


	GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS						  
	CARTA DE AUTORIZACIÓN						
CÓDIGO	AP-BIB-FO-06	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	1 de 2

Neiva, 5 de abril de 2016

Señores





CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Ciudad

El (Los) suscrito(s): Ana María Cruz Collazos, con C.C. No. 1'083.904.930, Andrea del Pilar Alvarez Fuentes, con C.C. No. 1'075.230.529, Diana Milena Alvarez Fuentes, con C.C. No. 26.421.465, autor(es) de la tesis y/o trabajo de grado titulado "CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA DE LOS INDICIOS SUPERFICIALES DE HIDROCARBUROS EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA. SECTOR CENTRO Y NORTE, GRUPO AGUILA" presentado y aprobado en el año 2016 como requisito para optar al título de Ingeniería de Petróleos; autorizo (amos) al CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN de la Universidad Surcolombiana para que con fines académicos, muestre al país y el exterior la producción intelectual de la Universidad Surcolombiana, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en los sitios web que administra la Universidad, en bases de datos, repositorio digital, catálogos y en otros sitios web, redes y sistemas de información nacionales e internacionales "open access" y en las redes de información con las cuales tenga convenio la Institución.
- Permita la consulta, la reproducción y préstamo a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato Cd-Rom o digital desde internet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer, dentro de los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia.
- Continúo conservando los correspondientes derechos sin modificación o restricción alguna; puesto que de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación del derecho de autor y sus conexos.

	GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS						  
	CARTA DE AUTORIZACIÓN						
CÓDIGO	AP-BIB-FO-06	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	2 de 2

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, “Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores”, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

EL AUTOR/ESTUDIANTE:





Firma: ANA MARÍA CEUT CUAZOS

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma: Andreo Alvarez F.

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma: (Cruz Cuazos)

	GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS						  
	DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO						
CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	1 de 3

TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO:

AUTOR O AUTORES:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Cruz Collazos	Ana María
Alvarez Fuentes	Andrea del Pilar
Alvarez Fuentes	Diana Milena

DIRECTOR Y CODIRECTOR TESIS:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Vargas Cuervo	Roberto
Morales Mondragón	Haydeé

ASESOR (ES):

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre

PARA OPTAR AL TÍTULO DE: Ingeniero de Petróleos

FACULTAD: Ingeniería

PROGRAMA O POSGRADO: Ingeniería de Petróleos

CIUDAD: Neiva






AÑO DE PRESENTACIÓN: 2016

NÚMERO DE PÁGINAS:

TIPO DE ILUSTRACIONES (Marcar con una X):

Diagramas Fotografías Grabaciones en discos Ilustraciones en general Grabados Láminas
 Litografías Mapas Música impresa Planos Retratos Sin ilustraciones Tablas o Cuadros

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional www.usco.edu.co, link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.

	GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS				   		
	DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO						
CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	2 de 3

SOFTWARE requerido y/o especializado para la lectura del documento:

MATERIAL ANEXO: 6 mapas.

PREMIO O DISTINCIÓN (*En caso de ser LAUREADAS o Meritoria*): Meritoria

PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:

<u>Español</u>	<u>Inglés</u>	<u>Español</u>	<u>Inglés</u>
1. Rezumadero	Sipe	6. Petróleo	Petroleum
2. Geología	Geology	7. Estratigrafía	Stratigraphy
3. Petrografía	Petrography	8. Roca metamórfica	Metamorphic rock
4. Basamento	Basement	9. Roca sedimentaria	Sedimentary rock
5. Roca ígnea	Igneous rock	10. Afloramiento	Outcrop

RESUMEN DEL CONTENIDO: (Máximo 250 palabras)

El presente artículo contiene el resultado del proceso investigativo liderado por el Geólogo Roberto Vargas Cuervo, y un grupo de tesisistas denominado Grupo Águila, quienes culminan con este estudio, el Macroproyecto constituido por seis (6) sub-proyectos sobre la caracterización de los rezumaderos del departamento del Huila. El área de estudio del Grupo Águila corresponde a 3 Zonas localizadas en los municipios de Aipe Zona 1 con 2 puntos, Neiva Zona 2 con 5 puntos y Zona Tesalia con 1 punto, de las cuales se tuvo en cuenta la información cartográfica facilitada por la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH). En las 3 Zonas de estudio se realizaron los siguientes procedimientos: Localización geográfica, estratigrafía, petrografía y análisis de la geología estructural; En la Zona 1, al encontrarse 2 rezumaderos, AGc y AGs, se hizo análisis petrofísico de fluidos determinándose así al crudo encontrado en el punto AGc: Gravedad API, Gravedad Específica, BSW (contenido de agua y sedimentos), Salinidad, Flash Point y Fire Point.



GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS

DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO



CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	3 de 3
---------------	---------------------	----------------	----------	-----------------	-------------	---------------	---------------

ABSTRACT: (Máximo 250 palabras)

This article contains the results of the research process led by geologist Roberto Vargas Cuervo, and a group of postgraduate students called Eagle Group, who culminate with this study, the Macro-project consisting of six (6) sub-projects on the characterization of the seeps the department of Huila. The study area Eagle Group corresponds to 3 zones located in the municipalities of Aipe Zone 1 with 2 points, Neiva Zone 2 with 5 points and Zone Tesalia with 1 point, of which the cartographic information provided by the National Agency of Hydrocarbons (ANH). 3 Zones in the study the following procedures were performed: Geographical location, stratigraphy, petrography and analysis of structural geology; In Zone 1, finding 2 seeps, AGc and AGs, petrophysical analysis of fluids was so determined to crude found in the AGc point: Gravity API, Specific Gravity, BSW (water content and sediments), Salinity, Flash Point and Fire Point.

APROBACION DE LA TESIS

Nombre Presidente Jurado: Jorge Orlando Mayorga Bautista

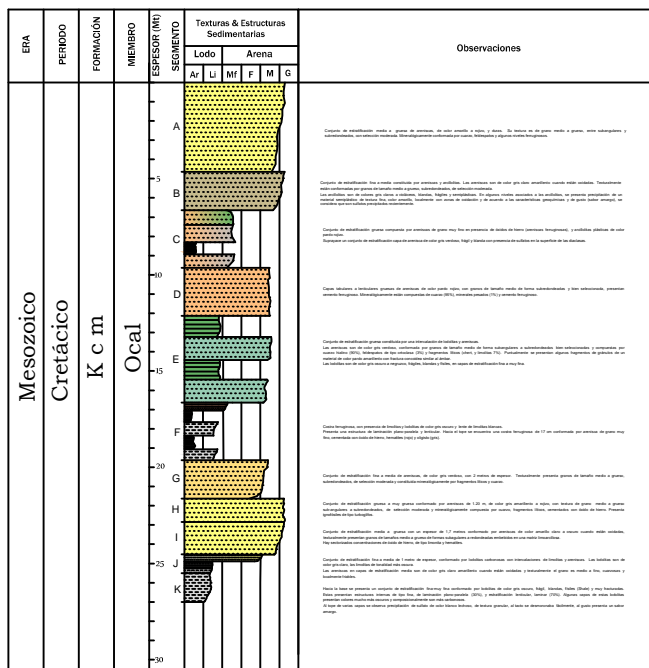
Firma:

Nombre Jurado: Isauro Trujillo Vásquez

Firma:

Nombre Jurado: Jorge Orlando Mayorga Bautista

Firma:



UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

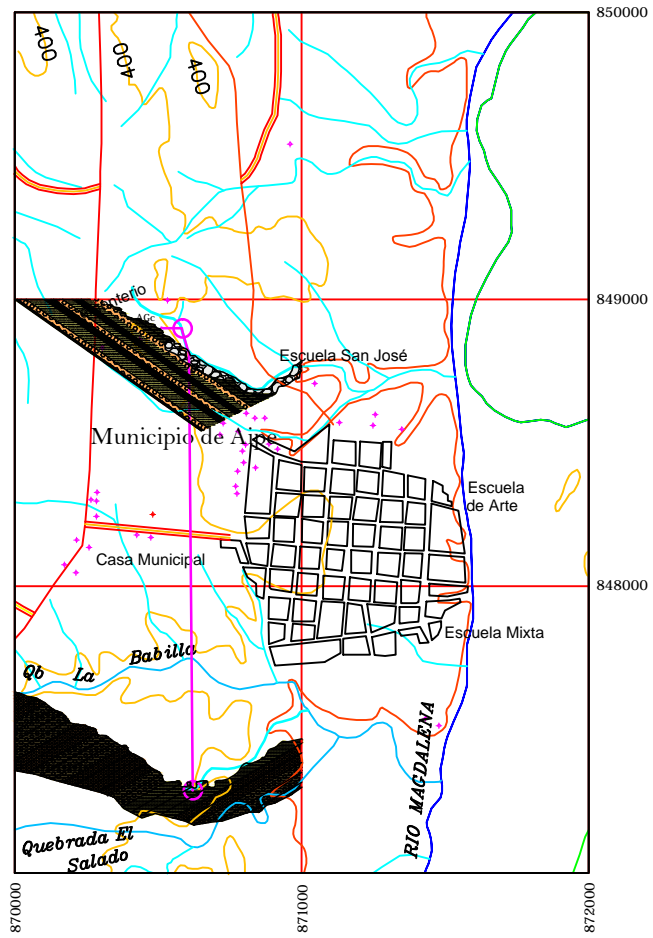


Fecha: 2016
 Plano N°: 1 De: 1
 Escala: 1: 1.000

Proyecto: CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA DE LOS INDICIOS SUPERFICIALES DE HIDROCARBUROS EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA - GRUPO ÁGUILA
 Dibujó: ANA MARÍA CRUZ COLLAZOS

Nombre: COLUMNA ESTRATIGRÁFICA - ZONA SULFATADA CARACTERIZACIÓN "ÁGUILA"
 Elaboró: GRUPO ÁGUILA





CONVENCIONES LITOLÓGICAS

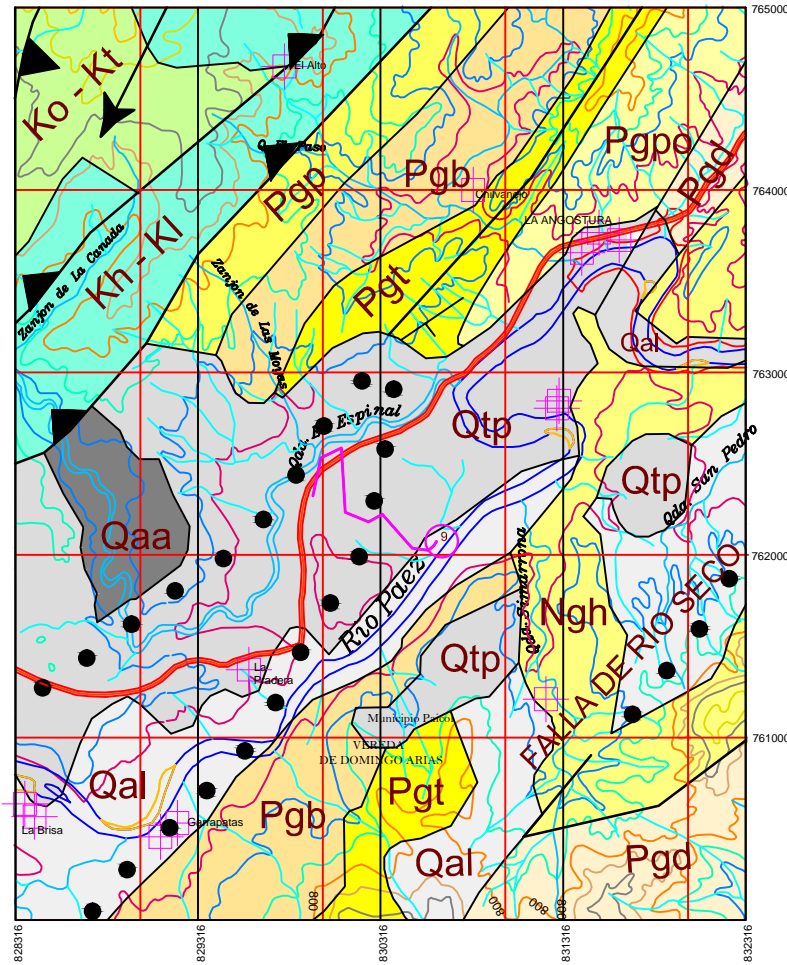
-  Areniscas
-  Conglomerados
-  Areniscas conglomeráticas
-  Depósitos de ladera

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA



Fecha: 2015 Plano N°: 5 De: 5 Escala: 1: 25.000	Proyecto: CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA DE LOS INDICIOS SUPERFICIALES DE HIDROCARBUROS EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA - GRUPO ÁGUILA	Nombre: MAPA GEOLÓGICO Y TOPOGRÁFICO AIPE - HUILA CARACTERIZACIÓN "ÁGUILA"
	Observaciones: TOMADO DE LA PLANCHA TOPOGRÁFICA 302-IV-D DEL IGAC	
	Dibujó: ANA MARÍA CRUZ COLLAZOS	Elaboró: GRUPO ÁGUILA





LEYENDA GEOLÓGICA

PALEÓGENO	Qal	Depósitos aluviales
	Qtp	Terrazas púnicas
	Qaa	Abanicos antiguos
	Ngh	Formación Honda
	Pgt	Formación Doima
	Pgp	Formación Potrerillo
	Pgt	Formación Tesalia
	Pgt	Formación Baché
	Pgt	Formación Palermo
	Ko-Kt	Formación la Tabla - Grupo Olini
CRETÁCICO	Qaa	Formación Hondita - Loma Gorda

CONTACTOS Y FALLAS

	Contacto definido
	Falla definida
	Falla inferida
	Falla de cabalgamiento definida

ESTRUCTURAS PLEGADAS

	Sinclinal definido
	Anticlinal definido

CONVENCIONES GENERALES

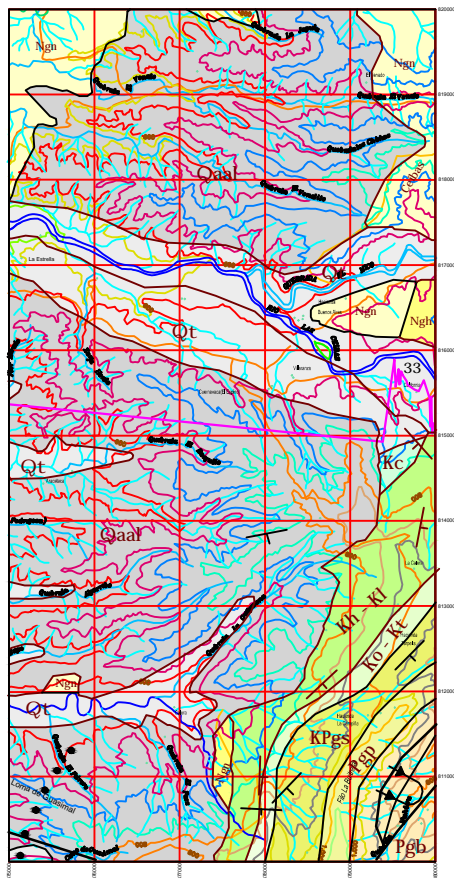
	Río o laguna
	Curvas de nivel
	Vías principales
	Track de Zona Tesalia

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA



Fecha: 2016	Plano N°: 4 De: 5	Proyecto: CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA DE LOS INDICIOS SUPERFICIALES DE HIDROCARBUROS EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA - GRUPO ÁGUILA	Nombre: MAPA GEOLÓGICO TESALIA - HUILA
		Observaciones: TOMADO DE LA PLANCHA GEOLÓGICA 344 DEL SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO (SGC)	CARACTERIZACIÓN "ÁGUILA"
Escala: 1: 25.000	Dibujó: ANA MARÍA CRUZ COLLAZOS	Elaboró: GRUPO ÁGUILA	





LEYENDA GEOLÓGICA		
CENOZOICO	Qal	Terrazas Recientes
	Ngñ	Abanicos antiguos
	Qt	Formación Neiva
	Qh	Formación Honda
PALEÓGENO	Kp	Formación Baché
	Kc	Formación Palermo
MESOZOICO	Kp	Formación Seca
	Ko	Formaciones Oñi - la Tabla
	Kh	Formaciones Hondita y Lomagorda
	Kc	Formación Caballos

CONTACTOS Y FALLAS	
	Contacto definido
	Falla definida
	Falla inferida
	Falla de cabalgamiento definida

ESTRUCTURAS PLEGADAS	
	Sinclinal definido
	Anticinal definido

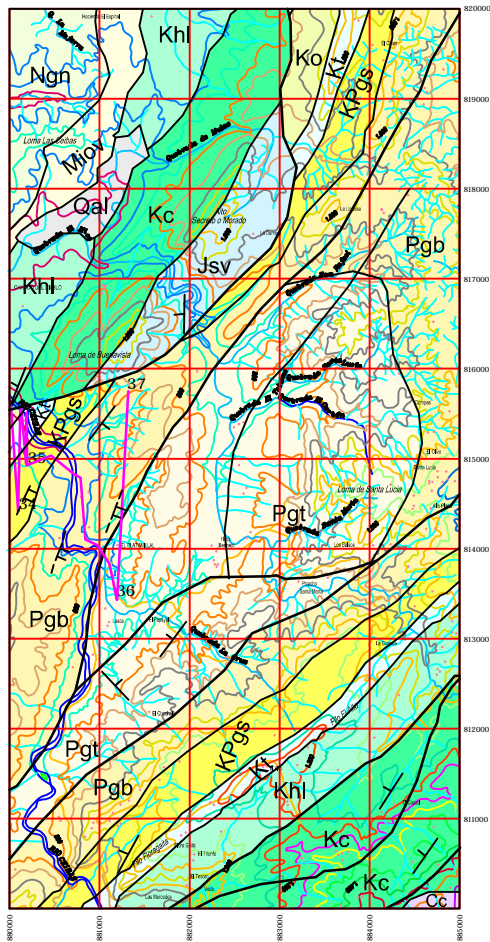
CONVENCIONES GENERALES	
	Río o laguna
	Curvas de nivel
	Vías principales
	Track de Zona Neiva, punto 33

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA



Fecha:	2016	Proyecto: CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA DE LOS INDICIOS SUPERFICIALES DE HIDROCARBUROS EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA - GRUPO ÁGUILA	Nombre: MAPA GEOLÓGICO NEIVA - HUILA CARACTERIZACIÓN "ÁGUILA"
Plano N°:	2 De: 5	Observaciones: TOMADO DE LA PLANCHA GEOLÓGICA 323 DEL SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO (SGC)	
Escala:	1: 25.000	Dibujó: ANA MARÍA CRUZ COLLAZOS	Elaboró: GRUPO ÁGUILA





LEYENDA GEOLÓGICA

PERÍODO	Formación
CUATERNARIO	Aluviones y terrazas recientes
	Formación Neiva
	Formación Villavieja
PALEÓGENO	Formación Tesalia
	Formación Barché
	Formación Guaduala
MESOZOICO	Formación Mesomerate
	Formación la Tabla
	Formación Olini
	Formaciones Hondita Loma gorda
CRETÁCICO	Formación Caballos
	Formación Saldaña
JURÁSICO	Formación Saldaña
PALEOZOICO	Formación Cerro Neiva

CONTACTOS Y FALLAS

- Contacto definido
- Falla definida
- - - Falla inferida
- Falla de cabalgamiento definida

ESTRUCTURAS PLEGADAS

- Sinclinal definido
- Anticlinal definido

CONVENCIONES GENERALES

- Río o laguna
- Curvas de nivel
- Vías principales
- Track de Zona 2, Neiva

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

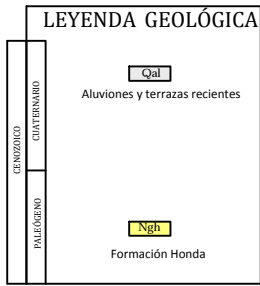
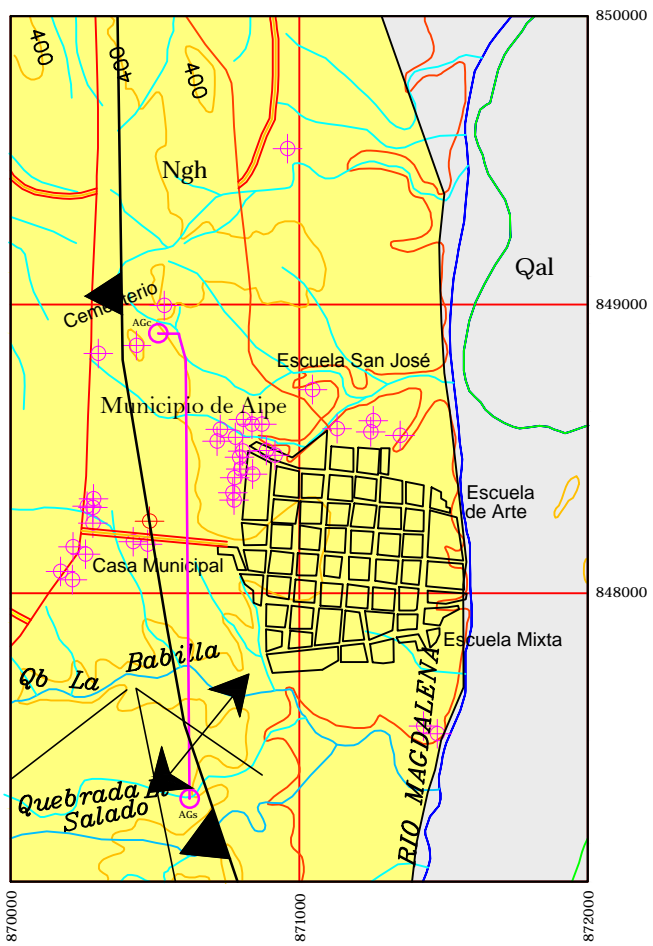


Fecha: 2016
 Plano N°: 3 De: 5
 Escala: 1: 25.000

Proyecto: CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA DE LOS INDICIOS SUPERFICIALES DE HIDROCARBUROS EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA - GRUPO ÁGUILA
 Observaciones: TOMADO DE LA PLANCHA GEOLÓGICA 324 DEL SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO (SGC)
 Dibujó: ANA MARÍA CRUZ COLLAZOS

Nombre: MAPA GEOLÓGICO NEIVA - HUILA
 CARACTERIZACIÓN "ÁGUILA"
 Elaboró: GRUPO ÁGUILA





CONTACTOS Y FALLAS

- Contacto definido
- Falla definida
- - - Falla inferida
- > Falla de cabalgamiento definida

CONVENCIONES GENERALES

- Río o laguna
- Curvas de nivel
- Vías principales
- Track de Zona 1, Aipe

ESTRUCTURAS PLEGADAS

- > Sinclinal definido
- < Anticlinal definido

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA



Fecha: 2016
 Plano N°: 1 De: 5
 Escala: 1: 25.000

Proyecto: CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA DE LOS INDICIOS SUPERFICIALES DE HIDROCARBUROS EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA - GRUPO ÁGUILA
 Observaciones: TOMADO DE LA PLANCHA GEOLÓGICA 302 DEL SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO (SGC)
 Dibujó: ANA MARÍA CRUZ COLLAZOS

Nombre: MAPA GEOLÓGICO AIPE - HUILA CARACTERIZACIÓN "ÁGUILA"
 Elaboró: GRUPO ÁGUILA





**“CARACTERIZACION GEOLÓGICA DE LOS INDICIOS SUPERFICIALES DE
HIDROCARBUROS EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA”
SECTOR CENTRO Y NORTE - GRUPO AGUILA**

**ANA MARIA CRUZ COLLAZOS
ANDREA DEL PILAR ALVAREZ FUENTES
DIANA MILENA ALVAREZ FUENTES**

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS
NEIVA
2016**

**“CARACTERIZACION GEOLÓGICA DE LOS INDICIOS SUPERFICIALES DE
HIDROCARBUROS EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA”
SECTOR CENTRO Y NORTE - GRUPO AGUILA**

**ANA MARIA CRUZ COLLAZOS
ANDREA DEL PILAR ALVAREZ FUENTES
DIANA MILENA ALVAREZ FUENTES**

**Trabajo de grado presentado como requisito académico para optar al título
de Ingeniero de Petróleos.**

**Director
Geólogo ROBERTO VARGAS CUERVO
Profesor titular de la Facultad de Ingeniería
Programa de Ingeniería de Petróleos
Universidad Surcolombiana**

**Codirector
Ingeniera HAYDEE MORLAES MONDRAGON
Profesor Asistente de la Facultad de Ingeniería Departamento de Petróleos
Universidad Surcolombiana**

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS
NEIVA
2016**

Nota de aceptación

Firma del Director

Firma del Evaluador

Firma del Evaluador

DEDICATORIA

A Dios, por permitirme culminar mis estudios y ayudarme a superar las dificultades que en el camino se presentaron.

A mis queridos padres, Eduardo Alvarez Cháves (Q.E.P.D.) y Edith María Fuentes García, por su confianza y apoyo incondicional, en este reto que emprendí nuevamente al cursar la carrera de Ingeniería de Petróleos.

A mis hermanos Abel Eduardo Alvarez Fuentes y Diana Milena Alvarez Fuentes, por sus sabios consejos, paciencia y apoyo.

A mis amigos, que confiaron en mí y representaron compañía y apoyo en mi camino.

Andrea del Pilar Alvarez Fuentes

DEDICATORIA

Al Señor Dios, por brindarme todas las posibilidades de salir adelante a pesar de los obstáculos que se me presentaron, pues me hicieron sentirme luchadora y triunfante en esta etapa culminada.

Una especial dedicatoria a mis amados padres, Eduardo Alvarez (Q.E.P.D.) y Edith Fuentes, porque representan mi ejemplo a seguir de perseverancia, fé, seguridad y tolerancia frente a las dificultades.

A mis queridos hermanos Abel Eduardo y Andrea del Pilar, y a Lina Marcela Embuz Solórzano, símbolo de amistad y hermandad, ellos me brindaron su apoyo y confianza en esta nueva etapa emprendida y hoy culminada satisfactoriamente.

Diana Milena Alvarez Fuentes

DEDICATORIA

Agradezco A Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera y permitirme cumplir ésta meta, la cual fue lograda con sus Bendiciones y amor.

Gracias a mis Padres por todo su apoyo, amor y paciencia durante ésta bonita etapa; les agradezco haberme dado la oportunidad de tener una excelente educación con mucho sacrificio y lucha, gracias por sus consejos y comprensión.

A Mis hermanas Johana, Paola y Marcela por su constante apoyo, por acompañarme en los momentos difíciles y en los de alegría.

A mis amigos por su amistad incondicional, gracias por formar parte de mí y por todo lo que me han brindado. Conocerlos fue una de las mejores experiencias.

Son muchas las personas que han formado parte de mi crecimiento profesional, gracias a cada uno por su apoyo y confianza.

Ana María Cruz C.

AGRADECIMIENTOS

En primera instancia, al Geólogo y Docente Roberto Vargas Cuervo, por su entrega incondicional al conocimiento y enseñanza, por su dedicación y amistad brindada durante el tiempo transcurrido en la carrera.

A la ingeniera Haydee Morales Mondragón, por su apoyo y orientación en el desarrollo del proyecto, durante las pruebas realizadas en el Laboratorio de Crudos y Derivados.

A los monitores del Laboratorio de Rocas y Laboratorio de Crudos y Derivados: Carlos Fernando Perez Cerquera, Andrés Mauricio Trujillo Castañeda y William Stiven Quiñones, por su tiempo y colaboración en el desarrollo de las pruebas.

A los compañeros de los Proyectos: Roja, Sephia, Popayo, Plateño y Minus, por su contribución en el desarrollo del proyecto.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	20
ABSTRACT.....	22
INTRODUCCIÓN.....	24
1. GENERALIDADES.....	25
1.1. RELACIÓN CON LA INDUSTRIA PETROLERA.....	25
1.2. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA, ACCESOS E INFRAESTRUCTURA....	30
2. GEOLOGÍA REGIONAL.....	39
2.1. BASAMENTO ECONÓMICO.....	41
2.1.1. Jurásico.....	42
2.1.1.1. Formación Saldaña (Jsa).....	42
2.2. COBERTURA PRODUCTIVA.....	43
2.2.1. Cretácico.....	48
2.2.1.1. Formación Caballos (Kc).....	48
2.2.1.2. Formación Villeta.....	49
2.2.1.3. Formación Monserrate (Olini – Tabla).....	49
2.2.1.4. Formación Guaduala (TKg). (Seca, KPgs).....	50
2.2.2. Paleógeno.....	51
2.2.2.1. Formación Gualanday.....	51
2.2.2.1.1. Miembros Baché (Pgb) y Tesalia (Pgt).....	51
2.2.3. Neógeno.....	53
2.2.3.1. Formación Honda (Ngh).....	53
2.2.3.2. Formación Neiva.....	55
2.2.4. Cuaternario.....	56
2.2.4.1. Abanicos Recientes (Qar).....	56
2.2.4.2. Depósitos de Terrazas (Qt).....	57
2.2.4.3. Depósitos Aluviales (Qal).....	57
2.3. GEOLOGIA ESTRUCTURAL.....	58

2.3.1.	Fallas.....	59
2.3.1.1.	Falla de La Hocha.....	59
2.3.1.2.	Falla Palogrande.....	59
2.3.2.	Pliegues	60
2.3.2.1.	Anticlinal de Aipe	60
2.3.2.2.	Anticlinal de La Hocha:	60
2.3.2.3.	Anticlinal de Palogrande	60
2.3.2.4.	Sinclinal San Antonio.....	60
3.	GEOLOGIA DEL PETROLEO	61
3.1.	ROCA GENERADORA.....	61
3.2.	ROCA RESERVORIO.....	61
3.3.	ROCA SELLO.....	62
3.4.	TIPO DE TRAMPAS	62
3.5.	CARTA DE EVENTOS.....	62
4.	INDICIOS SUPERFICIALES DE HIDROCARBUROS	63
4.1.	CLASIFICACIÓN DE LOS INDICIOS SUPERFICIALES DE HIDROCARBUROS	63
4.2.	IMPORTANCIA ECONOMICA DE LOS INDICIOS SUPERFICIALES DE HIDROCARBUROS	65
4.2.1.	Arenas de alquitrán de Athabasca	66
4.2.2.	La Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) como promotora del desarrollo energético del país	69
4.3.	INDICIOS SUPERFICIALES DE HIDROCARBUROS EN EL HUILA.....	71
5.	CARACTERIZACION DE INDICIOS SUPERFICIALES DE HIDROCARBUROS, GRUPO AGUILA	75
5.1.	INDICIO SUPERFICIAL DE HIDROCARBUROS BLOQUE NORTE ZONA 1, AIPE	76
5.1.1.	Localización geográfica Bloque Norte, Zona 1 (Aipe)	76
5.1.2.	Geología General Zona 1 Aipe, Bloque Norte.....	80
5.1.2.1.	Punto AGc (Aguila - Cementerio)	80
-	Caracterización del Cauce de la Quebrada:.....	81

5.1.2.2.	Punto AGs (Águila – El Salado).....	86
5.1.3.	Geología Estructural Zona 1, Aipe	89
5.1.3.1.	Punto AGc (Águila – Cementerio).....	89
5.1.3.2.	Punto AGs (Aguila - El Salado).....	91
5.1.4.	Pruebas de laboratorio Rezumadero AGc (Aguila Cementerio).....	93
5.1.4.1.	Determinación de la gravedad API	93
5.1.4.2.	Determinación del contenido de agua y sedimentos en el petróleo crudo por el método de la centrifuga.	97
5.1.4.3.	Determinación de sal en el crudo por el método del potenciómetro	100
5.1.4.4.	Determinación del punto de chispa y el punto de inflamación por el método de la cámara abierta de Cleveland.....	103
5.1.4.5.	Prueba de fluorescencia	106
5.1.5.	Geología del petróleo, Zona 1 Bloque Norte	108
5.2.	INDICIO SUPERFICIAL DE HIDROCARBUROS BLOQUE NORTE ZONA 2 NEIVA.....	110
5.2.1.	Localización Geográfica Zona 2 Neiva	110
5.2.2.	ESTUDIOS ANTERIORES.....	113
5.2.3.	GEOLOGÍA GENERAL DE LA ZONA 2 NEIVA	114
5.2.4.	Punto AG-33	115
5.2.4.1.	Localización geográfica, accesos es infraestructura.....	115
5.2.4.2.	Geología General Punto AG - 33.....	115
5.2.5.	Reconocimiento de Campo Zona 2 Neiva	119
5.2.5.1.	Geología general de la Zona Sulfatada	119
5.2.5.2.	Columna Estratigráfica de la Zona.....	121
5.2.6.	Puntos AG-34 Y AG-35	133
5.2.6.1.	Localización geográfica	133
5.2.6.2.	Geología general puntos AG34 y AG35	136
5.2.7.	Puntos AG-36 Y AG- 37	137
5.2.7.1.	Localización geográfica, accesos es infraestructura.....	137
5.2.7.2.	Geología General puntos AG-36 y AG-37	138

5.2.8.	Geología Estructural De La Zona 2, Bloque Norte, Neiva	141
5.2.9.	Geología del petróleo, Zona 2 Bloque Norte	142
5.3.	INDICIO SUPERFICIAL DE HIDROCARBUROS BLOQUE CENTRO, TESALIA.....	143
5.3.1.	Localización geográfica Zona Tesalia, Bloque Centro	143
5.3.2.	Geología General de la Zona Tesalia, Bloque Centro.....	146
5.3.3.	Geología del petróleo Zona Tesalia Bloque Centro.....	149
6.	RESULTADOS MACROPROYECTO.....	151
7.	IMPORTANCIA DEL HALLAZGO DE LOS INDICIOS SUPERFICIALES DE HIDROCARBUROS.....	156
8.	CONCLUSIONES.....	158
9.	RECOMENDACIONES	159
	ANEXOS.....	162

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Plan de Inversiones de gestión de conocimiento de la ANH años 2008-2025. ANH, 2009. COLOMBIA PETROLEO Y FUTURO.....	27
Tabla 2: Plan de Inversiones de gestión de conocimiento de la ANH años 2008-2025. ANH, 2009. COLOMBIA PETROLEO Y FUTURO.....	28
Tabla 3 Plan de Inversiones de gestión de conocimiento de la ANH años 2008-2025. ANH, 2009. COLOMBIA PETROLEO Y FUTURO.....	29
Tabla 4: Coordenadas de los puntos de la Zona 2 Bloque Norte (Neiva, Subcuenca de Las Ceibas).....	33
Tabla 5: Tabla Resumen Geología Regional de las formaciones geológicas encontradas a 5 Km a la redonda de las zonas de interés.	41
Tabla 6: Columna Estratigráfica del Valle superior del Magdalena, Subcuenca de Neiva.....	44
Tabla 7: Cuadro de nomenclatura geológica unificada Grupo AGUILA.	47
Tabla 8: Resumen Estructuras geológicas encontradas en las zonas de estudio.	59
Tabla 9: Inventario de Indicios superficiales presentes en el departamento del Huila. ANH. 2010	72
Tabla 10: Resumen de los Rezumaderos trabajados en el proyecto.....	73
Tabla 11: Distribución visitas a campo – Grupo Águila.....	75
Tabla 12: Coordenadas de rezumaderos – Bloque Norte, Zona 1 (Aipe)	76
Tabla 13: Listado de coordenadas origen Bogotá correspondientes las estaciones del Track del recorrido por la Zona 1 (Aipe), Bloque Norte.....	77
Tabla 14: Esquema Caracterización de la Zona del rezumadero AGc.	83
Tabla 15: Peso del beaker con crudo, con agua y vacío	93
Tabla 16: Coeficientes de Expansión para gravedad específica	96
Tabla 17: Resultados obtenidos BSW por centrifuga rezumadero AGc.....	99

Tabla 18: Datos prueba de salinidad Rezumadero AGc	101
Tabla 19: Datos prueba de Flash Point y Fire Point Rezumadero AGc	105
Tabla 20: Campos productores del municipio de Aipe. Tomado de archivo Producción Fiscalizada de Petróleo, ANH, 2015.	109
Tabla 21: Coordenadas proporcionadas por la ANH como rezumaderos de Hidrocarburos.	111
Tabla 22: Track del recorrido en la Zona 2, Bloque Norte	113
Tabla 23: Columna estratigráfica de la Zona Sulfatada	131
Tabla 24: Coordenadas del punto AG9 – Zona Tesalia, Bloque Centro, referenciadas con origen Bogotá.	144
Tabla 25: Track del recorrido en el área del punto AG-9. Coordenadas Origen Bogotá.....	146
Tabla 26: Resultados del macro proyecto: “Caracterización Geológica de los Indicios Superficiales de Hidrocarburos en Departamento del Huila”. *6 no encontrados por problemas de orden público.	154

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Estructura vial del Huila, zonificando el área de estudio, Grupo AGUILA. Memoria del Mapa Geológico del departamento del Huila.	30
Figura 2: Modelo de elevación digital de la Zona 1 Bloque Norte. Localización de los rezumaderos AGc (Cementerio Aipe) 848901N - 870511E y AGs (El Salado) 847288N - 870620E. Fuente: Museo Geológico y del Petróleo.	31
Figura 3: Ubicación de los Rezumaderos AGc y AGs. Imagen tomada de Google Earth, versión libre.	32
Figura 4: Modelo de elevación digital con la localización de la Zona 2 (Ceibas) Bloque Norte, Puntos AG33, AG34, AG35, AG36 y AG37. Fuente: Museo Geológico y del Petróleo.	33
Figura 5: Ubicación espacio mapa de la Zona 2 Bloque Norte, que relaciona los puntos AG34, AG35, AG36 y AG37 de la plancha 324. Fuente: Museo Geológico y del Petróleo.	34
Figura 6 Ubicación espacio mapa de la Zona 2 Bloque Norte, que relaciona el punto AG33 de la plancha 323. Fuente: Museo Geológico y del Petróleo.	35
Figura 7: Localización Zona 2 del Bloque Norte. Imagen satélite tomada de Google Earth, versión libre.	35
Figura 8: Modelo de elevación digital que representa la localización Bloque Centro, Punto AG 9. Fuente: Museo Geológico y del Petróleo.	36
Figura 9: Ubicación espacio mapa plancha 344 IV-C– A. Punto AG 9, Coordenadas: E 830650,07 N 762075,605. Fuente: Museo Geológico y del Petróleo.	37
Figura 10: Localización Bloque Centro. Imagen satélite tomada de Google Earth versión libre.	37
Figura 11: Ubicación y límite del Valle Superior del Magdalena (tomada del documento Colombian Sedimentary Basins: Nomenclature, Bundaries and Petroleum Geology. ANH).	39
Figura 12: Mapa Geológico Regional que involucra el área de estudio. Servicio Geológico Colombiano (SGC), 2001.	40

Figura 13: Planchas 323 y 324. Tomadas desde Instituto Geográfico, Agustín Codazzi.	48
Figura 14: Geología de la Plancha 324, Bloque Norte Zona 2. 1999. Servicio Geológico Colombiano.	50
Figura 15: Geología de la Plancha 344, Bloque Centro Zona Tesalia. 1999. Servicio Geológico Colombiano.	51
Figura 16: Formación Baché (Pgb). AG – 36. Bloque Norte, Zona 2, Neiva.	52
Figura 17: Mapa geológico plancha 302 Zona 1 Bloque Norte. Localización de los rezumaderos AGc (Cementerio Aipe) 848901N - 870511E y AGs (El Salado) 870620E – 847288N. 1999. Servicio Geológico Colombiano.	54
Figura 18: Morfología de la Formación Honda en cercanías al Rezumadero AGc.	55
Figura 19: Geología de la plancha 323. 1999 Servicio Geológico Colombiano (SGC).	56
Figura 20: Carta de eventos de los sistemas petrolíferos de la zona de estudio (Hocol S.A. Modificada Vargas R, Fajardo C.2015)	62
Figura 21: Cuadro de Clasificación de los Indicios superficiales de Hidrocarburos.	65
Figura 22: Localización de las arenas del aceite. Canadá se aferra a sus arenas bituminosas. Journal The Wall Street, 2015	66
Figura 23: Explotación a cielo abierto de asfalto en la mina de Suncor Energy Inc. Alberta, Canadá el 19 de junio de 2014. PHOTO: BLOOMBERG NEWS.	68
Figura 24: Mapa de la localización general de los indicios superficiales de hidrocarburos del país. Tomado de la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH).	70
Figura 25: Localización de las zonas de estudio. Imagen tomada de Google Earth versión libre.	74
Figura 26: Mapa topográfico con puntos AGc y Ags de la Zona 1, Bloque Norte. Plancha Topográfica 302-IV-D. Tomada del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).	76

Figura 27: Localización del Punto AGc, Zona 1, Bloque Norte. Imagen tomada de Google Earth versión libre.	77
Figura 28: Mapa topográfico con el track del recorrido de la Zona 1, Bloque Norte, Punto AGc. Plancha Topográfica 302-IV-D. Tómadada del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).	78
Figura 29: Localización del Punto AGs, Zona 1, Bloque Norte. Imagen tomada de Google Earth versión libre.	79
Figura 30: Mapa topográfico con el track del recorrido de la Zona 1, Bloque Norte, Punto AGs. Plancha Topográfica 302-IV-D. Tomada del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).	79
Figura 31: Caracterización de la Zona del rezumadero AGc.	82
Figura 32: Afloramiento “Las Antenas”.	84
Figura 33: Esquema representativo de campo. Rezumadero AGc (Aguila – Cementerio).	85
Figura 34: Ruta de acceso AGs desde Zona Urbana del Municipio de Aipe	86
Figura 35: Se observan las vasijas con contenido acuoso y trazas de aceite. Punto AGs (El Salado).	87
Figura 36: Esquema representativo de campo. Rezumadero El salado AGs.	88
Figura 37: El Salado, depresiones poco pronunciadas donde se observan trazas aceitosas.	89
Figura 38: Vista general Afloramiento “Las Antenas”.	90
Figura 39: Sinclinal y Anticlinal Zona “Las Antenas”.	91
Figura 40: Geología de la plancha 302. Ubicación Punto AGs, Servicio Geológico Colombiano.	92
Figura 41: Determinación de °API del Rezumadero AGc	94
Figura 42: Determinación del % BSW por el método de la centrifuga del Rezumadero AGc	98
Figura 43: Determinación de Sal en el crudo por el método del Potenciómetro del Rezumadero AGc.	102

Figura 44: Determinación del punto de chispa y el punto de inflamación por el método de la cámara abierta de Cleveland del Rezumadero AGc.	104
Figura 45: Muestra de roca impregnada de hidrocarburo del rezumadero AGc en el fluoroscopio.	106
Figura 46: Escala de colores indicadora de los grados API del crudo impregnado en la roca.	107
Figura 47: Fluoroscopio desarrollado por la Universidad Surcolombiana	107
Figura 48: Zona 1 Bloque Norte, zonificando el área de los Rezumaderos AGc, y AGs. Imagen tomada de Geovisor ANH (Agencia Nacional de Hidrocarburos), https://geovisor.anh.gov.co/ .	108
Figura 49: Vía Neiva - Vegalarga. Imagen satélite tomada de Google Earth, versión libre.	111
Figura 50: Mapa topográfico con el track del recorrido de la Zona 2, Bloque Norte, Puntos AG33, AG34, AG35, AG36 y AG37. Planchas Topográficas 323-IV-B y 324-III-A. Tomadas del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).	112
Figura 51: Geología de la Plancha 323, track del punto AG-33, Bloque Norte Zona 2. 1998. Servicio Geológico Colombiano, SGC. Sección del mapa geológico a escala 1:25000 (en bolsillo)	115
Figura 52: Zona del punto AG-33. Plantación de cacao, Hacienda California.	116
Figura 53: Imagen satélite Landsat donde se observa la geoforma de abanico coluvial contra los depósitos aluviales y coluviales presentes en la parte alta de la ciudad de Neiva.	118
Figura 54: Zona sulfatada. Plancha Geológica 324. Servicio Geológico Colombiano (SGC).	120
Figura 55: Representación gráfica de la columna estratigráfica de la Zona Sulfatada, consignada en plano a escala 1:1000, en bolsillo.	132
Figura 56: Iridiscencia de óxido de hierro.	133
Figura 57: Acceso al Punto AG-34.	134
Figura 58: Acceso al Punto AG-35.	135

Figura 59: Geología de la Plancha 324, Bloque Norte Zona 2. 1999 Servicio Geológico Colombiano, SGC.	136
Figura 60: Geología de la Plancha 324, Puntos AG36 y AG37. Bloque Norte Zona 2. 1999 Servicio Geológico Colombiano, SGC. AG36. Sección del mapa elaborado por el Grupo Águila anexo en bolsillo.	138
Figura 61: Formación Tesalia. Punto AG36. Bloque Norte, Zona 2, Neiva.	139
Figura 62: Ruta de acceso al Punto AG37 desde el AG36. Bloque Norte, Zona 2, Neiva	140
Figura 63: Zona 2 Bloque Norte, zonificando el área de los puntos AG33, AG34, AG35, AG36 Y AG37. Imagen tomada de Geovisor ANH (Agencia Nacional de Hidrocarburos), https://geovisor.anh.gov.co/ .	142
Figura 65: Localización del Punto 9, Zona Tesalia, Bloque Centro. Imagen tomada de Google Earth versión libre.	144
Figura 66: Mapa topográfico con el track del recorrido (verde) de la Zona Tesalia, Bloque Centro, Punto AG-9. Plancha Topográfica 344-IV-C. (IGAC).	145
Figura 67: Mapa Geológico de la Zona Tesalia, Bloque Centro, Punto AG9, con Coordenadas origen W. Plancha Geológica 344. Tomada del Servicio Geológico Colombiano (SGC). Sección del mapa elaborado por el Grupo Águila a escala 1:25000 en bolsillo.	146
Figura 68: Aluviones recientes asociados a la dinámica del Río Páez.	147
Figura 69: Zona Tesalia Bloque Centro, zonificando el área del punto AG9. Imagen tomada de Geovisor ANH (Agencia Nacional de Hidrocarburos), https://geovisor.anh.gov.co/ .	149
Figura 70: Distribución de los indicios superficiales de Hidrocarburos en el departamento del Huila proporcionado por la ANH, asignados en la primera etapa del proyecto.	152
Figura 71: Zonificación de los indicios superficiales de Hidrocarburos en el departamento del Huila de acuerdo a su ubicación y al grupo seleccionado para su estudio.	153
Figura 72: Gráfica resultados del macro proyecto: “Caracterización Geológica de los Indicios Superficiales de Hidrocarburos en Departamento del Huila”.	154

GLOSARIO DE ABREVIATURAS

AGc: Aguila Cementerio

AGs: Aguila El Salado

ANH: Agencia Nacional de Hidrocarburos

ASTM: American Society for Testing Materials (Sociedad Estadounidense para Pruebas y Materiales)

BSW: Contenido de agua y sedimentos básicos

COT: Cantidad de Materia Orgánica Total

ECOSURC: grupo de investigación ECOSISTEMAS SURCOLOMBIANOS

GOR: Relación gas/petróleo

IGAC: Instituto Geográfico Agustín Codazzi

SGC: Servicio Geológico Colombiano

VSM: Valle Superior del Magdalena

RESUMEN

El presente proyecto de grado denominado “CARACTERIZACION GEOLÓGICA DE LOS INDICIOS SUPERFICIALES DE HIDROCARBUROS EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, SECTOR CENTRO Y NORTE DEL HUILA-GRUPO AGUILA”, hace parte de los seis (6) proyectos que constituyen el Macroproyecto sobre los rezumaderos del departamento del Huila. Su desarrollo se efectuó con la supervisión y el apoyo del grupo de investigación ECOSISTEMAS SURCOLOMBIANOS (ECOSURC) y como línea de investigación del Museo Geológico y del Petróleo de la Universidad Surcolombiana.

A partir de la información proporcionada por la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH), sobre la existencia de cuarenta (40) puntos identificados como rezumaderos activos, inactivos, de asfalto ó indefinidos, se hizo la distribución de las zonas en las que éstos se ubican en el departamento del Huila, dando lugar así a la constitución de 6 equipos de trabajo denominados: Roja, Popayo, Plateño, Sephia, Minus y Águila. El punto inicial del trabajo de investigación de cada uno de los sub-proyectos correspondió a las coordenadas planas con origen Bogotá y al tipo de rezumadero posiblemente encontrado, consignado en el “Mapa de la Localización General de los Indicios Superficiales de Hidrocarburos del País”, estudio realizado en el año 2010 por la ANH, además se contó con las planchas topográficas del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, y planchas geológicas del Huila del Servicio Geológico Colombiano (SGC).

El GRUPO AGUILA, centró su investigación en dos bloques del Huila, Bloque Norte subdividido en Zona 1 (municipio de Aipe) y Zona 2 (Municipio de Neiva), y Bloque Centro con la Zona Tesalia, donde se encontraban ubicados 8 puntos con coordenadas planas origen Bogotá. Inicialmente, 6 puntos correspondientes a los municipios de Neiva (5) y Tesalia (1), no mostraron resultados positivos de presencia de hidrocarburos, por tanto el estudio se amplió al conocer dos puntos más en el municipio de Aipe en los que se encontró muestra de crudo y trazas de aceite.

El objetivo del grupo de investigación fue la de realizar un análisis de la zona de cada uno de los puntos asignados, su localización geográfica, descripción de la geología general, geología estructural y pruebas de laboratorio de las muestras rocosas y de los fluidos. Además de lo anterior, para la Zona 2 del Bloque Norte se efectuó el levantamiento de la columna estratigráfica de un afloramiento

denominado “Zona Sulfatada”, que se consideró importante incluir en el estudio geológico del área, por la presencia de precipitación de sulfatos y areniscas ferruginosas.

De los ocho (8) puntos, dos (2) correspondientes a la Zona 1 de Aipe, mostraron presencia de hidrocarburos, y fueron denominados: AGc por su cercanía al cementerio municipal, en el que se observó el rezumadero y rocas impregnadas en una longitud de 17 metros de largo, y AGs por encontrarse cerca a la Quebrada El Salado, que mostró oquedades de 40 cm de diámetro con presencia de trazas de aceite. Los seis (6) puntos restantes, a pesar de la búsqueda exhaustiva se convirtieron en información errada.

Para la caracterización del material rocoso recolectado, se tuvo en cuenta la formación a la cual pertenece, descripción física y mineralógica, y a las rocas impregnadas con hidrocarburos se les hizo prueba de fluorescencia determinando así la Gravedad API. Los fluidos almacenados del rezumadero AGc, se analizaron en el laboratorio de Crudos y Derivados determinándose allí la Gravedad API, el contenido de agua y sedimentos (BSW), salinidad, Flash Point y Fire Point. Para el levantamiento estratigráfico de las columnas de la “Zona Sulfatada” y del Rezumadero AGc, se empleó el método de poligonal abierta con brújula y Hip Chain.

Finalmente, se consolidó la información geológica y topográfica de las 3 zonas, en 5 mapas a escala 1:25000 y una columna estratigráfica a escala 1:1000 anexadas en bolsillo.

ABSTRACT

The present degree project named " GEOLOGICAL CHARACTERIZATION OF THE SUPERFICIAL INDICATIONS OF HYDROCARBONS IN THE HUILA DEPARTMENT, SECTOR CENTRE AND NORTH OF THE HUILA – AGUILA GROUP", it's one of the six (6) projects that constitute the oil seeps Macro project in Huila - Colombia. It's development was carried out with the supervision and support of the research group "ECOSISTEMAS SURCOLOMBIANOS" (ECOSURC) and as a investigation line of the Petroleum Geological Museum of the Surcolombiana University.

From the information provided by the National Hydrocarbons Agency (ANH) about the existence of forty (40) points identified as inactive, active seeps asphalt or undefined, a distribution of the areas in which they are located was made in the department of Huila, thus resulting in the establishment of six teams called "Roja, Popayo, Plateño, Sephia, Minus and Águila". The initial point of the research work of each of the sub-projects corresponded to the plane coordinates with origin Bogota and the classification of the possible Hydrocarbon seeps found, recorded in the map of the general location of the surface indications of Hydrocarbons of the Country, a study conducted in 2010 by the ANH, the project also counted with topographical plates of Codazzi Institute, and geological maps of Huila from Colombian Geological Service (SGC).

The Aguila Group focused their research on two blocks of Huila Norte Block subdivided in Zone 1 corresponding to Aipe, Zone 2 to Neiva, and the last block Center in Tesalia area, where there were located 8 points with plane coordinates origin Bogota . Initially, 6 points corresponded to the towns of Neiva (5) and Tesalia (1), which didn't show positive results for the presence of hydrocarbons, therefore the study was expanded to find two points in the town of Aipe in which sample traces of crude oil were found.

The aim of the research group was to conduct an analysis of the area of each of the assigned points, their geographical location, description of the general geology, structural geology and laboratory testing of rock samples and fluids. In addition to the above, for Zone 2 North Block lifting the stratigraphic column of an outcrop called "Zone sulfated", which was considered important to include in the geological study of the area, the presence of precipitation of sulfates and sandstones was made ferruginous.

While searching, 2 of the 8 points, corresponding to the area of Aipe, showed presence of hydrocarbons, and were called: AGC because of its proximity to the municipal cemetery, where the seep and impregnated rocks was observed over a length of 17 meters long, and AGs for being close to the stream El Salado, which showed cavities 40 cm in diameter with the presence of traces of oil. The remaining six (6) points, despite exhaustive search, they became misinformation.

For the characterization of rock material collected, it was taken into account the type of formation to which belonged the samples and the physical and mineralogical description; in addition the fluorescence test was carried out to the rocks impregnated with hydrocarbons to determinate API Gravity. The stored AGC fluids seep were analyzed in the laboratory of crudes and derivatives, testing Gravity API, the content of water and sediment (BSW), salinity, Flash Point and Fire Point. For the lifting of stratigraphic columns of the "Sulfated Zone" and the AGC seep, the method of open traverse with compass and Hip Chain she was used.

Finally, geological and topographical information of the 3 zones were consolidated, in 5 maps at 1: 25,000 and one stratigraphic column 1:1,000 scale annexed in pocket.

INTRODUCCIÓN

De acuerdo a los objetivos estipulados por el grupo de investigación ECOSISTEMAS SURCOLOMBIANOS (ECOSURC) de la Universidad Surcolombiana y como línea de investigación del Museo Geológico y del Petróleo, se está ejecutando el macro-proyecto sobre los rezumaderos del departamento del Huila, con el apoyo de seis (6) proyectos de grado desarrollados por estudiantes del programa de Ingeniería de Petróleos. En el departamento del Huila se identifican numerosos indicios superficiales (rezumaderos) de hidrocarburos y gases, de los cuales se tiene una limitada información, no existen las características pertenecientes de cada uno de los rezumaderos, como lo son la geología, geoquímica, extensión y material gráfico, contando tan solo con la localización geográfica de coordenadas planas.

El departamento de Ingeniería de Petróleos de la Universidad Surcolombiana, a través de los años ha venido realizando estudios de la cartografía geológica de superficie en la subcuenca de Neiva, con el objetivo de dar a conocer a sus estudiantes la geología, estratigrafía y los sistemas petrolíferos presentes. El reconocimiento y caracterización petrofísica de los indicios superficiales son de gran aporte para el conocimiento geológico y estratigráfico de la subcuenca de Neiva al buscar una correlación con los campos productores, y para el desarrollo de algunos de los métodos de exploración geológica de superficie. Por lo cual se busca efectuar los análisis correspondientes para llegar a una caracterización petrográfica, geológica y de los fluidos en la zona norte de categorización AGUILA, de seis (6) de los cuarenta (40) rezumaderos que reporta la ANH (Agencia Nacional de Hidrocarburos), presentes en el departamento del Huila; esta información oficial sobre los indicios, está consignada en el mapa de rezumaderos de Colombia a escala 1:1.500.000, en la cual se da la ubicación de las manifestaciones superficiales con coordenadas geográficas de origen Bogotá.

Para el departamento del Huila la agencia reporta cuarenta (40) indicios, de los cuales no se encuentran todos incluidos, así también determina el tipo de rezumadero de los cuales más del 50% se cataloga como indefinido, quiere decir que no existe ningún tipo de información sobre los mismos.

A continuación, se consigna el resultado de la investigación de la zona de interés liderada por el grupo AGUILA: Bloque Norte (Aipe y Neiva), y Bloque Centro (Tesalia).

1. GENERALIDADES

La identificación y caracterización geológica de los indicios superficiales de hidrocarburos, representa un estudio preponderante en el análisis del estado actual de la cuenca del Valle Superior del Magdalena, debido a la necesidad de reajustar la información que existe sobre la misma, conocer su potencial hidrocarburífero y retroalimentar los planes de inversión a futuro de exploración y explotación de la región.

Los indicios superficiales a los que hace referencia este proyecto se encuentran ubicados en el área denominada “AGUILA” de acuerdo al anteproyecto Macro que corresponde a la zona norte en las inmediaciones de los municipios de Aipe y Neiva, y zona centro dentro de los límites del municipio de Tesalia del departamento del Huila.

El hallazgo de los rezumaderos confirmaría la migración de petróleo que se ha generado en la cuenca.

1.1. RELACIÓN CON LA INDUSTRIA PETROLERA

El Valle superior del Magdalena corresponde a una de las cuencas productoras de hidrocarburos de Colombia, que continúa hoy en día siendo una zona donde las empresas buscan nuevas oportunidades de exploración, además de implementar técnicas de recobro mejorado para así ampliar su vida productiva.

Es así como el ingeniero de petróleos de la Universidad Surcolombiana tiene un gran reto al profundizar en el conocimiento geológico de la cuenca, con el objetivo de encontrar nuevos yacimientos con proyección al aumento de las reservas a pesar de ser ya una cuenca madura. De igual forma estos estudios regionales permiten hacer un análisis del potencial hidrocarburífero y disminuir al mismo tiempo la incertidumbre en el momento de decidir sobre la inversión privada en actividades de exploración y explotación de la zona.

Dentro del Plan de Inversión de Gestión de Conocimiento de la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) para los años 2008-2025 (Tablas 1, 2 y 3), se programaron actividades de acuerdo al orden de prioridad de las cuencas

sedimentarias, su grado de conocimiento geológico y geofísico, la dinámica del mercado hidrocarburífero y el interés de los inversionistas, por lo anterior existe un procedimiento establecido para el estudio de las mismas como sigue¹:

1. Métodos de sensores remotos (estudios de imágenes satélite, fotos, métodos geofísicos como los aerogravimétricos y aeromagnéticos, batimetría en regiones offshore).
2. Métodos de superficie (estudios regionales y locales de cartografía geológica, geoquímica, petrofísica, bioestratigrafía, etc.).
3. Exploración del subsuelo (sísmica regional).
4. Análisis y muestreo del subsuelo (pozos estratigráficos y núcleos).
5. Integración, modelamiento y evaluación de la información con miras a determinar un yacimiento y establecer reservas y atraer la inversión.

La caracterización de los indicios superficiales se incluye dentro de los métodos de superficie en los que se obtiene información al levantar columnas estratigráficas y analizar muestras obtenidas de rocas (identificación y clasificación geológica) y crudos (BSW, salinidad, API) de los rezumaderos encontrados en la región. Sin embargo, la evaluación de la información de las cuencas se ha clasificado en:

1. Cuencas inexploradas o tectónicamente complejas
2. Cuencas sub-exploradas.
3. Cuencas exploradas.

La del Vale Superior del Magdalena se encuentra dentro de la tercera clasificación y en torno a esta distribución se planteó el plan de inversión anual. Cabe resaltar que este plan de inversión está sujeto a modificaciones de acuerdo a los estudios que con el tiempo se obtengan de la zona, ya sea por parte de la ANH, empresas operadoras ó Universidades, buscando siempre valorar la información existente y ofrecerla a los inversionistas de manera actualizada y certera, dando a conocer entre otros aspectos la estructura sedimentaria, los sistemas petrolíferos (roca fuente, sello y reservorio), áreas prospectivas y estimación de reservas, y además reconocer las falencias de información de las cuencas que deben ser suplidas por la ANH que a continuación se expone:

¹ANH, 2009. COLOMBIA PETROLEO Y FUTURO. Bogotá.

http://consultorescolombianos.com/yahoo_site_admin/assets/docs/PetroleoYfuturo.4052902.pdf

Cuencas		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	
VMM		[Pink bar]																					
Llanos Orientales	Foreland	[Pink bar]																					
	Norte					F4-R																	
	Centro					F3-4-R																	
	Sur					F3-4-R																	
VSM		[Pink bar]																					
Caguán-Putumayo	Piedemonte norte																						
	Piedemonte sur					F2	F2	F2															
	Foreland																						
	Putumayo Este																						
Catatumbo																							
VIM	Oeste (Área especial ANH)		F1-2	F2	F2-F3	F3-F4																	
	Este																						
Sinú-San Jacinto	Norte		F1-2	F2-3	F2-4-R																		
	Sur		F1-2	F2	F2-F3	F3-F4																	
Guajira																							
César-Ranchería	Norte		F1-2	F1-2	F2-3-4																		
	Sur					F1-2	F1-2	F2	F3-4														

Tabla 1: Plan de Inversiones de gestión de conocimiento de la ANH años 2008-2025. ANH, 2009. COLOMBIA PETROLEO Y FUTURO.

Cordillera Oriental	Noroeste																		
	Soápaga Norte			F1-2	?	?	?	?											
	Soápaga Centro		F1-2-3	F4															
	Soápaga Sur					?	?	?	?										
	Piedemonte Oriental																		
	Piedemonte Occidental																		
	Sur																		
Urabá																			
Cauca-Patía	Norte				F2-F3	F3													
	Sur						F2-F3	F3											
Chocó	Norte		F1-2 (*)				?	?	?	?	?								
	Sur		F1-2 (*)	F2															
Tumaco																			
Cayos			(*)	(*)	(*)	(*)													
Pacífico	Norte		F1-2 (*)	F1-2(*)															
	Sur		F1-2 (*)	F1-2(*)															
Caribe	Noreste		F1-2 (*)																
	Suroeste		F1-2 (*)																
Vaupés-Amazonas	Norte																		
	Centro															?	?	?	?
	Sur															?	?	?	?
Amagá																			

Tabla 2: Plan de Inversiones de gestión de conocimiento de la ANH años 2008-2025. ANH, 2009. COLOMBIA PETROLEO Y FUTURO.

Ciclo de cuencas inexploradas o tectónicamente complejas

Fase 1 (6 meses-1 año)	Conocimiento básico de la geometría del basamento (Métodos potenciales, geofísica aerotransportada, interpretación imágenes satélite, radar con o sin control de campo y cartografía geológica y muestreo para análisis básicos, batimetría en áreas costa afuera). Revisión de trabajos anteriores.
Fase 2 (1-2 años)	Conocimiento de la geometría de la cobertera sedimentaria, estructuras y rasgos estratigráficos más notables (sísmica 2D, Magnetotelúrica). Sísmica 1 año adquisición-1 año interpretación.
Fase 3 (1-2 años)	Conocimiento integral (directo) del sistema petrolífero (pozo(s) estratigráfico y los análisis que se derivan) Piston core en regiones costa afuera.
Fase 4 (1-2 años)	Identificación puntual de áreas prospectivas ("leads") (estudios de integración de la información obtenida en las fases anteriores).
RONDA (6 meses-1 año)	
Fase A (1-2 años)	Identificación local de prospectos (sísmica 2D local o 3D). Durante la ronda. INDUSTRIA
Fase B (1-2 años)	Perforación de pozo exploratorio. Durante las rondas

Ciclo de cuencas sub-exploradas

Fase 1 (1 año)	Evaluación de áreas libres o inactivas (estudios post-mortem de pozos), proposición de estudios a realizar derivadas de esta evaluación (incluyendo posibilidad de extracción por técnicas no convencionales).
Fase 2 (1-2 años)	Ejecución de las actividades que conduzcan a la reducción del riesgo exploratorio (e.g. modelamiento geoquímico, petrofísica, reprocesamiento e interpretación de sísmica 2D, cartografía).
RONDA (6 meses-1 año)	
Fase A (1-2 años)	Identificación local de prospectos (sísmica 2D local o 3D). INDUSTRIA
Fase B (1-2 años)	Perforación de pozo exploratorio.

Cuencas exploradas

Fase 1 (1 año)	Liberación de bloques y rondas (poca o nada de intervención de la ANH).
?	Su decisión depende del éxito obtenido de las otras áreas de la cuenca o en otras etapas de la exploración. (*) Estudios multicliente. ■ Fases F1, 2 y R en función de las áreas libres o inactivas disponibles

Tabla 3 Plan de Inversiones de gestión de conocimiento de la ANH años 2008-2025. ANH, 2009. COLOMBIA PETROLEO Y FUTURO.

El proyecto de caracterización de Rezumaderos representa un aporte de la Universidad Surcolombiana al actualizar la información existente de la cuenca del Valle Superior del Magdalena, respondiendo así a los planes de inversión y generando información actualizada sobre el hallazgo de nuevos lugares en los que aflora el crudo y que no se encuentran registrados en la base de datos de la ANH, al mismo tiempo que eliminar aquellos puntos reportados que en la realidad no se encuentran evidenciados.

1.2. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA, ACCESOS E INFRAESTRUCTURA

Para la localización geográfica de la zona de interés, se definen 2 bloques ubicados en el Centro y Norte del departamento del Huila, a los cuales se ha denominado como área de estudio del Grupo AGUILA. (Figura 1)

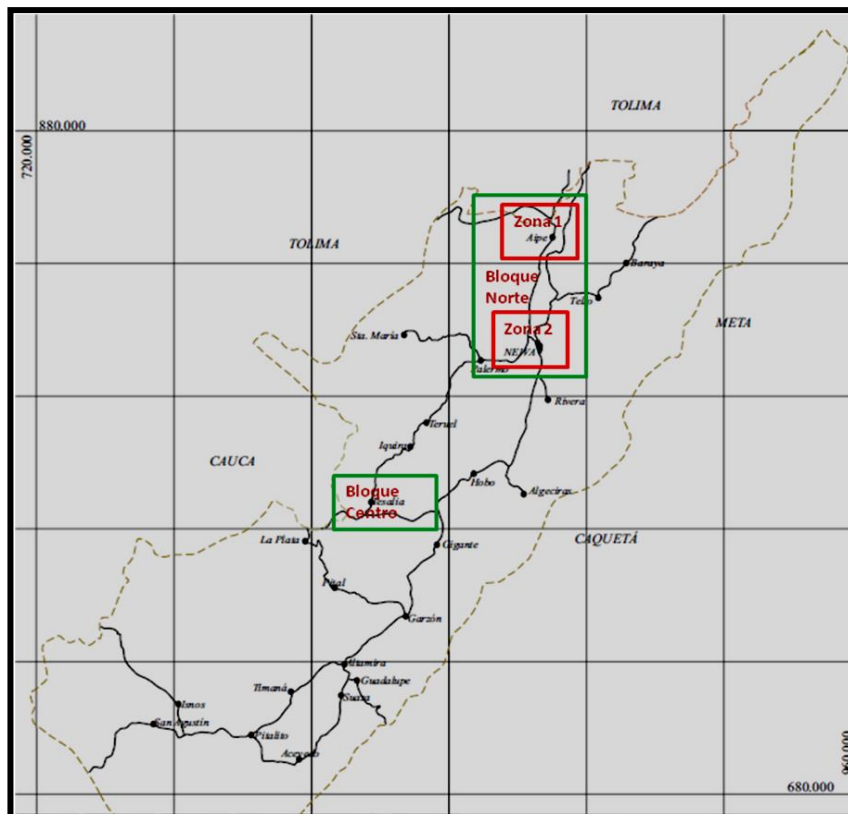


Figura 1: Estructura vial del Huila, zonificando el área de estudio, Grupo AGUILA. Memoria del Mapa Geológico del departamento del Huila.

El **Bloque Norte** del Grupo AGUILA se subdivide en 2 zonas, la **Zona 1** comprendida en la margen oriental de la Cordillera Central, dentro de la cobertura sedimentaria del VSM, limitando al Oriente con el Río Magdalena, al Occidente por la carretera principal Neiva-Bogotá, al Sur-Occidente con la Quebrada El Salado, y al Norte por el Río Patá; comprendida esta zona en la plancha topográfica 302-IV-D del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) a escala 1:25000. (Figura 2).

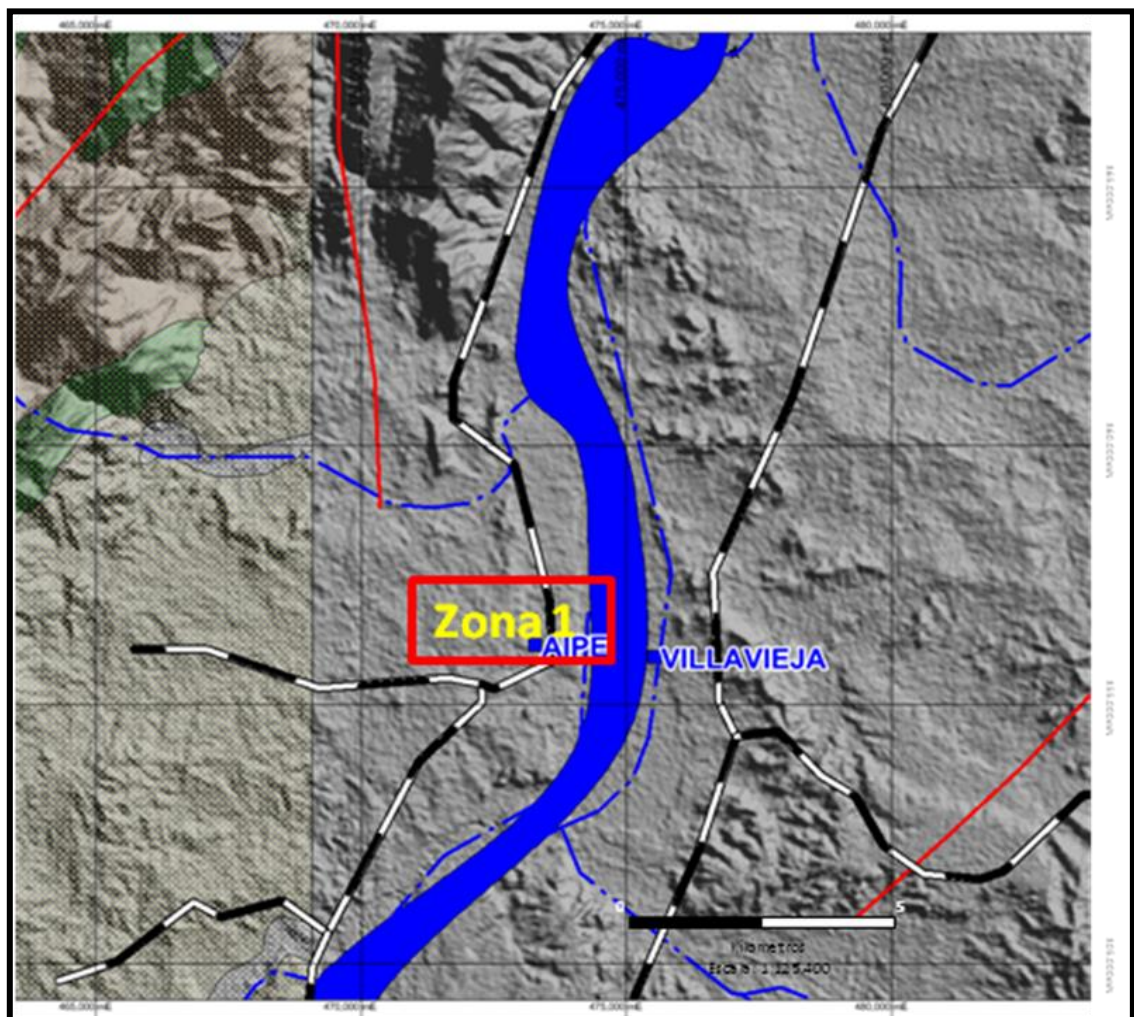


Figura 2: Modelo de elevación digital de la Zona 1 Bloque Norte. Localización de los rezumaderos AGc (Cementerio Aipe) 848901N - 870511E y AGs (El Salado) 847288N - 870620E. Fuente: Museo Geológico y del Petróleo.

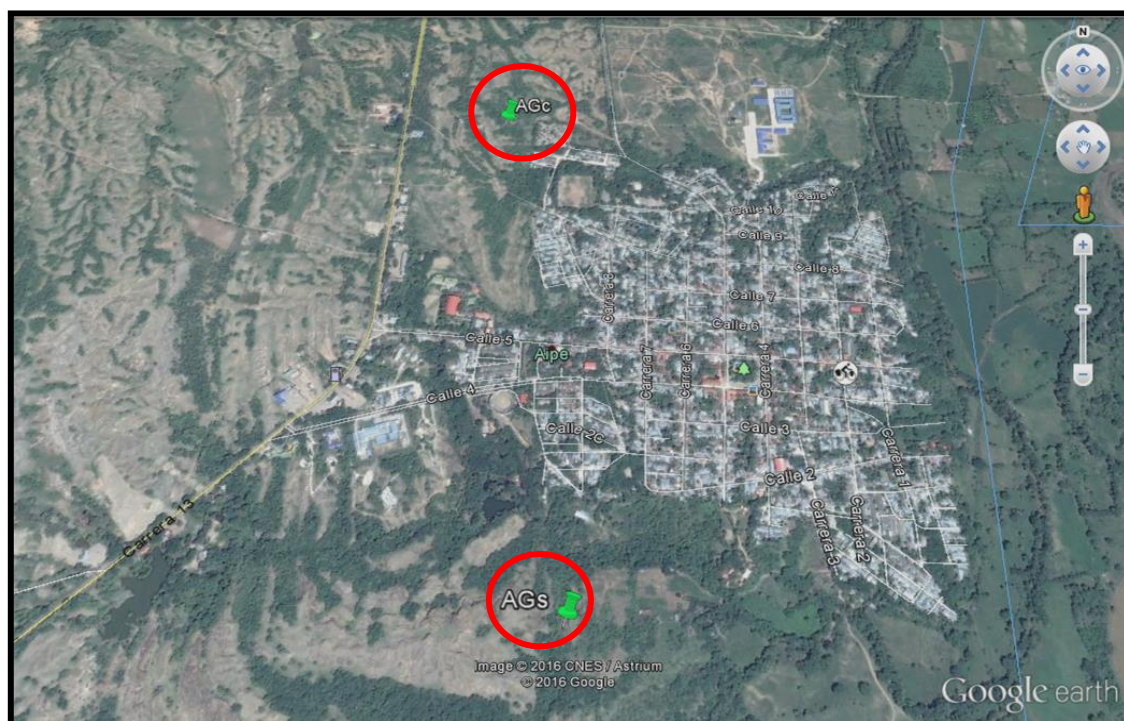


Figura 3: Ubicación de los Rezumaderos AGc y AGs. Imagen tomada de Google Earth, versión libre.

En esta **Zona 1** del Bloque Norte se puede encontrar aproximadamente a unos 350 mt de la zona urbana del municipio de Aipe, hacia la región del cementerio, el indicio superficial AGc (Cementerio Aipe) y desde éste a 1600 mt, el punto AGs en el sector conocido comúnmente como El Salado. (Figura 3).

La **Zona 2** se encuentra enmarcada en la margen Occidental de la Cordillera Oriental, en inmediaciones del municipio de Neiva; limitando al Sur por el Río Loro, al Norte por la Quebrada Las Ceibas, al Occidente por el Río Magdalena y al Oriente por el Basamento Económico de la Cordillera Oriental; esta zona está comprendida en las planchas topográficas 323-IV-B y 324-III-A del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) a escala 1:25000. (Figuras 4 y 5)

A esta zona, se logra arribar por la vía Vegalarga dentro de los límites de la Hacienda California el punto AG-33; los puntos AG-34 y AG-35 a lado y lado de la misma vía hacia la vereda Villa Aranza; el punto AG-36 siguiendo la vía y AG-37 a través de una zona más montañosa donde se accedió a pie. (Figuras 6 y 7, Tabla 4)

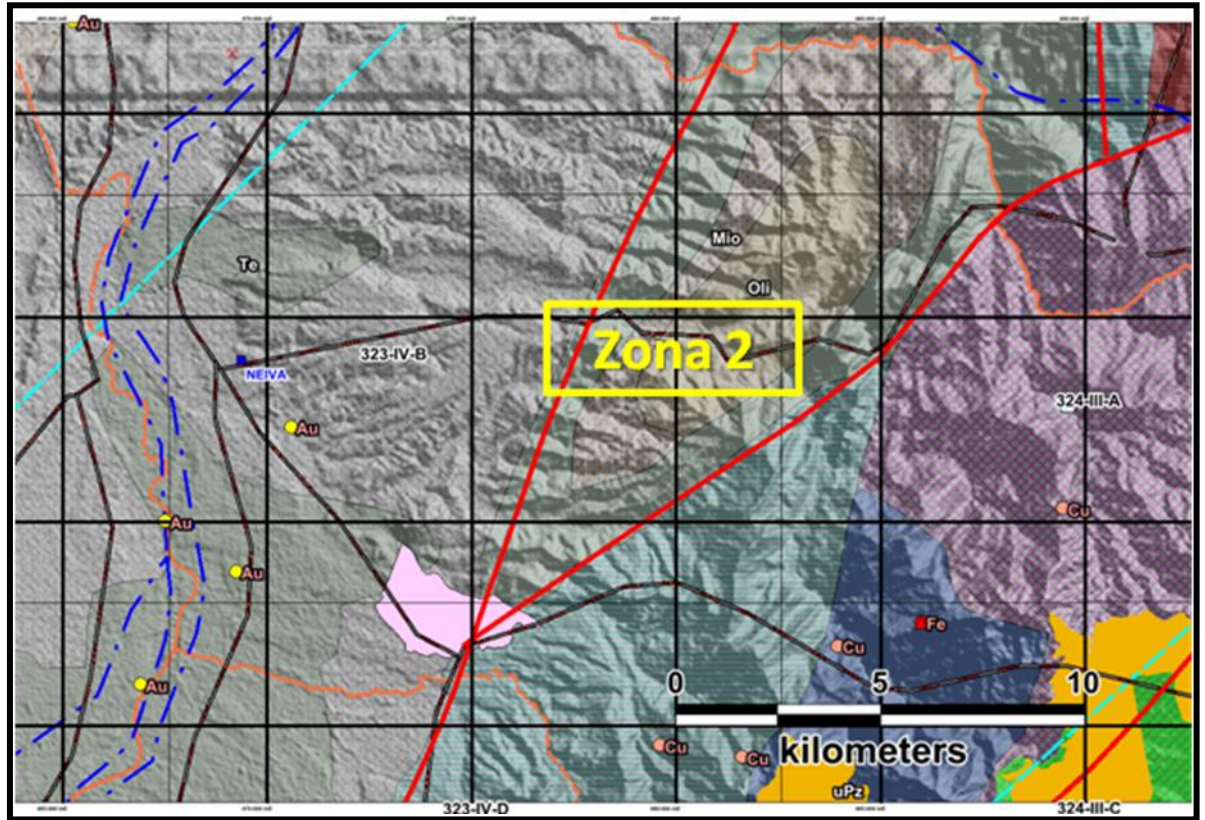


Figura 4: Modelo de elevación digital con la localización de la Zona 2 (Ceibas) Bloque Norte, Puntos AG33, AG34, AG35, AG36 y AG37. Fuente: Museo Geológico y del Petróleo.

PUNTO	COORDENADAS	
	ESTE	NORTE
AG 33	879612.244	815715.178
AG 34	880095.405	814416.915
AG 35	880195.999	814925.886
AG 36	881194.79	813432.04
AG 37	881319.999	815746.685

Tabla 4: Coordenadas de los puntos de la Zona 2 Bloque Norte (Neiva, Subcuenca de Las Ceibas).

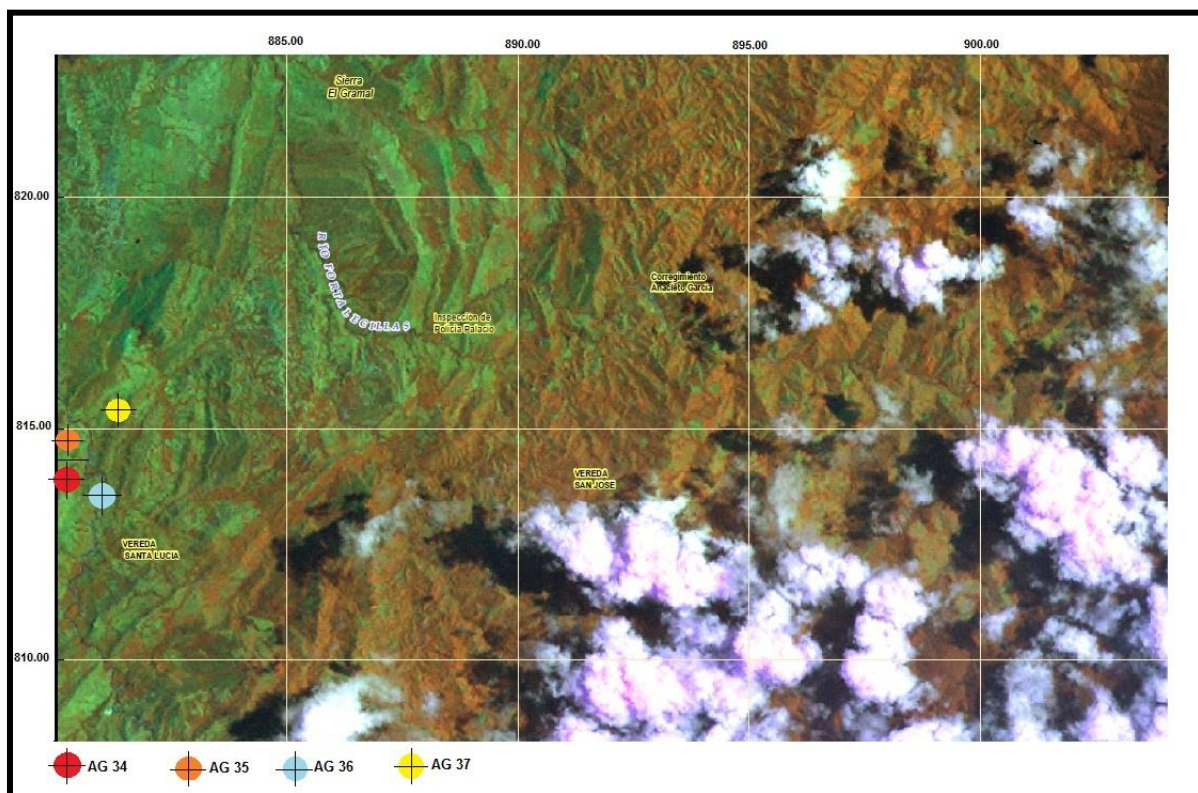


Figura 5: Ubicación espacio mapa de la Zona 2 Bloque Norte, que relaciona los puntos AG34, AG35, AG36 y AG37 de la plancha 324. Fuente: Museo Geológico y del Petróleo.



Figura 6 Ubicación espacio mapa de la Zona 2 Bloque Norte, que relaciona el punto AG33 de la plancha 323. Fuente: Museo Geológico y del Petróleo.

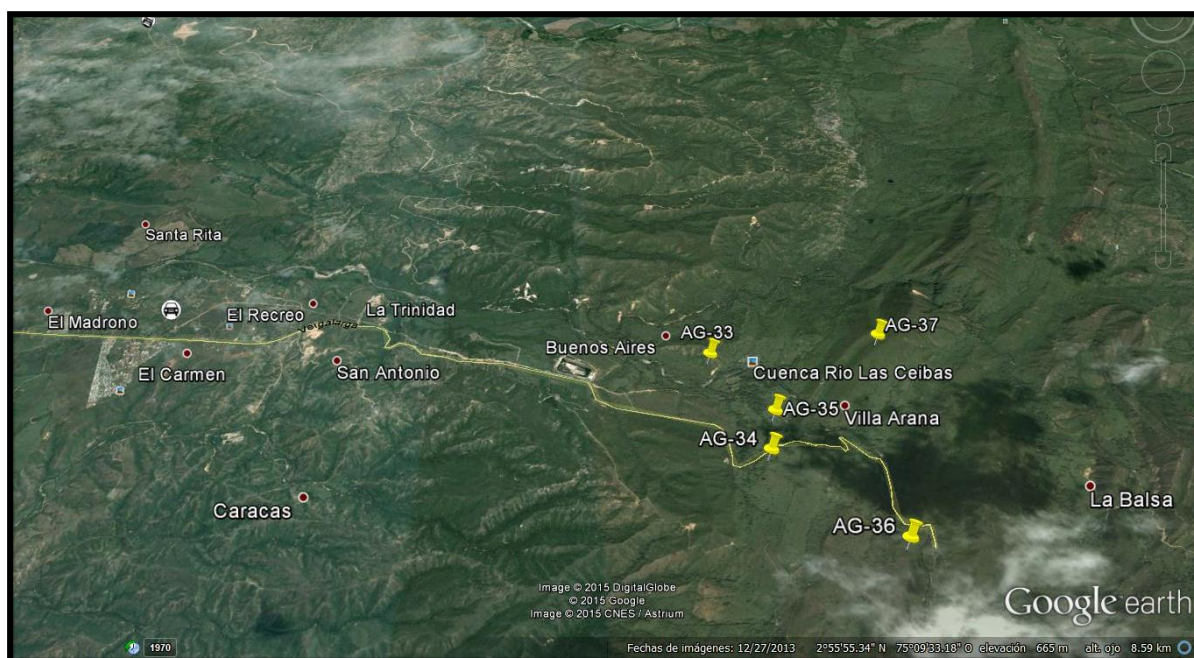


Figura 7: Localización Zona 2 del Bloque Norte. Imagen satélite tomada de Google Earth, versión libre.

El **Bloque Centro** se encuentra localizado en inmediaciones de la margen Oriental del Anticlinal de La Hocha, limitando al Sur oriente con la Falla de Río Seco, al Norte con el anticlinal de La Hocha, al Oriente con el Río Magdalena y al Occidente por el sistema de fallas de Betania y La Hocha. El área se comprende en la plancha topográfica 344-IV-C del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) a escala 1:25000. (Figuras 8 y 9)

Hacia el Bloque Centro se logra llegar por la vía Neiva-Tesalia, donde la zona corresponde a la riera del Río Páez. (Figura 10)

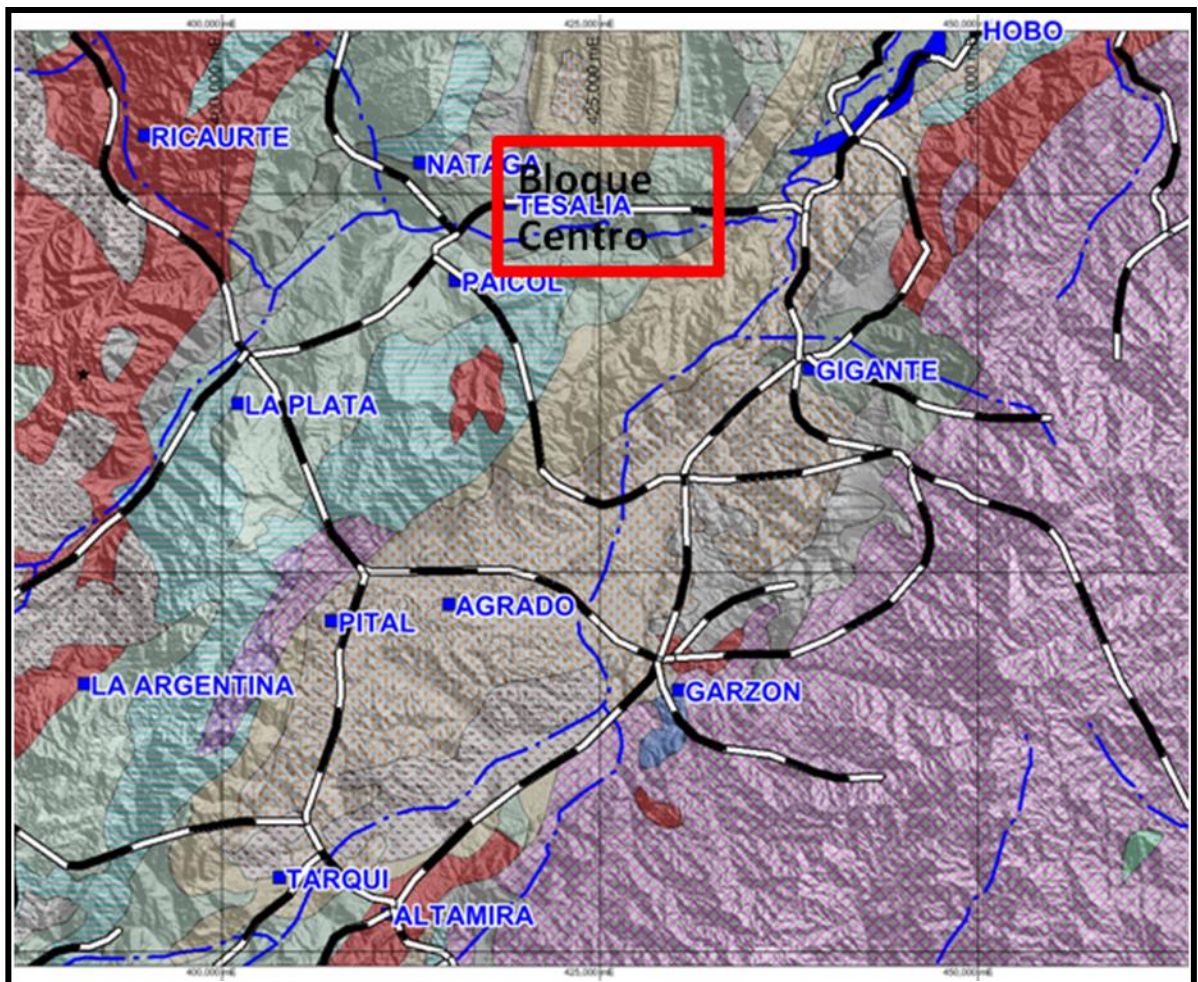


Figura 8: Modelo de elevación digital que representa la localización Bloque Centro, Punto AG 9. Fuente: Museo Geológico y del Petróleo.

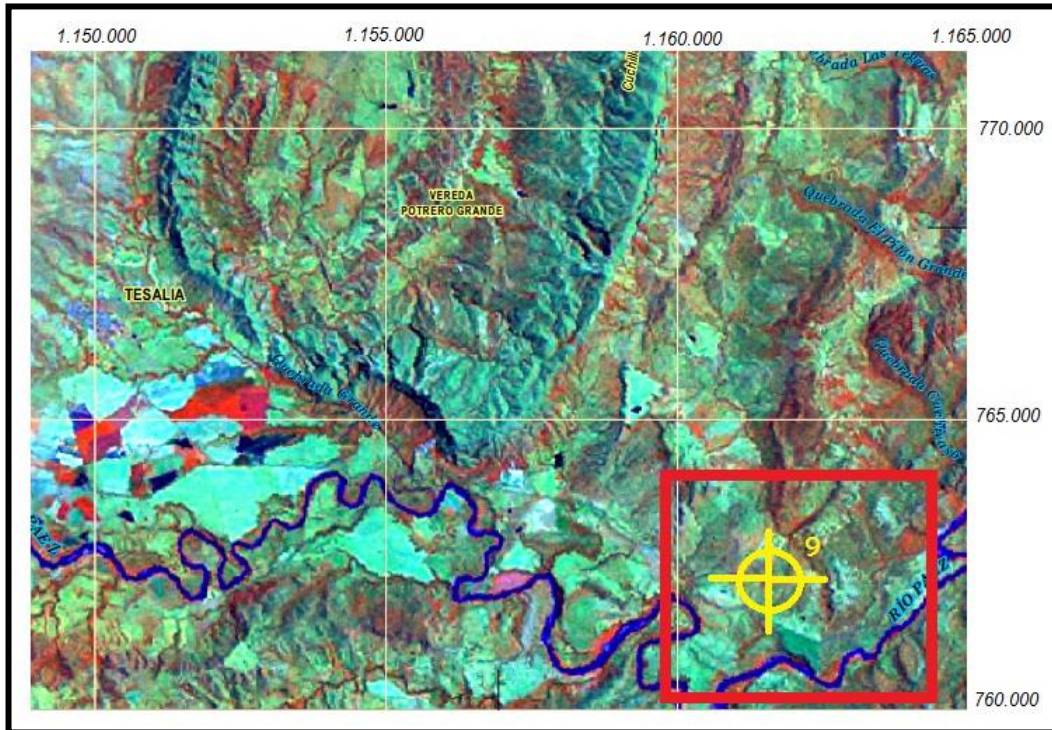


Figura 9: Ubicación espacio mapa plancha 344 IV-C- A. Punto AG 9, Coordenadas: E 830650,07 N 762075,605. Fuente: Museo Geológico y del Petróleo.

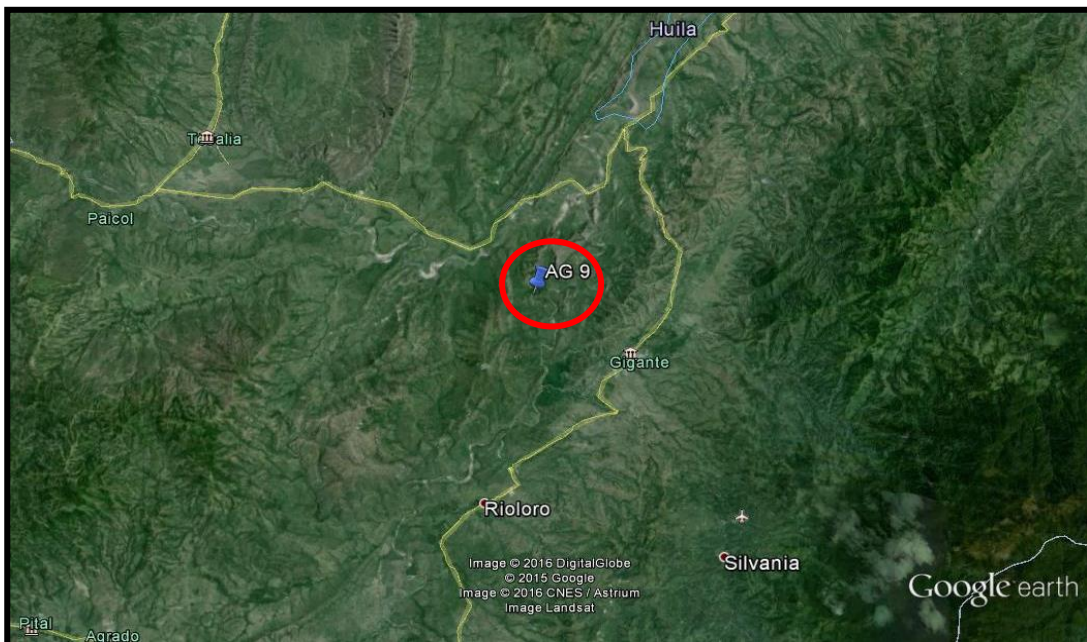


Figura 10: Localización Bloque Centro. Imagen satélite tomada de Google Earth versión libre.

Como base cartográfica se utilizaron las planchas geológicas del Servicio Geológico Colombiano (SGC), siendo así las planchas 302, 323 y 324 para el **Bloque Norte** y la 344 para el **Bloque Centro**, de igual forma se emplearon los *Espacio Mapa* a escala 1:100.000 de cada una de las mismas.

El acceso a las diferentes zonas de estudio se realizó por vías de orden nacional, carretables destapadas, veredales y a pie por bosques y potreros para poder llegar hasta el punto exacto donde se localiza el cuadrante reportado por la ANH.

2. GEOLOGÍA REGIONAL

Las tres zonas de interés se encuentran localizadas en la Subcuenca de Neiva del Valle Superior del Magdalena (VSM) que limita al norte con el denominado umbral de Natagaima, que divide el VSM en dos secciones: Sureste con el sistema de fallas Algeciras-Garzón y al Oeste con las rocas del Pre-cretáceo de la cordillera occidental. (Figuras 11 y 12)

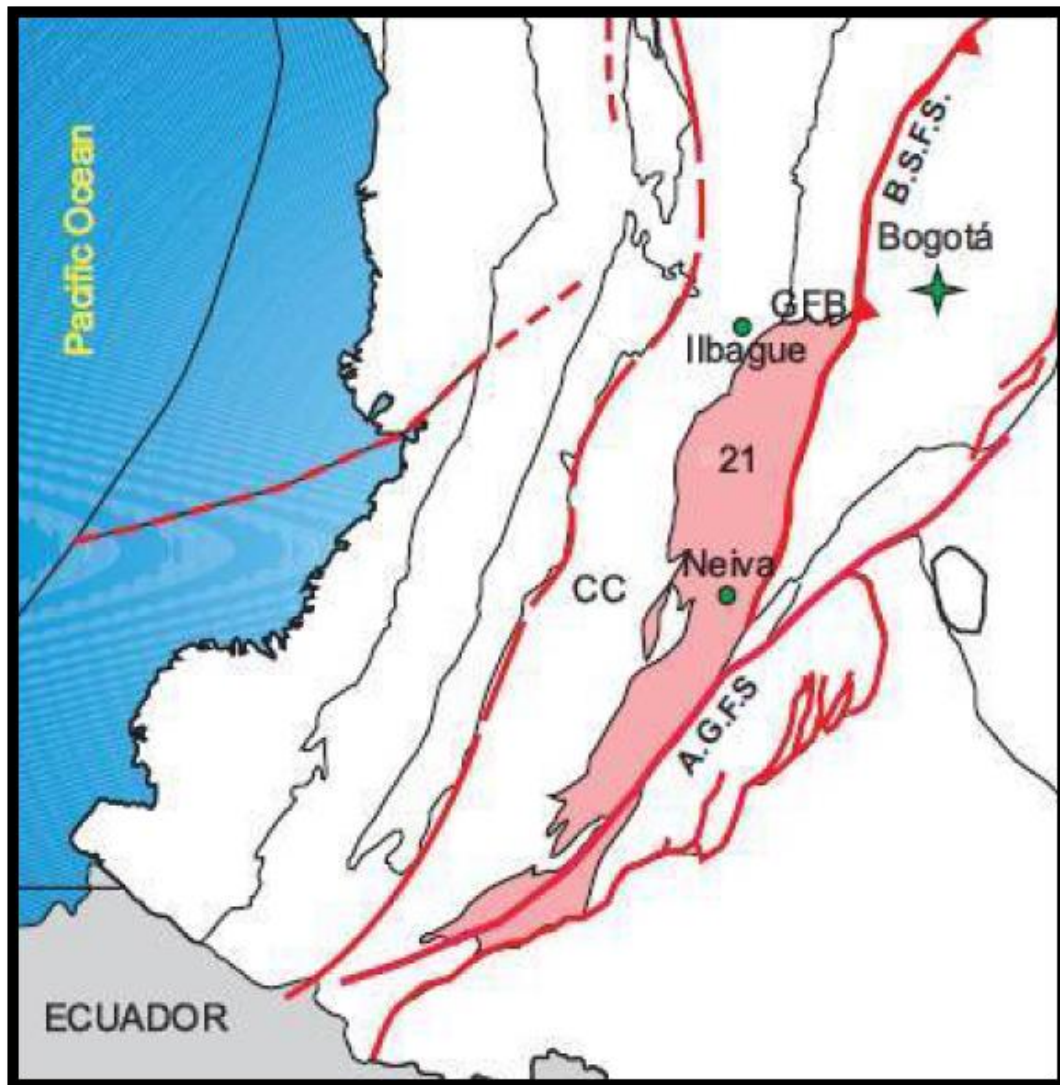


Figura 11: Ubicación y límite del Valle Superior del Magdalena (tomada del documento Colombian Sedimentary Basins: Nomenclature, Boundaries and Petroleum Geology. ANH).

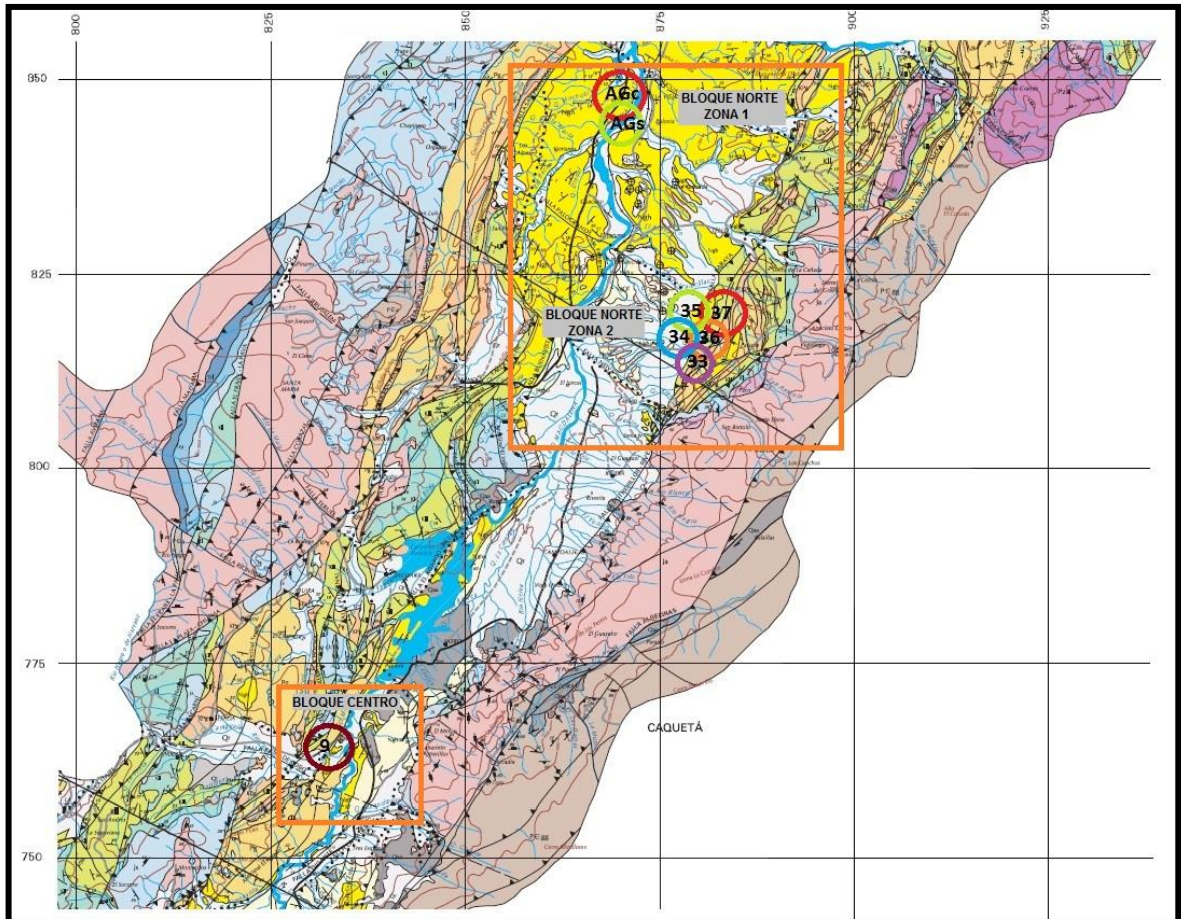


Figura 12: Mapa Geológico Regional que involucra el área de estudio. Servicio Geológico Colombiano (SGC), 2001.

PERIODO	FORMACIONES	NEIVA	TESALIA	AIPE
JURASICO	SALDAÑA	X		
CRETACICO	CABALLOS	X		
	VILLETA	X	X	
PALEOGENO	GUADUALA	X	X	
	GUALANDAY (TESALIA)	X		
	GUALANDAY (PALERMO)	X	X	
NEOGENO	HONDA	X		X
	NEIVA	X		
CUATERNARIO	DEPÓSITOS RECIENTES		X	
	DEPOSITOS DE TERRAZAS	X	X	
	DEPOSITOS ALUVIALES	X	X	X

Tabla 5: Tabla Resumen Geología Regional de las formaciones geológicas encontradas a 5 Km a la redonda de las zonas de interés.

2.1. BASAMENTO ECONÓMICO

Partiendo del hecho de que para la industria petrolera el término Basamento Económico se define como el límite por el cual la posibilidad de hallar hidrocarburos es remota o el riesgo de inversión económica para su exploración es bastante alto, con lo cual no justifica su intervención, se puede decir que para el caso en particular del VSM y por lo tanto de este estudio, el basamento económico

corresponderá a las rocas y formaciones con edades Jurásicas y mayores a éstas.

El denominado Basamento Económico de las tres zonas estudiadas en este trabajo, corresponden a la unidad litoestratigráfica que corresponden a la edad del Jurásico.

2.1.1. Jurásico

2.1.1.1. Formación Saldaña (Jsa)

La Formación Saldaña se compone de rocas (triásico terminal - jurásico inferior a medio) que representan el elemento vulcano-sedimentarias del Valle Superior del Magdalena. Fueron designadas inicialmente como Formación Saldaña por Cediel et al. El museo Geológico y del Petróleo de la Universidad Surcolombiana ha venido realizando desde al año 2006 trabajos de investigación sobre la formación Saldaña y cuerpos intrusivos asociados.

Con este trabajo se tiene conocimiento profundo sobre la estratigrafía de la formación Saldaña, ya que con el levantamiento de 20 columnas estratigráficas en todo el departamento del Huila, se ha llegado a la conclusión de que la formación Saldaña es una unidad vulcano sedimentaria, que no tiene continuidad lateral y que sus rocas son producto de eventos volcánicos independientes ocurridos durante el Jurásico Inferior a Medio.

La formación Saldaña aflora en todo el departamento del Huila, especialmente hacia los flancos de las dos cordilleras y algunas ventanas dentro del Valle Superior. Está compuesta litológicamente por rocas volcánicas tipo riolitas, dacitas, andesitas y rocas piroclásticas como tobas, aglomerados volcánicos y esporádicamente niveles de rocas sedimentarias clásticas. Se presenta de manera casi continúa en los piedemontes de la cordillera central y oriental del Huila.

Para el departamento del Huila y con base en el análisis textural y petrográfico de las rocas de la formación Saldaña, se puede concluir que los piroclastos fueron depositados por la continua erupción de grandes volcanes, emitiendo flujos de lava, oleadas y caída de cenizas, y están interdigitados con flujos de escombros,

relacionándolos con la parte media a distal de grandes focos volcánicos, correspondientes a grandes estratovolcanes continentales relacionados con la evolución de márgenes convergentes, en donde la acumulación se desarrolló en dominio de retroarco. Sintetizando, la formación Saldaña presenta un carácter marino con influencia volcánica en su miembro inferior (conocido hasta ahora sólo en la región de Payandé) y un carácter eminentemente continental en su miembro superior, de amplia distribución en el Valle Superior del Magdalena. Los afloramientos de la formación Saldaña fueron identificados en la zona 2, Neiva, Bloque Norte.

2.2. COBERTURA PRODUCTIVA

La cobertura productiva de la zona AGUILA abarca secuencias sedimentarias de los periodos Paleógeno, Neógeno y Cuaternario, estructuras de origen clástico y químico que constituyen las formaciones estudiadas en el presente trabajo (Tabla 6).

Los periodos Paleógeno (Maestrichtiano superior) y Neógeno (Mioceno), son caracterizados por ambientes de sedimentación marina, que con la acumulación de material vegetal y mineral a través del tiempo, forman los depósitos de carbón mineral con los que hoy cuenta Colombia. Anticlinales y sinclinales se originaron a partir de la deformación por compresión de los sedimentos de la cuenca sedimentaria, es decir el plegamiento de las estructuras, desplazando las rocas más rígidas de la Cordillera Central, a partir de lo cual se empieza a ver la elevación de la cordillera Occidental. En estos periodos se depositan las formaciones Guaduas y Palermo (Paleógeno), y Honda (Neógeno).

El periodo Cuaternario, caracterizado por procesos de origen continental, fue durante el cual ocurrió la elevación de la Cordillera Andina hasta su altura actual. Es uno de los periodos con gran actividad eruptiva en la Cordillera Central y en el sur de la Cordillera Occidental, y que gracias a la acción erosiva de los ríos se genera la constante geología colombiana de hoy. En este periodo se originaron los Abanicos Recientes (Qar), Depósitos de Terrazas (Qt) y Depósitos Aluviales (Qal).

EDAD		GRUPO	FORMACIÓN	GRUPO	FORMACIÓN	AMBIENTE	LITOLOGÍA	DESCRIPCIÓN	
Era	Período								
CUATERNARIO		NOMEN. PETROLEOS		NOMEN. INGEOMINAS					
Neógeno	Plioceno	Gigante	(1000ms)	Hulla	Gigante	Terrestre, Llanura de Piedemonte.		Arcillolitas, areniscas frías y tobáceas, conglomerados y tobas Conglomerados, areniscas, lodolitas y cenizas volcánicas	
	Holoceno				Nieva				
Paleógeno	Mioceno	Honda	(2500ms)	Honda	Honda	Terrestre, Llanura Aluviales		● Archillolitas, limolitas y areniscas. Lentes conglomeráticas	
			Medio a Superior						Discordancia
			Inferior		Barzalosa	(10 - 300ms)			
	Oligoceno	Doña		Doña		Terrestre, Ríos enterrizados		● Conglomerados de Chert negro, cuarzos y fragmentos líticos Capas delgadas de limolitas y areniscas ● Arcillolitas, limolitas, areniscas y lentes conglomeráticas	
			Potrillo						Potrillo
		Eoceno	Gualanday	Tesaña	Chicoral				Tesaña
				Bache					Bache
	Paleoceno	Gualanday	Palermo	Chicoral	Palermo	Terrestre, Parálito		● Conglomerados policimáticos, capas delgadas de areniscas y archillolitas	
			Teruel		Seca				
	Maastrichtiano	Guaduala	San Francisco	Seca			Discordancia		● Arcillolitas y limolitas rojizas o verdosas, capas de areniscas líticas de grano fino
Maastrichtiano	Monserrate	K1, K2, K3, K4	KIII		La Tabla	Marino	● Areniscas con cemento calcáreo y foraminíferos ● Limolitas, calizas y fosforitas		
Campaniano				Olin					
Cretácico	Superior	Villeta	(700 - 1100ms)	KII	Loma Gorda	Plataforma Detrítico - Calcárea		● Limolitas, lodolitas calcáreas y calizas ● Lodolitas frías, limolitas arenosas con cemento calcáreo, calizas	
			Shale Aico						Hondita
			La Luna						
	Albiano	Caballos	Superior	KI	Caballos	Fluvial Salobre		● Arenisca, arcillolitas y calizas	
			Medio						
Aptiano	Yavi	(385ms)		Yaví	Supra a Intermareal Terrestre		● Conglomerados policimáticos y areniscas		
Basamento	Jurásico	Saldaña	(800 - 1500ms)		Saldaña	Subaéreo Vulcanodásico		● Aglomerados, tobas líticas, vítreas y cristalinas. Capas de areniscas tobáceas y lodolitas rojizas. Intrusivos ● Calizas micríticas ● Neísges cuarzo feldespáticos en facies anfibolita y granulita. Intercalaciones máficas, Intrusivos	
	Tríasico	Intrusivo		Payande					
	Precambriaco	Metamórfico		Garzon					

Tabla 6: Columna Estratigráfica del Valle superior del Magdalena, Subcuenca de Neiva.

Se relaciona a continuación el cuadro en el que se unifica la nomenclatura geológica de las planchas utilizadas en el transcurso de la investigación, con el fin de facilitar el trabajo y emplear un mismo lenguaje para las formaciones correspondientes a las 3 zonas de estudio.

CUADRO DE NOMENCLATURA GEOLOGICA UNIFICADA GRUPO AGUILA						
EDAD	BLOQUE NORTE (MAPA OFICIAL SGC)		BLOQUE CENTRO		NOMENCLATURA UNIFICADA VSM GRUPO ÁGUILA, USCO	
	ZONA 1 (AIPE, PLANCHA 302)	ZONA 2 (NEIVA, PLANCHAS 323 Y 324)	TESALIA Plancha 344			
CUATERNARIO	Depósitos Aluviales (Qal)	Depósitos Aluviales (Qal)	Depósitos Aluviales (Qal)		Depósitos Aluviales (Qal)	
	Depósitos de Pendiente (Qtl)	Terrazas recientes (Qt)	Terrazas Púmicas (Qtp)		Depósitos de Terrazas (Qt)	
		Depósitos de Pendiente (Qc)	Abanicos Recientes (Qar)		Abanicos Recientes (Qar)	
	Depósitos Antiguos (Qa)	Abanicos antiguos (Qaal)	Abanicos antiguos (Qaa)		Abanicos antiguos (Qaa)	
NEOGENO		Grupo Huila	Fm Gigante (NgQgi)		Grupo Huila	Fm Gigante (NgQgi)
			Fm Neiva (Ngn)			Fm Neiva (Ngn)
	Formación Honda (Ngh)	Formación Honda (Ngh)	Formación Honda (Ngh)	Formación Honda (Ngh)	Formación Honda (Ngh)	La Victoria
						Villavieja

PALEOGENO	Tg5	Formación Doima (PgNgd)	Formación Doima (Pgd)	Formación Doima (Pd)	
	Tg4	Formación Potrerillo (PgPo)	Formación Potrerillo (PgPo)	Formación Potrerillo (Pp)	
	Gualanday Superior (Tg3)	Formación Tesalia (PgT)	Formación Tesalia (PgT)	Formación Gualanday (Pg)	Miembro Tesalia (Pgt)
	Gualanday Medio (Tgm2)	Formación Bache (Pgb)	Formación Bache (Pgb)		Miembro Bache (Pgb)
	Gualanday Inferior (Tgi1)	Formación Palermo (PgP)	Formación Palermo (PgP)		Miembro Palermo (PgP)
CRETACICO	Formación Seca (KTs)	Formación Seca (KPgs)	Formación Seca (KPgs)	Formación Guaduala (TKg)	
	Formación Tabla (KSt)	Formación Olini-Tabla (Ko-Kt)	Formación Tabla - Grupo Olini (Ko-Kt)	Formación Monserrate	
	Grupo Olini (Kso)				
	Formación Lomagorda (KSlg)	Formación Hondita - Lomagorda (Kh-Kl)	Formación Hondita-Lomagorda (Kh-Kl)	Formación Villeta (Kv)	
	Formación Hondita (Ksh)				
	Formación Caballos (Kic)	Formación Caballos (Kc)	Formación Caballos (Kc)	Formación Caballos (Kc)	Fm. Caballos (Kcc)
Fm. El Ocal (Kco)					
Fm. Alpujarra					

	(Kca)			
	Formación Yaví (Kiy)	Formación Yaví (Kiy)	Formación Yaví (Kiy)	Formación Yaví (Kv)
JURASICO	Rocas Piroclásticas (JR _s)	Formación Saldaña (Js)	Formación Saldaña (Js)	Formación Saldaña (Js)
	Rocas Hipoabisales (JR _{sp})			
	Rocas Sedimentarias (JR _{ss})			
	Lavas (JR _{sl})			
	Stock de San Cayetano (JSc)	Monzogranito de Algeciras (Ja)		Batolito de Ibagué (Ji)
	Batolito de Ibagué (Jgdi)			
	Batolito de Teruel (Jit)			
PALEOZOICO		Sedimentitas de cerro Neiva (PZ _{cm})		Sedimentitas de cerro Neiva (PZ _{cm})

Tabla 7: Cuadro de nomenclatura geológica unificada Grupo AGUILA.

2.2.1. Cretácico

2.2.1.1. Formación Caballos (Kc)

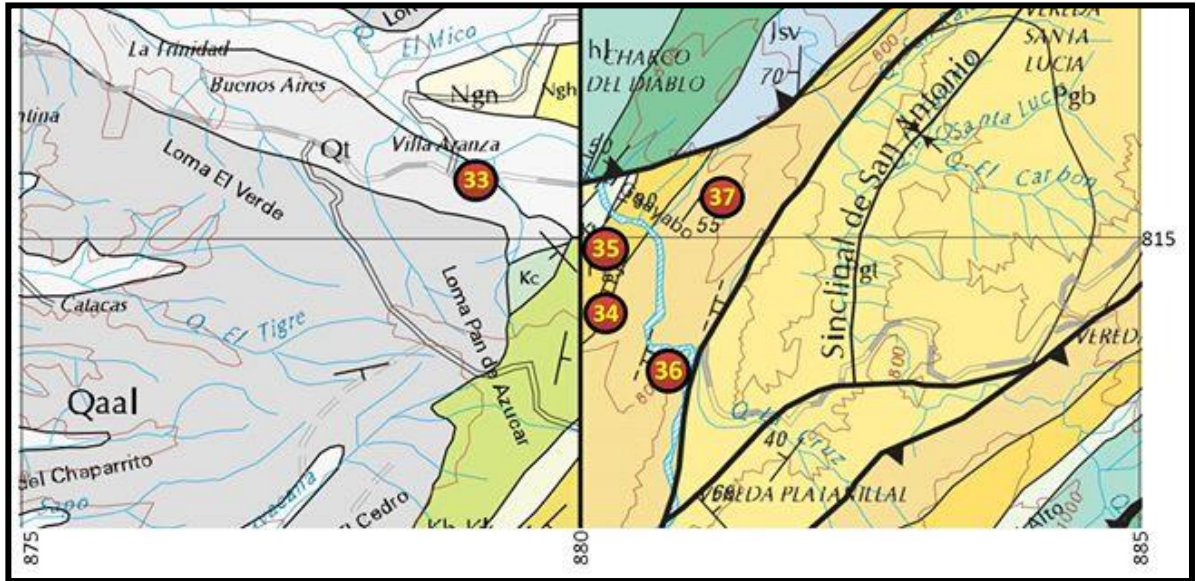


Figura 13: Planchas 323 y 324. Tomadas desde Instituto Geográfico, Agustín Codazzi.

La Formación Caballos se encuentra ampliamente distribuida a lo largo y ancho del Valle Superior del Magdalena y en las estribaciones orientales de la Cordillera Central. Ésta unidad arenosa con características de depósito de ambientes transicionales a marinos someros, se encuentra ubicada estratigráficamente bajo la Formación Villeta. Una de las mejores secciones en el Departamento del Huila se encuentra en las carreteras San Antonio–Vegalarga (Figura 13). La unidad está conformada, en su segmento inferior, por una secuencia de arenitas líticas, cuarzosas y cuarzofeldespáticas de grano fino a grueso e incluso conglomerático con algunas intercalaciones delgadas de lodolitas carbonosas. El segmento intermedio consta de capas gruesas de arcillolitas y lodolitas negras fosilíferas intercaladas con capas delgadas de calizas micríticas, láminas de carbón y niveles delgados de arenitas finas a muy finas cuarzosas. En el segmento superior las arenitas pasan a ser de grano grueso hasta conglomeráticas.

2.2.1.2. Formación Villeta

Conjunto litológico ubicado estratigráficamente por encima de la Formación Caballos y por debajo del Grupo Olini. En el área de estudio no hay un criterio claro para separar con precisión estas dos unidades, debido a que no existe ningún rasgo morfológico ni está presente algún nivel que permita distinguir el contacto entre ambas unidades, razón por la cual se ha decidido presentarlas como un solo conjunto. La correspondiente unidad está compuesta por las arcillolitas y lodolitas negras con concreciones calcáreas predominantes sobre calizas en la parte inferior, y sobre limolitas y areniscas de grano muy fino en la parte superior.

Aunque el conjunto litológico de la formación Villeta, tiene amplia distribución en el departamento, uno de los sectores donde se encuentra mejor expuesta es en el Alto de La Hocha y en los alrededores de la Localidad de Tesalia. En la cercanía a los puntos de la Zona 2 (Neiva) del Bloque Norte también se encuentra evidenciada esta formación.

2.2.1.3. Formación Monserrate (Olini – Tabla)

Unidad geológica cuyo conjunto superior consta, de capas de arenitas fosfáticas de grano medio a grueso, de color pardo oscuro a rojizo y de carácter friable, intercalados con niveles delgados de chert gris oscuro y hacia la base niveles de chert de color gris negro y pardo por oxidación, en capas delgadas con estratificación planoparalela, separadas por niveles delgados de limolitas y arenitas de grano fino, blancas a amarillentas con foraminíferos.

El conjunto intermedio está conformado por capas gruesas de arenitas cuarzosas blancas, con bajo porcentaje de glauconita y moscovita, que varían de grano medio a fino.

Hacia la base, los paquetes de arenitas son levemente fosfáticas; hacia el tope, cuarzoarenitas de grano fino, bien redondeado con buena selección y de carácter friable, con estratificación plano-paralela; el conjunto inferior está compuesto por una alternancia de lutitas físciles negras y grises oscuras con niveles delgados de calizas gris azulosas con concreciones lenticulares muy fosilíferas.

En el Departamento del Huila esta unidad tiene una distribución regional, pero las mejores exposiciones se encuentran en el flanco oeste del Anticlinal La Hocha al este de la población de Tesalia.

2.2.1.4. Formación Guaduala (TKg). (Seca, KPgs).

En esta región del Departamento del Huila, aflora este periodo representado en la formación Guaduala de la Subcuenca de Neiva, con los miembros San Francisco y Teruel, ó también ha sido llamada Formación Seca; para en el presente trabajo se acoge la Nomenclatura de *Formación Guaduala* de acuerdo al Cuadro de Nomenclatura Unificada Grupo Aguila USCO. (Figura 14)

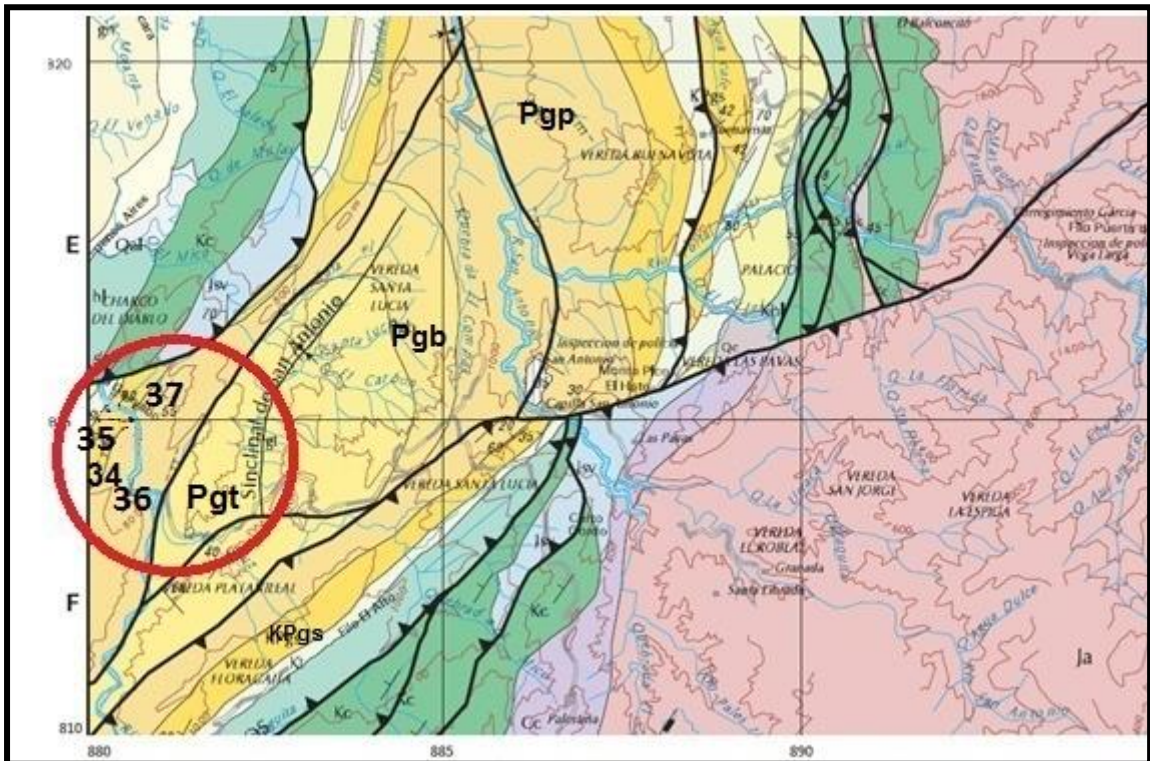


Figura 14: Geología de la Plancha 324, Bloque Norte Zona 2. 1999. Servicio Geológico Colombiano.

Esta formación se caracteriza por arcillolitas limosas de colores marrón oscuro, verdosas con algunos tonos, morados y grisáceos, que a su vez presentan intercalaciones de limolitas. En la parte superior de la secuencia se presentan

capas gruesas de areniscas líticas de grano fino, bien cementadas, de color gris oscuro.

En la Zona Tesalia, Bloque Centro, se encuentra el punto AG-9, y se caracteriza por lodolitas, y alternancia de lutitas y arcillolitas rojitas intercaladas con capas de arenitas líticas de grano fino a medio. Esta unidad la dividen en las Formaciones San Francisco y Teruel, reconocidas solo al noreste del municipio de Tesalia, debido a que en Neiva no se tiene en cuenta esta clasificación. (Figura 15)

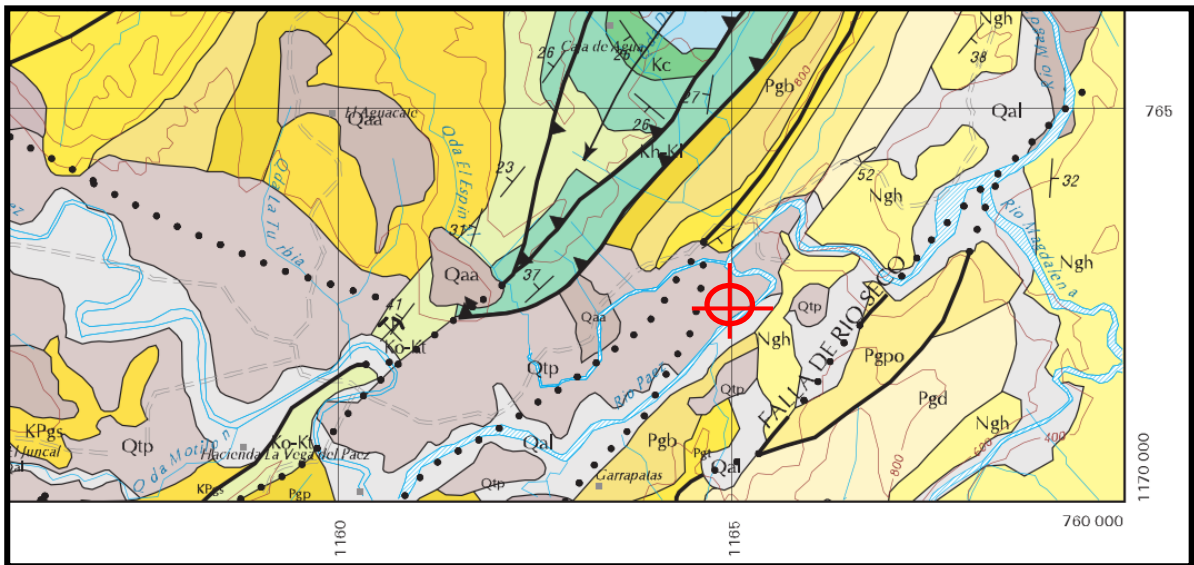


Figura 15: Geología de la Plancha 344, Bloque Centro Zona Tesalia. 1999. Servicio Geológico Colombiano.

2.2.2. Paleógeno

2.2.2.1. Formación Gualanday

2.2.2.1.1. Miembros Baché (Pgb) y Tesalia (Pgt)

La Subcuenca de Neiva posee unidades estratigráficas que muestran una discordancia angular regional que sirve de límite superior a las rocas del Eoceno, y

en esta área de estudio hacen parte de la Formación Gualanday con los miembros Palermo, Baché y Tesalia. (Figura 16)



Figura 16: Formación Baché (Pgb). AG – 36. Bloque Norte, Zona 2, Neiva.

Aflora en el Bloque Norte, Zona 2, Neiva, dos de los 3 miembros del Grupo Chicoral: Palermo, Baché, Tesalia, ubicándose Baché en la parte media con unidades arcillosas.

Este grupo de formaciones indica su depositación en la época del Paleoceno, de origen marino, constituido por conglomerados rojizos, shales negros y areniscas de grano fino a medio de colores rojizos, verdes y morados.

Los dos miembros extremos (Palermo y Tesalia), son unidades conglomeráticas rojizas, divididas por la unidad Baché (lodo-arenosa); el Gualanday Inferior corresponde a conglomerados con matriz de arena cuarzosa gruesa y cementados con sílice ferruginoso, con intercalaciones de lentes de arenitas de grano grueso; el Gualanday Medio, por arcillolitas y lodolitas rojizas, grises; el Gualanday Superior constituido por una sucesión de capas gruesas de conglomerados (guijros de cuarzo y chert) con matriz de arena fina y cemento ferruginoso, intercalados con conglomerados de capas delgadas de cuarzoarenitas de grano fino de tonos rojizos.

2.2.3. Neógeno

2.2.3.1. Formación Honda (Ngh)

La Formación Honda aflora a lo largo de la parte central del Valle Superior del Magdalena y su morfología se manifiesta en forma de colinas bajas, onduladas y pendientes muy suaves, con drenajes abiertos poco profundos cubiertos por suelo y arbustos.

La unidad ocupa un área muy pequeña en la parte Este de la Plancha 323 donde se encuentra la ruta de acceso hacia los puntos de los Puntos AG34, AG35, AG36 y AG37 correspondientes al Municipio de Neiva. (Figura 13).

En el sector Sur- Este de la Plancha 302 donde se localizan los indicios superficiales AGc y AGs encontrados en los alrededores del municipio de Aipe solo aflora esta formación. (Figura 17)

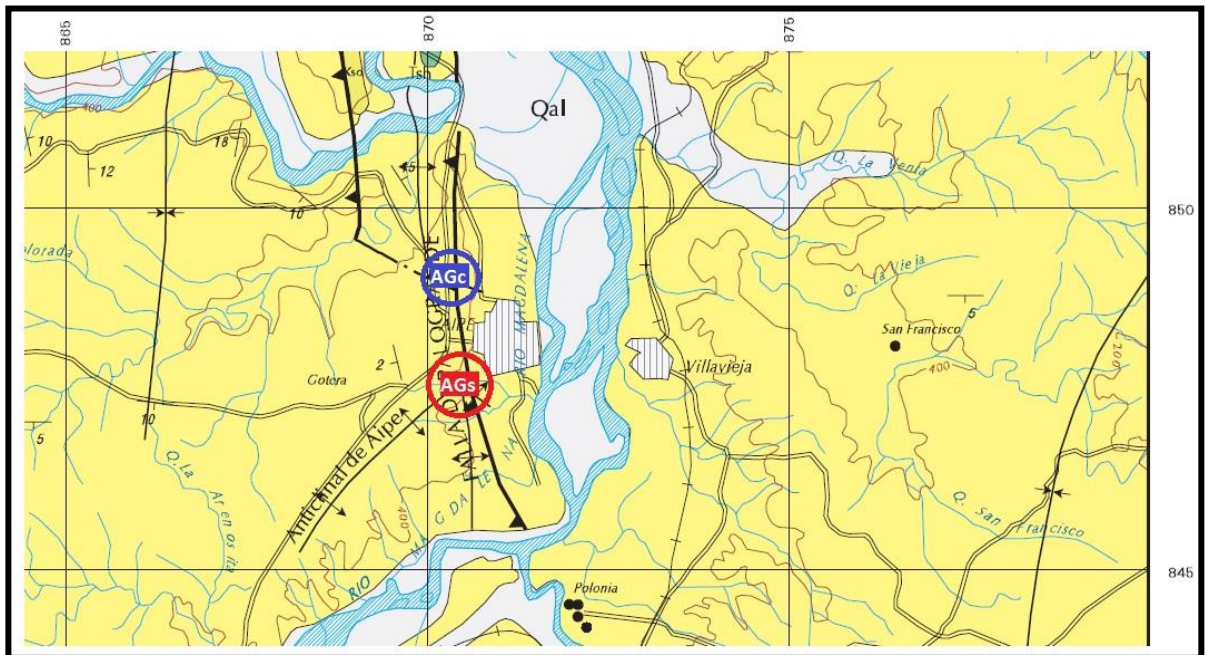


Figura 17: Mapa geológico plancha 302 Zona 1 Bloque Norte. Localización de los rezumaderos AGc (Cementerio Aipe) 848901N - 870511E y AGs (El Salado) 870620E – 847288N. 1999. Servicio Geológico Colombiano.

Litológicamente la Formación Honda se encuentra constituida por una secuencia de areniscas, arcillolitas y conglomerados. Las areniscas son fluvio-lacustres con estratificación cruzada y colores variados, como gris-verdoso, blanquesino y rojizo. Muchos de los componentes de las areniscas tienen origen volcánico y le dan a la roca un tono azulado a negruzco. Los conglomerados están constituidos por cantos de chert, de color negro, gris, marrón, cantos de cuarzo hasta de 8 cm de diámetro y clastos de roca metamórfica, generalmente neises, filitas y cuarcitas micáceas. Las areniscas conglomeráticas de la formación Honda están constituidas por cantos de cuarzo, chert negro y gris y fragmentos de rocas metamórficas. Las arcillolitas se presentan en paquetes de colores rojizo, amarillento y verdoso. Es común encontrar concreciones arenosas dentro de las arcillas. (Figura 18)



Figura 18: Morfología de la Formación Honda en cercanías al Rezumadero AGc.

La Formación Honda se puede dividir en dos unidades:

- **Honda Inferior**

Constituida por intercalaciones de arcillolitas rojas, cafés rojizas y grises verdosas, interestratificadas con arenitas, algunas veces conglomeráticas, grises a grises verdosas.

- **Honda Superior**

Conformada predominantemente por arenitas grises a blancas con algunas intercalaciones de lodolitas cafés rojizos a gris verdosas. Se depositó en ambientes fluviales, con facies de canal, abanicos de rotura, llanura de inundación y lagos pantanosos.

2.2.3.2. Formación Neiva

La unidad aflora al occidente del Río Magdalena, en el área de Guacirco, Palogrande y Buziarco, por la vía Neiva-Aipe. Esta formación solo fue encontrada

muy cerca al punto estudiado AG33, ocupando un área muy pequeña en la parte Este de la Plancha 323 correspondiente al Municipio de Neiva (Figura 19)

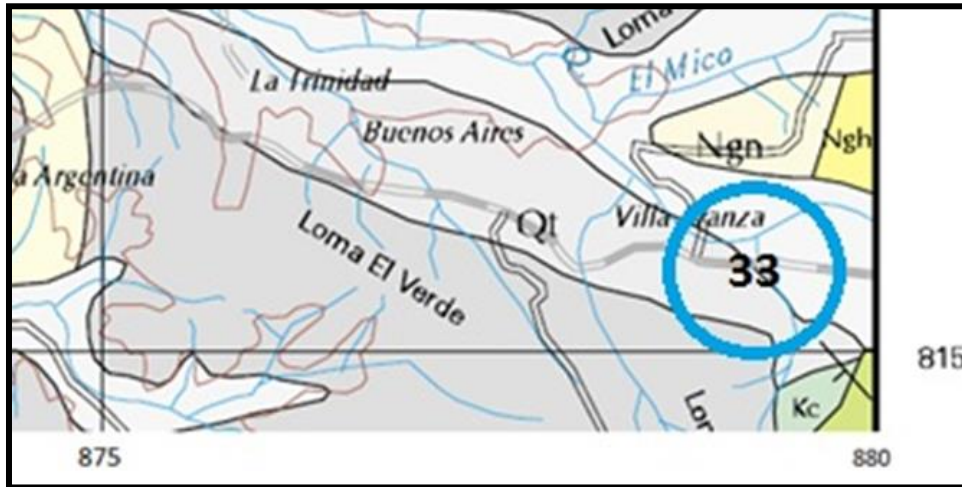


Figura 19: Geología de la plancha 323. 1999 Servicio Geológico Colombiano (SGC).

Litológicamente está conformada por paquetes gruesos de conglomerados compuestos por guijos hasta de 10 cm de diámetro de rocas ígneas y metamórficas, con matriz areno limosa, intercalados con capas de arenitas y niveles delgados de lodolitas y cenizas volcánicas.

2.2.4. Cuaternario

2.2.4.1. Abanicos Recientes (Qar)

Son depósitos recientes ampliamente distribuidos a lo largo del piedemonte oriental de la Cordillera Central. La composición de estos abanicos es diversa y se relaciona directamente con su localización con respecto a las unidades geológicas aflorantes en la cuenca de la quebrada que los forma. Se identifican al margen del río Páez en el punto 9 del Bloque Centro, Zona Tesalia, formando terrazas peniplaniciarias medias que se interceptan con las terrazas antiguas.

2.2.4.2. Depósitos de Terrazas (Qt)

Morfológicamente, la unidad está representada por terrazas amplias, con alturas hasta de 40 metros. Su mayor exposición es en la margen norte del río Páez, en el área comprendida entre el casco urbano del Municipio de Tesalia y sus alrededores, hasta su desembocadura en el río Magdalena. Esta unidad reposa discordantemente sobre rocas correspondientes a las formaciones Gualanday y Olini y las formaciones Doima, Potrerillo, Guaduala, Hondita, Loma Gorda y Saldaña. Se identifican en el Bloque Centro, Zona Tesalia las terrazas púnicas interceptadas con depósitos lávicos y aluviales sobre la margen del Río Páez formando terrazas altas y continuas ligeramente moldeadas por la erosión. En la zona 2 Neiva, Bloque Norte, en el punto del rezumadero AG-33, se encontraron sobre la respectiva plantación de cacao en un área plana, depósitos de terrazas (Qt₂), sin embargo, no se evidencia ningún indicio de hidrocarburo.

2.2.4.3. Depósitos Aluviales (Qal)

Agrupan los sedimentos aluviales transportados como material de arrastre, ubicados en el cauce principal y las terrazas bajas de los ríos Magdalena, Páez, La Plata, Yaguará, Pedernal, Callejón, Pacarní, Yaguaracito, Macurí y las quebradas Guyubito, El Carbón y Motilones. El material que los compone en tamaño y composición es variado y depende de la dinámica de las corrientes y las unidades geológicas aflorantes. En el caso del punto 9 ubicado en el Bloque Centro, zona Tesalia, se encuentran asociados a la dinámica del Río Páez, formando barras puntuales compuestas por bloques en medio de granos, limos y arcillas. Otros depósitos que ocupan extensas áreas del departamento se localizan principalmente a lo largo de los piedemontes de las cordilleras Oriental y Central; siendo uno de los más el que se encuentra en la Zona Neiva. En el Bloque 1, Zona Norte, también encontramos presencia de depósitos aluviales en la quebrada "Petrolizada", punto en el que encontramos presencia de Hidrocarburos en el municipio de Aipe, debido a que también se consideran los depósitos aluviales relacionados con las corrientes fluviales actuales.

2.3. GEOLOGIA ESTRUCTURAL

En el presente capítulo se realiza una breve descripción de las principales estructuras geológicas que existen en cada una de las áreas estudiadas las cuales son consideradas de gran importancia por influir en la formación de los indicios superficiales.

Los 5 indicios superficiales reportados por la ANH de la Zona Neiva, corresponden a las planchas topográficas 323-IV-B y 324-III-A del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) a escala 1:25000. El área estudiada se encuentra localizada en la parte norte de la Subcuenca de Neiva del llamado Valle Superior del Magdalena; dicho valle corresponde a una depresión de origen estructural de edad Neógena, relacionada con el levantamiento de las cordilleras Central y Oriental, generado por la acción de las fuerzas compresivas que actuaron en dos fases principales ocurridas durante el Oligoceno y Mioceno – Cuaternario. Estos 5 indicios superficiales se encuentran influenciados principalmente por el Sinclinal San Antonio y diferentes fallas de cabalgamiento (Falla Salados).

En el municipio de Aipe encontramos los indicios superficiales AGc y AGs, esta zona está involucrada y afectada por estructuras sinclinales, anticlinales y fallas de cabalgamiento, que conjugadas con las características genéticas texturales de las rocas, son causantes de la migración y el entrapamiento de hidrocarburos y aguas en la región, las cuales han hecho posible la existencia de estos dos rezumaderos: activo (AGc) y de iridiscencia (AGs).

El área de la zona de Tesalia comprende la región sur occidental del Valle Superior del Magdalena y el borde oriental de la Cordillera Central. Ésta se encuentra repartida en dos regiones morfoestructurales cuyo límite es la Falla de La Plata, que se extiende del noreste al suroeste. La siguiente es una descripción estructural de cada una de las regiones mencionadas:

NEIVA	FALLAS	- Salado
	PLIEGUES	- Sinclinal San Antonio
TESALIA	FALLAS	- La Hocha
	PLIEGUES	- Anticlinal de la Hocha
AIPE	FALLAS	- Palogrande
	PLIEGUES	- Anticlinal de Aipe - Anticlinal de Palogrande

Tabla 8: Resumen Estructuras geológicas encontradas en las zonas de estudio.

2.3.1. Fallas

2.3.1.1. Falla de La Hocha

Se trata de un cabalgamiento con un trazo de falla bastante irregular en superficie, con rumbo N-S y longitud de 25 km, aproximadamente. Su vergencia es hacia el este y tectónicamente se comporta como un retrocabalgamiento de la Falla de Betania, con la que forma una cuña tectónica, que morfológicamente se distingue con el nombre de Alto de La Hocha. Esta cuña involucra rocas de edad jurásica y cretácica de las formaciones Saldaña, Caballos, Hondita y Olini.

2.3.1.2. Falla Palogrande

Es una falla de cabalgamiento que pone en contacto la Formación Hondita sobre la Formación Honda. El plano de la falla Palogrande es visible en superficie al sur y norte de la población de Aipe, donde corta rocas de la formación Honda y limita el flanco oriental del Anticlinal de Aipe. Estudios geofísicos, analizados por BUTLER (1983), indican una inclinación, del plano de falla, de 70 grados al occidente, con una dirección NS a N15°E. Es la falla más oriental del sistema Chusma Teruel y probablemente la falla más joven de este sistema y es la que muestra, más claramente, una actividad posterior a la depositación de la Formación Honda.

2.3.2. Pliegues

2.3.2.1. Anticlinal de Aipe

Está localizado al occidente del Municipio que lleva su nombre. Está formado por rocas de la Formación Honda y se encuentra limitado, al este, por la Falla de Palogrande. Es una estructura con geometría de abanico y forma de caja que tiene el plano axial en dirección N-S.

2.3.2.2. Anticlinal de La Hocha:

Se trata de un anticlinal angosto y alargado con dirección N-NE, limitado entre las fallas de La Hocha y Betania. El límite norte de la estructura es una falla de tipo inverso de dirección NESW que ocasiona la pérdida del registro geológico de parte de las formaciones Caballos y Hondita. Hacia el sur, el eje de la estructura se pierde al ser cortado por la Falla de Betania. Esta estructura compromete rocas de las formaciones Saldaña, Caballos, Hondita y el Grupo Olini.

2.3.2.3. Anticlinal de Palogrande

Su eje se localiza a una distancia mínima de aproximadamente 7 km al NE de Neiva, con una dirección NS que luego varía a NW. Afecta rocas del Grupo Honda, y se presenta cortado por la Falla de Palogrande.

2.3.2.4. Sinclinal San Antonio

Ubicado al oriente de Neiva en el vértice del bloque de rocas sedimentarias que se encuentra limitado por rocas precretácicas al oriente y acumulaciones cuaternarias al occidente, entre las fallas Potrerillos-Rivera y Baraya, respectivamente. Involucra rocas del Neógeno en su núcleo y sus flancos están afectados por otras fallas menores.

3. GEOLOGIA DEL PETROLEO

3.1. ROCA GENERADORA

En el Valle Superior del Magdalena las principales rocas responsables de la generación de hidrocarburo son dos intervalos comprendidos dentro de la formación Villeta. Algunas otras manifestaciones son provenientes de la formación Caballos Medio, consideradas como una fuente secundaria, donde se presenta expulsión y posterior migración a través de sus planos de estratificación y sistemas de diaclasamiento.

Los cantidad de materia orgánica total (COT) presente en la formación Tetuán varía entre el 1 al 4 %, con variaciones en los índices de hidrogeno entre los 100 a 650 mg HC/gC, presentándose mezcla de Kerógenos, donde predominan primordialmente el aporte de materia orgánica producto de algas, con Kerógenos tipo I y II en la parte inferior y mezcla de Kerógenos tipo II y III para la parte media.

3.2. ROCA RESERVORIO

De acuerdo con las características faciales presentadas por las unidades encontradas, las rocas que presentan las mejores características para desempeñarse dentro de un sistema petrolífero como roca reservorio son las areniscas pertenecientes a la formación Caballos y Monserrate.

La formación Caballos, en su miembro inferior, es el de las mejores condiciones faciales debido a su depositación, compuesto principalmente por cuarzo. La parte inferior de esta unidad también presenta cuerpos arenosos y conglomeráticos que potencialmente podrían ser buenos reservorios, debido a sus buenas cualidades petrolíferas son un objetivo principal en el proceso de exploración a nivel regional.

3.3. ROCA SELLO

Los shales y limolitas de textura fina de la formación Villeta son las principales rocas sellos dentro del sistema Caballos-Villeta. Además, las lodolitas de la formación Guaduala también actúan localmente como roca sello.

3.4. TIPO DE TRAMPAS

Los campos productores encontrados en la zona de interés son acumulaciones debidas a estructuras formadas por pliegues relacionados a fallas, en su mayoría anticlinales fallados. De acuerdo a la interpretación de las secciones.

3.5. CARTA DE EVENTOS

La carta de eventos de los sistemas petrolíferos (Figura 20) muestra los elementos y los procesos responsables para la formación de campos en el área, los cuales ocurrieron durante el Cretáceo, Paleógeno y Neógeno. La formación de trampas se produjo antes y durante la expulsión de hidrocarburos.

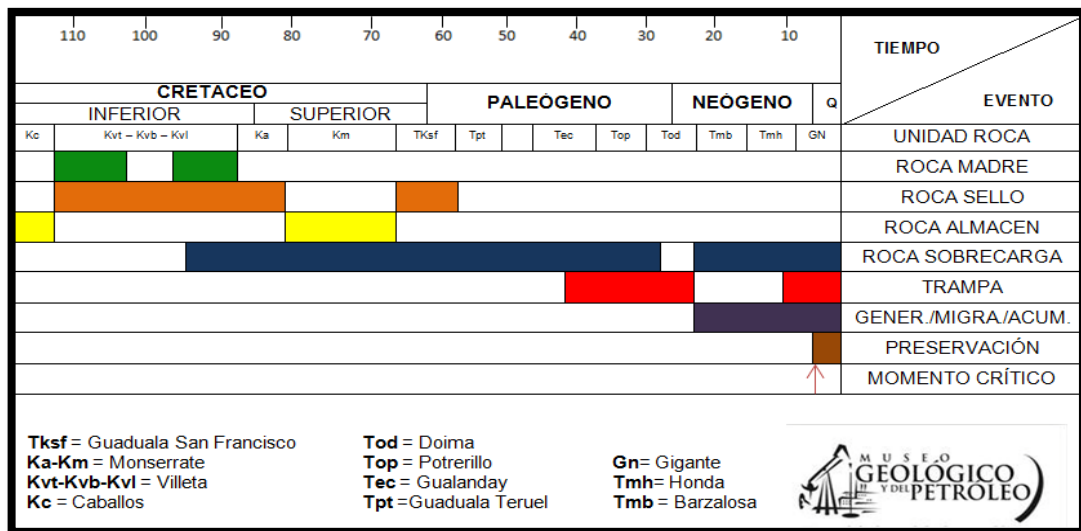


Figura 20: Carta de eventos de los sistemas petrolíferos de la zona de estudio (Hocol S.A. Modificada Vargas R, Fajardo C.2015)

4. INDICIOS SUPERFICIALES DE HIDROCARBUROS

Es muy común encontrar afloramientos naturales y superficiales de hidrocarburos, también denominados rezumaderos ó indicios superficiales, asociados a yacimientos subterráneos. Los fluidos que allí se encuentran están constituidos principalmente por hidrocarburos parafínicos, nafténicos y aromáticos, además de azufre, mercaptanos y agua salada, y son el resultado de un largo proceso de degradación bacteriana de organismos acuáticos animales y vegetales, que quedan confinados en el fondo de los océanos durante un período de millones de años.

El petróleo queda depositado en la llamada roca madre, desde donde migra a través de areniscas, calizas y otras rocas porosas (rocas almacén) hasta alcanzar una anomalía geológica (anticlinal o falla), donde una capa impermeable de margas o de arcilla forma una trampa que lo mantiene retenido.

En ocasiones, el petróleo y el gas natural quedaban atrapados entre capas de rocas impermeables o capas salinas, formándose un depósito que suele estar separado en tres capas: gas natural (que al ser el menos denso, ocupa la capa superior), petróleo (que ocupa la capa intermedia) y agua (que por ser más densa, ocupa la capa inferior) Como no tienen espacio para expandirse, el gas y el petróleo crudo están bajo una gran presión, y tienden a brotar de forma violenta cuando se perfora el yacimiento, aunque también puede ascender y salir libre a la superficie en forma de rezumamiento, a través de los intersticios de una roca, aberturas intergranulares o a través de los poros debido a diaclasas, fracturas y efectos de soluciones.

4.1. CLASIFICACIÓN DE LOS INDICIOS SUPERFICIALES DE HIDROCARBUROS

Los indicios superficiales se pueden clasificar en directos o indirectos. Entre los directos se encuentran los activos como rezumaderos de petróleos, filtraciones de gas y volcanes de lodo; también existen los indicios superficiales fósiles como las arenas asfálticas. (Figura 21)

Los Indicios Directos son los provocados por la presencia en gases, aguas, rocas y suelos de componentes dispersos del petróleo, ya sea como bitúmenes sólidos o líquidos, o como hidrocarburos gaseosos. Los Indicios Directos se denominan "activos" o "vivos" si los productos visibles se renuevan constantemente como consecuencia de una circulación activa subterránea. De este tipo son las fuentes de petróleo o gas, los volcanes de lodo, etc. Por el contrario, se denominan "fósiles" o "muertos" si no hay renovación permanente que compense las pérdidas por oxidación en superficie. Como ejemplo de estos indicios, son de destacar las arenas asfálticas.

Los Indicios Indirectos se subdividen, a su vez, en dos tipos: Indicios Indirectos de tipo I e Indicios Indirectos de tipo II: Los del tipo I engloban a las características de gases, aguas, rocas y suelos que aparecen como resultado de reacciones químicas de algunos constituyentes del petróleo con el medio en que se encuentran. Dentro de esta clase de indicios indirectos se sitúan la presencia de sulfuro de hidrógeno en algunos gases, o de sodio en las aguas. Los del tipo II son aquellas características de aguas y gases que expresan condiciones favorables para la existencia de depósitos sin que se detecten éstos de manera directa. Un ejemplo pudiera ser la detección de cloruro de calcio en las aguas.

Al interpretar los indicios superficiales se toman en cuenta dos conceptos: Dismigración primaria donde el petróleo sube directamente desde la roca madre, lo cual quiere decir que tienen poco valor exploratorio así como los indicios asociados a secuencias homoclinales de rocas generadoras.

Indicios asociados a rocas generadoras y dismigración secundaria donde el petróleo emana de la roca almacén, tienen un alto valor exploratorio y algunos ejemplos son indicios asociados a anticlinales fallados y/o erosionados.

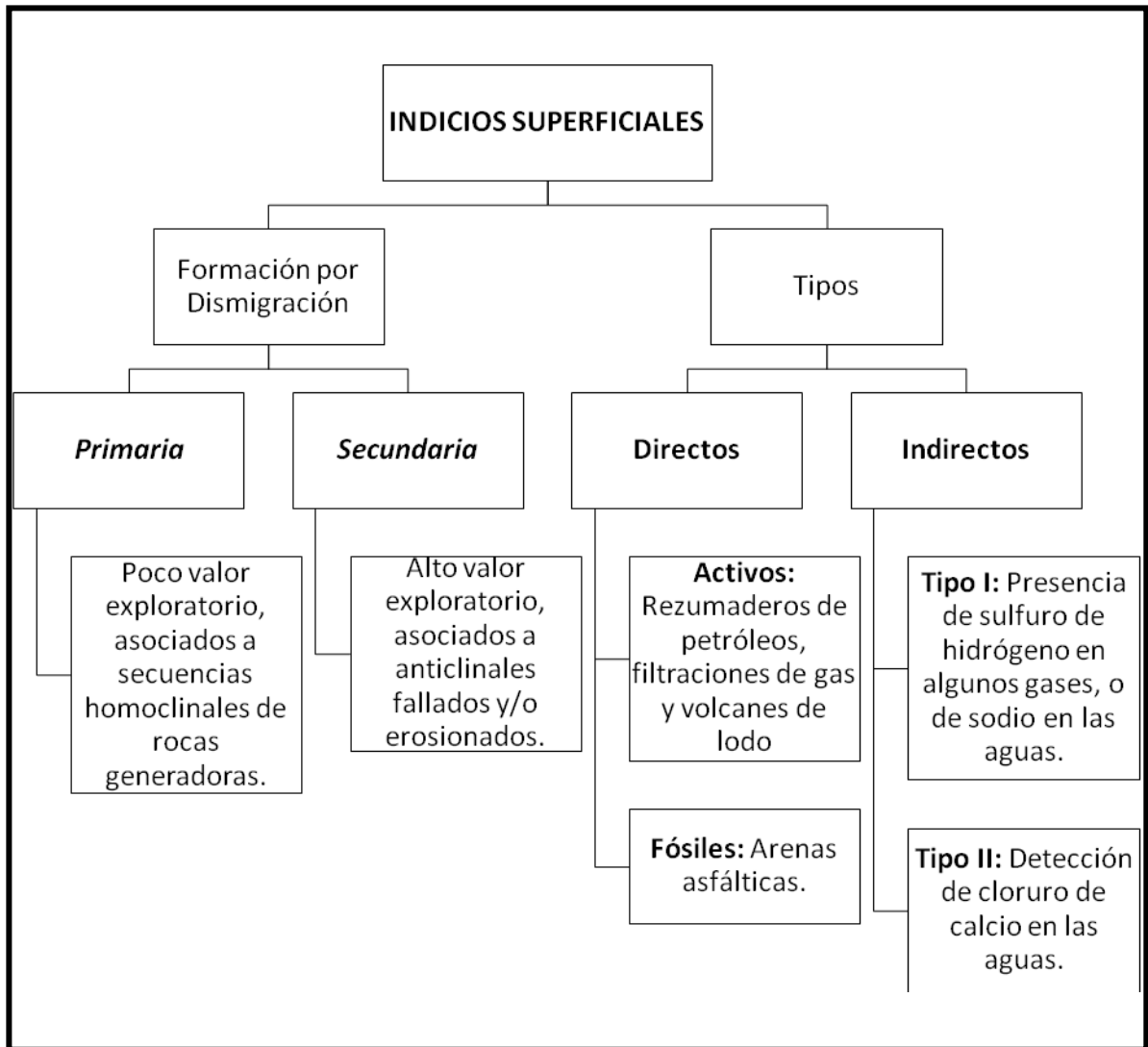


Figura 21: Cuadro de Clasificación de los Indicios superficiales de Hidrocarburos.

4.2. IMPORTANCIA ECONOMICA DE LOS INDICIOS SUPERFICIALES DE HIDROCARBUROS

Sin procesar, las arenas bituminosas prácticamente carecen de uso. En cambio, una vez procesadas pueden convertirse en una especie de petróleo sintético que en parte ya es utilizado para cubrir las necesidades de hidrocarburo en el mundo. Los mayores yacimientos de arenas bituminosas se encuentran en Canadá, pero también hay grandes yacimientos en Venezuela, Estados Unidos, Rusia o

Madagascar. Canadá es también el mayor país exportador de crudo extra pesado del mundo.

4.2.1. Arenas de alquitrán de Athabasca



Figura 22: Localización de las arenas del aceite. Canadá se aferra a sus arenas bituminosas. Journal The Wall Street, 2015

Las **arenas de petróleo o de alquitrán de Athabasca** también conocidas como arenas bituminosas de Athabasca, son un gran depósito de bitumen rico en crudo, situado en el norte de Alberta, Canadá -centrado aproximadamente alrededor de la ciudad con rápido desarrollo de Fort McMurray. Están ubicadas en la formación McCurry son una combinación de minerales arcillosos, arena de sílice, agua, y bitumen crudo (una forma semi-sólida de crudo). (Figura 22).

El depósito de Athabasca es el mayor depósito de bitumen crudo en el mundo y el mayor de los tres depósitos de arena petrolífera en Alberta, junto con los cercanos depósitos de río de la Paz y Lago Cold.

Con la moderna tecnología de producción de petróleo no convencional, al menos el 10% de estos depósitos, o alrededor de 170 billones de barriles (27×10^9 m³) fueron considerados económicamente recuperables a los precios de 2006, haciendo que las reservas de crudo de Canadá totales sean las terceras más grandes del mundo, después de las de Venezuela y Arabia Saudita. El depósito de Athabasca es la única gran reserva de arenas de petróleo en el mundo que es adecuado para la minería a cielo abierto a gran escala, aunque la mayor parte de él sólo puede producirse usando la tecnología in situ más recientemente desarrollada. (Figura 23)

Alrededor del 10% de las arenas bituminosas de Athabasca están cubiertas por menos de 75 m de estériles (minerales sin interés económico). El área con interés para la minería, según el gobierno de Alberta, cubre 37 pueblos contiguos (alrededor de 3.400 km²).

La explotación de estas arenas considera enormes costos iniciales, y prolongados periodos de explotación. A diferencia del crudo de esquisto, que requiere la perforación constante de pozos nuevos para mantener los niveles de producción, una vez que un yacimiento de arenas bituminosas es desarrollado produce decenas o cientos de miles de barriles diarios, de forma constante, durante hasta tres décadas.

Canadian Natural Resources Ltd. es el más reciente entre los mayores productores en resaltar la resiliencia del crecimiento de las arenas bituminosas. La empresa indica que los menores precios la obligan a limitar la inversión en proyectos nuevos y reducir su pronóstico de crecimiento, pero sostiene que aún se prevé que la producción general crezca casi 7% frente a los niveles de 2014, y promete seguir gastando en expandir la producción en su mayor mina durante los dos próximos años.



Figura 23: Explotación a cielo abierto de asfalto en la mina de Suncor Energy Inc. Alberta, Canadá el 19 de junio de 2014. PHOTO: BLOOMBERG NEWS.

Canadá exportó a Estados Unidos más de tres millones de barriles diarios en 2014, según la Administración de Información de Energía de EE.UU., un volumen récord que ayudó a desplazar otras importaciones, y los productores aquí buscan acceder a los mercados europeos y asiáticos. Las medidas como las de Canadian Natural garantizan que las arenas bituminosas seguirán su contribución al exceso global de petróleo durante mucho tiempo, sin importar el precio del crudo. Eso tiene implicaciones para los precios al contado, para otros importantes productores de petróleo en todo el mundo y para el futuro de obras de infraestructura clave. Las actuales minas de arenas bituminosas a cielo abierto pueden generar ganancias en unos US\$30 el barril, y los proyectos más eficientes de arenas bituminosas subterráneas de Cenovus Energy Inc., un gran operador canadiense, pueden cubrir sus costos con US\$35 por barril. Eso sigue siendo más que los niveles para cubrir costos de muchos pozos petroleros tradicionales, pero menos que los niveles de otras fuentes no convencionales de crudo, como el esquisto. (JOURNAL, 2015)

Para Canadá y Venezuela, e incluso para Estados Unidos, la exploración y explotación de arenas bituminosas es de importancia estratégica. Según el medio

especializado Oil and Gas Journal, las reservas petrolíferas de Canadá son estimadas en 175.000 millones de barriles, de los cuales el 97 por ciento correspondería al petróleo extra pesado.

En otras palabras, para Canadá la explotación de arenas bituminosas representa la diferencia entre ubicarse como el tercer país con las mayores reservas petrolíferas, solo detrás de Arabia Saudí y Venezuela, o no figurar en la lista.

Venezuela ha invertido grandes recursos en la explotación de petróleo extra pesado en la Franja Petrolífera del Orinoco, calificada por el gobierno bolivariano como “el motor más grande para el desarrollo económico del país”. (Welle, 2014).

4.2.2. La Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) como promotora del desarrollo energético del país

Entre las principales funciones de la ANH es la evaluación del potencial hidrocarburífero del país y la promoción del sector energético, a través de la profundización en el conocimiento y entendimiento de la industria por lo que ha invertido considerables recursos en la adquisición de información por medio de estudios técnicos que han contribuido decididamente a dar luces sobre el presente y el futuro del sector, ayudando a tomar decisiones estratégicas, y alineadas con la realidad de nuestro país y del mundo.

Se encarga de ejecutar planes para la gestión de la información técnica, realizar diversos estudios sobre el potencial geológico de nuestro país, y desarrollar las perspectivas en cuanto al manejo socio-ambiental y abastecimiento.

El presente proyecto, orientado hacia la caracterización de los indicios superficiales de hidrocarburos en el departamento del Huila, constituye un aporte influyente a los intereses de la ANH de cumplir con sus metas trazadas en el Plan de Inversión de Gestión del Conocimiento, como lo es incrementar el análisis geológico de las cuencas.

La ANH tiene reportados una serie de rezumaderos a lo largo del territorio colombiano (Figura 24), los detalles de la información presentada por la agencia incluyen coordenadas, en algunos indican si corresponden a asfalto, petróleo, gas, impregnación de la roca, lodo, mancha de petróleo; sin embargo, varios de ellos

presentan incertidumbre acerca de su ubicación exacta, propiedades e identificación. Cabe resaltar, que para la existencia de un depósito o yacimiento de petróleo, es necesario que las capas de roca sedimentaria estén selladas por rocas impermeables, generalmente arcillosas (roca sello) que impidan su paso. Lo anterior, asociado a estructuras en el subsuelo que impiden también la migración o escape del hidrocarburo a la superficie, dando lugar a acumulaciones locales de petróleo, es lo que se denomina una trampa, porque el petróleo queda atrapado allí. Es así como puede estar en el mismo lugar donde se formó (roca generadora o madre) o haberse filtrado hacia otros lugares (roca reservorio o almacén) por entre los poros y/o fracturas de las capas subterráneas, en un proceso denominado migración. Los rezumaderos son en este caso un indicativo del estado de la cuenca, y su estudio revela el tipo de migración que ha tenido con el paso de los años y las constantes transformaciones del subsuelo.

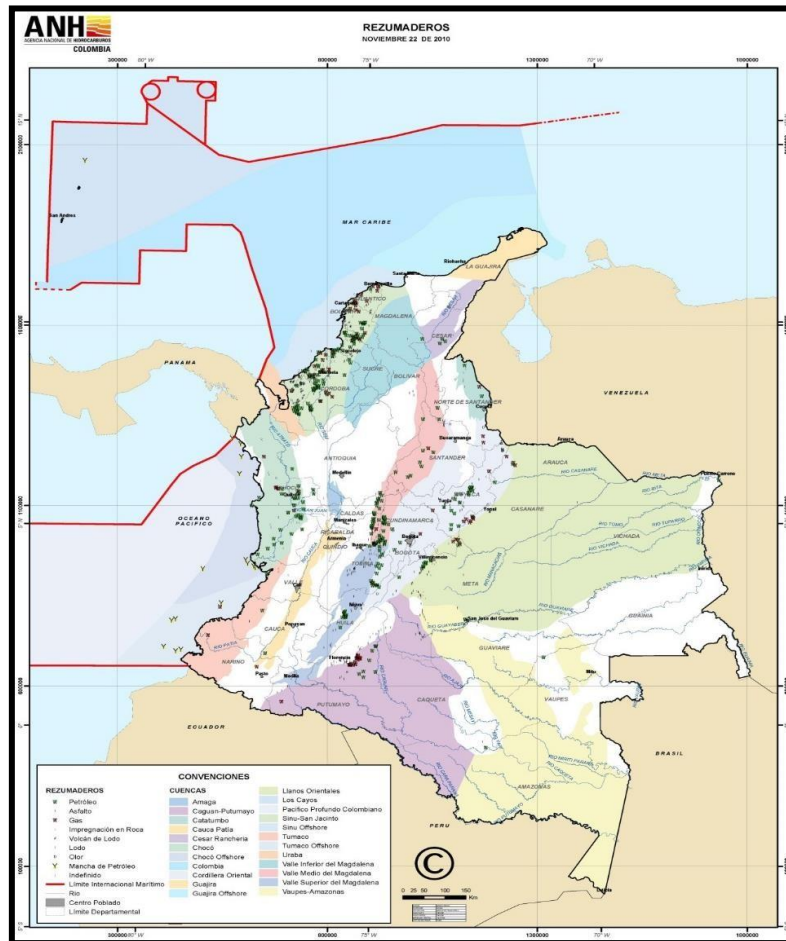


Figura 24: Mapa de la localización general de los indicios superficiales de hidrocarburos del país. Tomado de la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH).

4.3. INDICIOS SUPERFICIALES DE HIDROCARBUROS EN EL HUILA

En el departamento del Huila se exponen 40 rezumaderos de los cuales 6 son la causa del presente estudio orientado hacia la identificación, inventario, muestreo y su caracterización petrofísica, lo cual se impulsa así la inversión de capital nacional y extranjero en la búsqueda del recurso petrolífero. (Tabla 9)

FORMACIÓN	TIPO DE REZUMADERO	COORDENADAS		NÚMERO DE PUNTO
		ESTE	NORTE	
CRETÁCEO SUPERIOR	ASFALTO	791312,4	705707,5	1
X	UNDEFINED	806367	713055,1	2
X	UNDEFINED	806837,7	714112,2	3
CRETÁCEO SUPERIOR	ASFALTO	807666,9	709626,7	4
X	UNDEFINED	808626,4	717600,1	5
CENOZOICO INFERIOR	ASFALTO	812787,1	752919	6
X	UNDEFINED	818028,6	711511,6	7
CENOZOICO INFERIOR	ASFALTO	818901,8	754862,3	8
X	OIL SEEP	830650,1	762075,6	9
CUATERNARIO	OIL INTERM. FLOW	835612,8	789686,7	10
X	UNDEFINED	835617,5	789702,3	11
K3 BASE	DEAD OIL	839504,3	799201,8	12
K3 MDST	D. O. IN FRAC.	839714,8	800626,8	13
Kug	OIL SEEP	839991,7	788836,5	14
SSS/K4	DEAD OIL	840026,4	803580,1	15
GUADUAS K4 BASAL	DEAD OIL	840521,1	803552,1	16
K4 BASAL	DEAD OIL	842022,2	806997,1	17
Kc	OIL SEEP	842142,2	791827,1	18
Kc	OIL SEEP	843395,7	794805,1	19

Kum	OIL SEEP	843543	790818,1	20
Kum	OIL SEEP	843988,6	790907,2	21
VILLETA	OIL SEEP	844031	795289,2	22
Kb SST	D. O. IN FRAC.	844112,5	790948,3	23
GUADUALA,K4/ K3CONTACTO	D. O. IN FRAC.	844169,1	795080,4	24
Kc	OIL SEEP	844486	796107,7	25
X	UNDEFINED	845928,1	795684,4	26
X	UNDEFINED	846571,1	795476,6	27
X	UNDEFINED	856119,5	811829,2	28
X	UNDEFINED	856876,1	807165,1	29
X	UNDEFINED	856909,8	809233,4	30
CENOZOICO SUPERIOR	ASFALTO	862348,7	828555,1	31
CRETÁCEO SUPERIOR	ASFALTO	862643,6	847730,9	32
X	UNDEFINED	879612,2	815715,2	33
X	UNDEFINED	880095,4	814416,9	34
X	UNDEFINED	880196	814925,9	35
CRETÁCEO SUP. CENOZOICO INF.	ASFALTO	881194,8	813432	36
X	UNDEFINED	881320	815746,7	37
CENOZOICO INFERIOR	ASFALTO	884757,2	828063,2	38
X	OLOR	918762,7	855308,4	39
X	OLOR	918762,7	855308,4	40

Tabla 9: Inventario de Indicios superficiales presentes en el departamento del Huila. ANH. 2010

El objeto de estudio del presente proyecto se enfocó en 6 puntos, de los cuales 5 del área de la Subcuenca de Las Ceibas (Bloque Norte Zona 2) y 1 del Bloque Centro (Tesalia), no mostraron rastro de indicio superficial de hidrocarburos. El Museo Geológico y del Petróleo reasignó el punto AGc (Aguila Cementerio) y AGs (Aguila El Salado) encontrados en el Bloque Norte Zona 1; el primero mostró

presencia de hidrocarburos líquidos y el segundo iridiscencias correspondiendo a trazas de aceite. (Tabla 10 y Figura 25)

PUNTO	COORDENADAS		SUB ZONA	TIPO	PLANCHA
	ESTE	NORTE			
AG 9	830650.07	762075.605	Bloque centro (PÁEZ)	No existe	344-IV-C
AG 33	879612.244	815715.178	Bloque Norte Zona 2	No existe	323-IV-B
AG 34	880095.405	814416.915	Bloque Norte Zona 2	No existe	324-III-A
AG 35	880195.999	814925.886	Bloque Norte Zona 2	No existe	324-III-A
AG 36	881194.79	813432.04	Bloque Norte Zona 2	No existe	324-III-A
AG 37	881319.999	815746.685	Bloque Norte Zona 2	No existe	324-III-A
AGs	870620	847288	Bloque Norte Zona 1	Iridiscencia fósil	302-IV-D
AGc	870511	848901	Bloque Norte Zona 1	Activo	302-IV-D

Tabla 10: Resumen de los Rezumaderos trabajados en el proyecto.

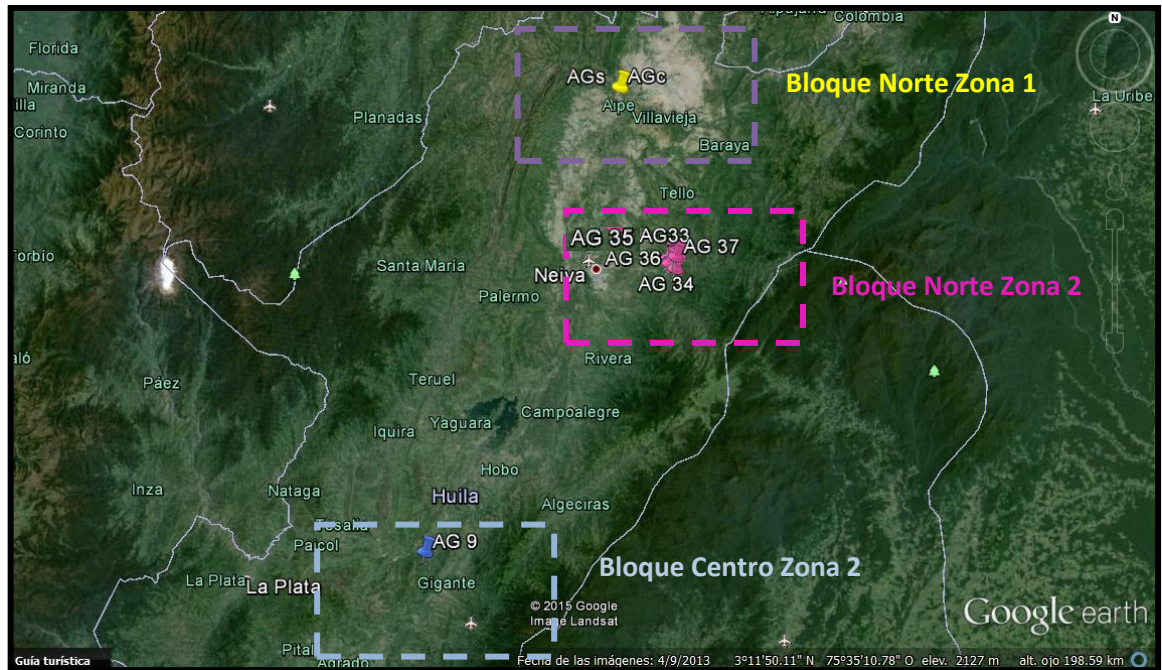


Figura 25: Localización de las zonas de estudio. Imagen tomada de Google Earth versión libre.

5. CARACTERIZACION DE INDICIOS SUPERFICIALES DE HIDROCARBUROS, GRUPO AGUILA

Para el desarrollo de este proyecto el museo geológico y del petróleo, asignó al denominado grupo AGUILA, 6 puntos determinados por la ANH como rezumaderos, para su análisis y evaluación geológica, para facilidades de logística, los rezumaderos asignados se dividieron en 2 bloques, denominados:

- Bloque Norte. Neiva
- Bloque Centro. Tesalia

De las 2 zonas reconocidas y a las cuales pertenecen los 6 rezumaderos en campo, fueron analizadas y en ninguno de los puntos se encontró algún rezumadero; como respuesta al no hallazgo de hidrocarburo en los puntos asignados, la dirección del proyecto de investigación reasignó los Puntos AGc y AGs localizados en el municipio de Aipe, para su descripción geológica. Es importante aclarar que estos puntos no se encuentran referenciados en el listado oficial presentado por la ANH, pero que en el reconocimiento geológico efectuado por el Museo Geológico y del Petróleo se han descubierto. Por lo anterior, el Bloque Norte se subdividió en Zona 1 y Zona 2 de las cuales se hizo un reconocimiento geológico del área de estudio y el Bloque Centro corresponde a la Zona Tesalia.

Se realizaron 10 visitas a campo en las cuales se reconocieron y cartografiaron las zonas de interés; también se recolectaron las muestras de fluido (solo en Aipe) y de roca necesarias para un posterior análisis de laboratorio, con el fin de evaluar y corroborar la información suministrada por la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH).

Bloque	Municipio	Visitas a campo	Puntos indicios superficiales estudiados
Norte	Aipe (Zona 1)	5	2
	Neiva (Zona 2)	3	5
Centro	Tesalia	2	1

Tabla 11: Distribución visitas a campo – Grupo Águila.

5.1. INDICIO SUPERFICIAL DE HIDROCARBUROS BLOQUE NORTE ZONA 1, AIPE

FORMACIÓN	ZONA	COORDENADAS		MUNICIPIO	REZUMADERO	PLANCHA IGAC
		ESTE	NORTE			
Ngh	1	870511	848901	Aipe	AGc	302-IV-D
Ngh	1	870620	847288	Aipe	AGs	302-IV-D

Tabla 12: Coordenadas de rezumaderos – Bloque Norte, Zona 1 (Aipe)

5.1.1. Localización geográfica Bloque Norte, Zona 1 (Aipe)

La zona 1 Aipe se localiza en las estribaciones del piedemonte de la Cordillera Central en la cuenca del Río Aipe, al norte del departamento del Huila, en el municipio de Aipe (Figura 26 y Tabla 13).

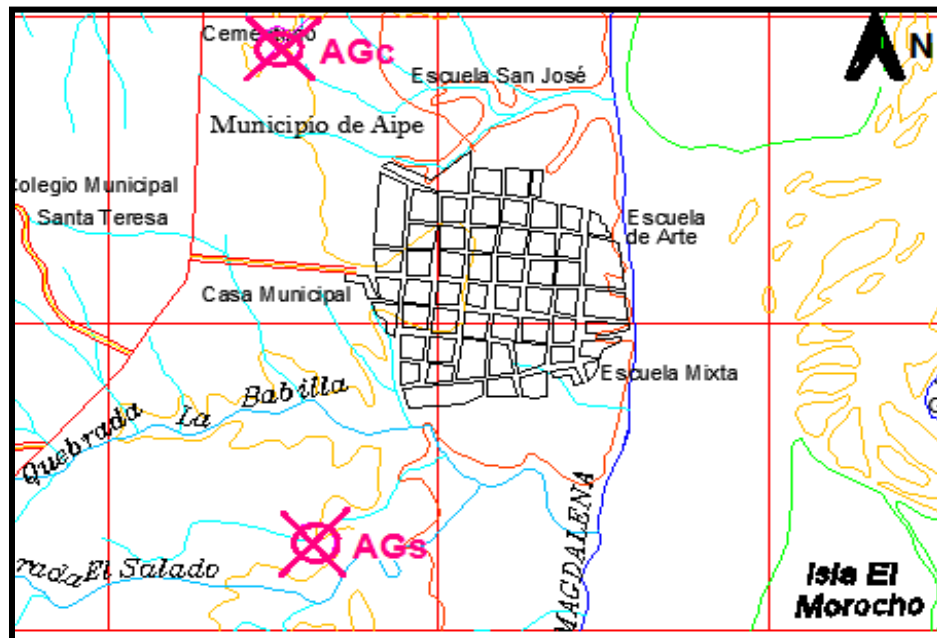


Figura 26: Mapa topográfico con puntos AGc y AGs de la Zona 1, Bloque Norte. Plancha Topográfica 302-IV-D. Tomada del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

N°	Este	Norte	Altura	Rezumadero
39	870751	847634	396	
40	870751	847580	410	
41	870728	847506	420	
42	870605	847366	419	
43	870600	847366	420	
44	870620	847288	413	AGs
45	870607	848811	417	
46	870585	848887	408	
47	870583	848899	402	
48	870514	848899	404	
49	870511	848901	407	AGc

Tabla 13: Listado de coordenadas origen Bogotá correspondientes las estaciones del Track del recorrido por la Zona 1 (Aipe), Bloque Norte.

- **Rezumadero AGc**

Las figuras 27 y 28 muestran la ubicación del Rezumadero AGc, cerca al cementerio municipal.

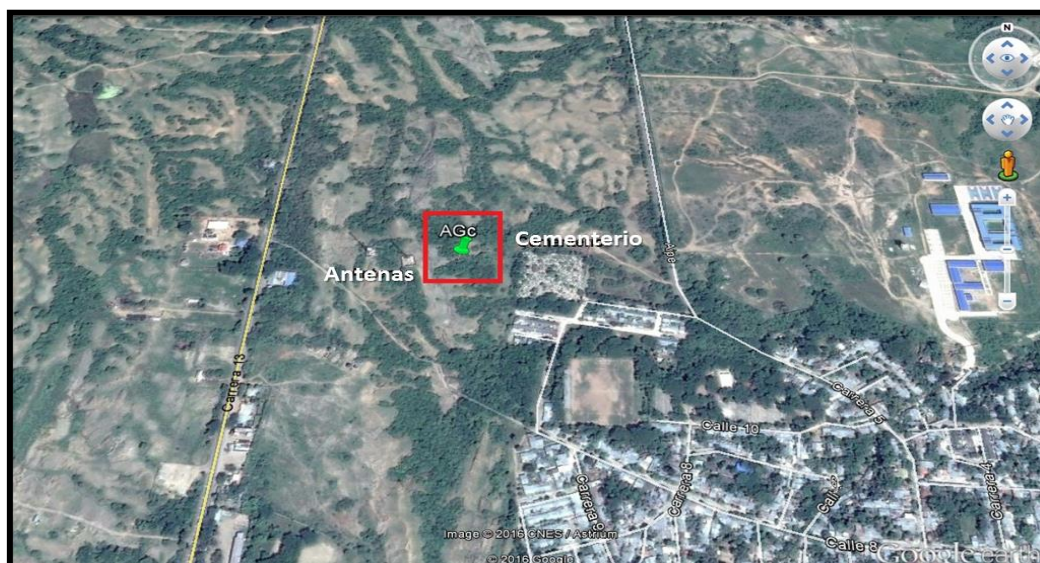


Figura 27: Localización del Punto AGc, Zona 1, Bloque Norte. Imagen tomada de Google Earth versión libre.



Figura 28: Mapa topográfico con el track del recorrido de la Zona 1, Bloque Norte, Punto AGc. Plancha Topográfica 302-IV-D. Tómada del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

- Rezumadero AGs

Las Figuras 28 y 29, indican la ubicación del rezumadero AGs cerca de la Quebrada El Salado, al sur occidente del casco urbano del municipio de Aipe.



Figura 29: Localización del Punto AGs, Zona 1, Bloque Norte. Imagen tomada de Google Earth versión libre.



Figura 30: Mapa topográfico con el track del recorrido de la Zona 1, Bloque Norte, Punto AGs. Plancha Topográfica 302-IV-D. Tomada del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

5.1.2. Geología General Zona 1 Aipe, Bloque Norte

El rezumadero AGc (Aguila-Cementerio) se encuentra ubicado a 300mt del cementerio municipal, sobre una escama tectónica relacionada con la falla de Palogrande y se presume que por medio de esta falla hubo un proceso de **dismigración secundaria**, motivo por el cual se encuentra presencia de Hidrocarburo fósil en las concreciones generadas en la formación Honda (Ver plano elaborado por el Grupo Águila anexo en bolsillo).

El punto AGs (Aguila - El Salado) se localiza estratigráficamente sobre la formación Honda, cabe resaltar que en este lugar sólo se encontraron trazas de hidrocarburos pesados en forma de iridiscencia sobre la superficie del agua. El respectivo punto se encontró a 500 mt de la zona urbana del municipio de Aipe, accediendo a pie a través de caminos de herradura y de algunos lugares con relativa vegetación.

Para los rezumaderos AGc y AGs se hizo un reconocimiento y caracterización de la Formación Honda, que aflora en el valle del Magdalena y forma cerros de altura baja con pendientes muy suaves.

La Formación Honda está constituida por una alternancia de capas de arcillolitas plásticas de color rojo, verde, morado y rojo moteado de blanco (arcillolitas abigarreadas) en capas muy gruesas que varían lateralmente a limolitas, con cuarzoarenitas y litoarenitas de grano medio a grueso de color gris y blanco poco cementadas. En las capas de arenitas se encuentran intercalados lentes conglomeráticos de tono rojizo por meteorización, conformados por guijos de cuarzo y chert principalmente.

5.1.2.1. Punto AGc (Aguila - Cementerio)

El punto AGc se encuentra sobre la quebrada conocida como “La Petrolizada” de tipo no perenne. Sobre el cauce se encuentran depósitos aluviales. Al costado izquierdo y derecho se presentan derrubios de ladera asociadas a suelos sobre la formación Honda.

El suelo es de color “café” perteneciente al Horizonte A. Con una estructura en bloques triangulares y textura franco-arenosa. Conformado por fragmentos con tamaño de gránulo y arena de tamaño fino a grueso cementado con hidrocarburo. Composición: Cuarzo y fragmentos líticos, limolita silicia y chert. Con fragmentos de cuarzo y sílice.

Coordenadas Origen Bogotá: 848901N - 870511E

- **Caracterización del Cauce de la Quebrada:**

Para realizar la descripción del Cauce de la Quebrada La Petrolizada se realizó un levantamiento de barrido por el método de la poligonal abierta con GPS Garmin, se dividió en 11 puntos y 10 segmentos, los cuales son caracterizados según se ve a continuación en la Figura 31 y en la Tabla 14:



Figura 31: Caracterización de la Zona del rezumadero AGc.

Segmento	Distancia (m)	Azímüt (°)		Generalidades
10 – 11	6,7	96		Areniscas cementadas con hidrocarburo que ha sido arrastrado. No se encontraron más muestras de hidrocarburo aguas abajo.
9 – 10	0,9	90		Vasija con agua e hidrocarburo, con un ojo. Depósitos diseminados suprayacentes.
8 – 9	2,7	84		Quebrada seca con depósitos aluviales y niveles de arenisca impregnada de hidrocarburo.
7 – 8	1	87		Burbujeo intermitente de gases.
6 – 7	1,2	84		Afloramiento con areniscas impregnadas de hidrocarburo y diseminadas (margen izquierda).
5 – 6	1,2	85		Se observa burbujeo intermitente de gases
4 – 5	2,8	80		Depósitos aluviales de la quebrada. Vasijas con agua y crudo en iridiscencia y natas. Presencia de FeO.
3 – 4	1,2	85		Aparece el primer ojo del rezumadero, con un burbujeo intermitente. Diámetro: 5cm
2 – 3	2,6	72		Depósitos aluviales de guijarros y guijas (cuarzo y limolita) con una matriz de arena cementada con hidrocarburo. Derrubios con suelo orgánico tipo A y B (parte derecha del cauce). Afloramiento de arenisca.
1 – 2	4,6	87		Derrubios de ladera y vegetación arbustiva.

Tabla 14: Esquema Caracterización de la Zona del rezumadero AGc.

Adyacente al Indicio Superficial AGc existe un afloramiento al cual se denominó “Las Antenas” (Figura 32). Es un conjunto de estratificación media a gruesa, conformado por areniscas conglomeráticas y conglomerados.

Composición: Conglomerados (30%)
Areniscas (50%)
Areniscas conglomeráticas (20%)

Las areniscas son de color gris. La base de las capas está conformada por conglomerados cuarzosos, gránulos y guijarros de cuarzo, limolita silicea, chert en matriz arenosa. Presencia de niveles conglomeráticos conformados por fragmentos de guijas, guijarros y cantos de formas subangulares y subredondeadas. Fragmentos de sílice, cuarzo, rocas volcánicas (Saldaña), limolitas, chert. La parte superior presenta una costra cementada con hierro y algunos niveles arenosos, concreciones singenéticas (Figura 33)

Coordenadas Origen Bogotá: 848534N - 870841E



Figura 32: Afloramiento “Las Antenas”.

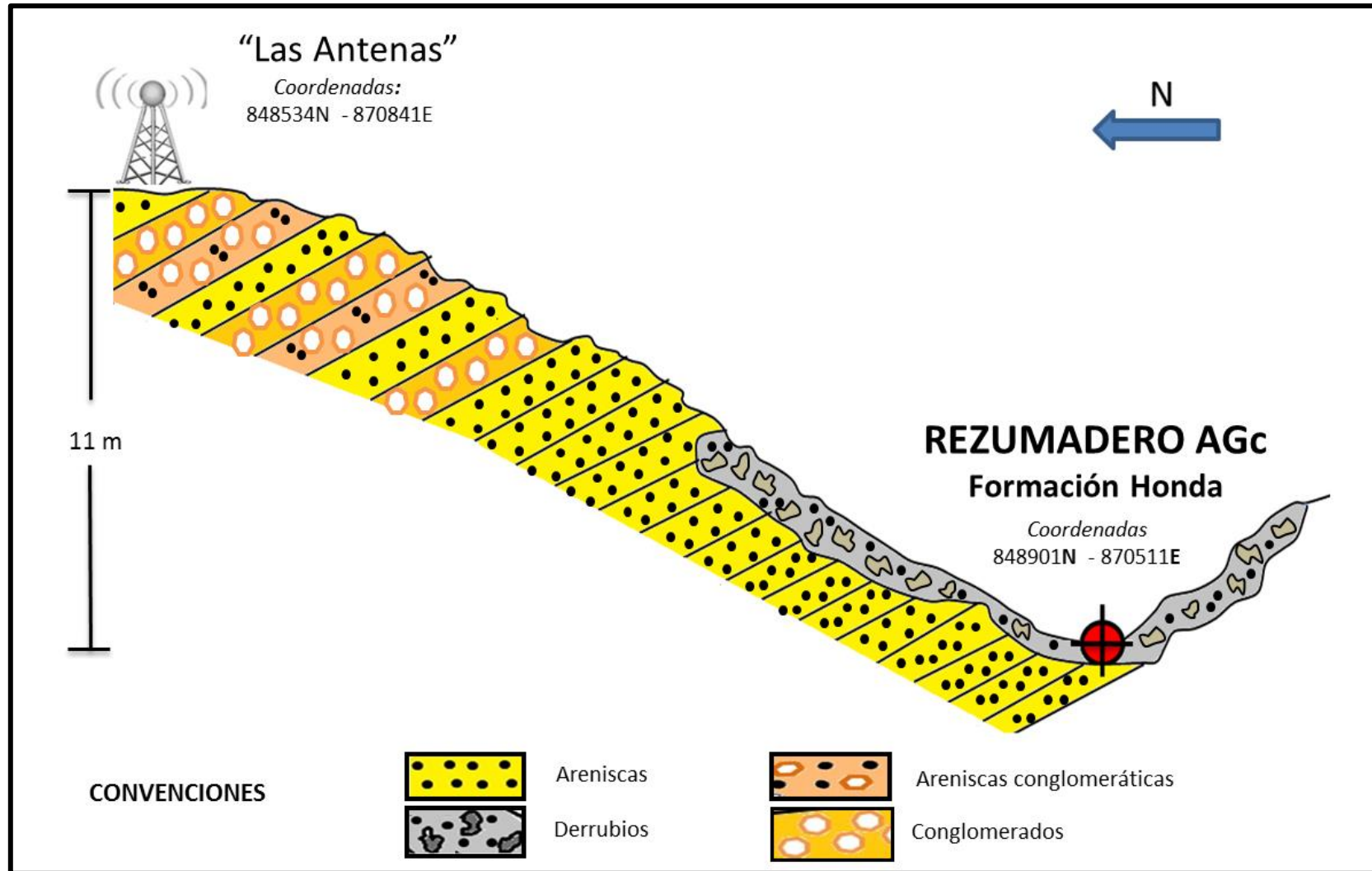


Figura 33: Esquema representativo de campo. Rezumadero AGc (Aguila – Cementerio).

5.1.2.2. Punto AGs (Águila – El Salado)



Figura 34: Ruta de acceso AGs desde Zona Urbana del Municipio de Aipe

En el trayecto hacia el rezumadero AGs se encuentra una secuencia monoclinial con buzamientos altos y bajos (Figura 34).

El rezumadero AGs está conformado por tres ollas o vasijas semicirculares de diámetros 60, 40 y 80 cm cuyo contorno está impregnado de hidrocarburo. Estas vasijas se formaron a partir de la extracción de concreciones sedimentarias arenosas. El punto se encuentra con pátinas e iridiscencias (Figura 35).

No se evidenció físicamente presencia de hidrocarburos líquidos, sin embargo, se observaron trazas aceitosas en los mínimos espejos de agua encontrados en el lugar.



Figura 35: Se observan las vasijas con contenido acuoso y trazas de aceite. Punto AGs (El Salado).

Las vasijas se encuentran sobre la Formación Honda con capas de areniscas con estratificación media, de color gris oscuro, blanda, friable. Los granos son de textura media a fina y forma subangular y subredondeada; matriz limosa. Compuesto por cuarzo y fragmentos líticos. Se observa una morfología de colinas bajas y onduladas. (Figura 36)

Composición: Conglomerados (60%)
Areniscas conglomeráticas (20%)
Areniscas (20%)

Nombre de la roca: Litoarenita.

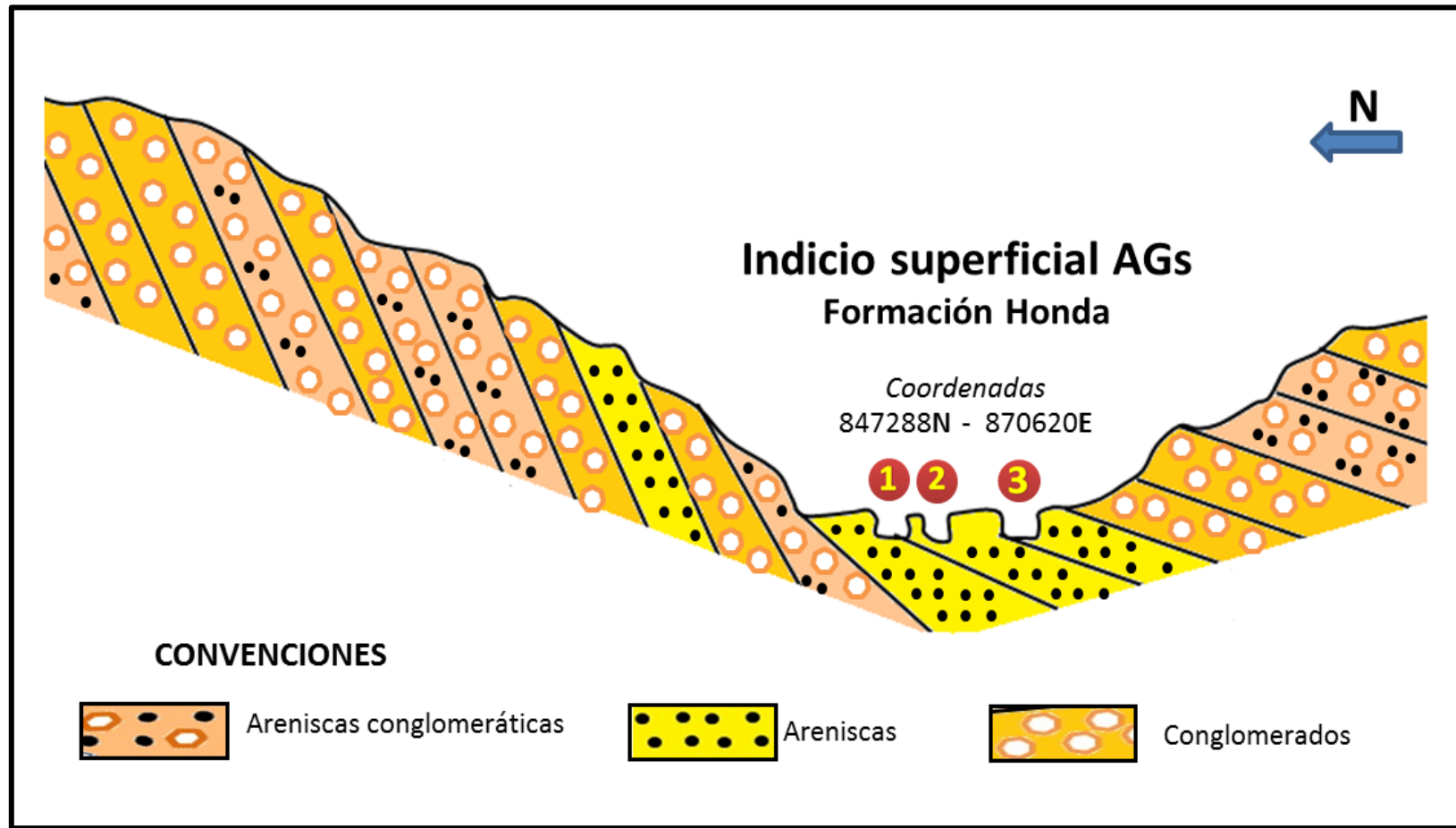


Figura 36: Esquema representativo de campo. Rezumadero El salado AGs.

Según se observa en la Figura 37 al evaporarse el agua, quedan los minerales de sal de color blanco, de ahí se deriva el nombre del área que comúnmente se conoce en la región como El Salado. Actualmente, es un lugar muy cuidado por habitantes del sector.



Figura 37: El Salado, depresiones poco pronunciadas donde se observan trazas aceitosas.

5.1.3. Geología Estructural Zona 1, Aipe

5.1.3.1. Punto AGc (Águila – Cementerio)

El afloramiento “Las Antenas” (Figura 38) está asociado a una estructura sinclinal con eje de rumbo Este – Oeste cabeceando hacia el Oeste. El rezumadero se localiza en el flanco Sur de la estructura. Desde el rezumadero hasta al ápice del afloramiento hay una altura de 11m (35 ft). Con un rumbo y buzamiento de N25W / 26 SW. (Figura 39)



Figura 38: Vista general Afloramiento “Las Antenas”.

Las capas presentan una estructura estratigráfica cruzada de bajo ángulo; presentan laminación plano paralela capas tubulares a lenticulares. Existe un sinclinal simétrico muy abierto y unas fallas de distensión (N10W/70SW). Además, en esta zona se observa un sinclinal como lo muestra la Figura 39, en la siguiente ubicación:

Coordenadas Origen Bogotá: 848534N - 870841E



Figura 39: Sinclinal Zona "Las Antenas".

5.1.3.2. Punto AGs (Aguila - El Salado)

La morfología estructural de la zona del punto AGs (El Salado), se ve afectada por la falla inversa de Palogrande con un rumbo y buzamiento de N30E/20SW, asociada al anticlinal del mismo nombre y por el anticlinal de Aipe (Figura 40).

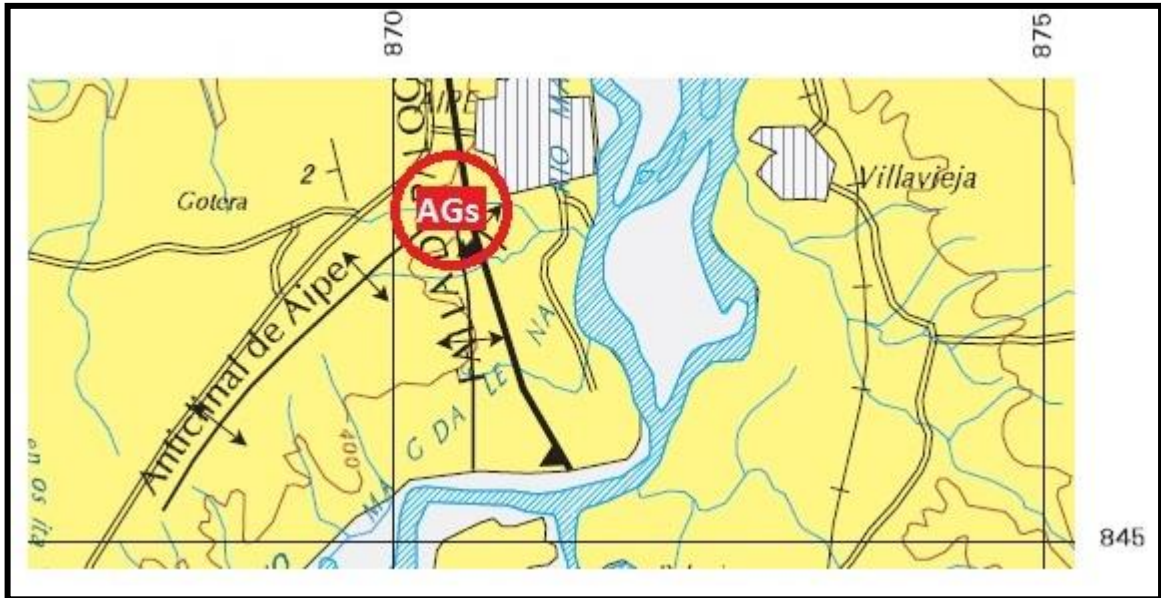


Figura 40: Geología de la plancha 302. Ubicación Punto AGs, Servicio Geológico Colombiano.

- **Falla de Palogrande**

Identificada como falla de cabalgamiento en el que rocas de la formación Honda descansan sobre sedimentitas de la misma formación. El plano de falla limita con el flanco oriental del anticlinal de Aipe y el anticlinal de Palogrande, con los que se asocia para caracterizar la geología estructural de la zona.

- **Anticlinal de Palogrande**

Se encuentra hacia la parte sur del área urbana del municipio de Aipe, en la margen izquierda del río Magdalena y afecta las rocas que caracterizan la formación Honda.

- **Anticlinal de Aipe**

Está localizado al occidente del área urbana de Aipe y conformado por rocas sedimentarias de la formación Honda. Se caracteriza por mostrar una geometría de abanico, forma de caja, y limita al este con la falla de Palogrande.

5.1.4. Pruebas de laboratorio Rezumadero AGc (Aguila Cementerio)

La caracterización del hidrocarburo se realizó en el laboratorio de Crudos y Derivados de la Universidad Surcolombiana, las pruebas fueron desarrolladas siguiendo las normas establecidas en la industria petrolera para la caracterización de los fluidos. Se llevaron a cabo las siguientes pruebas:

- Determinación de la gravedad API
- Determinación del contenido de agua y sedimentos en el petróleo crudo por el método de la centrífuga.
- Determinación de sal en el crudo por el método del potenciómetro
- Determinación del punto de chispa y el punto de inflamación por el método de la cámara abierta de Cleveland

5.1.4.1. Determinación de la gravedad API

- Norma ASTM NA
- Procedimiento:

Debido a que la muestra de crudo posee una viscosidad alta se utilizó el mismo principio que maneja el método del Picnómetro pero utilizando en su lugar un beaker.

Se pesó un beaker con 100 ml de crudo. En la Tabla 15 y en la Figura 41 se muestran los datos obtenidos y posteriormente una pequeña hoja de cálculos para reportar la gravedad API a condiciones estándar.

Beaker	Peso (gr) @ 28.7°C
Vacío	47,84
Con crudo	145,29
Con agua	147,64

Tabla 15: Peso del beaker con crudo, con agua y vacío

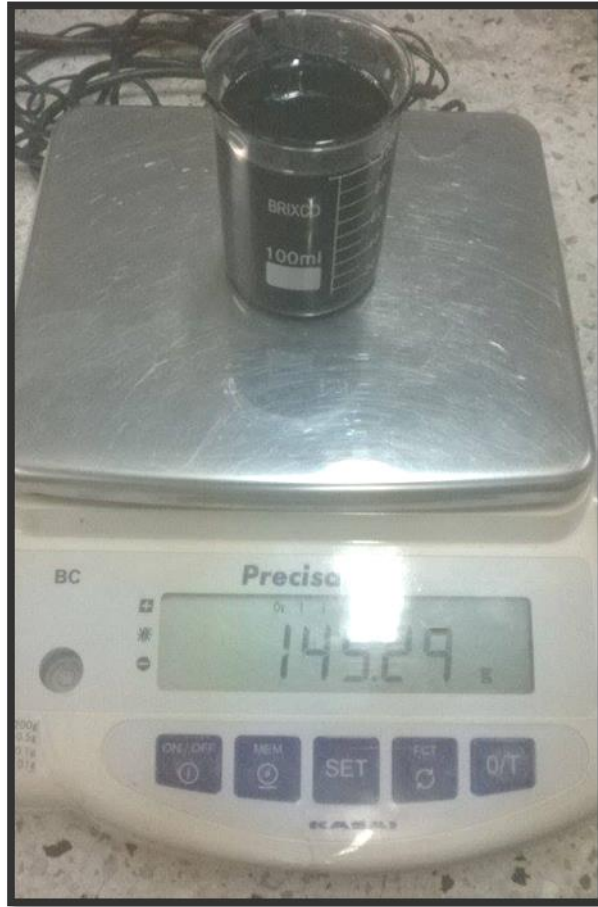


Figura 41: Determinación de °API del Rezumadero AGc

Inicialmente es necesario calcular la densidad del agua mediante la siguiente ecuación:

$$\delta_{\text{Agua}} = \frac{\text{Peso beaker con agua} - \text{Peso beaker vacío}}{\text{Volumen beaker}}$$

$$\delta_{\text{Agua}} = \frac{147,64 - 47,84}{100} = 0,998 \text{ gr/ml}$$

$$\delta_{\text{Crudo}} = \frac{145,29 - 47,84}{100} = 0,975 \text{ gr/ml}$$

Luego hallar la gravedad específica de la muestra Rezumadero AGc:

$$\gamma_{Crudo @ 28,7} = \frac{0.975}{0.998} = 0.977$$

- **Corrección de la gravedad específica por efectos de la temperatura**

Para determinar la gravedad específica del crudo a condiciones estándar, se aplica la ecuación de Bearce y Peffer tomando como referencia una temperatura de 60°F (15.56°C) que es la utilizada en la industria petrolera.

$$\gamma_t = \gamma_T - \frac{\alpha}{1.8}(t - T) + \beta(t - T)^2$$

Dónde:

γ_t = Gravedad específica a la temperatura de laboratorio

γ_T = Gravedad específica a condiciones estándar

α = Coeficiente de expansión

T = 60°F (15.56°C)

t = Temperatura de la muestra

Se trabajará solamente la primera parte de la ecuación debido a que no se considera tan vital trabajarla completamente; pues se aplica en caso de tratarse de pruebas químicas que requieran la mayor exactitud posible. Por consiguiente:

$$\gamma_t = \gamma_T - \frac{\alpha}{1.8}(t - T)$$

En la Tabla 16 se presentan los valores de las constantes $\alpha/^\circ\text{C} \times 10^{-5}$ se mencionan a continuación:

γ_T	$\alpha/^\circ\text{C} \times 10^{-5}$
0.63	97
0.78	75
0.85	68
0.95	66

0.977	66
-------	----

Tabla 16: Coeficientes de Expansión para gravedad específica

Hallando la Gravedad específica:

$$\gamma_t = 0.977 + \frac{66 * 10^{-5}}{1,8} * (28,7 - 15,56) = \mathbf{0,982}$$

Por lo tanto, γ_t es 0,982

Finalmente se procede a calcular la Gravedad API a condiciones estándar:

$$\begin{aligned} \text{°API}_{60 \text{ °F}} &= \frac{141.5}{\gamma_t} - 131.5 \\ \text{°API}_{60 \text{ °F}} &= \frac{141.5}{0.982} - 131.5 = \mathbf{12,6} \end{aligned}$$

- **Análisis de resultados**

A partir de los cálculos realizados con los datos recolectados en el laboratorio se obtuvo una gravedad API = 12,6 a condiciones estándar, clasificándose como un crudo PESADO debido a que el valor de la gravedad API se encuentra dentro del rango de (>10 < 22.3).

La biodegradación es la causa principal de la formación del petróleo pesado. A lo largo de las escalas de tiempo geológico, los microorganismos degradan los hidrocarburos livianos e intermedios, produciendo metano e hidrocarburos pesados enriquecidos. La biodegradación produce la oxidación del petróleo, reduciendo la relación gas/petróleo (GOR) e incrementando la densidad, la acidez, la viscosidad y el contenido de azufre y de otros metales. A través de la biodegradación, los petróleos pierden además una importante fracción de su masa original. Otros mecanismos, tales como el lavado con agua y el fraccionamiento de fases, contribuyen a la formación de petróleo pesado, separando las fracciones livianas del petróleo pesado por medios físicos más que biológicos. En cualquier

ambiente depositacional, la combinación correcta de agua, temperatura y microbios, puede producir la degradación y la formación del petróleo pesado. Las acumulaciones de brea existen en muchos yacimientos, cerca del contacto agua-petróleo, donde las condiciones conducen a la actividad microbiana. El ambiente depositacional, la composición del petróleo original, el grado en que ha sido biodegradado, el influjo o la carga de petróleos más livianos y las condiciones de presión y temperatura finales hacen que cada yacimiento de petróleo pesado sea único, por lo que todos requieren métodos de recuperación diferentes.

- **Importancia en la industria**

Por lo general, mientras más pesado o denso es el petróleo crudo, menor es su valor económico. Los crudos pesados tienden a poseer mayores concentraciones de metales y otros elementos, lo que exige más esfuerzos y erogaciones para la extracción de productos utilizables y la disposición final de los residuos.

Sin embargo, el petróleo pesado promete desempeñar un rol muy importante en el futuro de la industria petrolera y muchos países están tendiendo a incrementar su producción, revisar las estimaciones de reservas, comprobar las nuevas tecnologías e invertir en infraestructura, para asegurarse de no dejar atrás sus recursos de petróleo pesado.

5.1.4.2. Determinación del contenido de agua y sedimentos en el petróleo crudo por el método de la centrifuga.

- **Norma ASTM (D96-80)**

- **Procedimiento:**

Se utilizaron cuatro tubos de centrifuga (zanahorias), llenando tres con 50 ml de crudo, 50 ml de xileno y 0.2 ml de rompedor universal, la cuarta zanahoria se dejó como blanco. Las tubos se colocan 20 minutos en un baño de temperatura a 60°C y luego pasado a la centrífuga y ser centrifugadas por 20 minutos a 1600 RPM. Se

repitió el proceso de calentamiento y centrifugación hasta que el volumen de agua y sedimento permaneció constante durante dos lecturas consecutivas (Figura 42).



Figura 42: Determinación del % BSW por el método de la centrifuga del Rezumadero AGc

- **Lectura y análisis de resultados**

Porcentaje de BSW de la muestra de crudo **Rezumadero AGc:**

$$\% \text{ BSW} = \frac{\text{Volumen de agua y sedimentos}}{\text{Volumen de la muestra de Crudo}} * 100$$

$$\% \text{ BSW} = \frac{0,3 \text{ ml}}{50 \text{ ml de Crudo}} * 100 = 0,6 \%$$

La muestra del Crudo Rezumadero AGc contiene un BSW de 0,6%, que fue evidenciado por su acumulación en el fondo de la zanahoria por precipitarse debido a la diferencia de densidades (Figura 42). La prueba no presenta interfaces claras (sedimento-agua, agua-crudo). Es casi nula la calidad del agua separada y se observan pequeños contaminantes y una alta turbidez. (Tabla 17)

La baja gravedad API del crudo, el gran contenido de componentes pesados y el tiempo de reposo de la muestra recogida en el área del rezumadero dificulta la completa separación del agua y sedimentos, además, la fuerza de la centrifuga no es lo suficientemente grande como para superar la tensión interfacial del crudo y lograr el desprendimiento de las moléculas de agua que están en el crudo para así lograr su reagrupación.

LECTURA		Zanahoria 1	Zanahoria 2	Zanahoria 3
1	Agua	0 ml	0 ml	0 ml
	Sedimentos	0,3 ml	0 ml	0,2 ml
2	Agua	0 ml	0 ml	0 ml
	Sedimentos	0,3 ml	0 ml	0,3 ml

Tabla 17: Resultados obtenidos BSW por centrifuga rezumadero AGc

- **Importancia en la industria**

El BSW es una propiedad de mucha importancia al momento de evaluar la calidad del crudo, ya que se refiere a la cantidad de agua y sedimentos que van inmersos en este, siendo estos dos últimos agentes acompañantes de los hidrocarburos

desde el yacimiento y en la industria petrolera son productos indeseables y no comerciables.

La importancia de reconocer la cantidad de agua y sedimentos básicos (BSW) en un crudo es que a nivel del estado ya se han establecido unas normas donde se indica que el crudo debe llegar a refinería con un BSW menor de 0.5 %, además de esta razón es importante que el crudo tenga la menor cantidad de contaminantes debido a que estos pueden causar corrosión en los equipos, problemas durante su transporte, incrustaciones en las tuberías y facilidades de producción.

ECOPETROL estipuló que el crudo debe cumplir con un 0.5% de contenido de agua y sedimento para poder ser refinado, de igual manera para transportarlo por oleoductos el crudo debe tener como máximo un 1% de BSW, de lo contrario la empresa que envía el crudo será sancionada económicamente.

5.1.4.3. Determinación de sal en el crudo por el método del potenciómetro

- **Norma ASTM D 3230-83**

- **Procedimiento:**

Se hizo la lectura del blanco de reactivo presente en el laboratorio, su valor fue de 0.025 mA. Posteriormente, en una probeta de 100 ml se diluyó 10 ml de crudo con 40 ml de xileno y 50 ml de alcohol solvente. Se colocó la solución preparada de crudo en el salinómetro, para luego sumergir los electrodos en ella y tomar la lectura. (Tabla 18)

Nota: El salinómetro fue previamente calibrado según las especificas del equipo.

SUSTANCIA	VOLUMEN (ml)	VOLTAJE (voltios)	INTENSIDAD (mA)
Crudo	100	125	0.089
Blanco	100	125	0.025
		Diferencia	0.064

Tabla 18: Datos prueba de salinidad Rezumadero AGc

- **Lectura y análisis de resultados:**

En la Figura 43 se observa que la solución preparada con crudo marca una intensidad de corriente eléctrica de 0.089 mA. Luego, se le resta la lectura obtenida por el blanco de reactivo para obviar las sales disueltas en el xileno y el alcohol solvente en la preparación de la solución. Para 125V se utiliza la ecuación:

$$x = \frac{0.7086517 \sqrt{Y - (-0.120852430)}}{0.195833330}$$

Donde

$Y =$ Corriente en mA

$X =$ Salinidad en P.T.B

$$x = \frac{0.7086517 \sqrt{0.064 - (-0.120852430)}}{0.195833330} = 0,922 \text{ P.T.B}$$



HIGH



LOW

Figura 43: Determinación de Sal en el crudo por el método del Potenciómetro del Rezumadero AGc.

La cantidad de sal disuelta en el crudo del rezumadero AGc por el método analítico es de 0.922 P.T.B (Lb/1000bbl). El contenido de sal en el crudo se compone principalmente de sodio, calcio, magnesio y hierro. Es probable que la cantidad apreciable de sal haga referencia a cloruros presentes como gotas de salmuera poco concentradas y/o emulsionadas.

- **Importancia en la industria**

Una de las principales razones por la cual el análisis de salinidad es importante, es la de cumplir con los requerimientos de transporte y venta, ya que generalmente los oleoductos y refinerías admiten contenidos de sal bajos (10Lb de sal por cada 1000 bbl) debido a la acción corrosiva y posteriores daños que generan mayores concentraciones de sal en el fluido.

Se ha determinado que en refinería preferiblemente el rango de contenido de sal debe estar entre 3 a 7 ppm preferiblemente. Es importante llevar a cabo un proceso de desalado del crudo ya que al momento de extraerlo con los equipos especializados del yacimiento, las sales que viene disueltas en él, se depositan formando acumulaciones en las tuberías de producción reduciendo por tal motivo su diámetro y causando a la vez graves problemas de corrosión, los cuales son la principal causa de daños y pérdidas en la industria del petróleo. Para vencer estos obstáculos de reducción del diámetro en tuberías se hace necesaria una mayor fuerza impulsiva para hacer mover el crudo, pero en contra- prestación de esta fuerza, el contenido de sal en el crudo además de el de algunos tipos de sedimentos, hacen aumentar los factores de fricción entre el fluido y las paredes de las tuberías aumentando el problema corrosivo a lo largo de todo el trayecto de transporte.

5.1.4.4. Determinación del punto de chispa y el punto de inflamación por el método de la cámara abierta de Cleveland

- **Norma ASTM D 92 - 90**

- **Procedimiento:**

-

Utilizando un beaker se depositó la muestra (rezumadero AGc) en la copa de prueba llenándola hasta el aforo. La prueba se realizó dentro de la cámara de extracción. Se encendió la cámara abierta de Cleveland y la llama de prueba, graduándola a un diámetro de 1/8 a 9/16 ". Con un movimiento suave y continuo se aplicó la llama de prueba a través del centro de la copa durante un segundo en una sola dirección. El punto de chispa fue detectado al observar una chispa

producida por los vapores de la muestra, se registró la temperatura. El punto de encendido se alcanzó cuando los vapores generados lograron mantener la combustión durante 5 seg. Se registró la temperatura (Figura 44).

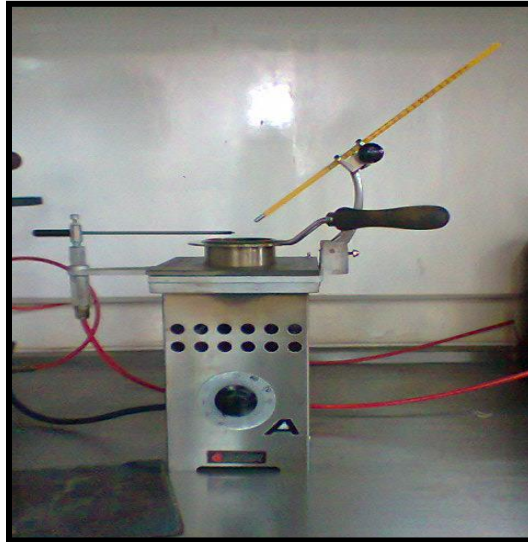


Figura 44: Determinación del punto de chispa y el punto de inflamación por el método de la cámara abierta de Cleveland del Rezumadero AGc.

- **Lectura y análisis de resultados:**

Según las pruebas realizadas en el laboratorio el rezumadero AGc posee un Flash Point de 140°C y un Fire Point de 164°C. Debido a que las temperaturas obtenidas se hicieron en la ciudad de Neiva, donde la presión atmosférica está estimada en 722 mmHg, es necesario corregir estos valores a condiciones estándar de presión, es decir a 760 mmHg. Para lograrlo, se calcula el factor de corrección:

$$C_c = 12 \times 10^{-5} (P^s - P)(273 + T_c)$$

Donde:

P= Presión estándar en mmHg.

T= Temperatura obtenida en laboratorio en °C

- **Corrección para el Flash Point**

$$C_c = 12 \times 10^{-5} (760 - 722)(273 + 140)$$

$$C_c = 1.8833$$

$$T_{\text{corregida}} = T + C_c$$

$$T_{\text{corregida}} = 140 + 1.8833$$

$$T_{\text{corregida}} = 141,88 \text{ } ^\circ\text{C} = 287,384 \text{ } ^\circ\text{F}$$

- **Corrección para el Fire Point**

$$C_c = 12 \times 10^{-5} (760 - 722)(273 + 164)$$

$$C_c = 1.9927$$

$$T_{\text{corregida}} = T + C_c$$

$$T_{\text{corregida}} = 164 + 1,9927$$

$$T_{\text{corregida}} = 166 \text{ } ^\circ\text{C} = 330,8 \text{ } ^\circ\text{F}$$

A continuación la Tabla 19 concluye los resultados obtenidos:

	Rezumadero AGc			
	Temperatura Tomada		Temperatura corregida	
	°F	°C	°F	°C
Flash Point	114.2	46	117.09	47.45
Fire Point	139.67	60	142.40	61.52

Tabla 19: Datos prueba de Flash Point y Fire Point Rezumadero AGc

La gravedad API nos determina la calidad de crudo u otro hidrocarburo, así a mayor gravedad API mayor será su calidad la cual se caracteriza por ser más liviano y por tanto más volátil; al ser más volátil este tendrá una flash point y fire point más bajo que si fuera con un crudo pesado u otro hidrocarburo pesado siendo menor su volatilidad, por lo que el flash point y fire point es inversamente proporcional a la gravedad API. Con esta prueba se verifica que el crudo del rezumadero AGc es un crudo PESADO.

- **Importancia en la industria**

Es importante el conocimiento de estos datos de punto de chispa y encendido, en el sentido de evaluar la volatilidad del hidrocarburo, por lo que se deben fijar medidas de seguridad teniendo en cuenta la temperatura al transportarlos y almacenarlos, y así no permitir la pérdida de éstos por su volatilidad, ya que es común que se transporte en carro tanques, o buques que en el transcurso del viaje van variar su temperatura.

5.1.4.5. Prueba de fluorescencia

La prueba de fluorescencia realizada en el laboratorio de Rocas de la Universidad Surcolombiana reflejó que los fluidos extraídos del rezumadero AGc (Águila – Cementerio) poseen una baja gravedad API debido a que emiten un color rojo oscuro en el fluoroscopio (Figuras 47 y 45).

Según la tabla de colores corresponde a un crudo pesado con una gravedad API entre 10-15, de esta forma, se confirmó el API del crudo del rezumadero AGc debido a que coincide con los datos obtenidos en la prueba de API realizada en el Laboratorio de Crudos (Figura 46).



Figura 45: Muestra de roca impregnada de hidrocarburo del rezumadero AGc en el fluoroscopio.



Figura 46: Escala de colores indicadora de los grados API del crudo impregnado en la roca.

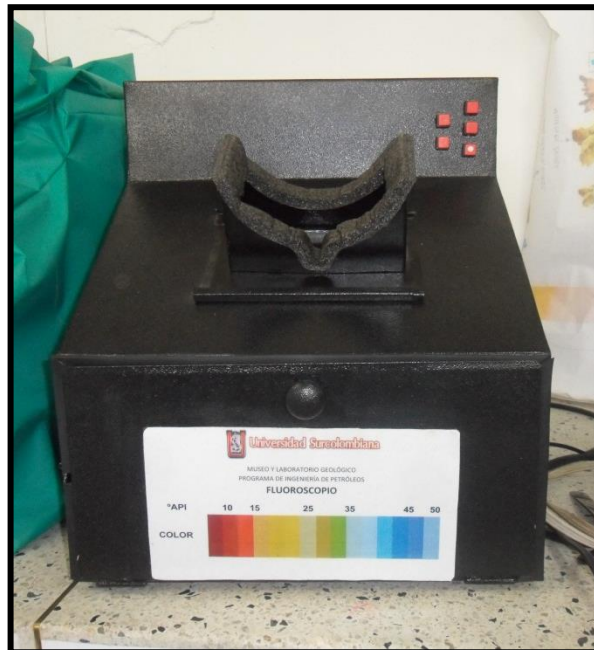


Figura 47: Fluoroscopio desarrollado por la Universidad Surcolombiana

5.1.5. Geología del petróleo, Zona 1 Bloque Norte

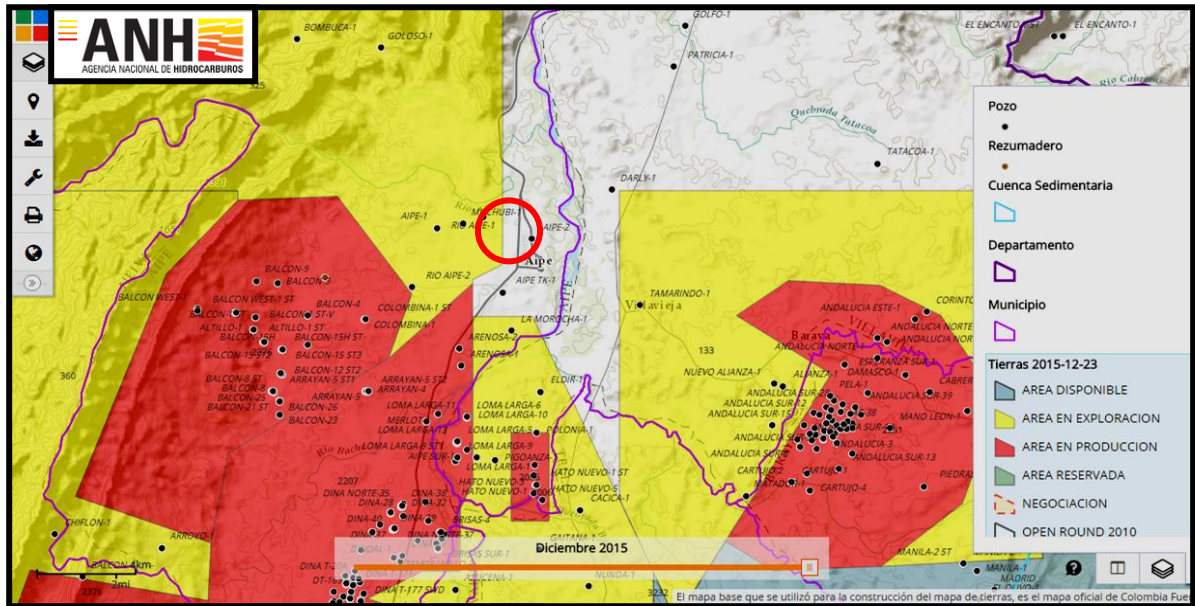


Figura 48: Zona 1 Bloque Norte, zonificando el área de los Rezumaderos AGc, y AGs. Imagen tomada de Geovisor ANH (Agencia Nacional de Hidrocarburos), <https://geovisor.anh.gov.co/>.

En la Figura 48 se enmarca la zona correspondiente al municipio de Aipe, lugar donde se encontraron los rezumaderos AGc y AGs, y cerca a ésta área se encuentran los pozos productores Aipe-1, Aipe-2 y Muchubi-1; como se observa, Aipe se considera la capital petrolera del Huila, representado en 11 campos, con un aporte aproximado de 4'013.681 barriles de crudo y 1'775.022 KPC (Kilo pies cúbicos) en el último año reportados por el Sistema General de Regalías². En la Tabla 20 adjunta, se relaciona la producción promedio por día calendario³, demostrando que la cuenca tiene un aporte significativo en la producción del departamento, constituyéndose como área de interés para realizar trabajos futuros de exploración.

² <http://maparegalias.sgr.gov.co>

³ *PRODUCCIÓN FISCALIZADA DE PETRÓLEO POR CAMPO EN SUPERFICIE*. ANH, VICEPRESIDENCIA DE OPERACIONES, REGALÍAS Y PARTICIPACIONES.

El estudio y análisis de los rezumaderos, se convierte en un elemento importante a publicar, porque representa un conocimiento nuevo y actualizado de la cuenca, de tal manera que se pueden plantear acertadamente los modelos exploratorios, además estos estudios permiten comprender los procesos de formación y acumulación de los hidrocarburos.

Operadora	Campo	Enero-Agosto 2015 (BPDC)*
ECOPETROL	ARRAYAN	1.070
ECOPETROL	BRISAS	145
ECOPETROL	DINA CRETACEO	238
ECOPETROL	DINA TERCIARIO	1.807
ECOPETROL	TEMPRANILLO	349
ECOPETROL	TEMPRANILLO NORTE	156
ECOPETROL	TENAY	174
ECOPETROL	BRISAS	66
ECOPETROL	DINA CRETACEO	269
ECOPETROL	DINA TERCIARIO	3.344
ECOPETROL	TENAY	386
ECOPETROL	BALCON	1.438
*Barriles Promedio por día Calendario.		

Tabla 20: Campos productores del municipio de Aipe. Tomado de archivo Producción Fiscalizada de Petróleo, ANH, 2015.

5.2. INDICIO SUPERFICIAL DE HIDROCARBUROS BLOQUE NORTE ZONA 2 NEIVA

La Zona 2 del Bloque Norte, incluye cinco (5) puntos referenciados por la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) como posibles indicios superficiales, 4 catalogados como indefinidos y 1 como asfalto. (Tabla 21)

Al ubicar las coordenadas reportadas por la ANH y delimitar la zona de estudio, no se encontró ningún indicio de la presencia de hidrocarburo, ni que hubiera existido tiempo atrás; el recorrido alrededor de cada uno de los puntos fue extensa, siendo el resultado negativo. Sin embargo se hizo el reconocimiento geológico de cada uno de los puntos mencionados.

5.2.1. Localización Geográfica Zona 2 Neiva

La zona de interés se encuentra en la vía que de Neiva conduce a Vegalarga, en el Kilómetro 15 aproximadamente; ésta se inspeccionó en base a las coordenadas reportadas por la ANH, y a la información brindada por la población de la vereda sobre el área de estudio (Figuras 49 y 50, Tabla 22)

Vegalarga es un corregimiento ubicado al este del municipio de Neiva. Limita al norte con el municipio de Tello, al oeste con el corregimiento de Fortalecillas, al sur con el corregimiento de Río de las Ceibas, y al este con el Departamento de Caquetá.

Los 5 puntos asignados en esta zona se denominaron de la siguiente manera, con coordenadas de origen Bogotá:

FORMACIÓN	ZONA	COORDENADAS		REZUMADERO	PLANCHA IGAC
		ESTE	NORTE		
Qt	2	879612.244	815715.178	AG-33	323-IV-B
TKg	2	880095.405	814416.915	AG-34	324-III-A
TKg	2	880195.999	814925.886	AG-35	324-III-A
Pg	2	881194.79	813432.04	AG-36	324-III-A
Pg	2	881319.999	815746.685	AG-37	324-III-A

Tabla 21: Coordenadas proporcionadas por la ANH como rezumaderos de Hidrocarburos.

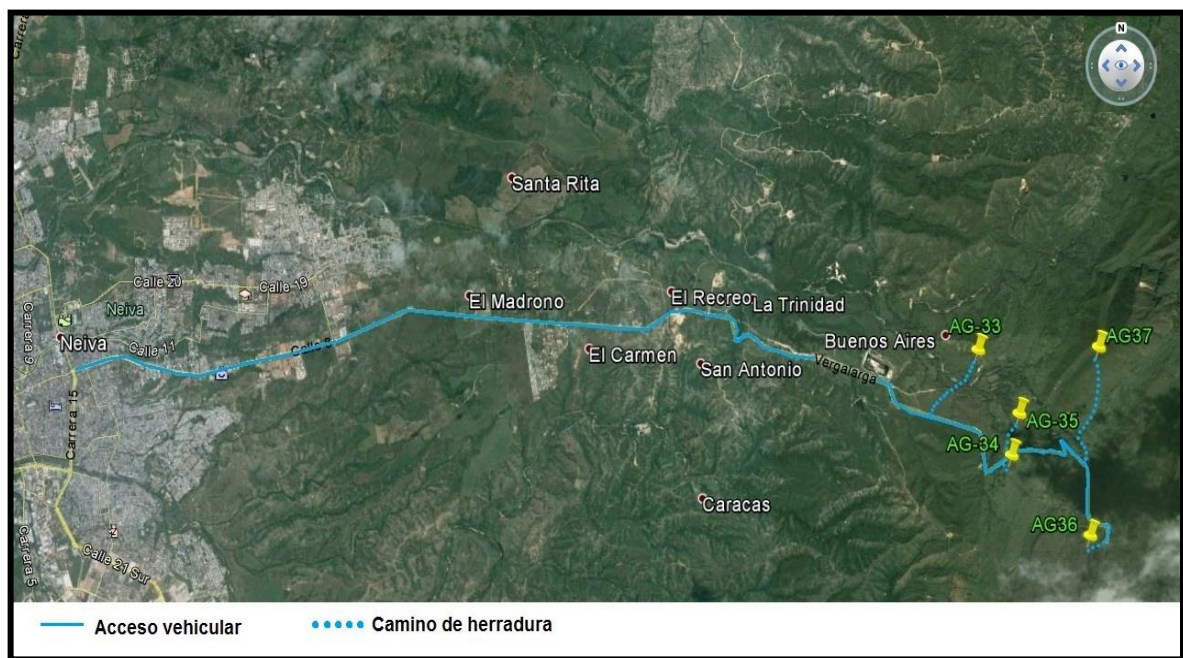


Figura 49: Vía Neiva - Vegalarga. Imagen satélite tomada de Google Earth, versión libre.

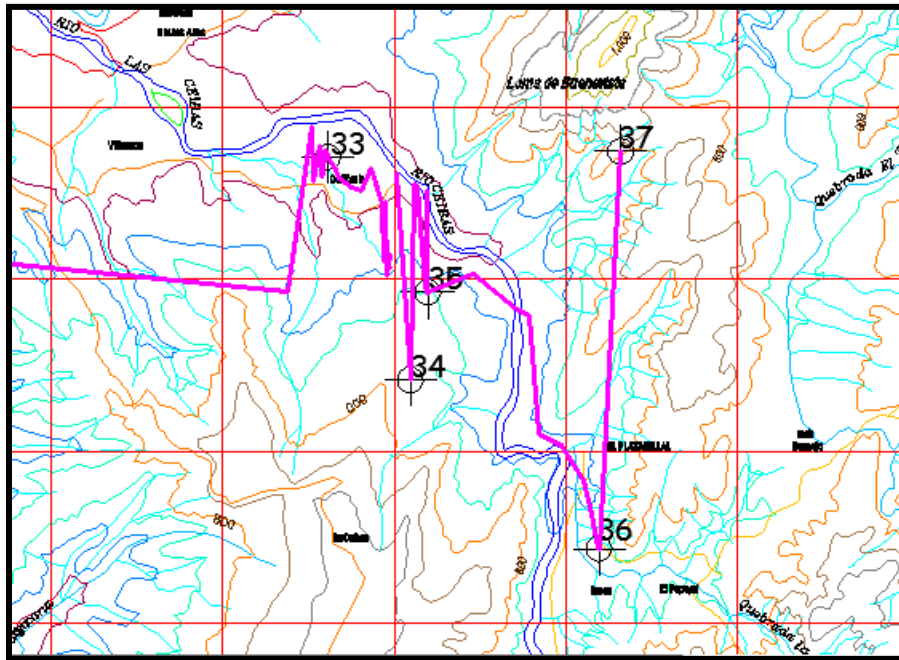


Figura 50: Mapa topográfico con el track del recorrido de la Zona 2, Bloque Norte, Puntos AG33, AG34, AG35, AG36 y AG37. Planchas Topográficas 323-IV-B y 324-III-A. Tomadas del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

ESTACION	POSICION (E,N)		ALTURA
1	868791	815987	541 m
2	879533	815570	653 m
3	879574	815600	657 m
4	879589	815612	655 m
5	879603	815747	656 m
6	879594	815752	658 m
7	879568	815781	657 m
8	879518	815892	654 m
9	879662	815639	664 m
10	879677	815591	670 m
11	879754	815539	674 m
12	879805	815520	676 m

13	879865	815649	672 m
14	880014	815617	678 m
15	880119	815558	677 m
16	880131	815548	688 m
17	880192	815513	688 m
18	879951	815455	692 m
19	879931	815438	692 m
20	879972	815143	722 m
21	879941	815107	721 m
22	879960	815025	747 m
23	880185	814946	752 m
24	880204	814929	764 m
25	880199	814927	766 m
26	880196	814925	767 m
27	880203	814931	764 m
28	880716	814828	710 m
29	880789	814790	710 m
30	880843	814100	734 m
31	880977	814038	736 m
32	881108	813833	741 m
33	881152	813637	751 m
34	881189	813439	763 m
35	880461	815033	721 m
36	879383	814928	739 m

Tabla 22: Track del recorrido en la Zona 2, Bloque Norte

5.2.2. ESTUDIOS ANTERIORES

Son muchos los estudios que se han realizado desde el campo de la geología en la Cuenca Sedimentaria del Valle Superior del Magdalena, específicamente en la

Subcuenca de Neiva, relacionando aspectos diferentes con énfasis en la evaluación del potencial de hidrocarburos. Los investigadores hacen parte de entidades como el Servicio Geológico Colombiano (SGC), Universidad Surcolombiana (USCO), Universidad Nacional de Colombia, HOCOL, entre otras compañías petroleras privadas.

La Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) adjudicó en la “Ronda Colombia 2014” el área de la cuenca del Río Las Ceibas a la compañía Alange Energy Corporation para explorar en busca de hidrocarburos (petróleo y gas), autorizando realizar Geología de Superficie, Magnetometría y Sísmica. Sin embargo, la comunidad de Las Ceibas detuvo el desarrollo de la exploración, a raíz de la problemática ambiental del Casanare, en la que hacían responsables a las empresas petroleras incidentes en la región, de la sequía y muerte de centenar de animales destacándose a los chigüiros, debido a estos procedimientos.

La comunidad respaldada por el Alcalde y el Gobernador de turno emprendieron manifestaciones y formalizaron el “*Foro Académico Sobre la Exploración con fines de Explotación de Hidrocarburos en la Cuenca del Río Las Ceibas*”, en el que el ingeniero de petróleos y profesor de la Universidad Industrial de Santander (UIS) Oscar Vanegas, intervino exponiendo su principal hipótesis acerca de que la sísmica realizada por las empresas causa grietas en la tierra generando cambios en el ciclo natural del agua; su explicación procedió de sus observaciones empíricas y entrevistas a campesinos del Casanare. Finalmente la ANH canceló el contrato dando una alta indemnización a la empresa.

5.2.3. GEOLOGÍA GENERAL DE LA ZONA 2 NEIVA

La Zona 2 se localiza hacia la parte media de la cuenca del río Las Ceibas, en la cual afloran rocas sedimentarias que van desde el cretácico hasta el cuaternario, correspondientes a las formaciones Villeta (Loma Gorda), Guaduala (Seca), Gigante y depósitos cuaternarios correspondientes a depósitos aluviales de terrazas y coluviales asociados a un ambiente lahárico de la cuenca del río Las Ceibas. Estos puntos están localizados en el mapa elaborado por el grupo Águila a partir de las planchas geológicas 323 y 324 del Servicio Geológico Colombiano (SGC), a escala 1:25000 (en bolsillo).

5.2.4. Punto AG-33

5.2.4.1. Localización geográfica, accesos es infraestructura

El punto AG – 33 se localiza en una plantación de cacao en la Hacienda California a la cual se accede a través de la vía de la ciudad de Neiva conduce a Vegalarga aproximadamente en el kilómetro 15. (Figura 51).

5.2.4.2. Geología General Punto AG - 33

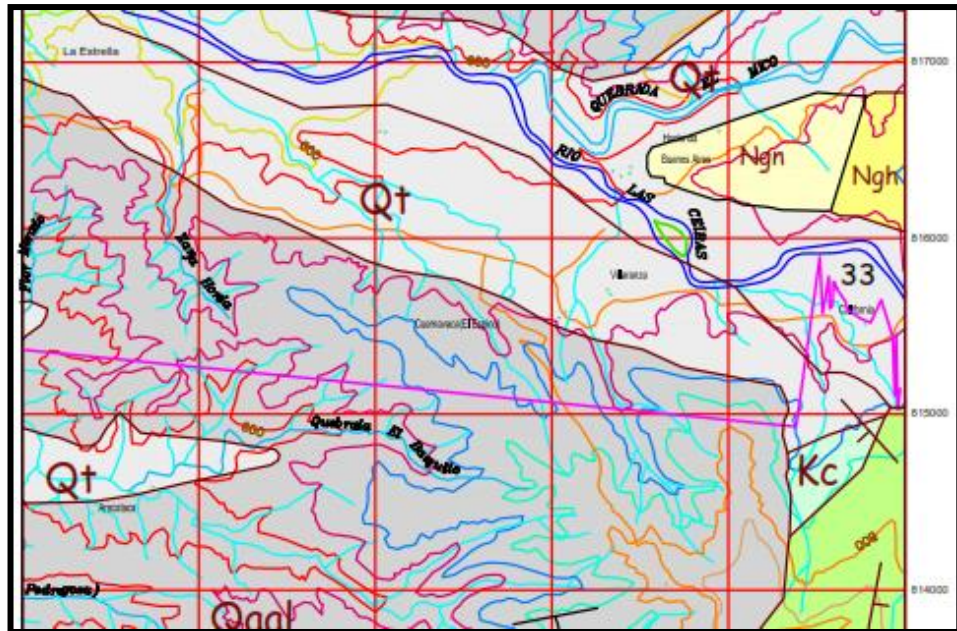


Figura 51: Geología de la Plancha 323, track del punto AG-33, Bloque Norte Zona 2. 1998. Servicio Geológico Colombiano, SGC. Sección del mapa geológico a escala 1:25000 (en bolsillo)

En el reconocimiento de campo realizado por el grupo Águila fueron identificadas Terrazas Recientes (Qt), Depósitos aluviales de Terraza Media (Qt2), Depósitos aluviales de Terraza Media (Qt2) y Depósitos Coluviales.



Figura 52: Zona del punto AG-33. Plantación de cacao, Hacienda California.

- **Terrazas Recientes, (Qt)**

El punto **AG-33** asignado al grupo Águila se encuentra localizado sobre el Río Las Ceibas unos 200 metros antes de la confluencia con la Quebrada El Mico. Localizada a 7,6 metros con respecto al nivel del Río Las Ceibas.

Las coordenadas del punto **AG-33**, se localizan exactamente sobre una plantación de cacao (Figura 52), en un área plana conformada por depósitos de terrazas (Qt₂) y depósitos coluviales asociados a la dinámica fluvial del Río Las Ceibas, sin embargo no se evidencia ningún indicio de hidrocarburo.

- **Depósitos aluviales de Terraza Media (Qt2)**

En el lugar donde se ubican las coordenadas dadas para el punto AG33 no se presenta ningún afloramiento de acuerdo al recorrido realizado por el grupo de trabajo Águila; se efectuó el reconocimiento geológico por el cauce del río como también el detalle de los suelos asociados a fenómenos de erosión.

El nivel de terraza reconocido está conformado por depósitos conglomeráticos con intercalaciones de fanglomerados y lentes de arena. Los conglomerados presentes hacia la base están conformados por cantos rodados (60%), guijas (20%), gránulos (10%) y guijarros (10%) de formas subredondeadas embebidos en una matriz de arena gruesa.

La composición petrográfica corresponde a un 60% de rocas metamórficas (gneises, migmatitas y anfibolitas), un 25% corresponde a rocas intrusivas (granito rosado, pegmatitas y cuarzodioritas) y un 10% de rocas extrusivas (riolitas y dacitas, andesitas) las rocas sedimentarias representadas por conglomerados corresponden al 5% en volumen del total de los fragmentos. La arena embebida en los fragmentos está conformado por cuarzo lechoso y puntalmente hialino en un 40% de formas subangulares a subredondeadas, los feldespatos con un 50% corresponden principalmente a ortoclasa y plagioclasa, presenta minerales máficos de tipo hornblenda y biotita en un 5%, el 5% restante corresponde a minerales pesados negros principalmente magnetita y oligisto.

- **Depósitos Coluviales**

El río de Las Ceibas a lo largo de todo su cauce presenta una amenaza geológica por régimen torrencial, la cual de acuerdo a estudios realizados por el Museo Geológico presenta un alto riesgo para la ciudad de Neiva.

Localmente los depósitos aluviales se encuentran intercalados con estos depósitos representados por fanglomerados con fragmentos de tamaño cantos rodados, guijas, guijarros y gránulos de formas angulares a subangulares embebidos en una matriz areno-arcillosa.

En la Imagen satélite Landsat donde se representa la cuenca baja y media del río Las Ceibas estudiada ampliamente por el municipio de Neiva ya que en su parte media se localiza la bocatoma de aguas que surten al municipio. En esta se observa la morfología de los depósitos cuaternarios conformados por terrazas aluviales y una gran geoforma de un abanico coluvial como se muestra en la Figura 53.

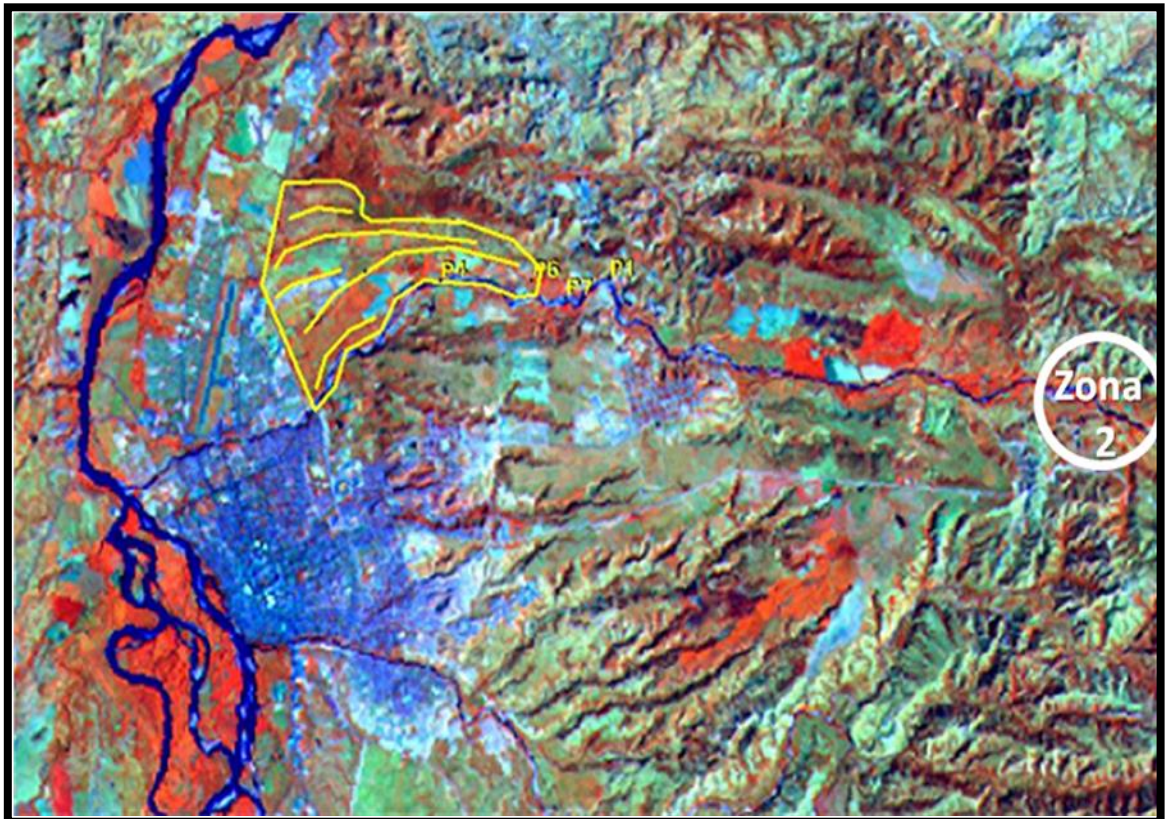


Figura 53: Imagen satélite Landsat donde se observa la geoforma de abanico coluvial contra los depósitos aluviales y coluviales presentes en la parte alta de la ciudad de Neiva.

5.2.5. Reconocimiento de Campo Zona 2 Neiva

Con el fin de dar cumplimiento a los objetivos del presente proyecto, el grupo Águila hizo un recorrido y reconocimiento geológico de la Zona 2, con el apoyo de la población de la región. Este trabajo de campo incluyó evidencia física como lo fue la recolección de muestras de material rocoso, la cual facilitó una completa descripción petrográfica de las mismas, identificando la composición mineralógica y la respectiva clasificación.

La secuencia aflorante, está localizada al Nor-Este del punto AG33, en predios de la Hacienda California, más específicamente sobre la margen derecha del Río Las Ceibas aguas arriba, y su georreferenciación posee las siguientes coordenadas: 815558N, 880119E. Se registraron los siguientes datos estructurales del afloramiento: Rumbo: 323° / 26 SW, Buzamiento N 20° E / 36 SW.

5.2.5.1. Geología general de la Zona Sulfatada

El área de estudio corresponde a un afloramiento con un espesor aparente de 77 metros, que estratigráficamente corresponde a la formación Caballos Medio (Kcm, Formación Ocal). Este afloramiento presenta unas características importantes relacionadas con el petróleo y fue denominada en este trabajo “Zona Sulfatada”, a la cual se le hizo el debido levantamiento estratigráfico utilizando el método de poligonal abierta con brújula y hip chain, y georreferenciada con GPS Garmin, determinando espesores aparentes que posteriormente permitieron calcular el espesor real de la unidad litológica.

Con el objeto de evaluar geológicamente y continuar con la búsqueda de rezumaderos, en el área donde se ubican los puntos AG33 y AG34 en que no se encontró ninguna manifestación de hidrocarburos, se observó la presencia de esta zona sulfatada, correspondiente a una secuencia de rocas conformadas por lodolitas y delgados niveles de areniscas, caracterizada por la presencia de costras ferruginosas e impregnación de sulfatos. En la Figura 54, se muestra el cuadrángulo del mapa geológico 324 a escala 1:100.000, tomado del Servicio Geológico Colombiano (SGC).

A continuación se presenta la descripción estratigráfica de tope a base del afloramiento “Zona Sulfatada”, y se anexa la columna estratigráfica realizada a escala 1:1000 (en bolsillo).

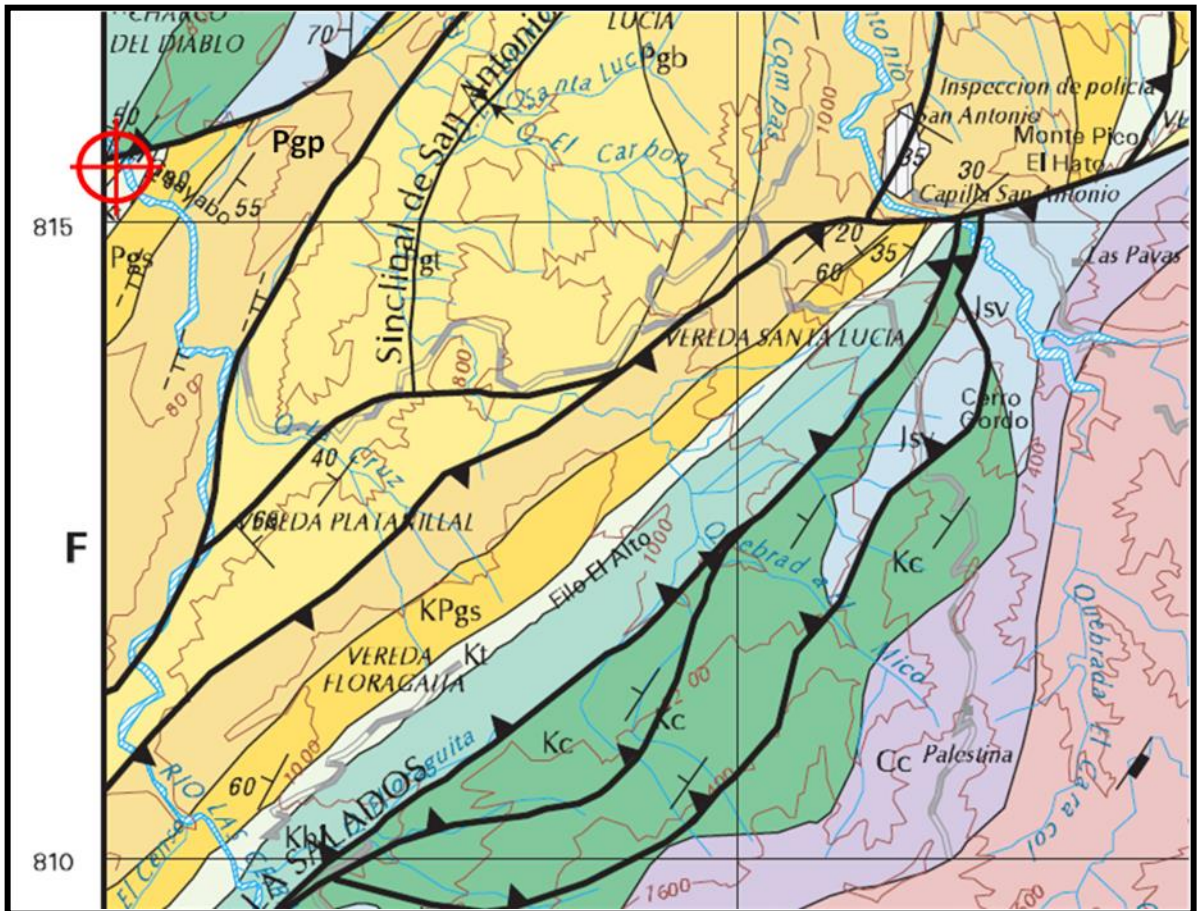




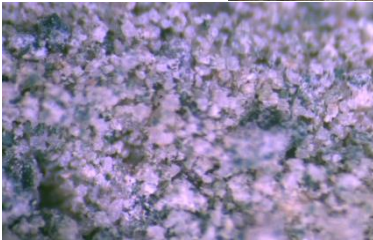
Figura 54: Zona sulfatada. Plancha Geológica 324. Servicio Geológico Colombiano (SGC).


5.2.5.2. Columna Estratigráfica de la Zona

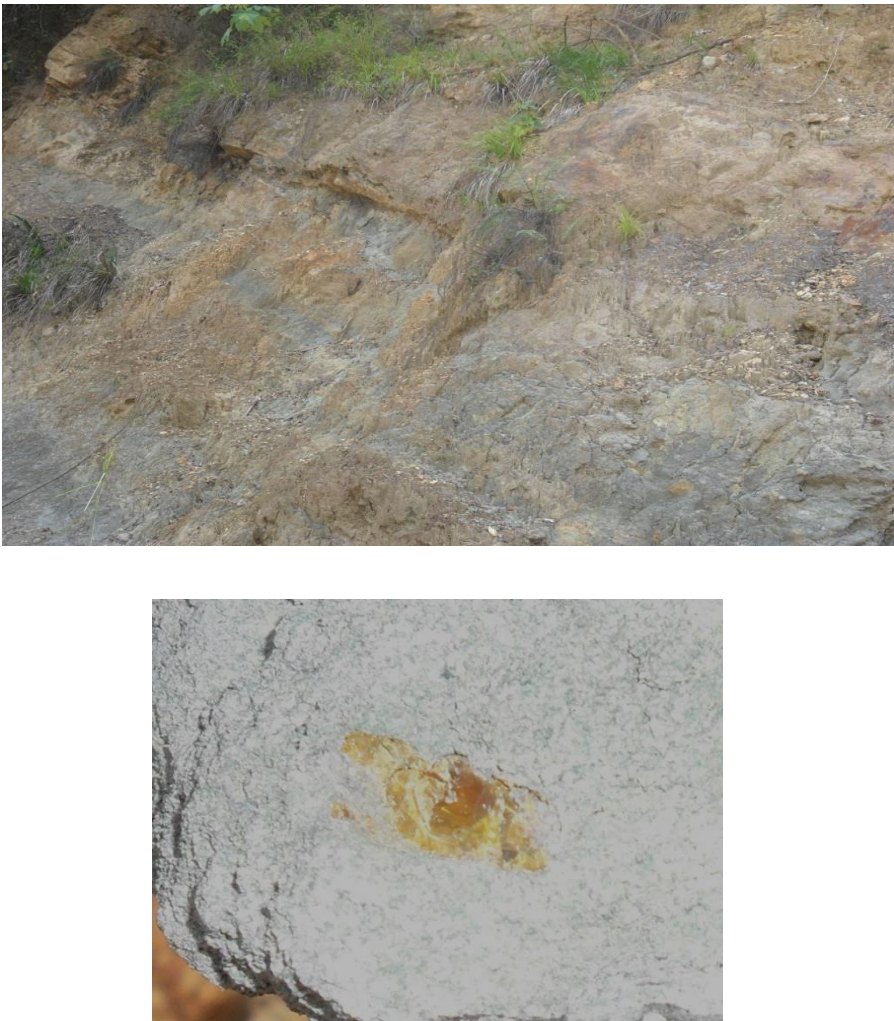
A continuación se presenta la columna estratigráfica de la Zona Sulfatada, cuya representación gráfica del plano se muestra en la Tabla 23 y Figura 23.

SEGMENTO	DESCRIPCIÓN	IMAGEN
<p>A Espesor: 4.5 metros</p>	<p>Conjunto de estratificación media a gruesa de areniscas, de color amarillo a rojizo, y duras. Su textura es de grano medio a grueso, entre subangulares y subredondeados, con selección moderada. Mineralógicamente conformada por cuarzo, feldespatos y algunos niveles ferruginosos.</p>	

SEGMENTO	DESCRIPCIÓN	IMAGEN
<p>B Espesor: 2 metros.</p>	<p>Conjunto de estratificación fina a media constituida por areniscas y arcillolitas. Las areniscas son de color gris claro amarillento cuando están oxidadas. Texturalmente están conformadas por granos de tamaño medio a grueso, subredondeados, de selección moderada.</p> <p>Las arcillolitas son de colores gris claros a violáceos, blandas, frágiles y semiplásticas. En algunos niveles asociados a las arcillolitas, se presenta precipitación de un material semiplástico de textura fina, color amarillo, localmente con zonas de oxidación y de acuerdo a las características geoquímicas y de gusto (sabor amargo), se considera que son sulfatos precipitados recientemente.</p>	

SEGMENTO	DESCRIPCIÓN	IMAGEN	
<p style="text-align: center;">C Espesor: 3 metros.</p>	<p>Conjunto de estratificación gruesa compuesta por areniscas de grano muy fino en presencia de óxidos de hierro (areniscas ferruginosas), y arcillolitas plásticas de color pardo rojizo.</p> <p>Suprayace un conjunto de estratificación capa de arenisca de color gris verdoso, frágil y blanda con presencia de sulfatos en la superficie de las diaclasas.</p>		  <p>Muestra extraída de la capa de arenisca gris verdosa y vista en el microscopio.</p>

SEGMENTO	DESCRIPCIÓN	IMAGEN
<p>D Espesor: 2,5 metros.</p>	<p>Capas tabulares a lenticulares gruesas de areniscas de color pardo rojizo, con granos de tamaño medio de forma subredondeadas y bien seleccionada, presentan cemento ferruginoso. Mineralógicamente están compuestas de cuarzo (95%), minerales pesados (1%) y cemento ferruginoso.</p>	

SEGMENTO	DESCRIPCIÓN	IMAGEN
<p>E Espesor: 4,5 metros.</p>	<p>Conjunto de estratificación gruesa constituida por una intercalación de lodolitas y areniscas. Las areniscas son de color gris verdoso, conformada por granos de tamaño medio de forma subangulares a subredondeadas bien seleccionadas y compuestas por cuarzo hialino (90%), feldspatos de tipo ortoclasa (3%) y fragmentos líticos (chert, y limolitas 7%). Puntualmente se presentan algunos fragmentos de gránulos de un material de color pardo amarillento con fractura concoidea similar al ámbar. Las lodolitas son de color gris oscuro a negruzco, frágiles, blandas y físciles, en capas de estratificación fina a muy fina.</p>	

SEGMENTO	DESCRIPCIÓN	IMAGEN
<p>F Espesor: 3 metros.</p>	<p>Costra ferruginosa, con presencia de limolitas y lodolitas de color gris oscuro y lente de limolitas blancas. Presenta una estructura de laminación plano-paralela y lenticular. Hacia el tope se encuentra una costra ferruginosa de 17 cm conformada por arenisca de grano muy fino, cementada con óxido de hierro, hematites (rojo) y oligisto (gris).</p>	 <p>The top photograph shows a soil profile on a hillside with a hand placed on the right side for scale. The bottom photograph shows a close-up of a rock sample held by a hand, displaying distinct reddish-brown and greyish layers.</p>

SEGMENTO	DESCRIPCIÓN	IMAGEN
<p>G Espesor: 2 metros.</p>	<p>Conjunto de estratificación fina a media de areniscas, de color gris verdoso, con 2 metros de espesor. Texturalmente presenta granos de tamaño medio a grueso, subredondeados, de selección moderada y constituida mineralógicamente por fragmentos líticos y cuarzo.</p>	

SEGMENTO	DESCRIPCIÓN	IMAGEN
<p>H Espesor: 1,2 metros.</p>	<p>Conjunto de estratificación gruesa a muy gruesa conformado por areniscas de 1.20 m, de color gris amarillento a rojizo, con textura de grano medio a grueso sub-angulares a subredondeados, de selección moderada y mineralógicamente compuesta por cuarzo, fragmentos líticos, cementados con óxido de hierro. Presenta ignofósiles de tipo turboglifos.</p>	 <p>The photograph shows a vertical cross-section of a soil or rock face. The upper part is covered with green moss and ferns. Below, there are distinct horizontal layers of soil or rock, with some roots hanging down from the top. The colors range from green to brownish-orange.</p>

SEGMENTO	DESCRIPCIÓN	IMAGEN
<p style="text-align: center;">I Espesor: 1,7 metros.</p>	<p>Conjunto de estratificación media a gruesa con un espesor de 1,7 metros conformado por areniscas de color amarillo claro a oscuro cuando están oxidadas, texturalmente presentan granos de tamaños medio a grueso de formas subagulares a redondeadas embebidos en una matriz limoarcillosa.</p> <p>Hay sectorizadas concentraciones de óxido de hierro, de tipo limonita y hematites.</p>	

SEGMENTO	DESCRIPCIÓN	IMAGEN
<p>J Espesor: 1 metro.</p>	<p>Conjunto de estratificación fina a media de 1 metro de espesor, conformado por lodolitas carbonosas con intercalaciones de limolitas y areniscas. Las lodolitas son de color gris claro, las limolitas de tonalidad más oscura.</p> <p>Las areniscas en capas de estratificación media son de color gris claro amarillento cuando están oxidadas y texturalmente el grano es medio a fino, cuarzosas y localmente friables.</p>	


SEGMENTO	DESCRIPCIÓN	IMAGEN
<p>K Espesor: 1,5 metros.</p>	<p>Hacia la base se presenta un conjunto de estratificación fina-muy fina conformado por lodolitas de color gris oscuro, frágil, blandas, físisles (Shale) y muy fracturadas. Estas presentan estructuras internas de tipo fina, de laminación plano-paralela (30%), y estratificación lenticular, laminar (70%). Algunas capas de estas lodolitas presentan colores mucho más oscuros y composicionalmente son más carbonosos.</p> <p>Al tope de varias capas se observa precipitación de sulfato de color blanco lechoso, de textura granular, al tacto se desmoronaba fácilmente, al gusto presenta un sabor amargo.</p>	

Tabla 23: Columna estratigráfica de la Zona Sulfatada.

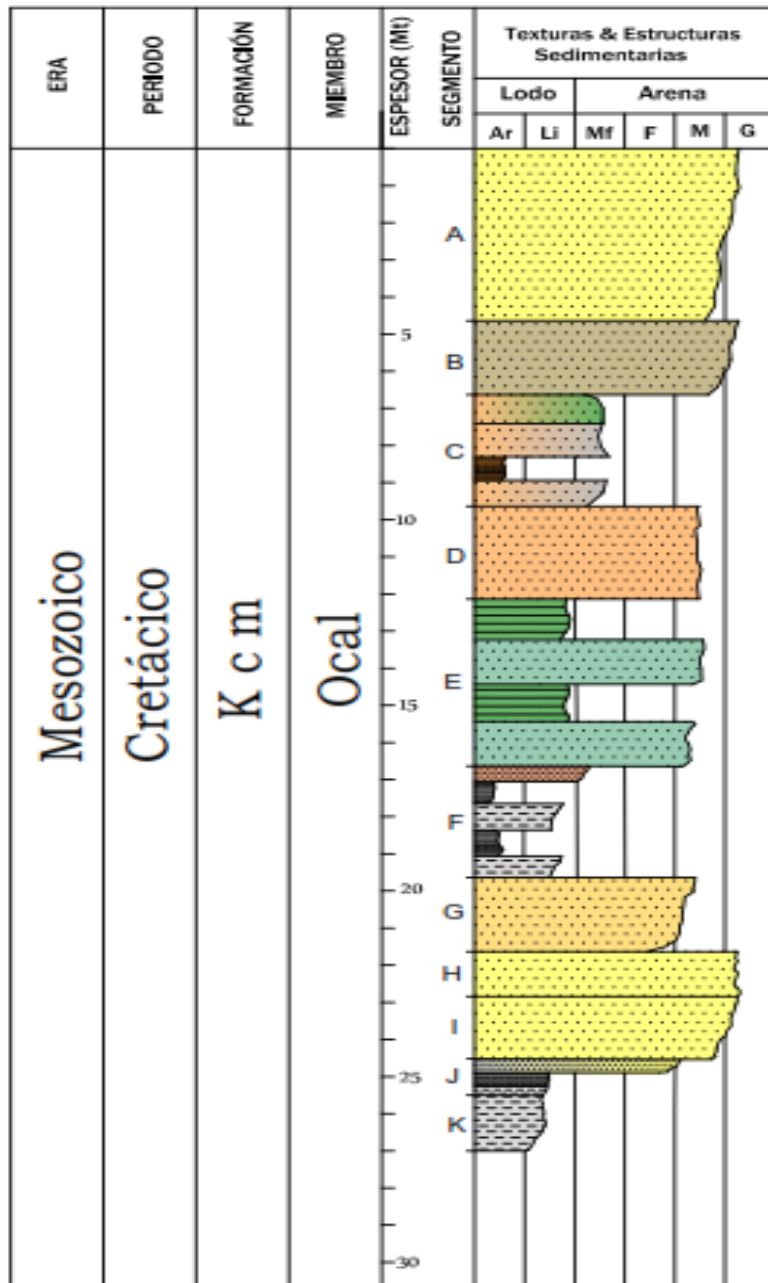


Figura 55: Representación gráfica de la columna estratigráfica de la Zona Sulfatada, consignada en plano a escala 1:1000, en bolsillo.

En una región aledaña a la zona sulfatada, se encontraron pequeños cuerpos de agua con muestras de iridiscencias que manifiestan ser óxido de hierro (Figura 56). Inicialmente en un ambiente anaerobio se encuentra el hierro en su forma más reducida Fe^{+2} (hierro ferroso) y soluble en agua; posteriormente al elevarse su concentración éste entra en contacto con el oxígeno del aire, y el Fe^{+2} se oxida

a Fe^{+3} precipitando en forma de óxido de hierro III (Fe_2O_3 , hematites), lo cual explica la estructura química del área incluyendo la zona sulfatada, caracterizada por poseer varios sectores férricos.



Figura 56: Iridiscencia de óxido de hierro.

5.2.6. Puntos AG-34 Y AG-35

Se describen conjuntamente los puntos AG34 y AG35 debido a su cercanía de acuerdo a las coordenadas entregadas al grupo Águila.

5.2.6.1. Localización geográfica

Los puntos se localizan sobre la vía que de la ciudad de Neiva conduce a Vegalarga aproximadamente en el kilómetro 15. (Figura 50). Se accede por vía carretable, como se muestra en la Figura 49; a lado y lado de la carretera se ubican los puntos AG34 y AG35 a los que se logra llegar a pie a través de un área

con material vegetal (Figura 57 y 58). Hacia el occidente limita con la vereda Buenos Aires y al este con Vda. Villa Arana.



Figura 57: Acceso al Punto AG-34.



Figura 58: Acceso al Punto AG-35.

5.2.6.2. Geología general puntos AG34 y AG35

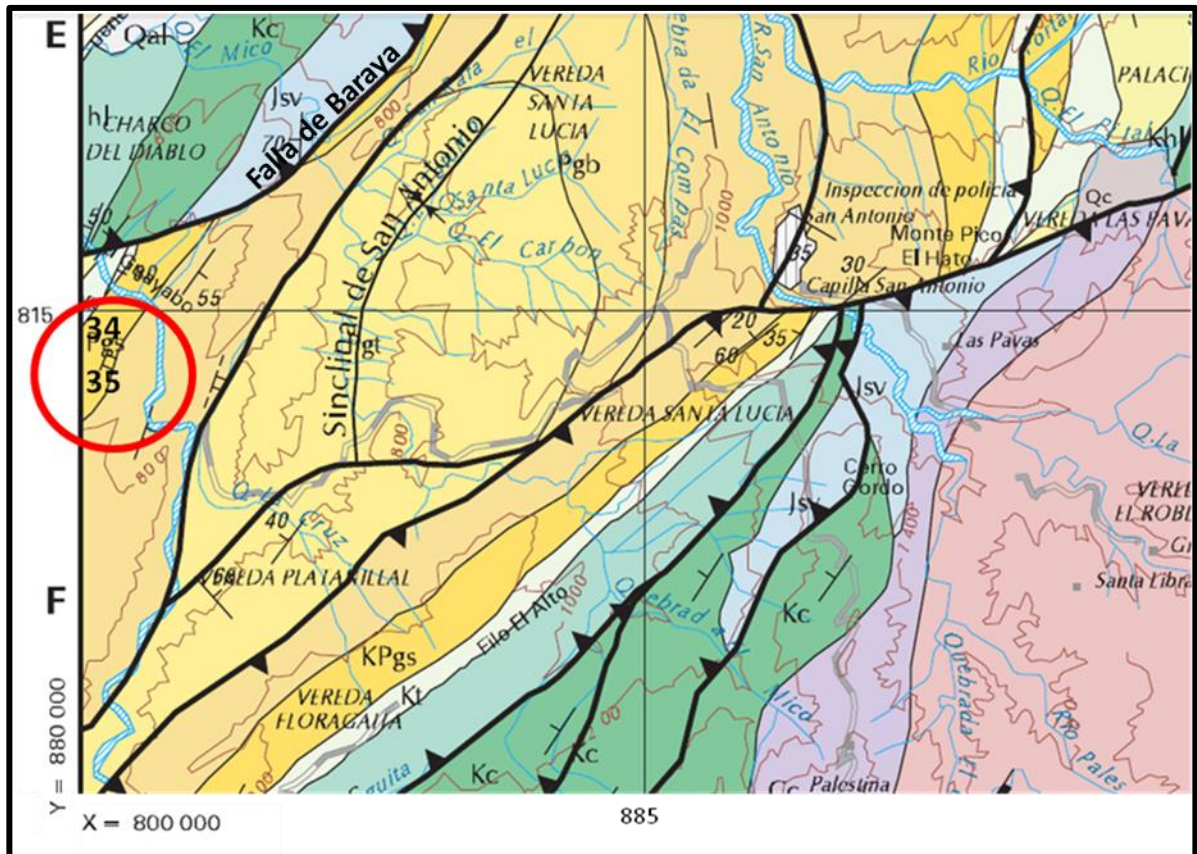


Figura 59: Geología de la Plancha 324, Bloque Norte Zona 2. 1999 Servicio Geológico Colombiano, SGC.

En el reconocimiento de campo realizado por el grupo Águila fueron identificadas la formación Guaduala en su miembro San Francisco (Formación Seca) y Depósitos cuaternarios de tipo Derrubios de Ladera (Figura 59).

- **Formación Guaduala (TKg) (Formación Seca, KPgs)**

Específicamente corresponde a la época del Maestrictiano Superior, Paleoceno Inferior. Físicamente se observó el afloramiento de dicha formación durante el recorrido de búsqueda de los puntos AG-34 y AG-35 en la vía que conduce Neiva-Vegalarga, de la Zona 2 del Bloque Norte.

Esta formación se caracteriza por arcillolitas limosas de colores marrón oscuro, verdosas con algunos tonos, morados y grisáceos, que a su vez presentan intercalaciones de limolitas.

En la parte superior de la secuencia se presentan capas gruesas de areniscas líticas de grano fino, bien cementadas, de color gris oscuro.

- Derrubios de ladera

Se encuentran como acumulaciones de material de arrastre, detritos, que han sido originados a través de procesos de fragmentación, posteriormente movilizados y depositados por la acción de la gravedad.

Se encuentran en esta zona de pendiente pronunciada de los puntos AG34 y AG35, material rocoso de diferente granulometría y composición, entre bloques, cantos, guijas, cementados por limo y arcilla.

5.2.7. Puntos AG-36 Y AG- 37

5.2.7.1. Localización geográfica, accesos es infraestructura

Se accede a través de la vía Neiva – Vegalarga a los puntos AG36 y AG37, limitando al occidente con los puntos AG34 y AG35.

El punto AG36 ubicado en la Vda. El Platanillal, se localiza a 300 metros de la carretera antes mencionada y el punto AG37 se encuentra en la Vereda Loma de Buenavista al cual se accedió a pie, aproximadamente a 1 Kilómetro desde la carretera principal (Figuras 62).

5.2.7.2. Geología General puntos AG-36 y AG-37

Los puntos AG36 y AG37 se encuentran localizados sobre los miembros Tesalia y Baché respectivamente, pertenecientes a la formación Gualanday (Figuras 60 y 61)

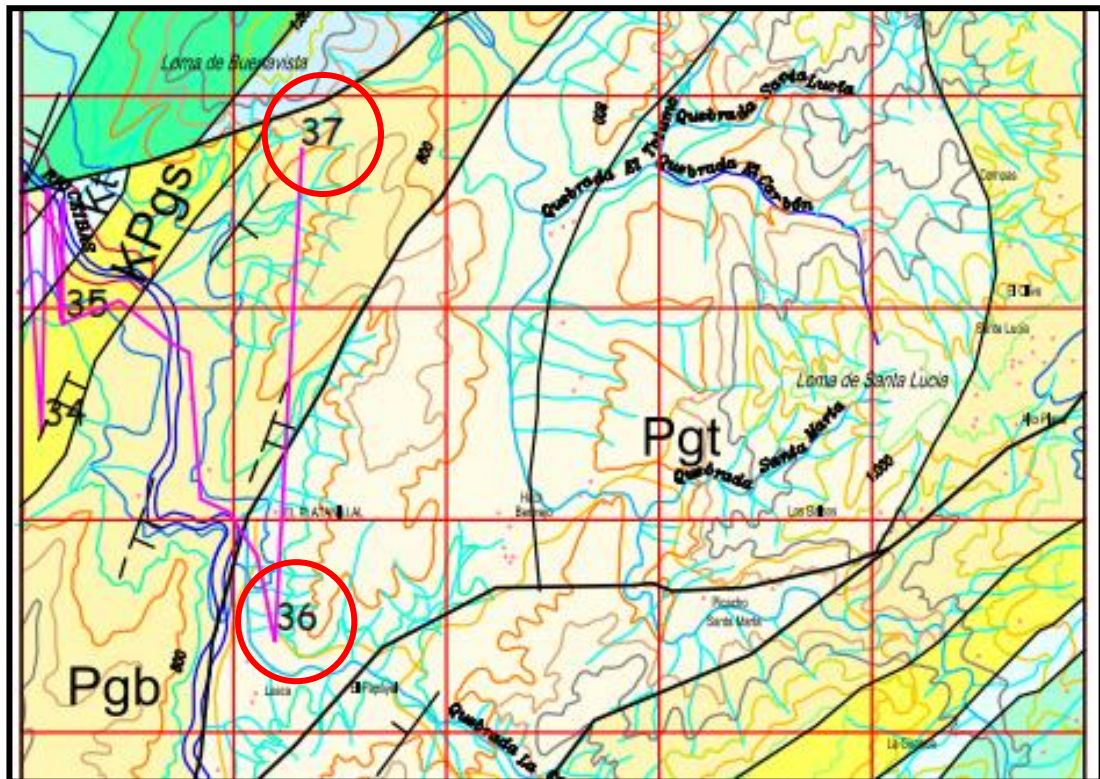


Figura 60: Geología de la Plancha 324, Puntos AG36 y AG37. Bloque Norte Zona 2. 1999 Servicio Geológico Colombiano, SGC. AG36. Sección del mapa elaborado por el Grupo Águila anexo en bolsillo.



Figura 61: Formación Tesalia. Punto AG36. Bloque Norte, Zona 2, Neiva.



Figura 62: Ruta de acceso al Punto AG37 desde el AG36. Bloque Norte, Zona 2, Neiva

- **Formación Gualanday (Pg)**

Miembros Baché (Pgb) y Tesalia (Pgt)

Aflora en el Bloque Norte, Zona 2, de Neiva, los miembros Baché y Tesalia, dos de los 3 constituyentes de la Formación Gualanday: Palermo, Baché, Tesalia, ubicándose en la parte media con unidades de lodolitas rojizas y arcillolitas (Baché), y superior con conglomerados (Tesalia).

Los conglomerados del miembro Tesalia, se presentan en capas medias a gruesas de forma lenticular y coloraciones amarillas claras. Mientras que Baché presenta algunas capas de conglomerados y arenitas cuarzosas de grano fino con coloraciones grises y rojizas.

Esta formación indica su depositación en la época del Paleoceno, de origen marino, constituido por conglomerados rojizos, shales negros y areniscas de grano fino a medio de colores rojizos, verdes y morados.

La formación Gualanday se ve expuesta con sus dos miembros, en los puntos AG36 y AG37, donde también fue fallido encontrar indicios de hidrocarburos.

5.2.8. Geología Estructural De La Zona 2, Bloque Norte, Neiva

- Falla de Baraya

Se ubica hacia el norte de los puntos AG34, AG35 Y AG37. Corresponde a una falla de cabalgamiento con orientación general N30°E.

Representa el límite entre las rocas cretácicas del piedemonte de la Cordillera Oriental y las rocas sedimentarias (Periodo Neógeno) del Valle del río Magdalena en su parte plana.

Existen en el área otras estructuras relacionadas con el sistema del trust de Garzón – Suaza, como fallas pequeñas normales e inversas, conocidas como sintéticas y antitéticas.

- Sinclinal de San Antonio

Es una estructura muy importante a destacar de esta zona sur-este de la plancha 324 del municipio de Neiva. Se encuentra afectado por una falla de cabalgamiento de bajo ángulo y desplazamiento, al igual que por una falla inversa de rocas jurásicas de la formación Saldaña.

5.2.9. Geología del petróleo, Zona 2 Bloque Norte

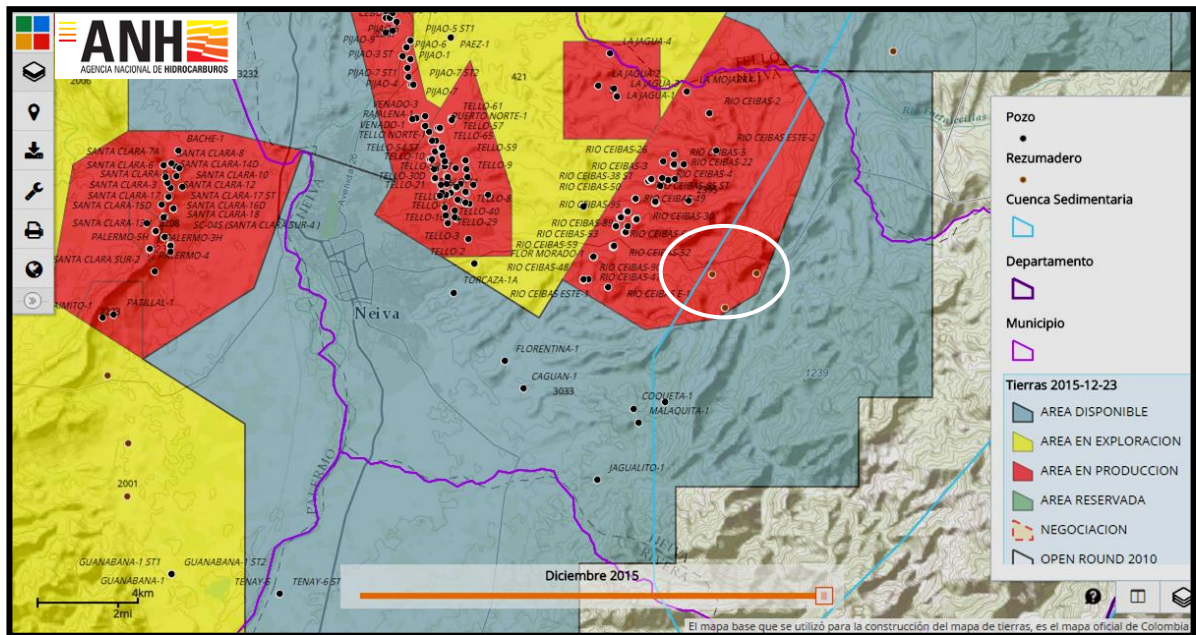


Figura 63: Zona 2 Bloque Norte, zonificando el área de los puntos AG33, AG34, AG35, AG36 Y AG37. Imagen tomada de Geovisor ANH (Agencia Nacional de Hidrocarburos), <https://geovisor.anh.gov.co/>.

Como se puede observar en la Figura 63, la Subcuenca de Neiva alberga varios pozos productores del Campo Río Ceibas, correspondiendo así a una zona productora y con planes de exploración. Se destaca también en esta sección el Campo Tello ubicado al Nor-Este de la ciudad de Neiva en la cuenca del Valle Superior del Magdalena y ha sido productor desde su descubrimiento en el año 1972, ampliando su producción y reservas, considerándose así como una nueva frontera con capacidad de llevar más allá a la industria petrolera.

En esta misma zona se encuentra el campo Río Ceibas, con pozos que en conjunto aportan en promedio 1.414 BPDC (Barriles Promedio por día Calendario). Según el Sistema General de Regalías, Neiva tuvo una producción en el 2015 de 4'721.534 barriles de crudo y 1'239.851 Kilo Pies Cúbicos.

La representación gráfica también relaciona 3 puntos que corresponden a rezumaderos, sin embargo, a pesar de la constante búsqueda, no resultaron ser reales. La cuenca, aunque ya es madura, por su trascendencia en el aporte hidrocarburífero al país, promete a futuro ser próspera, y se han planteado

proyectos para desarrollar el potencial de recursos no convencionales en el Valle Superior del Magdalena.

5.3. INDICIO SUPERFICIAL DE HIDROCARBUROS BLOQUE CENTRO, TESALIA

Dentro de los puntos asignados al grupo Águila en la zona sur del departamento del Huila, se encuentra localizado el punto AG-9 sobre la parte baja de la cuenca del Río Páez, más específicamente dentro del cauce de éste y ubicado geológicamente sobre depósitos aluviales y coluviales. En el reconocimiento que se realizó de la zona, no fue encontrado ningún indicio superficial que manifestara la presencia de hidrocarburo.

5.3.1. Localización geográfica Zona Tesalia, Bloque Centro

El punto 9, Zona Tesalia, se encuentra localizado dentro del cauce del Río Páez, limitando al Sur - Occidente con la vereda la Pradera, y al Nor-Occidente con el zanjón de las Moyas y las veredas Pan de Azúcar y el El Alto (Figura 65).

El acceso al área se toma inicialmente por la vía central Neiva – Hobo – Cruce El Laberinto y posteriormente por la carretera que comunica con Tesalia y La Plata, más específicamente el punto AG9 se localiza dentro de la cuenca baja del río Páez a 5,5 kilómetros de su desembocadura.

El punto AG9, de acuerdo a las coordenadas entregadas para el desarrollo de este proyecto y tomadas del Mapa de Rezumaderos de Colombia, publicado por la ANH posee datos geodésicos con coordenadas origen Bogotá como se ve en la Tabla 24, vale la pena aclarar que el IGAC en su cartografía topográfica referencia el área con coordenadas origen Bogotá y el Servicio Geológico Colombiano (SGC).

FORMACIÓN	ZONA	COORDENADAS		Municipio	PUNTO	PLANCHA
		ESTE	NORTE			IGAC
Depósitos aluviales (Qa)	1	830650.07	762075.605	Tesalia	9	344-IV-C

Tabla 24: Coordenadas del punto AG9 – Zona Tesalia, Bloque Centro, referenciadas con origen Bogotá.



Figura 64: Localización del Punto 9, Zona Tesalia, Bloque Centro. Imagen tomada de Google Earth versión libre.

Trabajo de campo

Para el reconocimiento del punto AG9, fueron programadas 2 salidas de campo con una duración de 3 días. La primera salida realizada el 12 de abril de 2015 fue controlada el área circundante a lo largo del cauce del Río Páez. La segunda salida realizada el 09 de mayo fue revisada el área del campo La Hocha operado por HOCOL en búsqueda de un rezumadero del cual se tiene muchos

comentarios. De acuerdo a las observaciones se concluye que el rezumadero ha sido cubierto por la empresa.

En el mapa de la Figura 66 tomado del IGAC, se muestra el track realizado en la primera salida de campo en este sector, y en la Tabla 24 se presentan los datos geodésicos.

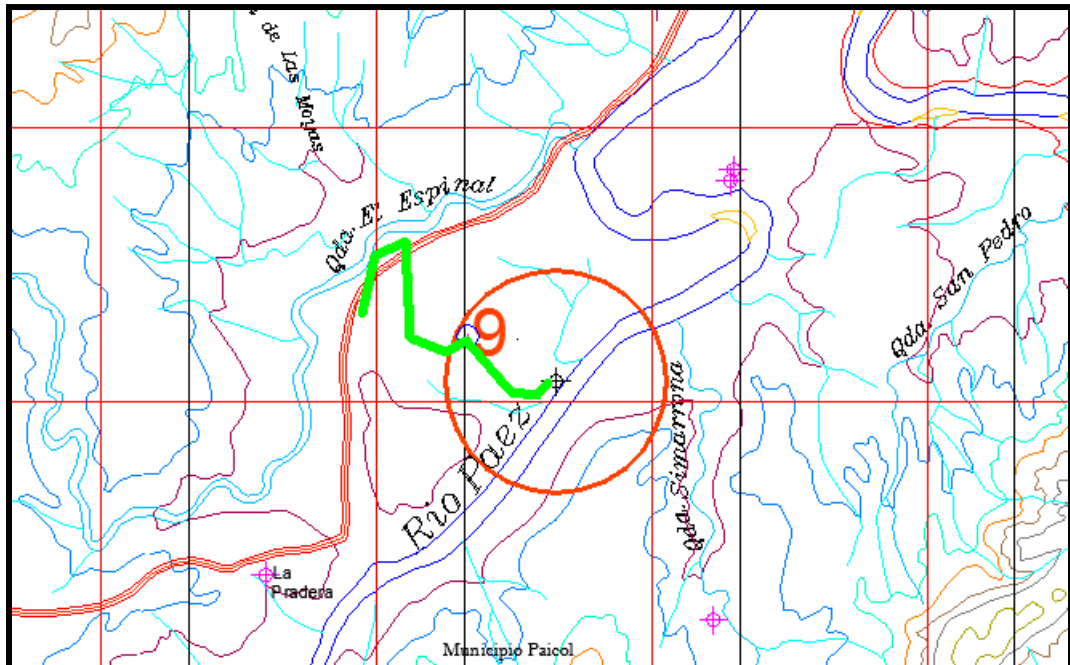


Figura 65: Mapa topográfico con el track del recorrido (verde) de la Zona Tesalia, Bloque Centro, Punto AG-9. Plancha Topográfica 344-IV-C. (IGAC).

PUNTOS	ESTE	NORTE
1	829945	762323
2	829990	762532
3	830102	762586
4	830122	762234
5	830250	762182
6	830326	762223
7	830332	762216
8	830489	762038

9	830578	762026
10	830611	762054

Tabla 25: Track del recorrido en el área del punto AG-9. Coordenadas Origen Bogotá.

5.3.2. Geología General de la Zona Tesalia, Bloque Centro

La Figura 67 muestra la geomorfología de la Zona Tesalia correspondiente al punto AG9.

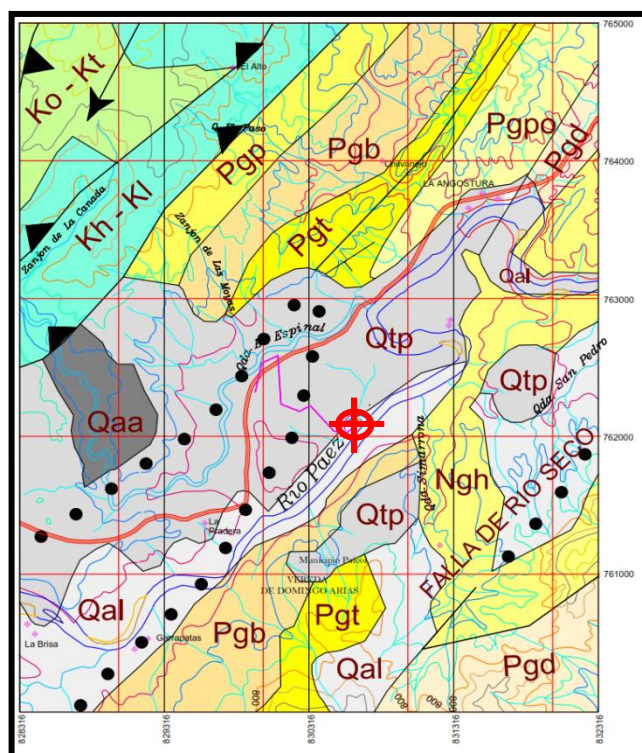


Figura 66: Mapa Geológico de la Zona Tesalia, Bloque Centro, Punto AG9, con Coordenadas origen W. Plancha Geológica 344. Tomada del Servicio Geológico Colombiano (SGC). Sección del mapa elaborado por el Grupo Águila a escala 1:25000 en bolsillo.

- Depósitos cuaternarios

De acuerdo con las coordenadas asignadas, el punto AG9 presentado por la ANH como un rezumadero se encuentra ubicado geomorfológicamente dentro del cauce del Río Páez y estratigráficamente conformado por depósitos recientes, que se presentan comúnmente asociados a la dinámica fluvial del río correspondiendo a depósitos aluviales y coluviales, conformando aluviones recientes, terrazas y algunos depósitos coluviales producidos por los eventos laháricos ocasionados por las avalanchas del Páez.

- **Depósitos aluviales de canal actual (Qac1)**

Corresponde a materiales depositados por el cauce activo actual que conforman el lecho o fondo del río. En una exploración realizada dentro del río fue reconocido el material pétreo el cual corresponde a materiales inconsolidados depositados en el fondo y que de forma general corresponden fragmentos de bloques (5%), cantos rodados (50%), guijas (25%), guijarros (10%) y gránulos (10%) de forma redondeadas hasta subangulares embebidos en una matriz de arena gruesa a fina. Este análisis granulométrico corresponde al punto de las coordenadas y en este no se observó ninguna traza ni manchas de hidrocarburos en las rocas. (Figura 68).



Figura 67: Aluviones recientes asociados a la dinámica del Río Páez.

Composicionalmente los fragmentos corresponden en un 50% a rocas ígneas de los cuales el 35% son intrusivas (granitos rosados, cuazodioritas, granodioritas, cuarzomonzonitas). Un 15% a rocas extrusivas (riolitas, dacitas). 40% de rocas sedimentarias representadas por conglomerados (25%), areniscas (20%), y lutitas (5%).

- Depósitos aluviales de barras de canal y barras puntuales (Qab1)

Corresponden a los materiales depositados a manera de islas entre los cauces activos y las barras puntuales en forma lenticular en los bordes de los meandros. Los depósitos de barras de canal en el área circundante al punto AG9 tienen longitudes entre 50-120 metros, se realizó un análisis granulométrico y están compuestos en un 75% de fragmentos y un 25% de matriz de arena.

Los fragmentos llevados al 100% texturalmente corresponden a bloques 10%, cantos rodados 45%, guijas 25%, guijarros 10% y gránulos 10%, de formas desde redondeadas hasta angulares y todos embebidos en una matriz de arena gruesa a fina.

Composicionalmente los fragmentos corresponden en un 55% a rocas ígneas, de los cuales el 30% corresponden a rocas ígneas intrusivas (granitos rosados, cuazodioritas, granodioritas, cuarzomonzonitas) y un 25% corresponden a rocas extrusivas (riolitas, dacitas). El 40% corresponden a fragmentos de rocas sedimentarias, el 5% restante corresponde a rocas metamórficas. Los fragmentos de rocas sedimentarias se encuentran representados por conglomerados y areniscas.

En los bordes de las barras de canal y barras puntuales se observan minerales pesados negros especialmente magnetita y otros óxidos de hierro. Es común encontrar en el área personas de la comunidad explotando oro, los que son llamados barequeros.

- **Depósitos aluviales y coluviales de terraza baja**

Localizados en la margen norte-sur del perímetro estudiado con un espesor de 2mt con respecto al nivel del río y está conformado por fanglomerados de tipo torrencial con intercalaciones de conglomerados y lentes de arena. Los fanglomerados están compuestos por fragmentos de tamaño cantos rodados, guijas, guijarros y gránulos de formas angulares a subangulares embebidos en una matriz arenarcillosa, Se presentan algunas intercalaciones de conglomerados con lentes de arena gruesa. Estos depósitos forman albardones de pendientes moderadas a subverticales hacia el río.

5.3.3. Geología del petróleo Zona Tesalia Bloque Centro

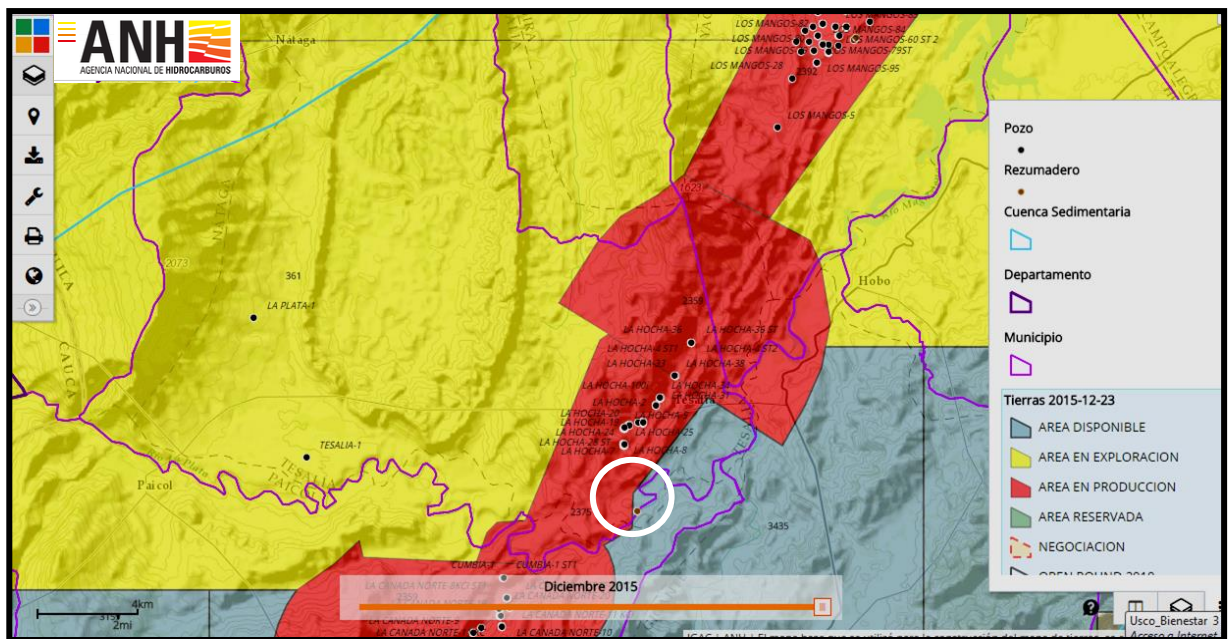


Figura 68: Zona Tesalia Bloque Centro, zonificando el área del punto AG9. Imagen tomada de Geovisor ANH (Agencia Nacional de Hidrocarburos), <https://geovisor.anh.gov.co/>.

El municipio de Tesalia posee un campo de petróleo el cual fue operado por la empresa HOCOL y revirtiendo a ECOPEPETROL. En la figura 68 se muestra en rojo

el área de operación directa donde se ubican los pozos productores y la infraestructura de producción, el área representada en amarillo muestra parte del bloque de La Hocha en el cual está autorizada la exploración

La producción en el año 2015 fue de 452.287 barriles de crudo y 274.295 kpc (Kilo pies cúbicos), según el Sistema General de Regalías.

Aunque la investigación no arrojó los resultados esperados de encontrar un rezumadero activo o inactivo, se constituye como una cuenca altamente productiva y representativa del centro del departamento del Huila.

6. RESULTADOS MACROPROYECTO

Con el trabajo presentado por el grupo AGUILA se culmina la primera etapa del proyecto macro: "CARACTERIZACION GEOLÓGICA DE LOS INDICIOS SUPERFICIALES DE HIDROCARBUROS EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA"; liderado por el *Museo Geológico y del Petróleo* con el apoyo del Grupo de Investigación *Ecosistemas Surcolombianos - ECOSURC* de la *Universidad Surcolombiana*.

Para la realización del macro proyecto fue necesario realizar visitas de campo, donde se reconocieron geográfica y geológicamente además de cartografiar las zonas de interés; a la vez se recolectaron muestras de fluido y roca, necesarias para un posterior análisis de laboratorio, con el fin de evaluar y corroborar la información suministrada por la ANH (Agencia Nacional de Hidrocarburos), permitiendo mantener el enfoque investigativo de la Universidad Surcolombiana, además de brindar soportes para incrementar la exploración petrolífera en nuestro Departamento.

NOMBRE DEL GRUPO	NÚMERO DE PUNTO	COORDENADAS	
		ESTE	NORTE
AGUILA	9	830650,1	762075,6
	33	879612,2	815715,2
	34	880095,4	814416,9
	35	880196	814925,9
	36	881194,8	813432
	37	881320	815746,7
ROJA	28	856119,5	811829,2
	29	856876,1	807165,1
	30	856909,8	809233,4
	32	862643,6	847730,9
SEPHIA	4	807666,9	709626,7
	5	808626,4	717600,1
	6	812787,1	752919
	7	818028,6	711511,6

	8	818901,8	754862,3
AGUJA	10	835612,8	789686,7
POPAYO	11	835617,5	789702,3
	12	839504,3	799201,8
	13	839714,8	800626,8
	14	839991,7	788836,5
	15	840026,4	803580,1
	16	840521,1	803552,1
	17	842022,2	806997,1
	18	842142,2	791827,1
	19	843395,7	794805,1
	20	843543	790818,1
	21	843988,6	790907,2
	22	844031	795289,2
	23	844112,5	790948,3
	24	844169,1	795080,4
	25	844486	796107,7
26	845928,1	795684,4	
27	846571,1	795476,6	
MINUS	1	791312,4	705707,5
	2	806367	713055,1
	3	806837,7	714112,2
	31	862348,7	828555,1
	38	884757,2	828063,2
PLATEÑO	39	918762,7	855308,4
	40	918762,7	855308,4

Figura 69: Distribución de los indicios superficiales de Hidrocarburos en el departamento del Huila proporcionado por la ANH, asignados en la primera etapa del proyecto.

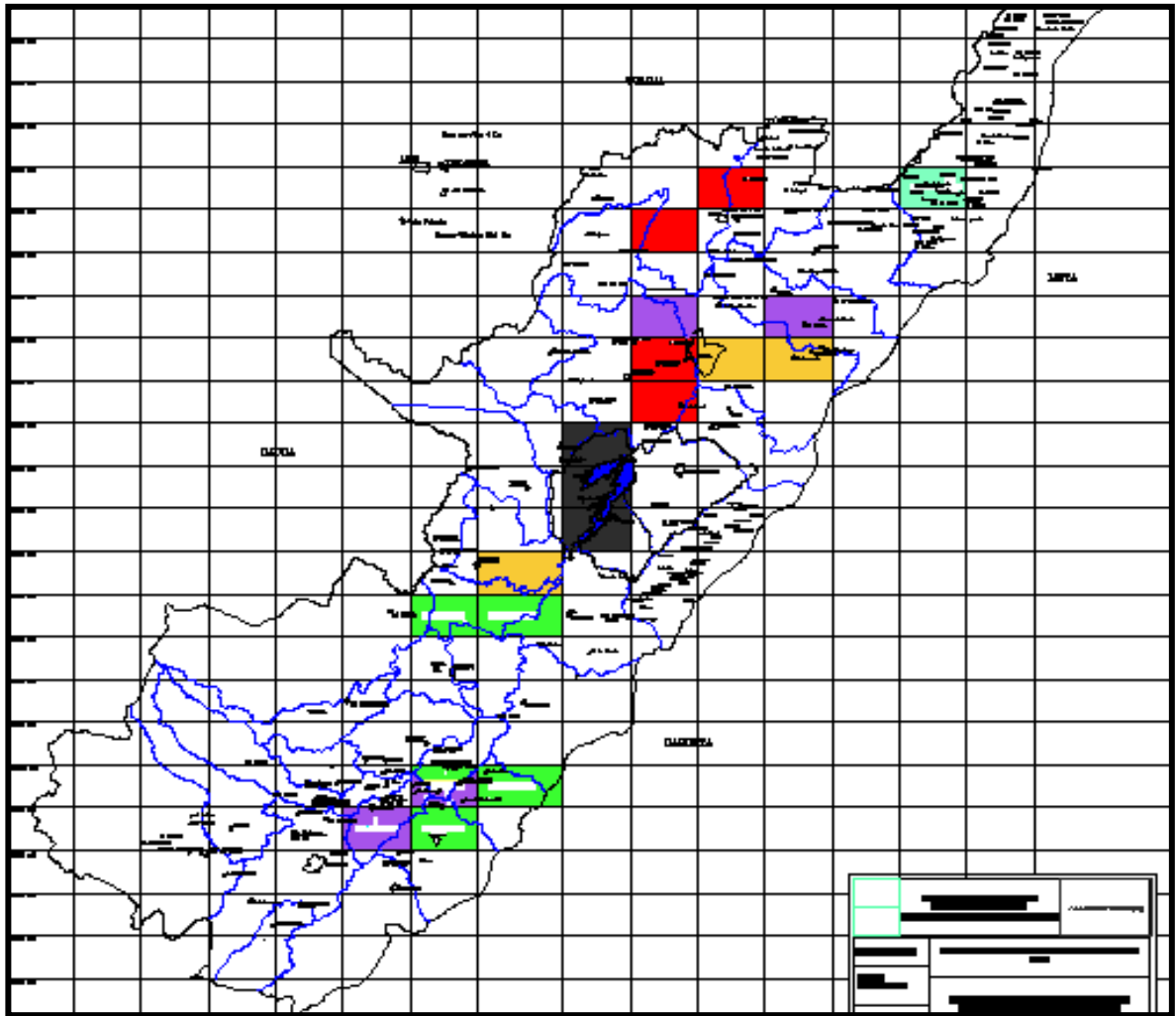


Figura 70: Zonificación de los indicios superficiales de Hidrocarburos en el departamento del Huila de acuerdo a su ubicación y al grupo seleccionado para su estudio.

De los 40 indicios superficiales reportados por la ANH solo se encontraron 10, sin embargo, gracias al reconocimiento geológico realizado por el Museo Geológico y del Petróleo y varios pobladores de las zonas estudiadas se descubrieron 15 rezumaderos que no se encuentran referenciados en el listado oficial presentado por la ANH.

Grupo	Rezumaderos referenciados en el listado oficial de la ANH			
	Asignados	Encontrados	No encontrados	Encontrados pero No reportados en la ANH
Aguila	6	0	6	2
Roja	4	0	4	8
Sephia	5	2	3	1
Aguja	1	1	0	3
Popayo	17	5	12*	0
Minus	5	2	3	0
Plateño	2	0	2	1
Total	40	10	30	15

Tabla 26: Resultados del macro proyecto: “Caracterización Geológica de los Indicios Superficiales de Hidrocarburos en Departamento del Huila”. *6 no encontrados por problemas de orden público.

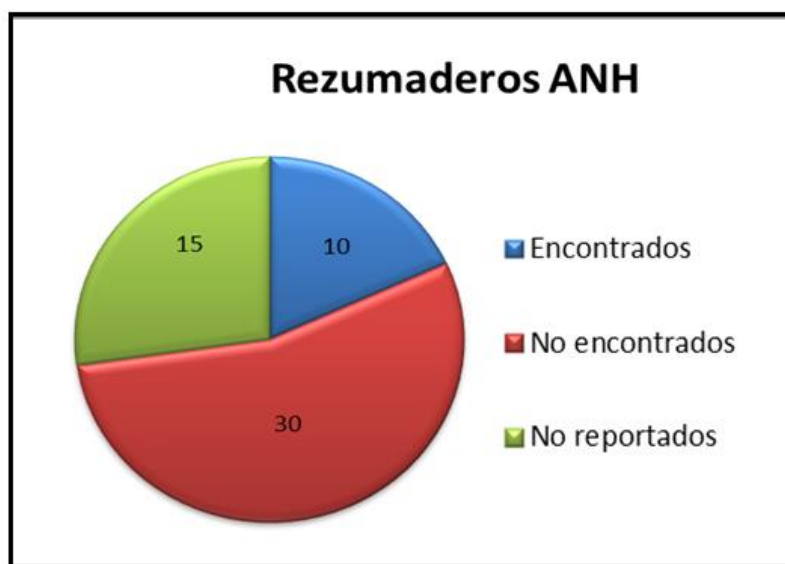


Figura 71: Gráfica resultados del macro proyecto: “Caracterización Geológica de los Indicios Superficiales de Hidrocarburos en Departamento del Huila”.

Como producto final, en el futuro se pretende publicar un libro en el cual se recopilará y consolidará los resultados suministrados por cada uno de los grupos de trabajo del macroproyecto, este trabajo estará liderado por el *Museo Geológico y del Petróleo* con el apoyo del Grupo de Investigación *Ecosistemas Surcolombianos - ECOSURC* de la *Universidad Surcolombiana* y un grupo de estudiantes de Ingeniería de Petróleos como proyecto de grado.

7. IMPORTANCIA DEL HALLAZGO DE LOS INDICIOS SUPERFICIALES DE HIDROCARBUROS

Uno de los objetivos principales de la Industria, en especial la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH), es evaluar el potencial hidrocarburífero del país el cual se convertiría en un elemento de uso constante ya que los indicios superficiales son una herramienta fundamental en pro de entender los procesos de formación, migración y acumulación de los hidrocarburos.

El departamento del Huila se caracteriza por el predominio de crudos normales a pesados, siendo los últimos de mayor hallazgo en la región. La anterior información nos brinda un enfoque hacia la alta probabilidad de encontrar indicios superficiales de hidrocarburos tipo asfáltico, ahora la pregunta ¿de qué manera pueden ser empleados a gran escala?.

La actividad económica mundial exige a países en desarrollo, como en el caso Colombiano, a reducir los costos de producción en infraestructura, para dar una mayor cobertura a la inversión de los recursos del estado. En éste sentido las carreteras a nivel Nacional, especialmente en zonas de difícil acceso, las cuales tienen origen de una mina de asfalto, ocupan un lugar de preponderancia en inversiones de proyección social que tienen el objetivo de implementar procesos y materiales más eficientes y menos costosos; éstos pueden tener origen en el hallazgo, estudio e investigación de los indicios superficiales de hidrocarburos.

En muchos lugares del mundo son conocidas las minas asfalto, como ejemplo las arenas de petróleo o de alquitrán de Athabasca de Alberta Canadá y las fuentes del Orinoco de Venezuela que se encuentran en grandes extensiones de tierra ocupando muchos tipos de formaciones geológicas y combinándose con arcillas, arenas, rocas, agua y materia orgánica circundante.

En Colombia Las fuentes de asfalto natural se encuentran distribuidas por las once (11) grandes cuencas sedimentarias que ocupan un área aproximada de 88.744.800 hectáreas donde las fuentes más reconocidas de asfaltos naturales son:

- Cuenca de la Guajira
- Cuenca Valle Inferior
- Cuenca Chocó - Pacífico

- Cuenca Valle Medio
- Cuenca Cordillera Oriental
- Cuenca Llanos Orientales
- Cuenca Valle inferior
- Cuenca Patía
- Cuenca Amazonas
- Cuenca Putumayo
- Cuenca Ranchería – Cesar

Específicamente las principales minas de asfalto se encuentran:

Caldas (Mina de Norcacia) Materiales explotados y utilizados principalmente en la construcción de Vías de acceso del Proyecto Hidroeléctrico de Hidromiel.

Caquetá (Minas las Pavas, Cuervos, Puerto Rico, San Antonio y las Perlas) suministra un potencial de explotación, producción y aplicación a lugares de alta vulnerabilidad económica y política.

Guaviare (Minas Capricho y Picalojo).

Boyacá (Mina de pesca).

Tolima (Mina de San Pedro).

El estudio de los indicios superficiales de hidrocarburos en el país brinda un gran aporte en la investigación de las mezclas asfálticas naturales, las rocas asfálticas y los crudos pesados, definidos como elementos de crucial importancia para el desarrollo económico y social.

8. CONCLUSIONES

Para el desarrollo de este proyecto el grupo Aguila dividió los seis (6) indicios superficiales asignados por el museo geológico y del petróleo en dos bloques: Bloque Norte correspondiente al municipio de Neiva (AG-33, AG-34, AG-35, AG-36 y AG-37) y el Bloque Centro correspondiente al municipio de Tesalia (AG-9). Se realizaron 5 visitas a campo a estas dos zonas y en ninguno de los puntos se encontró algún rezumadero. El grupo Aguila presenta un reporte de las características geológicas y un análisis estructural de los puntos asignados cumpliendo con los objetivos propuestos.

Como respuesta al no hallazgo de hidrocarburos en los puntos asignados, la dirección del proyecto de investigación reasignó los Puntos Aguila – Cementerio (AGc) y Aguila – El Salado (AGs) localizados en el municipio de Aipe, para su descripción geológica. Es importante aclarar que estos puntos no se encuentran referenciados en el listado oficial presentado por la ANH, pero que en el reconocimiento geológico efectuado por el Museo Geológico y del Petróleo se han descubierto.

El rezumadero AGc (Aguila-Cementerio) se localiza estratigráficamente en la formación Honda, sobre una escama tectónica relacionada con la falla de Palogrande y se presume que por medio de esta falla hubo un proceso de **dismigración secundaria**, motivo por el cual se encuentra presencia de Hidrocarburo fósil de API = 12,6 a condiciones estándar, clasificándose como un crudo PESADO.

El punto AGs (Aguila - El Salado) se localiza estratigráficamente sobre la formación Honda, en este lugar sólo se encontraron trazas de hidrocarburos pesados en forma de iridiscencia sobre la superficie del agua. La morfología estructural de la zona del punto AGs (El Salado), se ve afectada por la falla inversa de Palogrande con un rumbo y buzamiento de N30E/20SW, asociada al anticlinal del mismo nombre; y por el anticlinal de Aipe.

9. RECOMENDACIONES

Con la culminación el proyecto macro: “CARACTERIZACION GEOLÓGICA DE LOS INDICIOS SUPERFICIALES DE HIDROCARBUROS EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA”; se ha sentado un precedente para continuar investigando y profundizando la información que se tiene acerca de los rezumaderos existentes en el departamento del Huila. Es necesario seguir actualizando la información que posee la ANH ya que gracias a este macroproyecto se pudo caracterizar 15 indicios superficiales nuevos que no se encuentran referenciados en el listado oficial y es posible encontrar nuevos indicios superficiales en nuestro departamento.

A corto plazo, se recomienda apoyar la publicación que liderará el Museo Geológico y del Petróleo con el apoyo del Grupo de Investigación Ecosistemas Surcolombianos - ECOSURC de la Universidad Surcolombiana y un grupo de tesis de Ingeniería de Petróleos en la cual se recopilará y consolidará los resultados suministrados por cada uno de los grupos de trabajo del macroproyecto.

BIBLIOGRAFIA

- VARGAS CUERVO R, LAMILLA GALINDO J. Reconocimiento Geológico de la cobertura Productiva de la Subcuenca de Neiva Huila Colombia Field Trip PETROMINERALES 2010.
- SGC, 1999. Geología del Huila 2001, A. Núñez. Escala 1:100.000.
- VARGAS, R., Geomorfología y Amenazas Geológicas del Municipio de Neiva. Revista entorno Universidad Surcolombiana 2001.
- SGC, 1993. Geología de la Plancha 302 Aipe, Jaime A. Fúquen, Gabriel Rodríguez y Ubaldo Cossio. Escala 1:100.000.
- SGC, 1998. Geología de la Plancha 323 Neiva, Paulina Ferreira, Alberto Núñez, Miguel A. Rodríguez. Escala 1:100.000.
- SGC, 1999. Geología de la Plancha 324 Tello, Jorge Acosta G., Jose F. Osorno M. Escala 1:100.000.
- SGC, 1999. Geología de la Plancha 344 Tesalia, G. Marquínez, C. Morales, An Núñez. Escala 1:100.000.
- SGC, 1999. Geología del Huila 2001, A. Núñez. Escala 1:100.000.
- OLAYA AMAYA A., SANCHEZ RAMÍREZ M., ACEVEDO J., La Tatacoa, Ecosistema Estratégico de Colombia. Editorial Universidad Surcolombiana.
- VARGAS CUERVO R., Proyecto de integración cartográfica de la geología de la cordillera central y occidental de Colombia aplicada a la exploración aurífera, GEOTEC LTDA. ANGLO GOLD ASHANTI COLOMBIA
- VARGAS CUERVO R., Petrología sedimentaria (Texto Guía). Universidad Surcolombiana. 1998.
- VARGAS CUERVO R., Geología Física para Ingenieros (Texto Guía). Universidad Surcolombiana. 1999.
- IGAC, 1982. Base topográfica. Planchas 344-IV-C. Escala 1:25.000.
- IGAC, 1982. Base topográfica. Planchas 302-IV-D. Escala 1:25.000.
- IGAC, 1982. Base topográfica. Planchas 323-IV-B. Escala 1:25.000.

- IGAC, 1982. Base topográfica. Planchas 324-III-A. Escala 1:25.000.
- VARGAS, R., POLANIA, M. Seminario sobre Mitigación de Amenazas Geológicas Museo Geológico Facultad de Ingeniería Universidad Surcolombiana 1996.
- VARGAS CUERVO R., Geomorfología y riesgos Geológicos de la Ciudad de Neiva. Revista Ingeniería y Región. Facultad de Ingeniería 2001.
- VARGAS, R., Memorias del curso Geología Ambiental dictado en la Especialización de Ingeniería Ambiental, Universidad Surcolombiana. Neiva, Huila. 2009.
- VERGARA, H., 1996. Rasgos y actividad neotectónica de la Falla de Algeciras. Memorias VII Congreso Colombiano de Geología, I: 491-500.
- VELANDIA, F., ACOSTA, J., TERRAZA, R., VILLEGAS, H., 2005. The current tectonic motion of the Northern Andes along the Algeciras Fault System in SW Colombia. Tectonophysics. Elsevier.

Software y Sitios Web

- Software Magnapro3.
- Geovisor de la ANH v2; Online.
- Geocal. Online
- DNP, 2016. MAPA REGALÍAS.
<http://maparegalias.sgr.gov.co/#/produccion>
- ANH, 2009. COLOMBIA PETROLEO Y FUTURO. Bogotá.
http://consultorescolombianos.com/yahoo_site_admin/assets/docs/PetroleoYfuturo.4052902.pdf
- CEC, UCHILE. ASFALTO, ORIGEN, PREPARACIÓN, APLICACIONES.
<http://www.cec.uchile.cl/~bibliofcfm3/sites/default/files/730-738.pdf>

ANEXOS

- MAPA GEOLOGÓGICO, ZONA 1, AIPE – HUILA, PLANCHA 302
- MAPA LITOLÓGICO, ZONA 1 AIPE – HUILA, PLANCHA 302
- MAPA GEOLOGÓGICO, ZONA 2, NEIVA – HUILA, PLANCHA 323
- MAPA GEOLOGÓGICO, ZONA 2, NEIVA – HUILA, PLANCHA 324
- COLUMNA ESTRATIGRÁFICA, ZONA 2, NEIVA–HUILA, ZONA SULFATADA
- MAPA GEOLOGÓGICO, ZONA CENTRO, TESALIA – HUILA, PLANCHA 344