-20	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1			1
		3-mar-21	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1			1
		2-jul-21	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05			1
		16-sep-21	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05			1
		6-dic-21	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05			1
		15-mar-22	0,075	0,05	0,06	0,05	0,05			1
		5-jun-22	0,05	0,05	0,06	0,05	0,05			1
		6-sep-22	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05		1
2-dic-22	0,05	0,034	0,042	0,05	0,048			1		
Nitrógeno Amoniacal	mg/L	20-sep-19	0,3	0,3	0,3	0,3	Seco			1
		16-dic-19	0,3	0,3	0,3	0,3	<0,3			1
		4-sep-20	0,3	0,3	0,3	0,3	<0,3			1
		11-dic-20	0,3	0,3	0,3	0,3	<0,3			1
		3-mar-21	0,3	0,3	0,3	0,3	<0,3			1
		2-jul-21	0,3	0,3	0,3	0,3	<0,3			1
		16-sep-21	4	4	4	4	4			1
		6-dic-21	4	4	4	4	4			1
		15-mar-22	4	4	4	4	4			1
		5-jun-22	4	4	4	4	4			1
		6-sep-22	4	4	4	4	4			1
2-dic-22	4	4	4	4	4			1		
Nitritos	mg/L	20-sep-19	0,03	0,03	0,03	0,03	Seco			1
		16-dic-19	0,03	0,03	0,03	0,03	<0,03			1
		4-sep-20	0,03	0,03	0,03	0,03	<0,03			1
		11-dic-20	0,03	0,03	0,03	0,03	<0,03			1
Parámetros	Unidad de medición	Fecha de muestro	Valor-Qda Caracolí- Abajo del cruce con la vía Vereda El Águila Baja	Valor-Qda Honda- Arriba del cruce anillo vial San José	Valor-Qda Honda- Arriba del cruce anillo vial San Jose Abajo del cruce con	Valor-Qda Honda- Arriba del cruce anillo vial San José	Valor-Qda La Chorrera Aguas Arriba de Isla 19	Límite Inferior	Límite Superior	Límite permisible



TRABAJO DE GRADO

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

INFORME DE PRACTICA ACADÉMICA REALIZADA EN LA EMPRESA
GEOCOL CONSULTORES S.A.

PROGRAMA DE GEOLOGÍA

					la vía Vereda El Águila	600m Arriba Isla 5 cruce con vía Icononzo	- Vereda Águila media				
Nitritos	mg/L	3-mar-21	0,03	0,03	0,03	0,03	<0,03			1	
		2-jul-21	0,03	0,03	0,03	0,03	<0,03			1	
		16-sep-21	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02			1	
		6-dic-21	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02			1	
		15-mar-22	0,01	0,01	0,01	0,01	0,27	0,01			1
		5-jun-22	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01			1
		6-sep-22	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03	0,01			1
		2-dic-22	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01			1
Cadmio	mg/L	20-sep-19	0,01	0,01	0,01	0,01	Seco			0,01	
		16-dic-19	0,01	0,01	0,01	0,01	<0,01			0,01	
		4-sep-20	0,01	0,01	0,01	0,01	<0,01			0,01	
		11-dic-20	0,01	0,01	0,01	0,01	<0,01			0,01	
		3-mar-21	0,01	0,01	0,01	0,01	<0,01			0,01	
		2-jul-21	0,01	0,01	0,01	0,01	<0,01			0,01	
		16-sep-21	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003			0,01	
		6-dic-21	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003			0,01	
		15-mar-22	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003			0,01	
		5-jun-22	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003			0,01	
		6-sep-22	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003			0,01	
		2-dic-22	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003			0,01	
Coliformes fecales	NMP/ 100mL	20-sep-19	46,9	72,4	89,2	251	Seco	1000	2000		
		16-dic-19	79	58	47	350	1,8	1000	2000		
		4-sep-20	110	120	280	1000	320	1000	2000		
		11-dic-20	2400	400	20	1300	100	1000	2000		
		3-mar-21	330	83	380	580	920	1000	2000		
		2-jul-21	23	63	8400	120	170	1000	2000		
		16-sep-21	100	1	1	1	1	1000	2000		
		6-dic-21	1	46000	6400	10000	1	1000	2000		
		15-mar-22	1	1100	1	1	200	1000	2000		
		5-jun-22	1	1	1	1	106	1000	2000		
		6-sep-22	1	200	1	1	1	1000	2000		
2-dic-22	106	1	1	1	1	1000	2000				
Parámetros	Unidad de medición	Fecha de muestro	Valor-Qda La Chorrera-Abajo	Valor-Qda La Lindera-A. Arriba		Valor-Qda Los Curos- Arriba	Valor-Qda Los Curos Abajo del	Límite Inferior	Límite Superior	Límite permisible	



			cruce con vía a Isla 19 – Vereda Águila baja	(cruce vía Isla 14 a Isla 7)	Valor Abajo cruce con la vía Vereda Águila baja	vía Vereda Arabia	cruce con la vía Vereda El Águila Baja			
pH	Unidades	23-sep-19	Seco	7,6	7,1	Seco	6,7	4,5	9	
		10-dic-19	7,1	7	7,3	6,8	6,3	4,5	9	
		4-sep-20	7	6,3	6,8	Seco	6,7	4,5	9	
		11-dic-20	5,9	6,2	5,4	6,8	6,3	4,5	9	
		3-mar-21	5,2	5,1	5,4	5,1	6,2	4,5	9	
		2-jul-21	6,4	6,4	6	7,4	7	4,5	9	
		16-sep-21	7,27	6,51	7,65	6,51	7,65	4,5	9	
		6-dic-21	7,27	6,48	7,22	7,98	7,03	4,5	9	
		15-mar-22	6,8	6,8	7,88	7,13	7,3	4,5	9	
		8-jun-22	7,28	7,53	7,58	7,48	7,8	4,5	9	
		13-sep-22	7,16	7,35	7,3	7,6	7,4	4,5	9	
8-dic-22	7,33	6,47	7,89	7,26	7,38	4,5	9			
Conductividad	µS/cm a 25°C	23-sep-19	Seco	64	44	36	30			
		10-dic-19	30	61	59	23	22			
		4-sep-20	30	63	64	Seco	26			
		11-dic-20	37	58	65	98	26			
		3-mar-21	28	59	77	27	24			
		2-jul-21	0,002	65	65	38	28			
		16-sep-21	29,4	65,2	62,5	65,2	62,5			
		6-dic-21	29,4	43,7	73,6	35	26,1			
		15-mar-22	33	34	64,29	293	9			
		8-jun-22	27,2	37,9	55,6	32,6	26,3			
		13-sep-22	29,1	68,1	58,4	30,5	26,2			
8-dic-22	26,7	20,74	70,2	34,4	23,8					
Fenoles Totales	mg/L	23-sep-19	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002			0,002
		10-dic-19	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002			0,002
		4-sep-20	0,002	0,002	0,002	Seco	0,002			0,002
		11-dic-20	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002			0,002
		3-mar-21	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002			0,002
		2-jul-21	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002			0,002
		16-sep-21	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002			0,002
		6-dic-21	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002			0,002
		15-mar-22	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002			0,002
		8-jun-22	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002			0,002



Parámetros	Unidad de medición	Fecha de muestro	Valor-Qda La Chorrera-Abajo cruce con vía a Isla 19 – Vereda Águila baja	Valor-Qda La Lindera-A. Arriba (cruce vía Isla 14 a Isla 7)	Valor Abajo cruce con la vía Vereda Águila baja	Valor-Qda Los Curos- Arriba vía Vereda Arabia	Valor-Qda Los Curos Abajo del cruce con la vía Vereda El Águila Baja	Límite Inferior	Límite Superior	Límite permisible
Fenoles Totales	mg/L	13-sep-22	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002			0,002
		8-dic-22	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002			0,002
Bario	mg/L	23-sep-19	Seco	0,1	0,1	0,1	0,1			1
		10-dic-19	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1			1
		4-sep-20	0,1	0,1	0,1	Seco	0,1			1
		11-dic-20	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1			1
		3-mar-21	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1			1
		2-jul-21	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05			1
		16-sep-21	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05			1
		6-dic-21	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05			1
		15-mar-22	0,05	0,05	0,067	0,05	0,05			1
		8-jun-22	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05			1
		13-sep-22	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05			1
8-dic-22	0,028	0,05	0,057	0,037	0,05			1		
Nitrógeno Amoniacal	mg/L	23-sep-19	Seco	0,3	0,3	0,3	0,3			1
		10-dic-19	<0,3	0,3	0,3	0,3	0,3			1
		4-sep-20	<0,3	0,3	0,3	Seco	0,3			1
		11-dic-20	<0,3	0,3	0,3	0,3	0,3			1
		3-mar-21	<0,3	0,3	0,3	0,3	0,3			1
		2-jul-21	<0,3	0,3	0,3	0,3	0,3			1
		16-sep-21	4	4	4	4	4			1
		6-dic-21	4	4	4	4	4			1
		15-mar-22	4	4	4	4	4			1
		8-jun-22	4	4	4	4	4			1
		13-sep-22	4	4	4	4	4			1
8-dic-22	4	4	4	4	4			1		
Nitritos	mg/L	23-sep-19	Seco	0,03	0,03	0,03	0,03			1
		10-dic-19	<0,03	0,03	0,03	0,03	0,03			1
		4-sep-20	<0,03	0,03	0,03	Seco	0,03			1
		11-dic-20	<0,03	0,03	0,03	0,03	0,03			1
		3-mar-21	<0,03	0,03	0,03	0,03	0,03			1
		2-jul-21	<0,03	0,03	0,03	0,03	0,03			1
		16-sep-21	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02			1
		6-dic-21	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02			1



Parámetros	Unidad de medición	Fecha de muestreo	Valor-Qda La Chorrera-Abajo cruce con vía a Isla 19 – Vereda Águila baja	Valor-Qda La Lindera-A. Arriba (cruce vía Isla 14 a Isla 7)	Valor Abajo cruce con la vía Vereda Águila baja	Valor-Qda Los Curos- Arriba vía Vereda Arabia	Valor-Qda Los Curos Abajo del cruce con la vía Vereda El Águila Baja	Límite Inferior	Límite Superior	Límite permisible
Nitritos	mg/L	15-mar-22	0,01	0,03	0,01	0,02	0,01			1
		8-jun-22	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01			1
		13-sep-22	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01			1
		8-dic-22	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01			1
Cadmio	mg/L	23-sep-19	Seco	0,01	0,01	0,01	0,01			0,01
		10-dic-19	<0,01	0,01	0,01	0,01	0,01			0,01
		4-sep-20	<0,01	0,01	0,01	Seco	0,01			0,01
		11-dic-20	<0,01	0,01	0,01	0,01	0,01			0,01
		3-mar-21	<0,01	0,01	0,01	0,01	0,01			0,01
		2-jul-21	<0,01	0,01	0,01	0,01	0,01			0,01
		16-sep-21	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003			0,01
		6-dic-21	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003			0,01
		15-mar-22	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003			0,01
		8-jun-22	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003			0,01
		13-sep-22	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003			0,01
8-dic-22	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003			0,01		
Coliformes fecales	NMP/ 100mL	23-sep-19	Seco	9,4	34,5	72,4	251	1000	2000	
		10-dic-19	140	170	270	130	49	1000	2000	
		4-sep-20	1100	1200	1,84	Seco	130	1000	2000	
		11-dic-20	200	350	61	230	1000	1000	2000	
		3-mar-21	280	7,8	78	330	1700	1000	2000	
		2-jul-21	280	23	25	94	5,5	1000	2000	
		16-sep-21	1	1300	100	1300	100	1000	2000	
		6-dic-21	1	105	1	1	1	1000	2000	
		15-mar-22	206	1	1	1	1	1000	2000	
		8-jun-22	200	300	1	1	1	1000	2000	
		13-sep-22	1	1	1	200	1	1000	2000	
8-dic-22	1	1	1	1	1	1000	2000			



Universidad de Caldas

TRABAJO DE GRADO

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

INFORME DE PRACTICA ACADÉMICA REALIZADA EN LA EMPRESA
GEOCOL CONSULTORES S.A.

PROGRAMA DE GEOLOGÍA

Parámetros	Unidad de medición	Fecha de muestro	Valor Qda Melgara- Confluencia Quedas. Sector norte Vereda Alto La Palma	Valor Arriba-Qda Melgara- desembocadura del Río Sumapaz Vereda Alto La Palma	Valor-San Andres Aguas arriba cruce con el anillo vial junto a Isla 11	Valor Arriba cruce anillo vial (Isla 1) – Vereda Arabia	Valor Abajo cruce con la vía Vereda Águila baja	Límite Inferior	Límite Superior	Límite permisible
pH	Unidades	24-sep-19	7,8	7,2	6,7	7,4	Seca	4,5	9	
		6-dic-19	7,8	7,5	6,3	6,9	6	4,5	9	
		4-sep-20	6,4	6,8	6,5	6,8	6,4	4,5	9	
		11-dic-20	6,9	5,6	5,3	6,2	5,3	4,5	9	
		3-mar-21	5,2	5	6,3	6,2	4,6	4,5	9	
		2-jul-21	6,3	6,2	6,3	6,2	6,1	4,5	9	
		16-sep-21	7,1	7,79	6,99	6,78	7,61	4,5	9	
		6-dic-21	7,4	7,85	7,4	7,24	8	4,5	9	
		12-mar-22	7,23	7,29	7,15	7,6	7,6	4,5	9	
		8-jun-22	7,99	7,68	7,03	7,58	7,75	4,5	9	
		13-sep-22	7,74	8,34	7,14	7,7	7,47	4,5	9	
		8-dic-22	7,81	7,84	7,24	7,33	7,31	4,5	9	
Conductividad	µS/cm a 25°C	24-sep-19	99	291	59	69	Seca			
		6-dic-19	111	47	24	51	52			
		4-sep-20	224	75	27	78	45			
		11-dic-20	128	58	41	50	41			
		3-mar-21	68	41	26	51	46			
		2-jul-21	117	48	25	65	49			
		16-sep-21	118,2	48,7	28,3	54,6	49,3			
		6-dic-21	95,3	46,8	95,3	49,3	60,9			
		12-mar-22	43,5	92,8	25,1	39	47,14			
		8-jun-22	43,1	71,5	26	45,2	40,6			
		13-sep-22	57,1	196,4	29,8	48,66	56			
		8-dic-22	48,5	43,5	22,5	36,7	42,5			
Fenoles Totales	mg/L	24-sep-19	0,002	0,002	0,002	0,002	Seca			0,002
		6-dic-19	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002			0,002
		4-sep-20	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002			0,002
		11-dic-20	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002			0,002
		3-mar-21	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002			0,002
		2-jul-21	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002			0,002
		16-sep-21	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002			0,002
		6-dic-21	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002			0,002
12-mar-22	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002			0,002		



Parámetros	Unidad de medición	Fecha de muestro	Valor Qda Melgara- Confluencia Quedas. Sector norte Vereda Alto La Palma	Valor Arriba-Qda Melgara- desembocadura del Río Sumapaz Vereda Alto La Palma	Valor-San Andres Aguas arriba cruce con el anillo vial junto a Isla 11	Valor Arriba cruce anillo vial (Isla 1) – Vereda Arabia	Valor Abajo cruce con la vía Vereda Águila baja	Límite Inferior	Límite Superior	Límite permisible	
Fenoles Totales	mg/L	8-jun-22	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002			0,002	
		13-sep-22	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002			0,002	
		8-dic-22	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002			0,002	
Bario	mg/L	24-sep-19	0,1	0,1	0,1	0,1	Seca			1	
		6-dic-19	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1			1	
		4-sep-20	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1			1	
		11-dic-20	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1			1	
		3-mar-21	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1			1	
		2-jul-21	0,076	0,05	0,05	0,05	0,05			1	
		16-sep-21	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05			1	
		6-dic-21	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05			1	
		12-mar-22	0,097	0,08	0,05	0,05	0,05	0,077			1
		8-jun-22	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05			1
		13-sep-22	0,013	0,07	0,015	0,05	0,05	0,05			1
8-dic-22	0,05	0,121	0,032	0,05	0,05	0,051			1		
Nitrógeno Amoniacal	mg/L	24-sep-19	0,3	2,1	0,3	0,3	Seca			1	
		6-dic-19	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3			1	
		4-sep-20	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3			1	
		11-dic-20	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3			1	
		3-mar-21	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3			1	
		2-jul-21	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3			1	
		16-sep-21	4	4	4	4	4			1	
		6-dic-21	4	4	4	4	4			1	
		12-mar-22	4	4	4	4	4			1	
		8-jun-22	4	4	4	4	4			1	
		13-sep-22	4	4	4	4	4			1	
8-dic-22	4	4	4	4	4			1			
Nitritos	mg/L	24-sep-19	0,03	0,044	0,03	0,03	Seca			1	
		6-dic-19	0,137	0,03	0,372	0,03	0,03			1	
		4-sep-20	0,717	0,03	0,03	0,038	0,03			1	
		11-dic-20	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03			1	
		3-mar-21	0,264	0,03	0,03	0,03	0,03			1	
		2-jul-21	1	0,03	0,03	0,03	0,03			1	



Parámetros	Unidad de medición	Fecha de muestro	Valor Qda Melgara-Confluencia Quedas. Sector norte Vereda Alto La Palma	Valor Arriba-Qda Melgara-desembocadura del Río Sumapaz Vereda Alto La Palma	Valor-San Andres Aguas arriba cruce con el anillo vial junto a Isla 11	Valor Arriba cruce anillo vial (Isla 1) – Vereda Arabia	Valor Abajo cruce con la vía Vereda Águila baja	Límite Inferior	Límite Superior	Límite permisible
Nitritos	mg/L	16-sep-21	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02			1
		6-dic-21	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02			1
		12-mar-22	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01			1
		8-jun-22	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01			1
		13-sep-22	0,01	3,49	0,01	0,07	0,01			1
		8-dic-22	0,01	0,04	0,01	0,01	0,01			1
Cadmio	mg/L	24-sep-19	0,01	0,01	0,01	0,01	Seca			0,01
		6-dic-19	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01			0,01
		4-sep-20	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01			0,01
		11-dic-20	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01			0,01
		3-mar-21	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01			0,01
		2-jul-21	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01			0,01
		16-sep-21	0,003	0,05	0,003	0,003	0,003			0,01
		6-dic-21	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003			0,01
		12-mar-22	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003			0,01
		8-jun-22	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003			0,01
		13-sep-22	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003			0,01
		8-dic-22	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003			0,01
Coliformes fecales	NMP/ 100mL	24-sep-19	16,9	142	89,2	247	Seca	1000	2000	
		6-dic-19	23000	1400	84	330	1500	1000	2000	
		4-sep-20	330	20	4500	1000	13000	1000	2000	
		11-dic-20	940	1200	110	790	94	1000	2000	
		3-mar-21	9200	200	200	94	680	1000	2000	
		2-jul-21	63	20	7,8	6,8	130	1000	2000	
		16-sep-21	5400	11	1	1	1	1000	2000	
		6-dic-21	1100	1	1100	1	40000	1000	2000	
		12-mar-22	201	2400	209	1	1	1000	2000	
		8-jun-22	1	1	730	1	1	1000	2000	
		13-sep-22	1	1200	1	1	1			
		8-dic-22	1	1400	1	1	1	1000	2000	

Fuente: Servicios Geológicos Integrados SGI SAS
Geocol Consultores S.A., 2023

7.2 RESULTADOS DE AGUAS SUBTERRÁNEAS PIEZÓMETROS

7.2.1 pH

La Tabla 9 muestra los resultados de pH de los 39 piezómetros analizados para el segundo trimestre del 2022 entre los cuales el 25,64% se encontraban secos, del 74,36% restante se puede determinar que oscilan entre los 4,65 y las 12,10 unidades de pH.

De los antecedentes se puede observar que entre 23 de noviembre del 2020 y el 25 de junio del 2022 el 18,60% de las fuentes de agua subterránea se encontraban secas, mientras que el 81,40% restante oscilan entre los 4,6 y las 12,43 unidades de pH, pero con muy poca variación entre los diferentes semestres muestreados.

Tabla 9 Resultados de pH de los 39 piezómetros

No previstos	Parámetros	Unidad de medición	Fecha de Muestreo 23/11/2020	Fecha de Muestreo 08/07/2021	Fecha de Muestreo 08/11/2021	Fecha de Muestreo 25/06/2022	Fecha de Muestreo 15/12/2022
PZ-01	pH	Unidades	Seco	6,7	7,3	7,1	6,7
PZ-02			6,2	6,6	6,23	6,76	5,76
PZ-03			6,2	4,8	5,90	6,76	5,09
PZ-04			6	6,4	6,12	6,65	6,62
PZ-05			6,1	6,5	7,50	6,34	6,14
PZ-06			6,7	6,6	Seco	7,31	7,08
PZ-07			Seco	Seco	9,33	12,43	12,10
PZ-08			5,8	6	6,31	7,02	6,14
PZ-09			6,4	6,6	7,03	7,56	7,41
PZ-10			5,7	7	5,55	Seco	Seco
PZ-11			Seco	Seco	Seco	Seco	Seco
PZ-12			6,2	6	6,21	5,93	4,65
PZ-13			5,9	6,6	5,80	Seco	Seco
PZ-14			5,3	6,5	7,54	6,92	6,78
PZ-15			6,3	5,7	7,47	6,76	7,24
PZ-16			Seco	Seco	Seco	Seco	Seco
PZ-17			5,1	7	5,70	Seco	5,56
PZ-18			6,2	6,5	6,84	7,23	6,42
PZ-19			6	6,7	5,90	6,70	6,12
PZ-20			6	6,7	5,78	7,22	6,32
PZ-21			6,3	6,7	5,88	6,73	6,55
PZ-22			6,2	6,6	7,41	6,94	7,08

No previstos	Parámetros	Unidad de medición	Fecha de Muestreo 23/11/2020	Fecha de Muestreo 08/07/2021	Fecha de Muestreo 08/11/2021	Fecha de Muestreo 25/06/2022	Fecha de Muestreo 15/12/2022
PZ-23			4,6	6	6,25	Seco	Seco
PZ-24			4,3	4,6	5,18	Seco	Seco
PZ-25			Seco	Seco	8,33	7,04	6,78
PZ-26			6,6	6,5	6,98	7,22	6,63
PZ-27			5,2	8	8,65	9,23	8,83
PZ-28			7,4	5,4	6,65	7,36	6,56
PZ-29			6,8	6,4	7,66	8,35	7,10
PZ-30			5,2	6,7	5,57	6,19	5,87
PZ-31			5,8	6,5	7,32	7,02	6,65
PZ-32			6	6,7	5,80	6,17	5,90
PZ-33			5,8	6,6	5,64	5,97	5,77
PZ-34			5,7	6,4	6,9	7,29	6,43
PZ-35			5,7	6,7	7,30	6,19	6,92
PZ-36			6,3	6,6	6,57	6,88	6,88
PZ-37			Seco	Seco	Seco	Seco	Seco
PZ-38			Seco	7,4	Seco	Seco	Seco
PZ-39			Seco	Seco	Seco	Seco	Seco

Fuente: Servicios Geológicos Integrados SGI SAS
Geocol Consultores S.A., 2023

7.2.2 Bario

La Tabla 10 muestra los resultados del Bario de los 39 piezómetros entre los cuales el 25,64% se encontraban secos, del 74,36% restante se puede determinar que para el mes de diciembre del 2022 el Bario oscila entre los 0,050 y los 2,459 mg /L.

De los antecedentes se puede observar que entre 23 de noviembre del 2020 y el 25 de junio del 2022 el 18,60% de las fuentes de agua subterránea se encontraban secos, mientras que el 81,40% restante oscilan entre los 0,1 y los 0,403 mg/L, pero con muy poca variación entre los diferentes semestres muestreados.

Tabla 10 Resultados de Bario de los 39 Piezómetros

No previstos	Parámetros	Unidad de medición	Fecha de Muestreo 23/11/2020	Fecha de Muestreo 08/07/2021	Fecha de Muestreo 08/11/2021	Fecha de Muestreo 25/06/2022	Fecha de Muestreo 15/12/2022
PZ-01	Bario	mg/l	Seco	0,196	0,124	0,055	0,217
PZ-02			0,1	0,05	0,050	0,050	0,071
PZ-03			0,118	0,071	0,123	0,050	0,096

No previstos	Parámetros	Unidad de medición	Fecha de Muestreo 23/11/2020	Fecha de Muestreo 08/07/2021	Fecha de Muestreo 08/11/2021	Fecha de Muestreo 25/06/2022	Fecha de Muestreo 15/12/2022
PZ-04			0,142	0,101	0,162	0,050	0,431
PZ-05			0,149	0,142	0,050	0,050	0,000
PZ-06			0,13	0,058	Seco	0,050	0,998
PZ-07			Seco	Seco	0,255	0,050	0,170
PZ-08			0,1	0,095	0,05	0,050	0,475
PZ-09			0,1	0,05	0,05	0,050	2,459
PZ-10			0,1	0,173	0,050	Seco	Seco
PZ-11			Seco	Seco	Seco	Seco	Seco
PZ-12			0,132	0,7	0,101	0,050	0,107
PZ-13			0,207	0,136	0,050	Seco	Seco
PZ-14			0,1	0,05	0,050	0,050	0,109
PZ-15			0,1	0,05	0,082	0,050	0,052
PZ-16			Seco	Seco	Seco	Seco	Seco
PZ-17			0,371	0,076	0,050	Seco	0,386
PZ-18			0,232	0,07	0,050	0,087	0,085
PZ-19			0,1	0,05	0,050	0,050	0,159
PZ-20			0,137	2,52	0,050	0,050	0,126
PZ-21			0,194	0,379	0,069	0,050	0,753
PZ-22			0,1	0,05	0,05	0,050	0,169
PZ-23			0,1	0,108	0,050	Seco	Seco
PZ-24			0,33	0,151	0,096	Seco	Seco
PZ-25			Seco	Seco	0,050	0,050	0,148
PZ-26			0,1	0,05	0,050	0,050	0,202
PZ-27			0,1	0,05	0,050	0,050	0,062
PZ-28			0,231	0,093	0,051	0,050	0,186
PZ-29			0,1	0,05	0,050	0,050	0,087
PZ-30			0,1	0,186	0,050	0,050	0,101
PZ-31			0,1	0,05	0,050	0,050	0,134
PZ-32			0,198	0,403	0,050	0,050	0,350
PZ-33			0,1	0,05	0,050	0,050	0,050
PZ-34			0,344	0,182	0,05	0,050	0,733
PZ-35			0,1	0,05	0,050	0,050	0,050
PZ-36			0,1	0,113	0,074	0,050	0,106
PZ-37			Seco	Seco	Seco	Seco	Seco
PZ-38			Seco	0,381	Seco	Seco	Seco
PZ-39			Seco	Seco	Seco	Seco	Seco

Fuente: Servicios Geológicos Integrados SGI SAS
 Geocol Consultores S.A., 2023

7.2.3 Fenoles

La Tabla 11 muestra los resultados de los fenoles de los 39 piezómetros entre los cuales el 25,64% se encontraban secos, del 74,36% restante se puede determinar que se mantiene constante con un valor de 0,002 mg /L de diciembre del 2022.

De los antecedentes se puede observar que entre 23 de noviembre del 2020 y el 25 de junio del 2022 el 18,60% de las fuentes de agua subterránea se encontraban secos, mientras que del 81,40% restante se mantiene constante con un valor de 0,002 mg /L.

Tabla 11 Resultados de Fenoles de los 39 Piezómetros

No previstos	Parámetros	Unidad de medición	Fecha de Muestreo 23/11/2020	Fecha de Muestreo 08/07/2021	Fecha de Muestreo 08/11/2021	Fecha de Muestreo 25/06/2022	Fecha de Muestreo 15/12/2022
PZ-01	Fenoles	mg/l	Seco	0,002	0,002	0,002	0,002
PZ-02			0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
PZ-03			0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
PZ-04			0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
PZ-05			0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
PZ-06			0,002	0,002	Seco	0,002	0,002
PZ-07			Seco	0,002	0,002	0,002	0,002
PZ-08			0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
PZ-09			0,002	Seco	0,002	0,002	0,002
PZ-10			0,002	0,002	0,002	Seco	Seco
PZ-11			Seco	0,002	Seco	Seco	Seco
PZ-12			0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
PZ-13			0,002	0,002	0,002	Seco	Seco
PZ-14			0,002	Seco	0,002	0,002	0,002
PZ-15			0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
PZ-16			Seco	0,002	Seco	Seco	Seco
PZ-17			0,002	0,002	0,002	Seco	0,002
PZ-18			0,003	0,002	0,002	0,002	0,002
PZ-19			0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
PZ-20			0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
PZ-21			0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
PZ-22			0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
PZ-23			0,002	0,002	0,002	Seco	Seco
PZ-24			0,002	0,002	0,002	0,002	Seco
PZ-25			Seco	Seco	0,002	0,002	0,002

No previstos	Parámetros	Unidad de medición	Fecha de Muestreo 23/11/2020	Fecha de Muestreo 08/07/2021	Fecha de Muestreo 08/11/2021	Fecha de Muestreo 25/06/2022	Fecha de Muestreo 15/12/2022
PZ-26			0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
PZ-27			0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
PZ-28			0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
PZ-29			0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
PZ-30			0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
PZ-31			0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
PZ-32			0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
PZ-33			0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
PZ-34			0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
PZ-35			0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
PZ-36			0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
PZ-37			Seco	Seco	Seco	Seco	Seco
PZ-38			Seco	0,002	Seco	Seco	Seco
PZ-39			Seco	Seco	Seco	Seco	Seco

Fuente: Servicios Geológicos Integrados SGI SAS
Geocol Consultores S.A., 2023

7.2.4 Hidrocarburos

La Tabla 12 muestra los resultados de los fenoles de los 39 piezómetros entre los cuales el 25,64% se encontraban secos, del 74,36% restante se puede determinar que se mantiene constante con un valor de 1 mg /L para el mes de diciembre del 2022.


De los antecedentes se puede observar que entre 23 de noviembre del 2020 y el 25 de junio del 2022 el 18,60% de las fuentes de agua subterránea se encontraban secos, mientras que del 81,40% restante oscilan entre los 1 mg /L para el mes de junio de 2022, 4 mg /L para el 2020 y 2021, a excepción PZ-1 el cual tiene un valor de 10,29 mg /L.

Tabla 12 Resultados de Hidrocarburos de los 39 Piezómetros

No previstos	Parámetros	Unidad de medición	Fecha de Muestreo 23/11/2020	Fecha de Muestreo 08/07/2021	Fecha de Muestreo 08/11/2021	Fecha de Muestreo 25/06/2022	Fecha de Muestreo 15/12/2022
PZ-01	Hidrocarburos Totales	mg/l	Seco	10,29	1	1	1
PZ-02			4	4	1	1	1
PZ-03			4	4	1	1	1
PZ-04			4	4	1	1	1

No previstos	Parámetros	Unidad de medición	Fecha de Muestreo 23/11/2020	Fecha de Muestreo 08/07/2021	Fecha de Muestreo 08/11/2021	Fecha de Muestreo 25/06/2022	Fecha de Muestreo 15/12/2022
PZ-05			4	4	1	1	1
PZ-06			4	4	Seco	1	1
PZ-07			Seco	4	1	1	1
PZ-08			4	4	1	1	1
PZ-09			4	Seco	1	1	1
PZ-10			4	4	1	Seco	Seco
PZ-11			Seco	4	Seco	Seco	Seco
PZ-12			4	4	1	1	1
PZ-13			4	4	1	1	Seco
PZ-14			4	Seco	1	1	1
PZ-15			4	4	1	1	1
PZ-16			Seco	4	Seco	Seco	Seco
PZ-17			4	4	1	Seco	1
PZ-18			4	4	1	1	1
PZ-19			4	4	1	1	1
PZ-20			4	4	1	1	1
PZ-21			4	4	1	1	1
PZ-22			4	4	1	1	1
PZ-23			4	4	1	Seco	Seco
PZ-24			4	4	1	Seco	Seco
PZ-25			Seco	Seco	1	1	1
PZ-26			4	4	1	1	1
PZ-27			4	4	1	1	1
PZ-28			4	4	1	1	1
PZ-29			4	4	1	1	1
PZ-30			4	4	1	1	1
PZ-31			4	4	1	1	1
PZ-32			4	4	1	1	1
PZ-33			4	4	1	1	1
PZ-34			4	4	1	1	1
PZ-35			4	4	1	1	1
PZ-36			4	4	1	1	1
PZ-37			Seco	Seco	Seco	Seco	Seco
PZ-38			Seco	4	Seco	Seco	Seco
PZ-39			Seco	Seco	Seco	Seco	Seco

Fuente: Servicios Geológicos Integrados SGI SAS

	TRABAJO DE GRADO	FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
	INFORME DE PRACTICA ACADÉMICA REALIZADA EN LA EMPRESA GEOCOL CONSULTORES S.A.	PROGRAMA DE GEOLOGÍA

8 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Los resultados obtenidos en la caracterización físicoquímica y microbiológica de las fuentes de agua superficial y del agua subterránea durante los meses de septiembre y diciembre de 2022 han sido analizados en relación a los requisitos establecidos en el Decreto 1076 de 2015 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Estos resultados provienen del efluente del sistema de tratamiento de aguas superficiales de los 20 puntos de monitoreo y de los 39 Piezómetros operados por la empresa Perenco Oil And Gas Colombia Limited.

Se han analizado diversos parámetros, tanto físicoquímicos como microbiológicos, como se muestra en las Figuras 7 a la 11 para el agua superficial y en las Figuras 17 a la 20 para el agua subterránea.

Esta evaluación es fundamental para verificar el cumplimiento de los límites y estándares establecidos en la normativa ambiental, lo que garantiza la calidad del agua en el área de influencia del proyecto. La comparación de los resultados con los requerimientos normativos permite identificar cualquier desviación y tomar las medidas adecuadas para garantizar la calidad del agua y su idoneidad para diferentes usos.

8.1 ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE AGUAS SUPERFICIALES

8.1.1 Septiembre

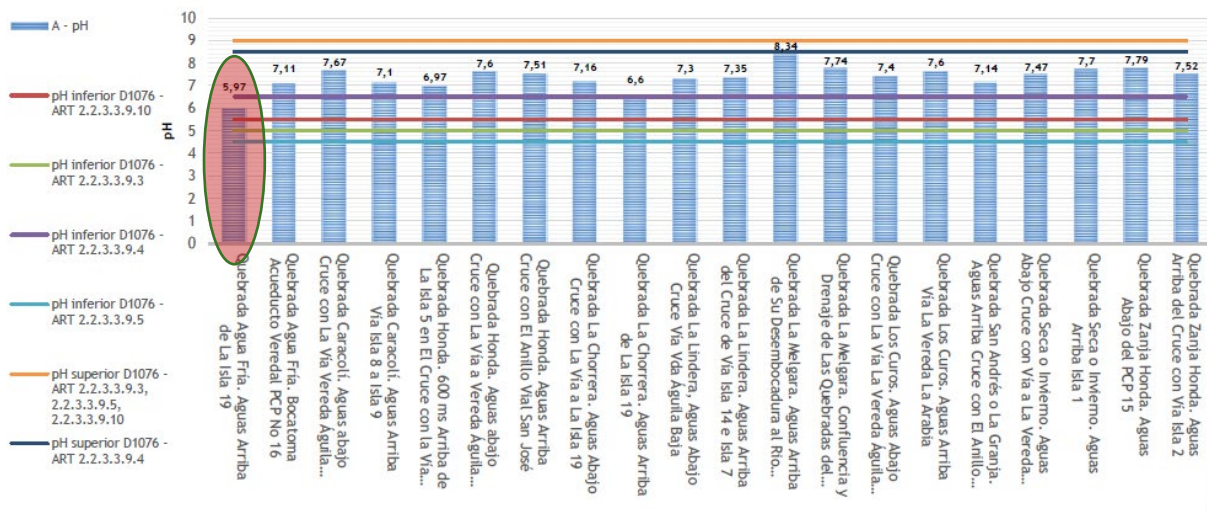
8.1.1.1 pH

En la Figura 7 se puede apreciar el comportamiento del parámetro de pH. En la mayoría de los puntos monitoreados, se observa una tendencia ligeramente alcalina. Es importante destacar que, de los 20 puntos que se han supervisado, el pH no excede los límites máximos establecidos en los siguientes artículos: 2.2.3.3.9.4 "Desinfección y Criterios de Calidad para Consumo Humano y Doméstico", 2.2.3.3.9.3 "Tratamiento Convencional y Criterios de Calidad para Consumo

Humano y Doméstico", 2.2.3.3.9.5 "Criterios de Calidad para uso Agrícola" y 2.2.3.3.9.10 "Criterios De Calidad para Preservación de Flora y Fauna".

Además, es importante notar que los resultados de los puntos monitoreados están por encima del límite inferior especificado en los artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4, 2.2.3.3.9.5, 2.2.3.3.9.10. Sin embargo, es crucial resaltar que el único punto que incumple con los estándares es la Quebrada Agua Fría, ubicada aguas arriba de la Isla 19. En este punto, el registro de pH muestra una diferencia de 5,97 unidades, por debajo del límite mínimo establecido por el artículo correspondiente en el Decreto 1076 de 2015, que es de 6,00 unidades de pH. Aunque la diferencia es de tan solo 0,03 unidades de pH, es esencial tomar medidas para regular los niveles de pH y asegurar el cumplimiento de los criterios normativos.

Figura 7 Análisis Trimestral de Ph para el mes de septiembre del 2022



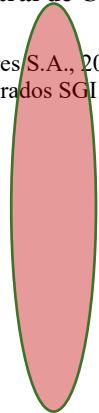
Fuente Geocol Consultores S.A., 2023
Servicios Geológicos Integrados SGI SAS

8.1.1.2 Conductividad

En la Figura 8 según los valores previamente registrados en el análisis de conductividad, es factible categorizar (19) puntos con un nivel de mineralización "Muy Débil". El único punto que se clasificó como "Débil" en cuanto a mineralización es el de la Quebrada la Melgara, aguas arriba de su desembocadura en el Río Sumapaz, ya que su medición arrojó un valor de 196,4 $\mu\text{S}/\text{cm}$

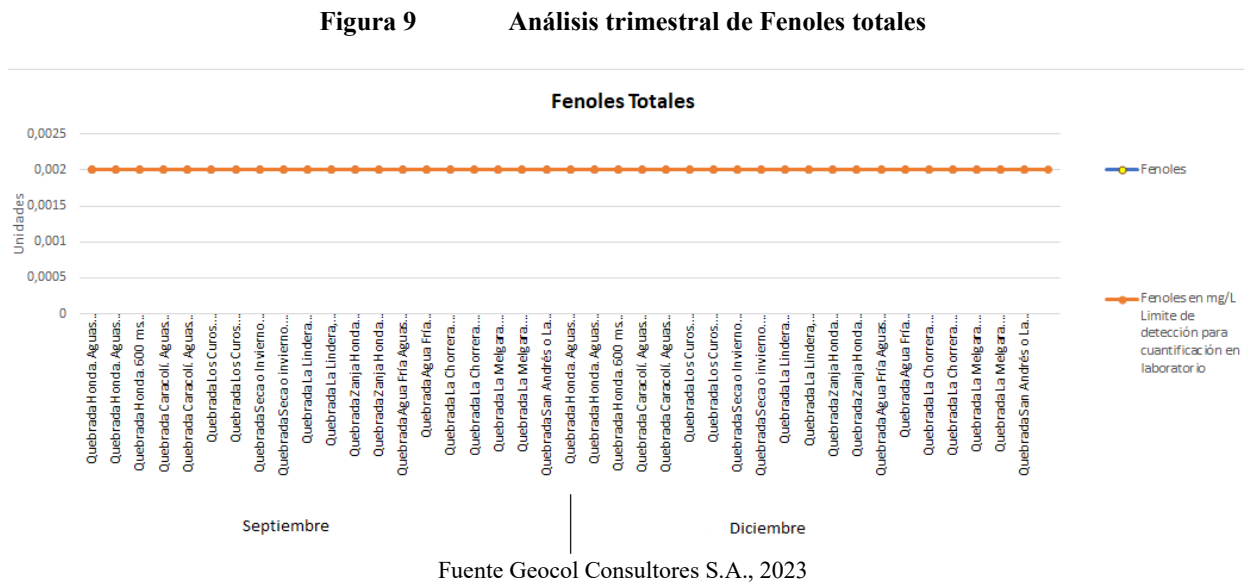
Figura 8 Análisis trimestral de Conductividad

Fuente Geocol Consultores S.A., 2023
 Servicios Geológicos Integrados SGI SAS



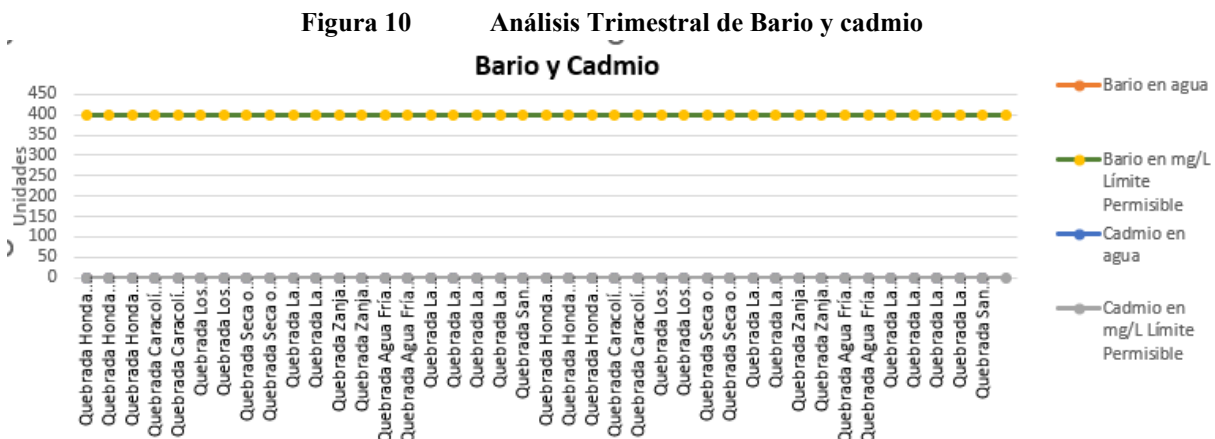
8.1.1.3 Fenoles totales

Como se observa en la Figura 9 en el monitoreo trimestral de septiembre de 2022. En la mayoría de estos puntos, los valores obtenidos se situaron por debajo del límite de cuantificación de los métodos analíticos empleados en el laboratorio.



8.1.1.4 Compuestos metálicos Bario y Cadmio

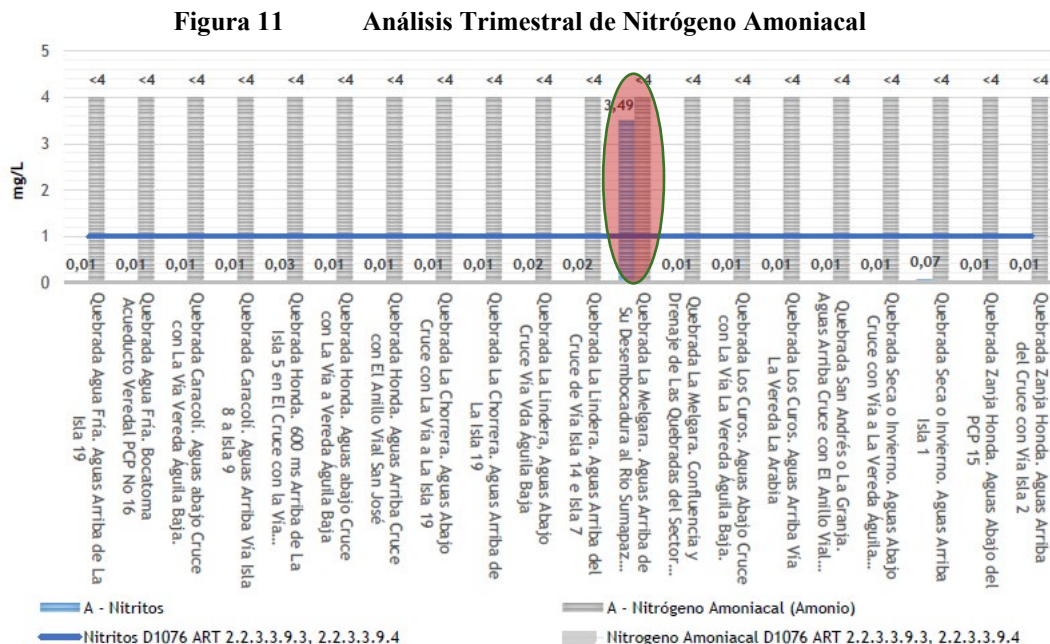
Los valores obtenidos se situaron por debajo del límite de cuantificación de los métodos analíticos empleados en el laboratorio como puede observarse en la Figura 10.



8.1.1.5 Compuestos Nitrogenados (Nitritos y Nitrógeno Amoniacal)

En la Figura 11 se observa que, en relación al parámetro de nitritos, solamente un punto de monitoreo se encuentra por encima del valor establecido en la normativa (Decreto 1076 de 2015).

El punto de la Quebrada la Melgara, aguas arriba de su desembocadura en el Río Sumapaz, registró un valor de 3,49 mg/L, superando el estándar máximo aceptado por la normativa ambiental vigente de 1 mg/L. Esta diferencia es significativa, con un exceso de 2,49 mg/L. Sin embargo, los demás puntos monitoreados en las fuentes superficiales se encuentran dentro de los límites regulados. En cuanto al Nitrógeno Amoniacal, todas las muestras analizadas presentan valores por debajo del límite de cuantificación del laboratorio, que es de 4,00 mg/L. Es importante destacar que, dado que el límite es superior al valor establecido en el Decreto 1076 de 2015, no es posible determinar si se cumple o incumple con la normativa, ya que los resultados tienen una incertidumbre significativa.

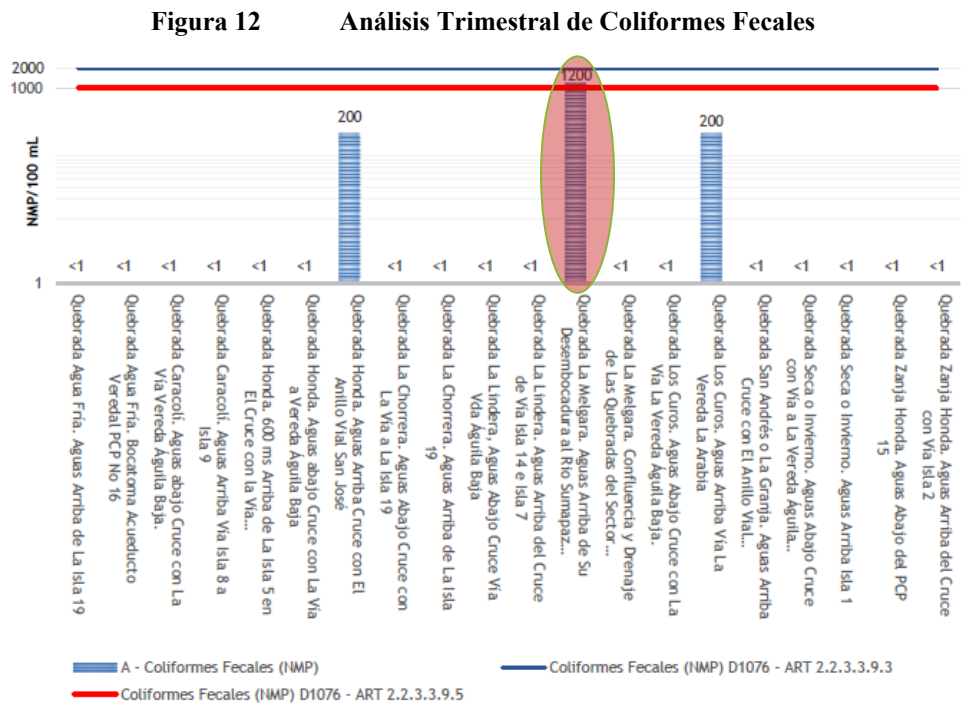


Fuente: Geocol Consultores S.A., 2023, Servicios Geológicos Integrados SGI SAS

8.1.1.6 Coliformes Fecales

En la Figura 12, en cuanto al parámetro de coliformes fecales, se registraron niveles por debajo de 1,00 NMP/100ml en la mayoría de los puntos monitoreados. Los puntos de la Quebrada Honda, aguas arriba del cruce con el Anillo Vía San José, y la Quebrada Los Curos, aguas arriba de la Vía La Vereda La Arabia, reportaron una concentración de 200 NMP/100ml. Sin embargo, el punto que no cumplió con el artículo 2.2.3.3.9.5 "Criterios de calidad para uso agrícola" fue el de la Quebrada La Melgara, Aguas Arriba de su desembocadura en el Río Sumapaz, ya que obtuvo una concentración de 1200 NMP/100ml, sobrepasando el límite máximo por una diferencia de 200

NMP/100ml. Es importante resaltar que, en lo que respecta al artículo 2.2.3.3.9.4 "Desinfección y criterios de calidad para consumo humano y doméstico", todos los puntos cumplieron con los estándares, ya que los valores reportados para cada punto de las fuentes superficiales estuvieron por debajo de 2000 NMP/100ml



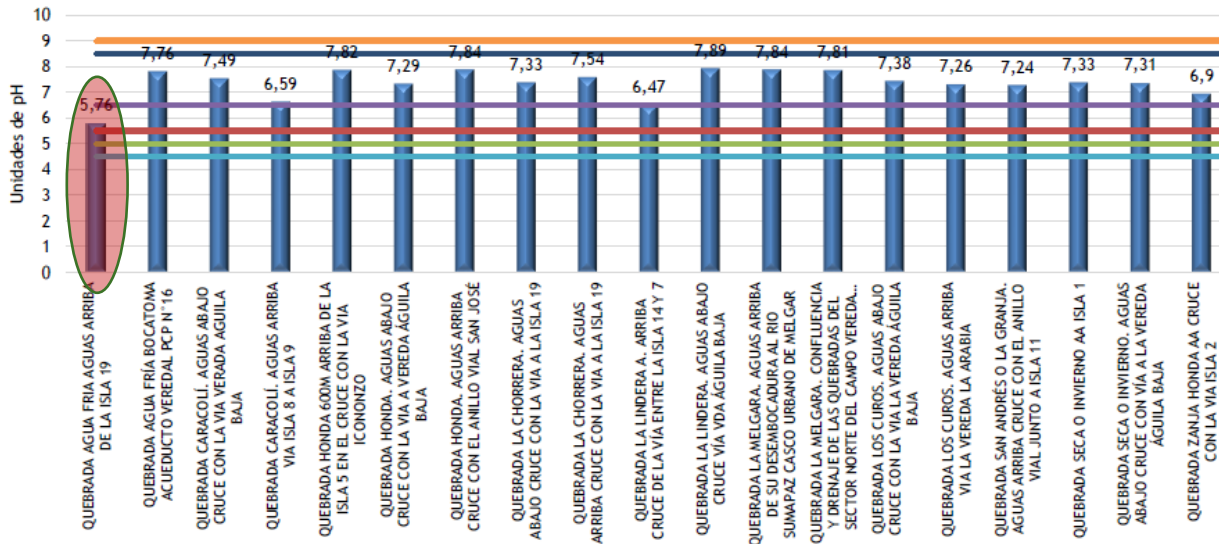
Fuente: Geocol Consultores S.A., 2023
 Servicios Geológicos Integrados SGI SAS

8.1.2 Diciembre

8.1.2.1 pH

En la Figura 13 la mayoría de los puntos monitoreados muestran un comportamiento con una tendencia ligeramente alcalina en el parámetro de pH. De los diecinueve (19) puntos evaluados, se observa que cumplen con los límites máximos y mínimos establecidos en los artículos pertinentes (2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4, 2.2.3.3.9.5, 2.2.3.3.9.10). Sin embargo, el único punto que no cumple con los criterios del artículo 2.2.3.3.9.4 "Desinfección y Criterios de Calidad para Consumo Humano y Doméstico" es la Quebrada Agua Fría, ubicada aguas arriba de la Isla 19, ya que en este punto se registró un valor de pH de 5,76 unidades.

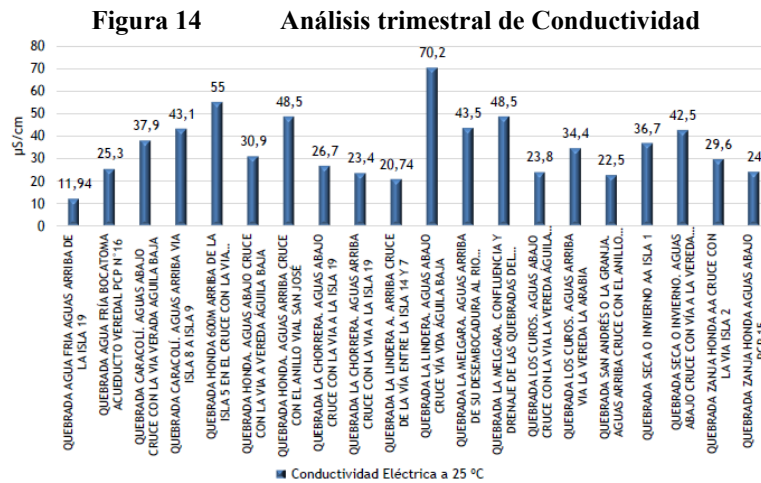
Figura 13 Análisis Trimestral de Ph para el mes de septiembre del 2022



Fuente: Geocol Consultores S.A., 2023
Servicios Geológicos Integrados SGI SAS

8.1.2.2 Conductividad

Según los valores registrados en la Figura 14 para el análisis de conductividad, es posible clasificar que el 100% de las muestras presentan un grado de mineralización "Muy Débil", ya que todos los valores reportados son inferiores a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

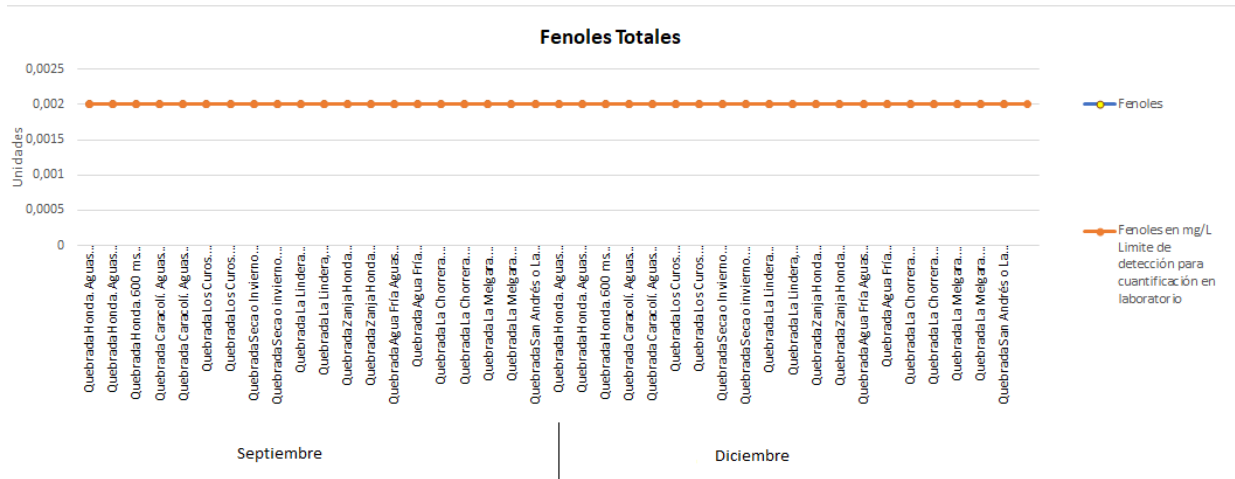


Fuente: Geocol Consultores S.A., 2023 - Servicios Geológicos Integrados SGI SAS

8.1.2.3 Fenoles Totales

Como se observa en la Figura 15 en el monitoreo trimestral de diciembre de 2022. En la mayoría de estos puntos, los valores obtenidos se situaron por debajo del límite de cuantificación de los métodos analíticos empleados en el laboratorio.

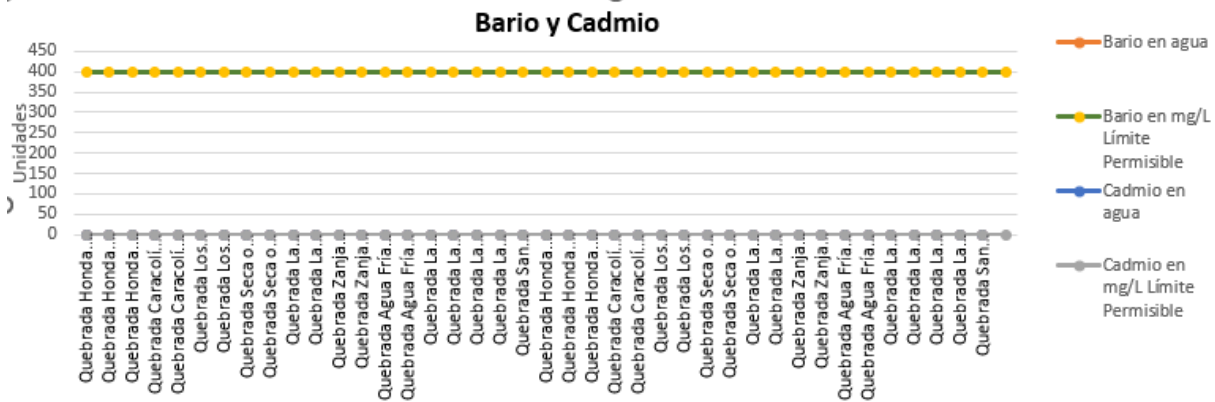
Figura 15 Análisis trimestral de Fenoles totales



8.1.2.4 Compuestos metálicos Bario y Cadmio

Los valores obtenidos se situaron por debajo del límite de cuantificación de los métodos analíticos empleados en el laboratorio como se observa en la Figura 16.

Figura 16 Análisis Trimestral de Bario y cadmio

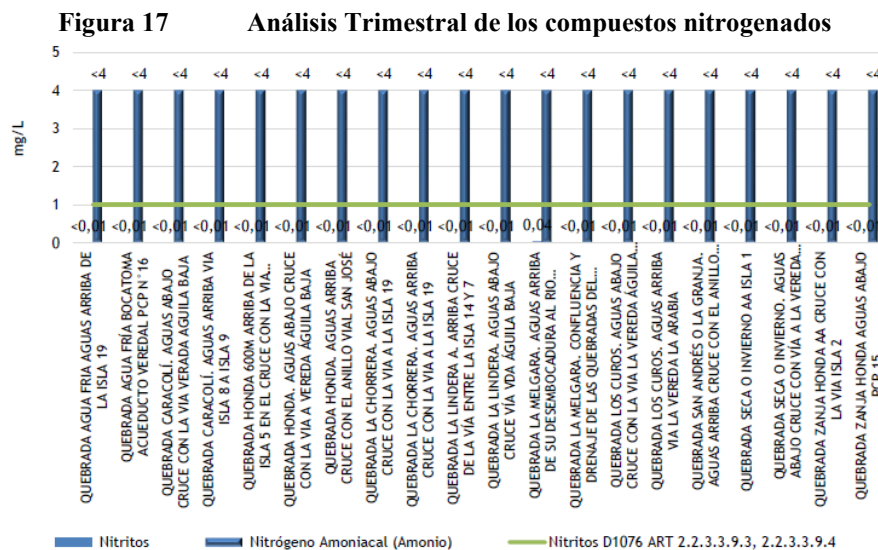


8.1.2.5 Compuestos Nitrogenados (Nitritos y Nitrógeno Amoniacal)

En la Figura 17 los compuestos nitrogenados, específicamente los Nitritos, los cuales están regulados por los artículos 2.2.3.3.9.3 "Tratamiento Convencional y Criterios de Calidad para Consumo Humano y Doméstico" y 2.2.3.3.9.4 "Desinfección y Criterios de Calidad para Consumo Humano y Doméstico" del Decreto 1076 de 2015, que establecen un límite máximo permisible de

1 mg/L, se puede destacar que el 100% de las muestras analizadas informaron valores por debajo del límite de cuantificación utilizado por el laboratorio, lo que demuestra un cumplimiento normativo en este parámetro.

En relación al nitrógeno amoniacal, se observa que la totalidad de las muestras analizadas presentan valores inferiores al límite de cuantificación del laboratorio, que es de 4,00 mg/L. Es importante señalar que este parámetro no cuenta con un límite específico establecido en el Decreto 1076 de 2015. Estos resultados indican que la influencia de estos compuestos en los cuerpos de agua monitoreados es baja.

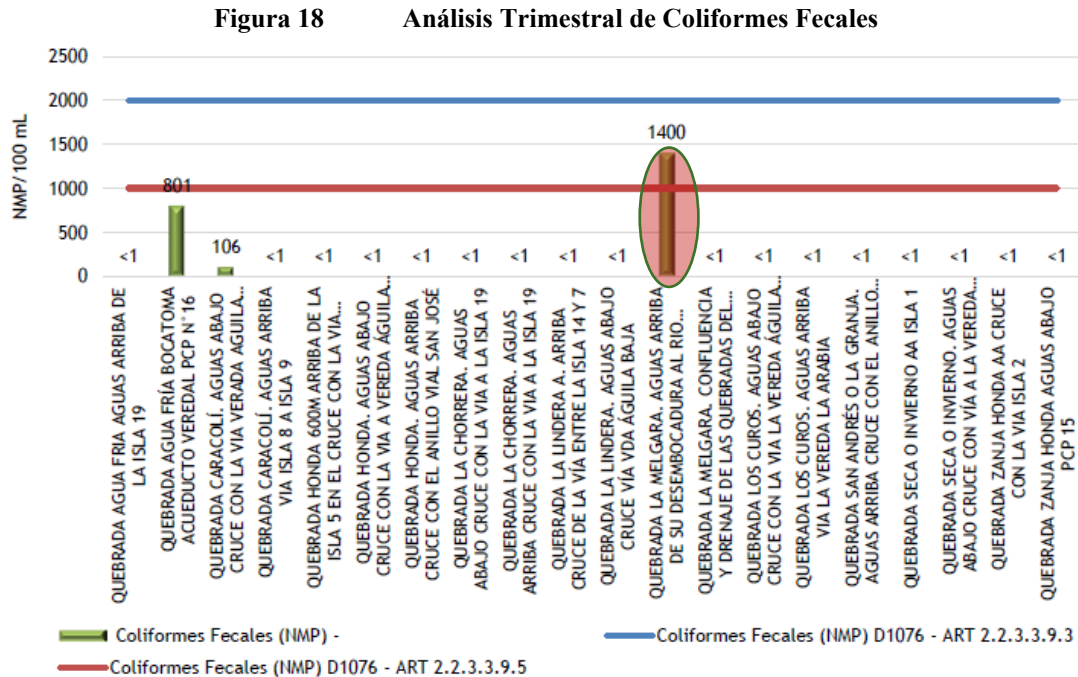


Fuente: Geocol Consultores S.A., 2023 Servicios Geológicos Integrados SGI SAS

8.1.2.6 Coliformes Fecales

En la Figura 18 se observa que, en cuanto al parámetro de coliformes fecales, se registraron valores de <1,00 NMP/100ml en diecisiete (17) muestras recolectadas. Estos resultados, indican la baja o nula presencia de contaminación de origen antrópico o de origen animal en la mayoría de los puntos evaluados. Sin embargo, se observa que los puntos denominados Quebrada Agua Fría Bocatoma Acueducto Veredal PCP N°16, Quebrada Caracolí Aguas Abajo Cruce Con La Via Vereda Águila Baja y Quebrada La Melgara aguas arriba de su desembocadura al Río Sumapaz, casco urbano de Melgar, reportaron valores de 801 NMP/100ml, 106 NMP/100ml y 1400 NMP/100ml respectivamente. Es importante destacar que el punto de la Quebrada La Melgara

incumple con el límite establecido en el artículo 2.2.3.3.9.5 "Criterios de calidad para uso agrícola" al presentar una concentración superior a 1000 NMP/100ml. Esto sugiere una presencia de contaminación en este punto que excede los estándares para el uso agrícola.





Fuente: Geocol Consultores S.A., 2023, Servicios Geológicos Integrados SGI SAS

8.2 ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS-PIEZÓMETROS

Es importante resaltar que el 25,64% de los piezómetros se encontraban secos al momento de realizar el monitoreo.

8.2.1 pH

Como se muestra en la Figura 19 en el análisis de treinta (30) muestras de agua subterránea, se observaron concentraciones que variaron en un rango de 4,65 a 12,1 unidades de pH, indicando una tendencia que va desde ligeramente ácida hasta moderadamente alcalina. Es importante destacar que la muestra con la concentración más alta se registró en el Piezómetro 7 aguas abajo de Isla 2, mientras que la muestra con la concentración más baja correspondió al Piezómetro 12 aguas abajo de Terraza 4.

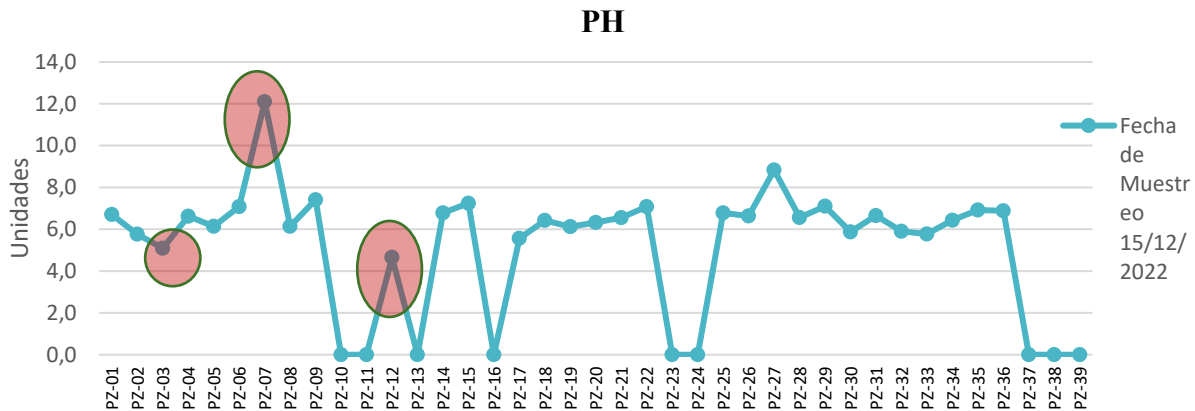
  Universidad de Caldas	TRABAJO DE GRADO	FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
	INFORME DE PRACTICA ACADÉMICA REALIZADA EN LA EMPRESA GEOCOL CONSULTORES S.A.	PROGRAMA DE GEOLOGÍA

Cuando el pH del agua es inferior a 8.3, en la mayoría de las aguas subterráneas naturales, el ion bicarbonato tiende a ser la especie dominante (IGME, s.f.). Por otro lado, la acidez observada en las muestras analizadas, relacionada con los bajos valores de pH, puede ser atribuida a la presencia de dióxido de carbono (CO₂). El CO₂ es un componente común en las aguas naturales y se incorpora al agua a través de la absorción desde la atmósfera. Además, su presencia puede estar relacionada con la descomposición biológica de la materia orgánica (Sierra, 2011).

En cuanto al rango permisible de pH de 4,5 a 9 unidades establecido en el artículo 2.2.3.3.9.5, la mayoría de las muestras cumplen con este criterio, excepto el punto denominado "Piezómetro 7 aguas abajo Isla 2," ya que supera el límite máximo. En lo que se refiere a los límites establecidos en el artículo 2.2.3.3.9.3, veintiocho (28) de los puntos evaluados cumplen con los criterios, mientras que los valores de los puntos "Piezómetro 12 aguas abajo Terraza 4" (4,65 unidades de pH) y "Piezómetro 7 aguas abajo Isla 2" (12,1 unidades de pH) están fuera del rango establecido. En relación a los límites de pH de 6,5 a 8,5 especificados en el artículo 2.2.3.3.9.4, dieciséis (16) de las muestras de agua subterránea cumplen con estos valores. En cuanto a los demás puntos (14), las concentraciones se encuentran por debajo del límite inferior y por encima del límite superior. Respecto al artículo que relaciona los Criterios de Calidad para la Preservación de Flora y Fauna (2.2.3.3.9.10), veintisiete (27) de los puntos cumplen con el rango de pH de 5,5 a 9 unidades. Sin embargo, los puntos "Piezómetro 3 aguas abajo Isla 10," "Piezómetro 7 aguas abajo Isla 2," y "Piezómetro 12 aguas abajo Terraza 4" están por fuera de los límites establecidos.

Estos resultados muestran que la mayoría de las muestras cumplen con los límites de pH establecidos en la normativa, pero existen puntos específicos que superan estos límites, lo que podría requerir una atención especial para garantizar el cumplimiento de los criterios normativos.

Figura 19 Análisis de PH de aguas Subterráneas



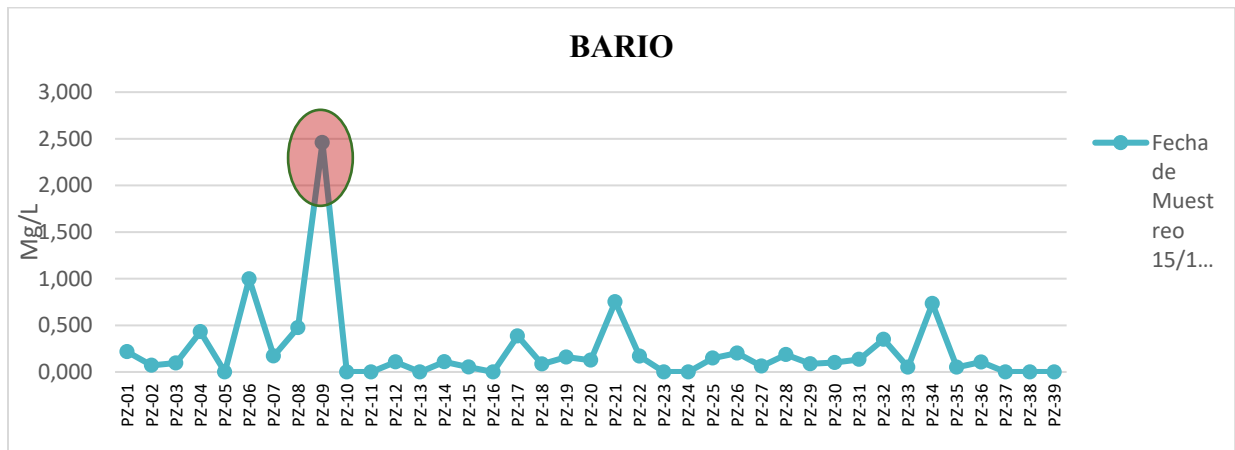
Fuente: Geocol Consultores S.A.,2023

8.2.2 Bario

Se observa en la Figura 20 que la concentración en los treinta (30) piezómetros varió en un rango de <0,05 a 2,459 mg/L, lo que indica cumplimiento normativo en veintinueve (29) de los puntos de acuerdo a los artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4 establecidos en el Decreto Único Reglamentario (D.U.R.) 1076 de 2015. Sin embargo, el punto del Piezómetro 9 aguas arriba de Isla 11 presenta incumplimiento al reportar la concentración más alta que supera el límite permisible.

Es importante destacar que el bario tiene una ocurrencia natural en el agua ambiente, tanto en aguas subterráneas como en superficiales. Esta ocurrencia natural está influenciada por las condiciones geoquímicas locales (Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación, 2004). Esto significa que la presencia de bario en el agua puede variar de acuerdo a las características geológicas y geoquímicas de la zona, y en la mayoría de los casos, los niveles de bario en el agua se mantienen dentro de los límites establecidos por la normativa. Sin embargo, es importante monitorear y tomar medidas cuando se superan estos límites, como en el caso del Piezómetro 9 aguas arriba de Isla 11.

Figura 20 **Análisis de Bario de aguas Subterráneas**

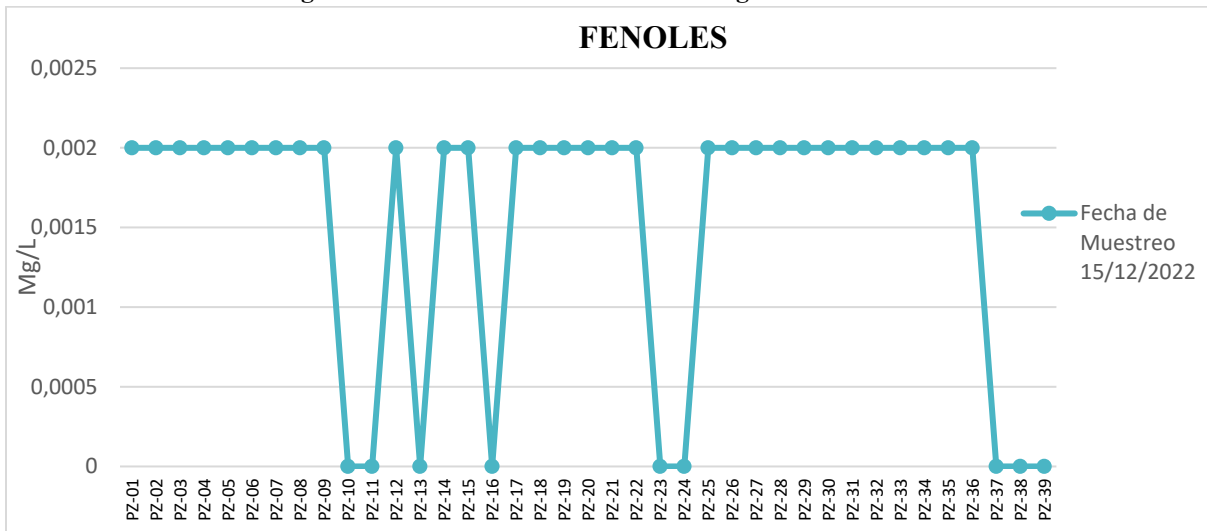


Fuente: Geocol Consultores S.A.,2023

8.2.3 Fenoles

Se observa en la Figura 21 que para la totalidad de las treinta (30) muestras analizadas, los valores registran concentraciones de <0,002 mg/L, lo que significa que están por debajo de los límites permitidos. Esto indica la nula incidencia de los compuestos en las fuentes de agua subterránea, lo que es una buena noticia en términos de la calidad del agua subterránea, ya que no se detectan niveles significativos de estos compuestos en las muestras analizadas.

Figura 21 Análisis de Fenoles de aguas Subterráneas



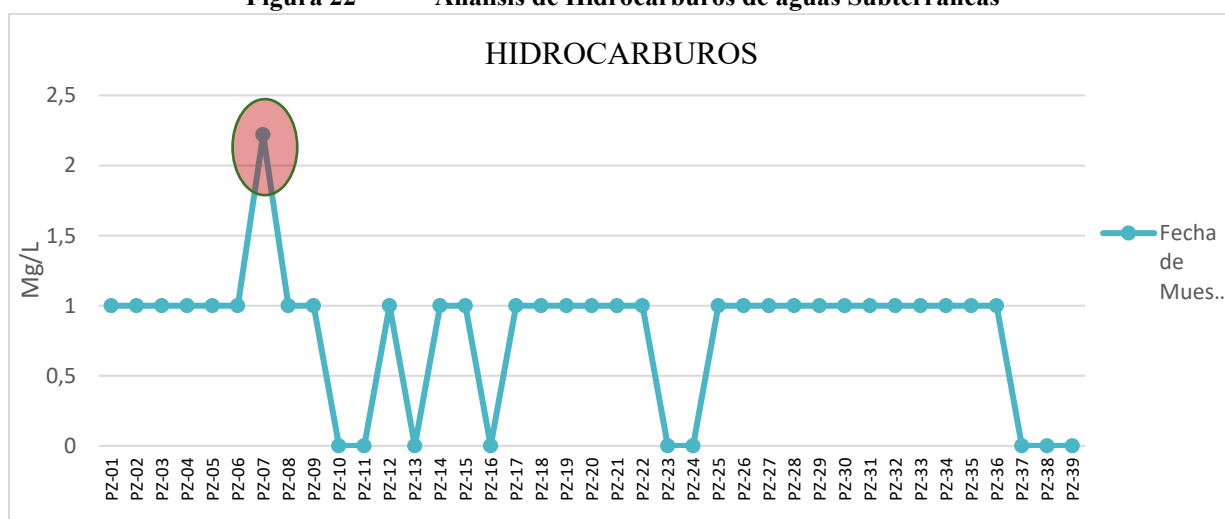
Fuente: Geocol Consultores S.A.,2023

8.2.4 Hidrocarburos


En la Figura 22 se registró que en veintinueve (29) puntos de monitoreo no se superó el límite de cuantificación del método empleado por el laboratorio para hidrocarburos en agua, que es de 1

mg/L. Esto indica que, en la mayoría de los puntos, los niveles de hidrocarburos en el agua se mantuvieron por debajo de este límite de cuantificación. Sin embargo, en el punto del Piezómetro 7 aguas abajo de Isla 2, se registró un valor de 2,22 mg/L, lo que demuestra la presencia de hidrocarburos en dicho piezómetro. Es importante destacar que, para este parámetro, no se establece un límite permisible en la normativa, lo que dificulta determinar el cumplimiento de los resultados encontrados. La detección de hidrocarburos en una muestra de agua puede ser indicativa de posibles fuentes de contaminación que requieren una evaluación y seguimiento adicionales para comprender su origen y magnitud.

Figura 22 Análisis de Hidrocarburos de aguas Subterráneas



Fuente: Geocol Consultores S.A.,2023

	TRABAJO DE GRADO	FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
	INFORME DE PRACTICA ACADÉMICA REALIZADA EN LA EMPRESA GEOCOL CONSULTORES S.A.	PROGRAMA DE GEOLOGÍA

9 INTERPRETACIÓN

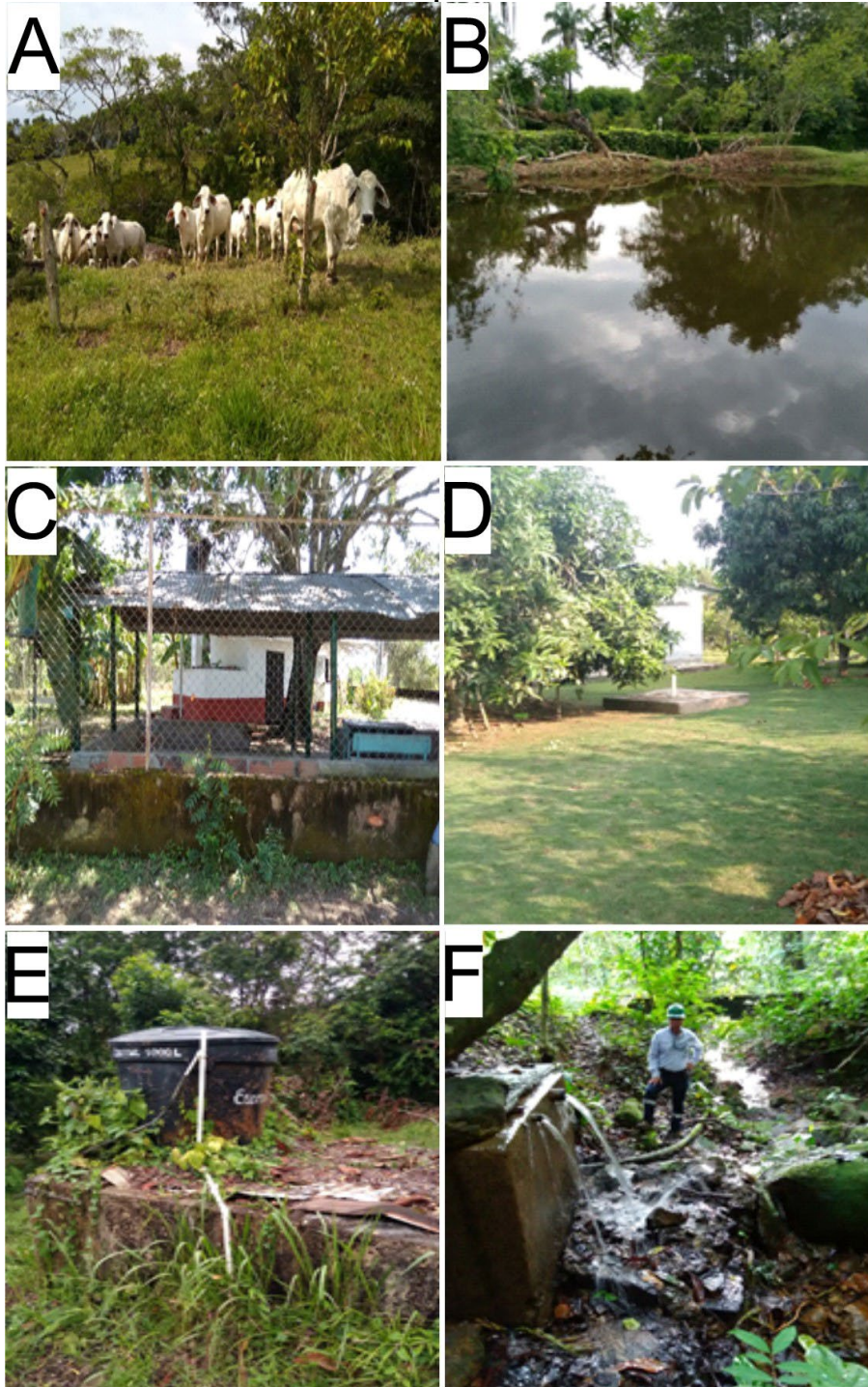
9.1 FUENTES DE AGUA SUPERFICIALES

Para la realización de este punto se tiene en cuenta los resultados con sus antecedentes y los análisis realizados para los meses de septiembre y diciembre. El análisis físicoquímico y bacteriológico de las fuentes de aguas superficiales muestra que la mayoría de las quebradas se encuentran dentro de los rangos establecidos por la normativa vigente. Sin embargo, se observan algunos picos en los diferentes parámetros que están relacionados con actividades antrópicas, como la presencia de efluentes de campos de riego, la cercanía de animales domésticos y viviendas cercanas a las fuentes de agua.


Es importante destacar que la pandemia tuvo un impacto en estas áreas, y durante el período en que estuvo decretada, no se pudieron llevar a cabo análisis físicoquímicos y microbiológicos. Aun así, una vez que se pudieron realizar los estudios, se evidencia que algunos de los picos en los parámetros se produjeron durante el confinamiento. Esto se debe a las actividades antrópicas realizadas por la comunidad durante la pandemia.

De acuerdo con lo observado en las actividades de campo, se puede afirmar que el agua superficial se utiliza en la zona como fuente de abastecimiento para los habitantes en sus actividades cotidianas. Además, se utiliza en actividades pecuarias, ya que el ganado accede a las corrientes de agua para tomarla. También se observa que, en algunos corregimientos, las corrientes superficiales se utilizan como sitios de vertimiento de aguas residuales, en algunos casos tratadas y en otros casos sin ningún tipo de tratamiento. (Ver Figura 23)

Figura 23 Usos identificados en campo A. Actividades económicas - Uso pecuario B Actividades económicas – Criadero de Babillas C Uso del agua en infraestructura social - Escuela. D. Uso del agua en infraestructura social – Finca la esperanza (Pozo profundo). E. Tanque de almacenamiento uso comunitario. F. Punto de captación Veredal



Fuente: Geocol Consultores S.A., 2023.

	TRABAJO DE GRADO	FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
	INFORME DE PRACTICA ACADÉMICA REALIZADA EN LA EMPRESA GEOCOL CONSULTORES S.A.	PROGRAMA DE GEOLOGÍA

La Figura 24 muestra una de las fuentes de emisiones dispersas identificadas durante el trabajo de campo, que corresponden a viviendas familiares. Según las observaciones realizadas, estas viviendas llevan a cabo diversos procesos, como la quema de madera, la quema de residuos y el uso de madera para la cocción de alimentos, entre otros. Estos procesos pueden generar emisiones de contaminantes al aire y tener un impacto en la calidad del entorno ambiental en la zona.

Figura 24 Fuentes fijas dispersas





Fuente: Geocol Consultores S.A., 2023.

9.2 FUENTES DE AGUA SUBTERRÁNEAS (PIEZÓMETROS)

La variabilidad del pH en las muestras de agua subterránea depende en gran medida de la composición de las rocas y minerales con los que entra en contacto el cuerpo de agua. Las características geológicas y geoquímicas de la zona influyen en el pH del agua subterránea, lo que puede dar lugar a una amplia variación en los valores de pH observados en diferentes puntos de monitoreo.

El conocimiento de esta variabilidad es importante para comprender la calidad del agua subterránea en la zona y puede tener implicaciones en su uso y gestión. Es fundamental mantener un monitoreo constante para evaluar cualquier cambio en los valores de pH y tomar las medidas necesarias para preservar la calidad del agua subterránea.



La presencia de bario en el agua puede variar de acuerdo a las características geológicas y geoquímicas específicas de la zona. En la mayoría de los casos, los niveles de bario en el agua se mantienen dentro de los límites establecidos por la normativa. Sin embargo, es crucial llevar a

  Universidad de Caldas	TRABAJO DE GRADO	FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
	INFORME DE PRACTICA ACADÉMICA REALIZADA EN LA EMPRESA GEOCOL CONSULTORES S.A.	PROGRAMA DE GEOLOGÍA

cabo un monitoreo constante y tomar medidas adecuadas cuando los niveles de bario en el agua superan los límites permisibles, como en el caso del Piezómetro 9 aguas arriba de Isla 11. Esto garantiza la protección de la calidad del agua subterránea y la prevención de posibles riesgos para la salud y el entorno ambiental.

En los hidrocarburos totales, se registró que en veintinueve (29) puntos de monitoreo no se superó el límite de cuantificación del método empleado por el laboratorio para hidrocarburos en agua, que es de 1 mg/L. Sin embargo, el punto del Piezómetro 7 aguas abajo de Isla 2 registró un valor de 2,22 mg/L, lo que demuestra la presencia de dicho compuesto en el piezómetro. Es importante destacar que para este parámetro no se establece un límite permisible en la normativa, lo que dificulta determinar el cumplimiento de los resultados encontrados. La detección de hidrocarburos en una muestra de agua puede ser indicativo de una posible contaminación del acuífero, en este caso en particular el origen podría deberse a una posible fuga o derrame en la isla 2 por lo cual se requiere establecer un plan de contingencia y realizar la evaluación para hacer el seguimiento ambiental de la plataforma y así comprender su verdadero origen y magnitud. Las medidas de corrección, mitigación y prevención deben quedar estipuladas en el PMA.



En cuanto a los Compuestos Fenólicos, se observó que en la totalidad de las muestras analizadas arrojaron concentraciones de $<0,002$, valor que se encuentra por debajo del límite permisible. Esto indica que no hay incidencia significativa de estos compuestos en las muestras de agua, lo que es positivo en términos de calidad del agua y la ausencia de contaminación por compuestos fenólicos.

  Universidad de Caldas	TRABAJO DE GRADO	FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
	INFORME DE PRACTICA ACADÉMICA REALIZADA EN LA EMPRESA GEOCOL CONSULTORES S.A.	PROGRAMA DE GEOLOGÍA

10 CONCLUSIONES


Perenco Oil And Gas Colombia Limited, a través del Laboratorio SGI Consultoría e Ingeniería, el cual está acreditado por el IDEAM, llevó a cabo los diversos monitoreos de calidad de agua en todos los cuerpos de agua superficial que se encuentran en el área de influencia de Campo Guando. Los parámetros determinados en estos monitoreos se ajustan, en su mayoría, a los límites admisibles establecidos en el Decreto 1076 de 2015 expedido por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Estos límites, están establecidos en los artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4 y 2.2.3.3.9.5, donde se definen los criterios de calidad permitidos para la destinación del recurso hídrico, ya sea para uso agrícola, consumo humano y doméstico, y se indican los tipos de tratamiento requeridos para su potabilización. En general, la mayoría de los resultados se ajusta a estos límites establecidos, con solo algunas excepciones que se alejan de la tendencia general.

Los resultados de los análisis de monitoreo de las corrientes superficiales en el área de influencia del Campo Guando indican que las condiciones fisicoquímicas del agua no se vieron significativamente afectadas durante el semestre debido a las actividades realizadas por Perenco Oil And Gas Colombia Limited. Sin embargo, es importante destacar que se han evidenciado vertimientos de aguas residuales domésticas sobre los puntos de agua superficial analizados por parte de la comunidad local. Además, se ha observado un aumento en la actividad ganadera en la zona. Estos factores pueden incidir en la calidad del recurso hídrico y requieren una atención especial. Los vertimientos de aguas residuales domésticas pueden introducir contaminantes en las corrientes superficiales, lo que afecta la calidad del agua y puede tener impactos ambientales y de salud pública. El aumento en la actividad ganadera también puede contribuir a la contaminación del agua debido a la escorrentía de nutrientes y desechos de animales, por lo tanto, es esencial que se implementen medidas de control y gestión ambiental para abordar estos problemas, como el tratamiento adecuado de aguas residuales y la regulación de la actividad ganadera para minimizar su impacto en la calidad del agua. El monitoreo continuo y la cooperación entre la empresa, la comunidad y la autoridad ambiental son fundamentales para garantizar la preservación de la calidad del agua en la zona.

  Universidad de Caldas	TRABAJO DE GRADO	FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
	INFORME DE PRACTICA ACADÉMICA REALIZADA EN LA EMPRESA GEOCOL CONSULTORES S.A.	PROGRAMA DE GEOLOGÍA

La comparación entre los antecedentes de los anteriores informes de calidad del agua (ICAs) y el ICA No. 39 sugiere que ha habido un mejoramiento en la calidad del agua en el último año. Varios de los parámetros analizados en los años anteriores habían superado los límites permisibles, tiempo que coincidía con la época de la pandemia lo que podría indicar que el confinamiento provoco un aumento en la actividad ganadera y el en uso de fertilizantes, los cuales fueron siendo contralados hacia el final de la pandemia notándose así un mejoramiento en la calidad del agua durante el 2022.

El confinamiento durante la pandemia pudo haber tenido un impacto en la forma en que se tomaron las medidas para corregir los problemas de calidad del agua. Durante este período, puede haber sido más desafiante realizar un seguimiento continuo de la comunidad y de los puntos de monitoreo debido a las restricciones de movilidad y las medidas de distanciamiento social. Sin embargo, a pesar de estos desafíos, se observa una mejora en la calidad del agua, lo que sugiere que las acciones implementadas para abordar los problemas previos han tenido un impacto positivo.

	TRABAJO DE GRADO	FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
	INFORME DE PRACTICA ACADÉMICA REALIZADA EN LA EMPRESA GEOCOL CONSULTORES S.A.	PROGRAMA DE GEOLOGÍA

11 RECOMENDACIONES


Crear conciencia en las comunidades: Desarrollar programas de educación ambiental para concienciar a las comunidades locales sobre los diferentes usos del agua y su importancia para mejorar la calidad de vida. Esto puede incluir la promoción de prácticas de uso responsable del agua y la participación activa de la comunidad en la preservación de fuentes de agua.

Manejo especial en conjunto con la comunidad: Colaborar con las comunidades locales en el manejo especial de las quebradas que han reportado los mayores niveles de contaminación por uso doméstico. Esto puede incluir la implementación de sistemas de tratamiento de aguas residuales y la regulación de vertimientos domésticos.

Seguimiento de afluentes secos: Continuar haciendo seguimiento de los afluentes que se encontraban secos al momento de recolectar las muestras. Esto es importante para comprender cómo los cambios en los patrones de flujo de agua pueden afectar la calidad del agua y tomar medidas adecuadas.

Considerar los fenómenos climáticos: Tener en cuenta los diferentes fenómenos climáticos y cómo pueden afectar a las comunidades y aumentar los índices de contaminación del agua. Esto implica la adopción de medidas de adaptación a eventos climáticos extremos y la implementación de prácticas de gestión sostenible del agua.

Plan de contingencia: Realizar un seguimiento ambiental y, si es necesario, elaborar un plan de contingencia para el acuífero en el que se tomó la muestra del piezómetro No. 7. Este plan debe formar parte del Plan de Manejo Ambiental (PMA) del proyecto y contemplar acciones específicas para abordar cualquier amenaza potencial a la calidad del agua en esa área.

	TRABAJO DE GRADO	FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
	INFORME DE PRACTICA ACADÉMICA REALIZADA EN LA EMPRESA GEOCOL CONSULTORES S.A.	PROGRAMA DE GEOLOGÍA

12 BIBLIOGRAFÍA

Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. (ATSDR). 1998. *Reseña Toxicológica de los Hidrocarburos Totales de Petróleo (TPH)* (en inglés). Atlanta, GA: Departamento de Salud y Servicios Humanos de los EE.UU., Servicio de Salud Pública.

ATSDR (2007). *Resumen de Salud Pública Barrio*. División de Toxicología y Medicina Ambiental. Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE. UU., Servicio de Salud Pública Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. pp 1-7.

Bermúdez, H. (2004).; *Estratigrafía del Grupo Olini en el borde occidental de la Cuenca del Valle Superior del Magdalena, Colombia*. Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F. Ciudad Universitaria, 2004. 1-37 Pág.

Bermudez, H., Y Morcote, A. (1995). *Análisis estratigráfico del Grupo Olini, del Nivel de Lutitas y Arenas (Shale de Buscavida) y de la Formación Monserrate en los alrededores del Valle de San Juan y San Luis, Tolima*. Bogotá. Trabajo de grado (Geólogo) Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Geociencias. 102 p.

Bürgl, H. Y Dumit, Tobón, Y. (1954). *El Cretáceo Superior en la región de Girardot*, Boletín Geológico, Servicio Geológico Nacional. Bogotá. Vol. 2, N°1, pp. 32-36.

Castrillo M., Pernía B., De Sousa A. y Reyes R. (2012). *Utilization of different aspects associated with cadmium tolerance in plants to compare sensitive and bioindicator species*. En: *Phytotechnologies: remediation of environmental contaminants* (N. Anjum, M.E. Pereira, I. Ahmad, A.C. Duarte, S. Umar y N.A. Khan, Eds.). CRC Press, Nueva York, EUA, pp. 427-44.

De Porta, J. (1965). *Estratigrafía del Cretácico Superior y el Terciario en el extremo sur del Valle Medio del Magdalena*. Boletín Geológico Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga. Vol. 19, N° 5. pp. 14-18.



Decreto 1076 de 2015 Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Etayo-Serna, F., Cáceres-Girón, C. (1969): *Memoria del Primer Congreso Colombiano de Geología*, agosto 4-8 de 1969, Ciudad Universitaria, Universidad Nacional de Colombia, 438 p, Bogotá.

Filipič M. (2012). *Mechanisms of cadmium induced genomic instability*. *Mutat. Res.* 733 (1 -2), 69-77. DOI: 10.1016/j.mrfmmm.2011.09.002.

Franco, R. Y Gómez, H., (1978). *La geología del Valle alto del Magdalena y áreas circundantes mediante el uso de imágenes ERTS*. *Revista CIAF*, Volumen 4, No. 1, p: 39-44. Bogotá.

Geocol Consultores S.A., (2023) *Informe De Cumplimiento Ambiental Campo Guando Junio a Diciembre de 2022*-pp 1-51.

  Universidad de Caldas	TRABAJO DE GRADO	FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
	INFORME DE PRACTICA ACADÉMICA REALIZADA EN LA EMPRESA GEOCOL CONSULTORES S.A.	PROGRAMA DE GEOLOGÍA

Guerrero, J. & Sarmiento, G. (1996): Estratigrafía Física, Palinológica, Sedimentológica y Secuencial del Cretácico Superior y Paleoceno del Piedemonte Llanero. Implicaciones en Exploración Petrolera. - Geología Colombiana, n. 20, p. 3-66, 9 Figs., Bogotá.

Guerrero, J. (1997). *Stratigraphy, sedimentary environments, and the Miocene uplift of the Colombian Andes. Vertebrate Paleontology in the Neotropics*, 15–4.

Guerrero, J., Sarmiento, G. Y Navarrete, R. (2000). *The stratigraphy of the W side of the Cretaceous Colombian Basin in the Upper Magdalena Valley. Reevaluation of selected areas and type localities including Aipe, Guaduas and Piedras*. Geología Colombiana. Bogotá. Vol. 25. pp. 45-110.

Hettner, A. (1892). *Die Kordilleren Von, Bogotá. Peterm. Mitt. Erg.Bd. 22, Heft N" 104*, pp. 1-131. Ingeominas, Bogotá.

Hubach, E, (1957): Contribución a las unidades estratigráficas de Colombia. - Informe No. 1212, Instituto Geológico Nacional, Bogotá, 166 p.

Hubach, E. (1931). Geología Petrolífera del Departamento de Norte de Santander. Serv. Geol. Nal., Informe 176, inédito, parte A, pp. 1-218; parte B, pp. 219-246; parte C (láminas), 26 lam. Bogotá.

IDEAM, (2014) Estudio Nacional del Agua. Bogotá, D. C., 2014 496 páginas.

IDEAM, (2006) Programa de Fisicoquímica Ambiental. Fenoles en agua por Destilación y determinación espectrofotométrica. Bogotá, pp 1-8.



INGEOMINAS, (2008) Zonificación de amenaza por movimientos en masa tipo flujo en la cuenca del Río Combeima – Ibagué – Tolima. Geología Estructural, pp-1-56.

IGME. (s.f.). Instituto Geológico y Minero De España. Obtenido de https://aguas.igme.es/igme/publica/libro43/pdf/lib43/1_1.pdf.

Triviño-Torres, J. (1993), interpretación geotectónica e ingenieril en las subcuencas de Honda y Girardot, en imágenes de sensores remotos. pp 1-14.

Jullvert, M. (1968): Léxico Estratigráfico Internacional, Vol. 5, América Latina, Fascículo 4a Colombia, Primera parte. -Centre National de la Recherche Scientifique, París, 651 p.

Martinez, J.1. & Vergara, L.E. (1999): La Sucesión Paleoambiental del Cretácico de la Región de Tequendama y Oeste de la Sabana de Bogotá, Cordillera Oriental Colombiana. Geología Colombiana 24, pgs. 107-147, Santa fe de Bogotá.

  Universidad de Caldas	TRABAJO DE GRADO	FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
	INFORME DE PRACTICA ACADÉMICA REALIZADA EN LA EMPRESA GEOCOL CONSULTORES S.A.	PROGRAMA DE GEOLOGÍA

Molina, E. Hernández, L. Gómez Ruíz, H. Cañizares, M. (2003) Determinación de nitratos y nitritos en agua. Comparación de costos entre un método de flujo continuo y un método estándar. Revista de la Sociedad Química de México, Vol. 47, Núm. 1 (2003) 88-92.

Morcote, A. Y Bermudez, A. (1997). Control Tectónico y eustático en el registro estratigráfico del Cretácico superior al noroccidente del Valle Superior del Magdalena. Memorias del VII Congreso colombiano de Geología, Bogotá, pp. 135- 145.

Munn, Cb. (2004) Marine Microbiology: ecology and applications. New York: BIOS Scientific Publisher.

Patarroyo, P. (1993): Las Formaciones Cretácicas Hondita y Lomagorda a propósito de la nomenclatura estratigráfica del Valle Superior del Magdalena. - VI Congreso Colombiano de Geología, Memorias 111: 803-814, Medellín.

Pernía B., Sousa A. D. E., Reyes R. y Castrillo M. (2008). Biomarcadores de contaminación por cadmio en plantas. Interciencia 33 (2), 112-119.

Petters, V., (1954). *Tertiary and upper cretaceous foraminifera from Colombia, S.A., Contributions Cushman Foundation Foraminiferal Research. Ithaca, USA.* Vol. 5, part 1, N° 99, 38 pp.

PureWater S.A.S (2019). ¿Qué es el pH del agua? Recuperado de <https://purewater.com.co/que-es-el-ph-del-agua/#:~:text=El%20rango%20normal%20de%20pH,determinar%20la%20corrosividad%20del%20agua.>



Ramos-Ortega, L. A. Vidal, Vilarly, S. Saavedra-Díaz, L. (2008) Análisis De La Contaminación Microbiológica (Coliformes Totales Y Fecales) En La Bahía De Santa Marta, Caribe Colombiano. Acta biol. Colomb., Vol. 13 No. 3, 2008 87 – 98.

Renzoni, G. (1963): Apuntes acerca de la litología y tectónica de la zona al este y sureste de Bogotá. - Boletín Geológico 10(1- 3): 59-79. Servicio Geológico Nacional, Bogotá.

Servicio Geológico Colombiano (2012). Documento Metodológico de la Zonificación de Susceptibilidad y Amenaza Relativa por Movimientos en Masa escala 1:100.000. 135, p. 2012

Servicios Geológicos Integrados SGI SAS (2022). Caracterización fisicoquímica y microbiológica de aguas subterráneas ubicados en el área de influencia del Campo Guando semestral – diciembre 2022, pp 1-115.

Servicios Geológicos Integrados SGI SAS (2022). Caracterización trimestral fisicoquímica y microbiológica del agua superficial (quebradas) del área de influencia de Campo Guando - diciembre 2022, pp 1-143.

  Universidad de Caldas	TRABAJO DE GRADO	FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
	INFORME DE PRACTICA ACADÉMICA REALIZADA EN LA EMPRESA GEOCOL CONSULTORES S.A.	PROGRAMA DE GEOLOGÍA

Servicios Geológicos Integrados SGI SAS (2022). Informe de laboratorio caracterización trimestral físicoquímica y microbiológica del agua superficial (quebradas) del área de influencia de Campo Guando - septiembre 2022-pp 1-138.

Sierra, C. A. (2011). *Calidad del Agua, Evaluación y Diagnóstico*. Medellín: Universidad de Medellín, Ediciones de la U.

Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación. (2004). *Desarrollo de niveles guía nacional de calidad de agua ambiente correspondientes a Bario*. Argentina.

Terraza R, Caicedo J, Jiménez D, Morales C, (2002) Memoria explicativa, Mapa geológico de Colombia GEOLOGÍA DE LA PLANCHA 264 ESPINAL Escala 1:100.00, INGEOMINAS pp.1-128.

Torres-Quintero, M. F. (2019). Comparación estratigráfica y sedimentológica de afloramientos del grupo Honda (Serravalliano) en el municipio de Villavieja (Huila, Colombia), con la sección tipo del grupo Honda en el municipio de Honda (Tolima, Colombia) Universidad de los Andes.pp 1-174.

Vergara, L. (1994): Stratigraphic, micropaleontologic and organic geochemical relations in the Cretaceous of the Upper Magdalena Valley, Colombia. - *Giessener Geologische Schriften* 50: 1-179, Giesse.

Weather Spark (2022). Recuperado de: <https://es.weatherspark.com/y/23359/Clima-promedio-en-MelgarColombia-durante-todo-el-a%C3%B1o#Figures-Temperature>.