

**LEVANTAMIENTO ESTRATIGRAFICO DETALLADO PARA EL MIEMBRO
SHALE DE BAMBUCA EN DOS SECCIONES DE LA SUBCUENCA DE NEIVA**

CARLOS ANDRÉS PÉREZ BADILLO

CARLOS IVÁN DÍAZ QUIMBAYA

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

FACULTAD DE INGENIERÍA

INGENIERÍA DE PETRÓLEOS

NEIVA

2014

**LEVANTAMIENTO ESTRATIGRAFICO DETALLADO PARA EL MIEMBRO
SHALE DE BAMBUCA EN DOS SECCIONES DE LA SUBCUENCA DE NEIVA**

CARLOS ANDRÉS PÉREZ BADILLO

CARLOS IVÁN DÍAZ QUIMBAYA

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

Director

Geólogo ROBERTO VARGAS CUERVO

Docente de la Facultad de Ingeniería de Petróleos

Universidad Surcolombiana

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

FACULTAD DE INGENIERÍA

INGENIERÍA DE PETRÓLEOS

NEIVA

2014

Nota de aceptación

Firma del Director

Firma del Evaluador

Firma del Evaluador

Neiva, Huila Septiembre 2014

DEDICATORIAS

Dedico este trabajo a Dios y a la Virgen María por iluminar el camino que me trae hasta este momento de mi vida, a mis padres Carlos V. Pérez y Lucila M. Badillo por darme su cariño y apoyo incondicional, a mis hermanas Claudia, Lorena y Mabel (Y sus retoñitos) por ese gran cariño y confianza q sienten por mí, a Paulita por su invaluable compañía y cariño, para todos ustedes, este proyecto hecho con gran esfuerzo y amor.

Carlos Andrés Pérez Badillo

Dedico este trabajo principalmente a Dios por permitir que este logro sea una realidad. A mi papá Jose Iván Díaz Valencia (El socio querido) por su incondicional apoyo, aprecio y cariño, a mi mamá Carmen Quimbaya Ortiz (La Gonda) por su amabilidad, nobleza y por soportar todo de mi; a mis hermanos Loren Tatiana y Jhonny Alejandro, que sin duda me brindaron fortaleza cuando más lo necesité. Con mucho amor y alegría, este trabajo también es de ustedes.

Carlos Iván Díaz Quimbaya

AGRADECIMIENTOS

Queremos brindar nuestros más sinceros agradecimientos a las personas que hicieron posible la realización de este proyecto:

Roberto Vargas Cuervo. Geólogo y Director. Gracias por permitirnos hacer parte de su grupo de trabajo, por su incondicional ayuda, constancia y amistad.

Pedro Esquivel. Compañero y amigo. Por su amistad y ayuda desinteresada.

A todos los monitores y tesistas del área de geología. Por su compañerismo y apoyo en la realización de este proyecto.

A nuestros compañeros y amigos de la carrera. Ustedes hicieron memorable nuestro paso por la universidad.

Y por último y no menos importante, a nuestras familias, por el gran cariño que nos tienen, por su ayuda incondicional, por creer en nosotros y esperar pacientemente por este momento.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	1
ABSTRACT	2
1. GENERALIDADES	3
1.1. INTRODUCCIÓN	3
1.2. RELACIÓN CON LA INDUSTRIA PETROLERA	5
1.3. LOCALIZACION GEOGRÁFICA, ACCESOS E INFRAESTRUCTURA	6
2. BASES CONCEPTUALES	6
2.1. AMBIENTES SEDIMENTARIOS MARINOS	6
2.1.1. Plataforma Continental	6
2.1.2. Talud y ascenso continental	7
2.1.3. Cuencas oceánicas	8
2.2. ESTRATIGRAFIA SECUENCIAL. MARGENES CONTINENTALES Y CUENCAS	9
2.2.1. Causas de los cambios del nivel del mar	10
2.2.2. Órdenes cíclicos y correlación global.	11
2.3. SISTEMA DEPOSITACIONAL	13
2.3.1. Lowstand system tract (LST)	14
2.3.2. Transgressive system tract (TST)	14
2.3.3. Highstand system tract (HST)	15
3. TRABAJOS PREVIOS	16
4. GEOLOGÍA REGIONAL	19
4.1. ESTRATIGRAFÍA	20
4.2. RELACIÓN ESTRATIGRÁFICA ENTRE LA NOMENCLATURA DE INGEOMINAS Y LA INDUSTRIA PETROLERA	24
4.3. GEOLOGÍA HISTÓRICA	25
4.4. GEOLOGÍA DEL PETRÓLEO	27
5. GEOLOGÍA LOCAL DE LAS ZONAS DE ESTUDIO	29
5.1. LA TRIBUNA	29

5.1.1. Localización Geográfica de la Tribuna	30
5.1.2. Geología general para el área de La Tribuna	33
5.1.3. Estratigrafía para el área de La Tribuna	34
5.1.4. Estratigrafía secuencial para el área de la tribuna	45
5.2. LOS YUYOS	50
5.2.1. Localización Geográfica de Los Yuyos	51
5.2.2. Geología general para el área de Los Yuyos	54
5.2.3. Estratigrafía para el área de Los Yuyos	57
5.2.4. Estratigrafía secuencial para el área de los yuyos	64
CONCLUSIONES	68
RECOMENDACIONES	69
BIBLIOGRAFÍA	70

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación y límites del Valle Superior del Magdalena. Tomado del documento Colombian Sedimentary Basins: Nomenclature, Boundaries and Petroleum Geology. ANH.....	6
Figura 2. Ubicación de las zonas de estudio. Espacio mapa 323, IGAC.	7
Figura 3. Recorridos desde la Ciudad de Neiva (en color rojo), hasta las zonas de estudio de La Tribuna y Los Yuyos. Tomado de mapas generados por el grupo de investigación del museo geológico y del petróleo USCO, Roberto Vargas Cuervo, escala 1:250000.....	5
Figura 4. Ambientes sedimentarios y curvas eustáticas, relación con los ambientes deposicionales. Tomado de C. Kendall en: “Clastic hierarchies and Eustasy”.	8
Figura 5. Cuatro órdenes de los ciclos estratigráficos. Tomado de Duvel et al.....	11
Figura 6. Ambientes de sedimentación. Zona de depositación para el miembro Shale de Bambucá en la Subcuenca de Neiva representada en la línea color azul.	15
Figura 7. Mapa geológico generalizado de la subcuenca de Neiva. (Mapa tomado del documento: Evaluación Geológica del campo Pijao, ICP 2000)	21
Figura 8. Imagen satelital de modelo de elevación digital para una sección del VSM, allí se aprecia la morfología de las cordilleras (Central y oriental) y la cobertura sedimentaria de la subcuenca de Neiva.	21
Figura 9. Columna estratigráfica para el Valle Superior del Magdalena. Ecopetrol ICP-2000. Modificado por R. Vargas.2010.....	22
Figura 10. Mapa del Valle superior del Magdalena con porcentajes de contenido orgánico total para la formación Shale de Bambucá. Tomado de Atlas de Ecopetrol 200.....	27
Figura 11. Diagrama de Van Krevelen modificado, muestra los índices de hidrogeno y oxigeno provenientes de la prueba de pirólisis para la formación Shale de Bambucá. Tomado de Atlas de Ecopetrol 2000.....	28
Figura 12. Poligonal abierta para La Tribuna proyectada en la plancha 323-II-A del IGAC.	32
Figura 13. Modelo de elevación digital del área central de la Tribuna donde se observa la morfología y alineamientos estructurales. Sección del Espaciomapa 323, SIGAC.....	33
Figura 14. Plano esquemático de la cuenca de la quebrada el Neme en el área de la tribuna donde se muestran las unidades estratigráficas presentes. Tomado de Sánchez Mario en estudio de la Tribuna 2012.....	34
Figura 15. Modelo de elevación digital donde se visualiza el área de estudio al occidente del sinclinal de Tesalia.....	50
Figura 16. Poligonal abierta para Los Yuyos proyectada en la plancha 344-III-B del IGAC.	53

Figura 17. Mapa geológico generalizado de la cuenca del rio Yaguaracito, la sección en rojo muestra el trayecto trabajado. Plancha 4/4, en bolsillo.....55

Figura 18. Modelo de elevación digital del área central de Los Yuyos donde se observa la morfología y alineamientos estructurales. Sección del Espaciomapa 344, SIGAC.....57

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Fotografía satelital tomada de Google Earth, con la localización del sector de la tribuna.	30
Fotografía 2. Poligonal abierta elaborada para La Tribuna.	35
Fotografía 3. Lodolitas. Afloramiento en los puntos 28 al 29, La Tribuna	36
Fotografía 4. Lodolitas silíceas. Afloramiento en los puntos 31 al 32, La Tribuna.	37
Fotografía 5. Lodolitas fisiles hacia la base y limolitas en el tope de la sección. Afloramiento en los puntos 37 al 38, La Tribuna.	38
Fotografía 6. Secuencia de limolitas y lodolitas. Afloramiento en los puntos 40 al 41, La Tribuna.	39
Fotografía 7. Lodolitas. Afloramiento en los puntos 42 al 43, La Tribuna.	40
Fotografía 8. Conjunto de limolitas y lodolitas. Afloramiento en los puntos 44 al 45, La Tribuna.	41
Fotografía 9. Secuencia de limolitas y lodolitas arenosas. Afloramiento en los puntos 48 al 49, La Tribuna.	42
Fotografía 10. Limolitas arenosas y lodolitas. Afloramiento en los puntos 51 al 52, La Tribuna.	43
Fotografía 11. Lodolitas calcáreas y margas en la base, suprayace un paquete de calizas. Afloramiento en los puntos 53 al 54, La Tribuna.	44
Fotografía 12. Vista desde la cuchilla de San Miguel hacia el Valle del Magdalena	45
Fotografía 13. Sector denominado “La cueva del Chimbilo”, lugar donde aflora la base de la formación la luna representada por calizas y margas.	49
Fotografía 14. Fotografía satelital tomada de Google Earth, con la localización del trayecto en el sector de Los Yuyos.	51
Fotografía 15. Poligonal abierta elaborada para Los Yuyos.	58
Fotografía 16. Lodolitas. Afloramiento en los puntos 13 al 14, Los Yuyos.	59
Fotografía 17. Arcillolitas con delgados niveles de lodolitas. Afloramiento en los puntos 8 al 9, Los Yuyos.	60
Fotografía 18. Lodolitas. Afloramiento en los puntos 6 al 7, Los Yuyos.	61
Fotografía 19. Secuencia de lodolitas. Afloramiento en los puntos 5 al 6, Los Yuyos.	62
Fotografía 20. Lodolitas. Afloramiento en los puntos 4 al 5, Los Yuyos.	63
Fotografía 22. Contacto superior del Shale de Bambucá con el miembro K4 de la formación Monserrate.	64

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Sección de las columnas estratigráficas para el Valle Superior del Magdalena utilizadas por las compañías petroleras e INGEOMINAS.	24
Tabla 2. Coordenadas de la poligonal abierta, sector de La Tribuna.....	31
Tabla 3. Coordenadas de la poligonal abierta en el sector de Los Yuyos	52

ANEXOS

Anexo 1. Descripción de muestras para La Tribuna y Los Yuyos.

Plano 1. Plano 1/4 “AFLORAMIENTOS DE LA FORMACION VILLETA EN EL VALLE SUPERIOR DEL MAGDALENA”, en bolsillo.

Plano 2. Plano 2/4 “COLUMNA ESTRATIGRÁFICA DEL MIEMBRO SHALE DE BAMBUCÁ, SECTOR DE LA TRIBUNA”, en bolsillo.

Plano 3. Plano 3/4 “COLUMNA ESTRATIGRÁFICA DEL MIEMBRO SHALE DE BAMBUCÁ, SECTOR DE LOS YUYOS”, en bolsillo.

Plano 4. Plano 4/4 “RECONOCIMIENTO GEOLOGICO DE LA COBERTURA PRODUCTIVA DE LA SUBCUENCA DE NEIVA”, en bolsillo.



RESUMEN

El estudio de los ambientes de sedimentación, proporcionan a la industria del petróleo el conocimiento sobre los sucesos sedimentarios ocurridos y que llevaron a cabo la existencia de las formaciones productoras, generadoras y sello; en este documento son estudiadas las rocas generadoras del miembro Shale de Bambucá, perteneciente la formación Villeta en la Subcuenca de Neiva; Valle Superior del Magdalena (VSM).

El miembro Shale de Bambucá se muestra en las dos secciones donde fue levantado estratigráficamente, como una formación predominante de lodolitas con formadas en un ambientes de plataforma fuera de la influencia del oleaje, esta característica particular cataloga al miembro Bambucá con características propias como roca generadora (en las dos secciones).

El análisis estratigráfico secuencial proporcionó un enfoque sobre los cambios eustáticos (entrada y salida del mar) y ambientes de sedimentación en los que se generó el miembro Bambucá, el análisis de estratigrafía secuencial permitió dividir las columnas estratigráficas levantadas en secuencias y parasecuencias que detallan los sucesos ocurridos a una escala menor y describiendo las variaciones en la depositación de sedimentos.

Las columnas estratigráficas para el miembro Shale de Bambucá fueron levantadas en dos lugares de la Subcuenca de Neiva, el sector de La Tribuna: el cual posee un espesor de 165 metros y el sector de Los Yuyos: con un espesor de 357.4 metros; en ambos se determinaron ambientes de tipo plataforma externa a shoreface y fueron divididos en 7 parasecuencias que incluyen un sistema deposicional de tipo dos (Highstand y Transgressive System Tract).



ABSTRACT

The study of environments of sedimentation, provide the oil industry knowledge of the sedimentary events occurred and who carried out the existence of the stamp producing formations, and generators; in this paper are studied Shale source rocks of Bambucá member belongs the Villeta formation in Neiva sub-basin; Upper Magdalena Valley (UMV).

The Bambucá Shale member is shown in the two sections where he was raised stratigraphically as a predominant formation of mudstones with formed on a main platform outside the influence of the waves, this particular feature lists to Bambucá member with its own characteristics and source rock (in the two sections)

The sequence stratigraphic analysis provided an approach to eustatic changes (in and out of the sea) and sedimentation environments in which the member is Bambucá gender, sequence stratigraphy analysis divided the stratigraphic columns allowed in sequences and parasequences raised detailing events occurred on a smaller scale and describing variations in sediment deposition.

Stratigraphic columns for the Shale member of Bambucá were raised in two places in the Neiva sub-basin, the La Tribune: which has a thickness of 165 meters and the area of Los Yuyos: with a thickness of 357.4 meters; in both environments external to shoreface platform type were determined and were divided into 7 parasequences depositional system including a type two (highstand and Transgressive System Tract).



1. GENERALIDADES

1.1. INTRODUCCIÓN

Continuando con el desarrollo de las investigaciones y los aportes obtenidos para el Valle Superior del Magdalena (VSM), liderados por el Museo Geológico y del Petróleo con el apoyo del Grupo de Investigación Ecosistemas Surcolombianos (ECOSURC) de la Universidad Surcolombiana, se desarrolló el trabajo de grado “LEVANTAMIENTO ESTRATIGRÁFICO DETALLADO PARA EL MIEMBRO SHALE DE BAMBUCÁ EN DOS SECCIONES DE LA SUBCUENCA DE NEIVA”

Así también debido a los grandes requerimientos de energía que actualmente demanda el mundo, los yacimientos de hidrocarburos, cada vez son más escasos y difíciles de alcanzar. Si bien a lo largo de la evolución de la industria del petróleo se creía que dichos reservorios se encontraban exclusivamente en un tipo de rocas sedimentarias, existen alrededor del mundo varios ejemplos con los que se puede demostrar que las rocas pelíticas aparte de ser las rocas generadoras de hidrocarburos, bajo ciertas condiciones, pueden albergar cantidades considerables de estos. (Gas shale y Oil shale). De ahí la importancia de identificar algunas características por medio de un reconocimiento geológico, para comprobar en el ámbito local la posibilidad de yacimientos de este tipo sabiendo de antemano la existencia de grandes secuencias de rocas lutíticas que afloran en los piedemontes de la cordillera central y oriental y dentro del valle superior del río Magdalena, subcuenca de Neiva.

El presente trabajo representa la primera etapa de la investigación sobre las rocas lutíticas de la formación Villeta y consistió en el levantamiento estratigráfico del miembro Bambucá de la formación Villeta reconociendo sus ambientes de sedimentación y un análisis de la estratigrafía secuencial basado principalmente en las estructuras sedimentarias presentes. Con esto se determinaron las curvas eustáticas las cuales son representativas de las variaciones del nivel del mar y el ambiente sedimentario de depósito.

Para el levantamiento estratigráfico detallado del miembro Shale de Bambucá en la Subcuenca de Neiva fueron escogidas dos secciones geológicas de la parte norte y centro del departamento del Huila, y se enfoca al reconocimiento de la estratigrafía de la denominada cobertura productiva de la Subcuenca de Neiva la cual cubre la parte sur del Valle Superior del Magdalena considerada como una de las cuencas más promisorias de Colombia desde la perspectiva exploratoria de hidrocarburos. El trabajo se enfoca principalmente en el reconocimiento geológico y estratigráfico de la formación Villeta (Hondita - Loma Gorda) y especialmente el miembro Shale de Bambucá, para tal efecto se realizaron ocho salidas de campo en las cuales se realizaron los siguientes trabajos:



- 1) **Cinco salidas:** Levantamiento estratigráfico detallado para los afloramientos de lutitas en el sector de La Tribuna - Centro de Investigación y Educación Ambiental (CIEA); donde fue reconocida, medida y muestreada la formación Villeta desde el contacto inferior con la formación Caballos, hasta el contacto superior con la FORMACION Monserrate.
- 2) **Tres salidas:** Levantamiento estratigráfico detallado para los afloramientos de lutitas en el sector de la vereda Los Yuyos, en el municipio de Tesalia; donde fue reconocida, medida y muestreada la formación Villeta desde el contacto de la formación Caballos hacia la base, hasta la formación Monserrate al tope.

En el presente trabajo se hace un análisis de los diferentes tipos de litología, ambientes sedimentarios, unidades litoestratigráficas, geología estructural y estratigrafía de secuencias que se encuentra en las dos secciones geológicas, lo cual nos permite tener una visión específica de la geología de la Subcuenca de Neiva y sus formaciones generadoras, además de iniciar el proyecto para el reconocimiento y evaluación de las propiedades petrofísicas de las formaciones generadoras que adelanta el grupo ECOSURC.

En general se puede concluir que el predominio de lodolitas de color oscuro, con laminación plano paralela sugiere una depositación por precipitación vertical de material en suspensión, bajo condiciones anaeróbicas a anóxicas; estas características corresponden a rocas acumuladas en fondos planos, tranquilos, ubicados por debajo del nivel de acción de las olas, dentro de la plataforma continental interna.



1.2. RELACIÓN CON LA INDUSTRIA PETROLERA

El Valle Superior del Magdalena, y especialmente la subcuenca de Neiva es reconocida como zona productora desde 1962 en un periodo de 20 años que va hasta 1982 cuando fueron descubiertos varios yacimientos petrolíferos al norte de la ciudad de Neiva, dándole a la subcuenca de Neiva y a los campos allí presentes una historia de producción que llega a sobrepasar en algunos casos los 50 años; en los campos allí presentes hay en estos momentos un evidente desgaste sustentado con la caída en la producción, por lo cual resulta necesaria la obtención de hidrocarburos de otras fuentes no convencionales.

El reconocimiento de zonas de interés exploratorio para hidrocarburos: convencionales o no, conllevan tareas investigativas, entre ellas la geología y sus áreas, que incluyen el reconocimiento de la litología y geoquímica de una cuenca petrolífera. En el Valle Superior del Magdalena, estos estudios han sido limitados, en especial para rocas pertenecientes a formaciones generadoras de hidrocarburos, como la formación Villeta y sus miembros Aico Chert, La Luna, Bambucá y Tetuán.

En el presente documento se hace un enfoque especial al miembro Shale de Bambucá con el objetivo de definir litoestratigraficamente las unidades (Facies) que lo conforman y definir el ambiente sedimentario en el que se depositó la materia orgánica y las estructuras sedimentarias generadoras de los hidrocarburos que ahora hacen parte de la subcuenca. El estudio y reconocimiento de las rocas pertenecientes a la formación Villeta en la subcuenca de Neiva dan un enfoque adecuado para la extracción de hidrocarburos asociados a Shales.

Los hidrocarburos que se extraen de manera no convencional contribuyen hoy en día de manera significativa al volumen que se produce mundialmente; específicamente, los hidrocarburos (gas y aceite) obtenidos en procesos de fracturamiento (fracking), representan a los Estados Unidos una disminución de las importaciones de gas en un 40% y aceite un 20%, en nuestro país se están llevando a cabo los primeros pasos, definiendo licencias ambientales y creando políticas que le den soporte legal a estas tareas de exploración y extracción.



1.3. LOCALIZACION GEOGRÁFICA, ACCESOS E INFRAESTRUCTURA

El área de estudio se encuentra localizada en la denominada subcuenca de Neiva que pertenece al extremo sur del Valle Superior del Magdalena, que limita al norte con el denominado umbral de Natagaima, que divide el VSM en dos secciones, Sudeste con el sistema de fallas Algeciras-Garzón y al Oeste con las rocas del Pre-cretáceo de la cordillera occidental. Abarca parte del área rural de los municipios de Neiva, Palermo, Yaguará, Teruel, Pital y Tesalia (Véase Figura 1).

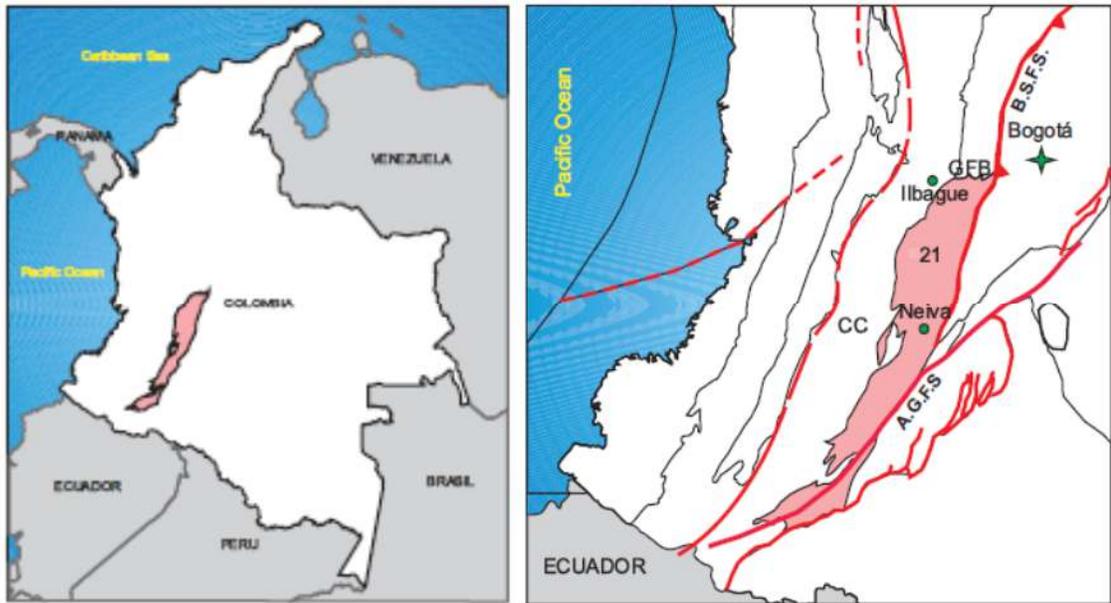


Figura 1. Ubicación y límites del Valle Superior del Magdalena. Tomado del documento Colombian Sedimentary Basins: Nomenclature, Boundaries and Petroleum Geology. ANH.

La base cartográfica utilizada para este proyecto fue consultada y adquirida al INGEOMINAS utilizando las planchas geológicas y espacio-mapas 323 y 344 (Véase Figura 2) a escala 1:100.000, la información geológica de estas planchas fue unificada en un solo plano geológico enriquecida con la información geológica trabajada durante varios años por el Museo Geológico y del Petróleo (Ver Plano 1/3 “AFLORAMIENTOS DE LA FORMACIÓN VILLETA EN EL VALLE SUPERIOR DEL MAGDALENA (VSM)” en bolsillo).

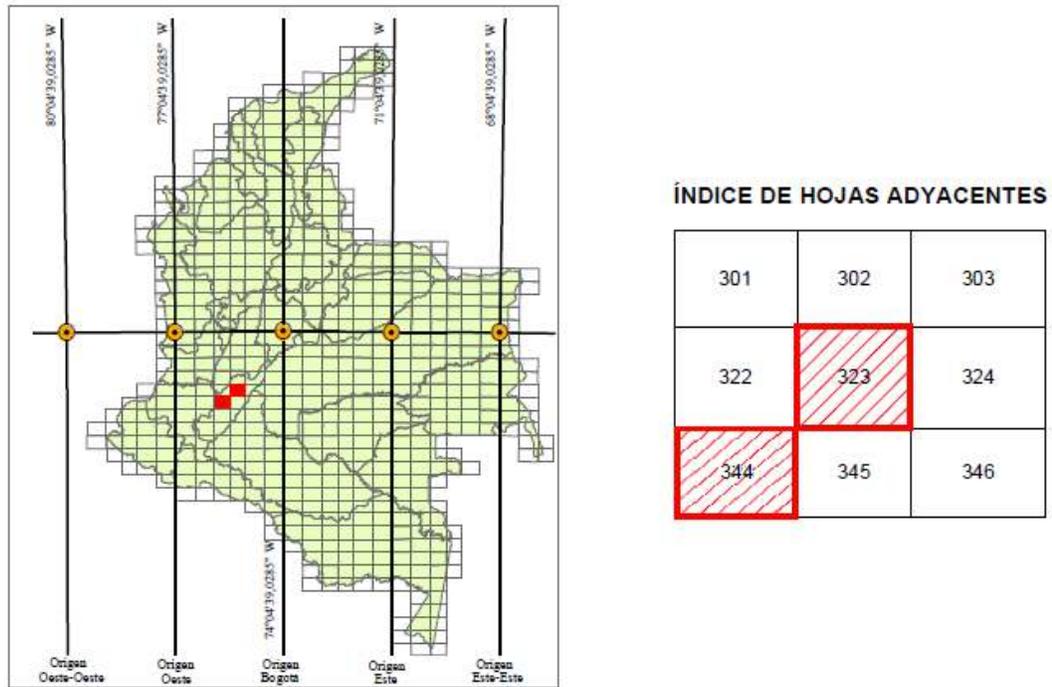


Figura 2. Ubicación de las zonas de estudio. Espacio mapa 323, IGAC.

Hasta las dos zonas de estudio es posible acceder hasta ciertos lugares por carreteras pavimentadas y carreteables (Véase Figura 3); a la zona de estudio de Los Yuyos, se partió desde la ciudad de Neiva hacia el municipio de Tesalia, se toma por la vía hacia Pacarní hasta el km 9 y de ahí se toma un carreteable hacia la vereda los Yuyos y la Hondura, por la cuenca del río Yaguaracito.

Se llega a la zona de La Tribuna partiendo desde la ciudad de Neiva hacia el Norte, hasta la entrada del campo San Francisco, continuando el trayecto hasta la finca de La Tribuna por carretera pavimentada y carreteable.



LEVANTAMIENTO ESTRATIGRÁFICO DETALLADO PARA EL MIEMBRO SHALE DE BAMBUCÁ
EN DOS SECCIONES DE LA SUBCUENCA DE NEIVA

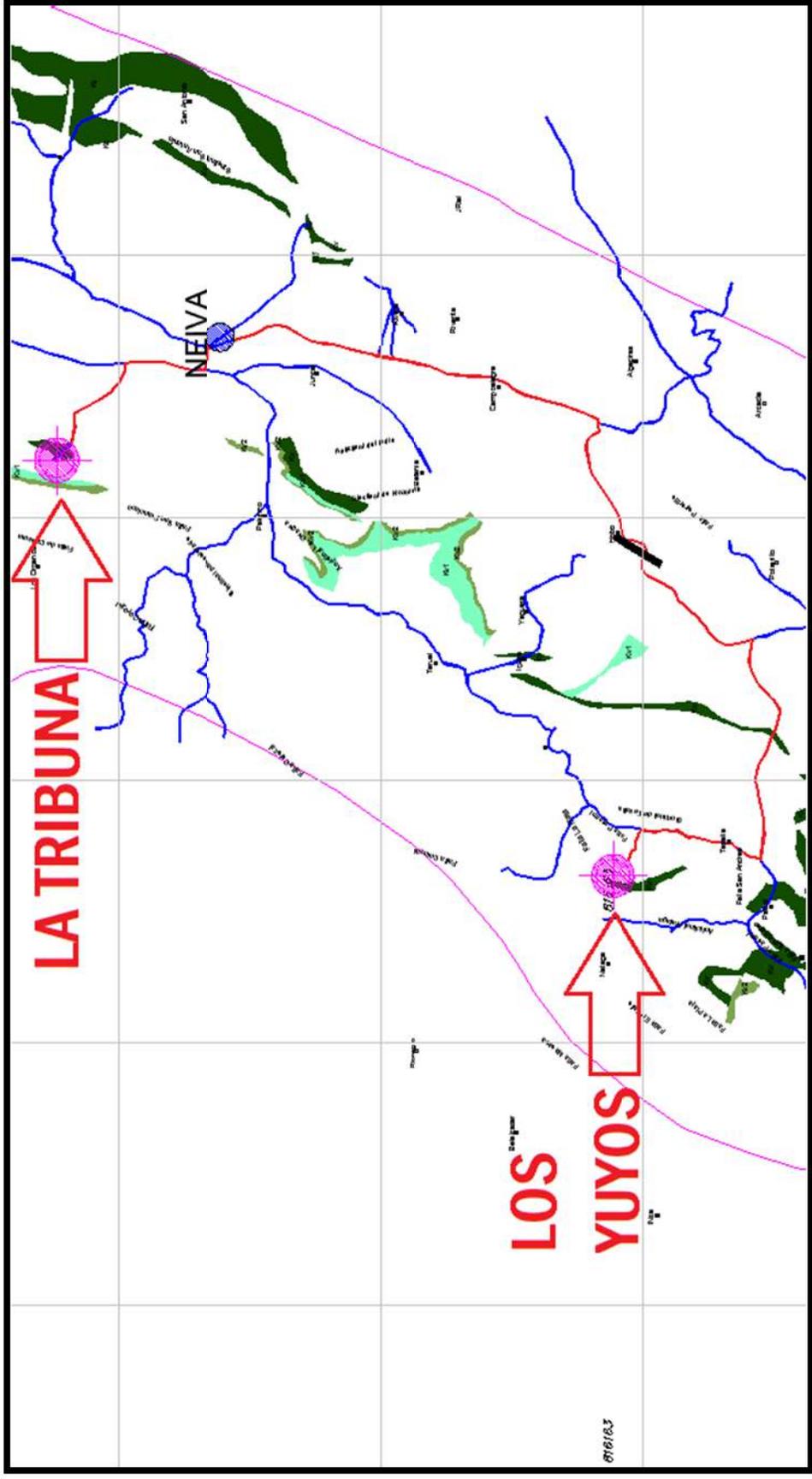


Figura 3. Recorridos desde la Ciudad de Neiva (en color rojo), hasta las zonas de estudio de La Tribuna y Los Yuyos. Tomado de mapas generados por el grupo de investigación del museo geológico y del petróleo USCO, Roberto Vargas Cuervo, escala 1:250000.



2. BASES CONCEPTUALES

Para el desarrollo de este trabajo se consultó ampliamente el concepto de estratigrafía secuencial y los ambientes sedimentarios y facies que involucran las rocas objeto de este estudio. A continuación se emiten algunos conceptos tenidos en cuenta.

2.1. AMBIENTES SEDIMENTARIOS MARINOS

Los procesos sedimentarios presentan siempre una influencia geográfica, ya que están definidos por una serie de factores físicos, biológicos y químicos, formando lo que se denomina ambiente sedimentario. El conjunto de estas características imprime al sedimento o facies sedimentaria, unas propiedades que les hacen diferenciables al resto de los sedimentos depositados en otros ambientes.

Los elementos más importantes que definen los ambientes sedimentarios marinos son: fisiografía del medio, energía, clima, aporte de sedimento y cambios del nivel del mar. La fisiografía del medio define y limita las dimensiones del medio, geometría y profundidad. La energía comprende factores como la oceanografía (corrientes geostróficas, olas, mareas, tormentas) hasta otros como la tectónica. El clima, que a su vez puede condicionar algunos aspectos de la oceanografía, así como la naturaleza del aporte de sedimento y el volumen de material aportado. El aporte de sedimento afecta a la composición de los materiales procedentes de ella, y al volumen de sedimento. Las áreas fuentes pueden ser externa (terrestre o atmosférica) e internas (p.e producción biológica marina).

2.1.1. Plataforma Continental

Las plataformas continentales se desarrollan alrededor de las áreas continentales, y se extienden desde el ambiente de litoral hasta el talud continental. Es aquella zona formada por aguas someras que desciende suavemente hasta su interrupción brusca. La anchura de la plataforma varía considerablemente, desde unos pocos hasta más de 1000 km y aunque el fin de la plataforma está a más o menos 200 m de profundidad, puede variar de unos pocos metros a más de 300 m. Presenta gradientes suaves (0.11 a 1.1 grados), salinidades normales y está afectada por un amplio rango de procesos físicos (corrientes de mareas, oleaje,...). Las plataformas continentales presentan un perfil que es una superficie de equilibrio entre la erosión y la sedimentación. Uno de los factores principales que controlan la formación de facies sedimentarias en este ambiente sedimentario



es el régimen hidráulico. Desde este punto de vista se diferencian tres tipos de plataformas: dominadas por mareas, por el oleaje y tormentas, y por corrientes oceánicas.

2.1.2. Talud y ascenso continental

El talud continental corresponde a la provincia fisiográfica definida entre el borde de plataforma (aproximadamente 100-200 m) y la cuenca (1.400 a 3.200 m) y se caracteriza por presentar los gradientes más altos en los márgenes continentales. Es la parte central del margen continental y generalmente se localiza allí donde tiene lugar la transición entre la corteza continental y la corteza oceánica. El ascenso continental representa la provincia fisiográfica de transición entre margen continental y los ambientes marinos profundos. Generalmente sus pendientes son más suaves que las del talud continental y su límite externo es variable (1.400 a 4.000 m). Los elementos morfo sedimentarios más característicos de los ambientes de talud y ascenso continental son los valles submarinos (cañones, canales, cárcavas...) los cuales representan las principales vías de transferencia de sedimento hacia los ambientes marinos profundos. Estos valles presentan una morfología abrupta, son estrechos con paredes de gran pendiente, con un corte transversal en forma de "V" y "U" y generalmente están desarrollados perpendicularmente al margen continental.

La mayoría del material que se acumula en el talud superior es generalmente inestable y tiende a moverse mar adentro. Tales movimientos pueden clasificarse de acuerdo al grado de deformación interna de la masa de sedimento que es movida. Estos varían entre deslizamientos, en los cuales la deformación es mínima y las corrientes de turbidez, en los que el sedimento se desplaza como una suspensión turbulenta. Los depósitos acumulados en las zonas de talud y ascenso continental pueden cubrir toda una gama de sedimentos que va desde turbiditas (grava, arena, limo y fango), masas deslizadas, arenas de canal, arenas de desbordamiento de borde de plataforma, conglomerados organizados, sedimentos de corrientes de fondo, fangos de talud, hemipelagitas. Este conjunto de sedimentos pueden ser agrupados en tres grupos en función del tipo de proceso que los origina: resedimentados (flujos en masa, flujo de cantos, flujos granulares, flujos turbidíticos...), deposición hemipelágica (o sedimentación diferencial que consiste en la sedimentación lenta y continua de partículas a través de la columna de agua) y corrientes de fondo.



2.1.3. Cuencas oceánicas

El término de cuenca, en el sentido más amplio, se define como un área deprimida sin salidas en superficie. Este término presenta una aplicación muy amplia, pero desde el punto de vista morfosedimentario, la cuenca representa el ambiente marino profundo que se desarrolla a continuación del margen continental. Si la cuenca se desarrolla sobre corteza oceánica entonces este ambiente marino también recibe el nombre de "llanura abisal". Morfológicamente, son áreas relativamente planas, donde pueden llegar a prolongarse los valles submarinos desarrollados inicialmente en los márgenes continentales. Así mismo, en estos ambientes se identifican los denominados canales medio-oceánicos que son valles paralelos o subparalelos al margen continental que presentan recorridos longitudinales de cientos a miles de kilómetros, pudiendo actuar de vías de transferencia de sedimento de una cuenca a otra.

Desde el punto de vista sedimentológico representan las áreas donde tiene lugar la deposición final de aquellos sedimentos que son transportados desde el continente y desde el propio margen continental. La revisión del estado actual de los conocimientos sobre la sedimentación en las cuencas oceánicas del Mediterráneo, Caribe, Atlántico noroccidental, y Pacífico indican que en estos ambientes sedimentarios se depositan principalmente depósitos turbidíticos, de flujos de derrubios, hemipelágicos y pelágicos.

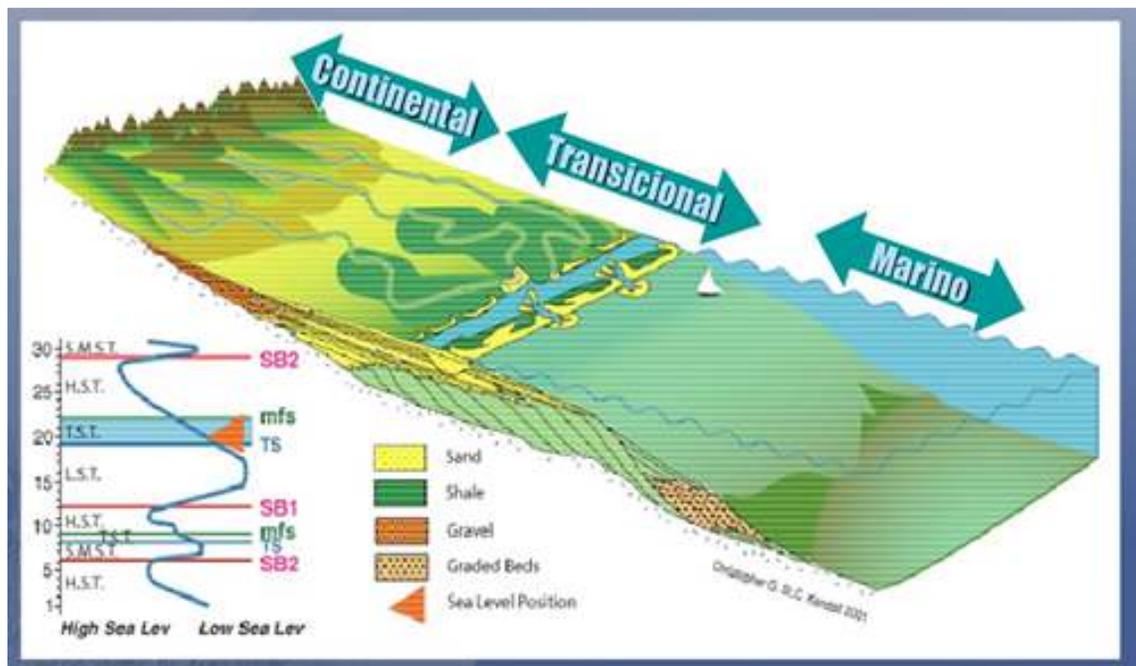


Figura 4. Ambientes sedimentarios y curvas eustáticas, relación con los ambientes deposicionales. Tomado de C. Kendall en: "Clastic herachies and Eustasy".



2.2. ESTRATIGRAFIA SECUENCIAL. MARGENES CONTINENTALES Y CUENCAS

Los márgenes continentales y las cuencas oceánicas contienen en su registro sedimentario información sobre la evolución y dinámica geológica de los mismos, y concretamente acerca de las variaciones nivel del mar, climático, tectónico, etc, permitiendo identificar oscilaciones tanto globales como locales. El análisis del registro sedimentario se aborda a través de la estratigrafía, ciencia que consiste en el reconocimiento y correlación de paquetes de estratos relacionados genéticamente, y que permite delimitar tridimensional la paleogeografía, establecer los modelos de dispersión y reconstruir la historia geológica de los sistemas deposicionales en los márgenes continentales y cuencas.

A finales de los años ochenta nace un nuevo cuerpo de la Estratigrafía, denominado Estratigrafía Secuencial, que versa sobre la redistribución continua de los sedimentos mediante los cambios relativos o globales del nivel mar, y representa hoy en día uno de las teorías fundamentales en Geología. Parte de este trabajo deriva directamente del establecimiento del concepto de secuencia y el reconocimiento de unidades limitadas por discontinuidades. Gracias a esta teoría los geólogos tienen una herramienta para explicar y predecir la distribución espacial, temporal y composicional de los sedimentos.

La estratigrafía secuencial es a menudo considerada como una extensión de la estratigrafía sísmica de los años 70. Sin embargo, ya a principios del Siglo XX, ciertos autores escribieron sobre las relaciones existentes entre sedimentación, discontinuidades y variación del nivel de base – que son la base de la estratigrafía secuencial (Grabau, 1913; Barrel, 1917; Sloss et al., 1949; Sloss, 1962; etc.).

El término de “secuencia”, también básico en estratigrafía secuencial, fue introducido por Sloss et al. (1949) para definir una unidad estratigráfica limitada por dos discontinuidades subaéreas. Sloss subrayó la importancia de estas discontinuidades y subrayó también la importancia de la tectónica en su génesis, ignorada por los partidarios de la estratigrafía sísmica.

La estratigrafía sísmica, cuando apareció en los años 1970 (Vail, 1975; Vail et al, 1977), provocó una revolución en la estratigrafía. Conjuntamente con el concepto de estratigrafía sísmica se publicó la carta de los ciclos globales (Vail et al., 1977), basada sobre el postulado que el eustatismo es el motor principal de la formación de las secuencias y de la ciclicidad estratigráfica.



Cuando se incorporaron a la estratigrafía sísmica los datos de campo y de perforaciones, se pasó a la estratigrafía secuencial; esto fue en los años 1980. Pero, en su comienzo, la estratigrafía secuencial presentaba el eustatismo global como el principal (y para muchos autores el único) motor de la génesis de las secuencias; la carta de los ciclos eustáticos globales (la carta de Vail) constituía con la estratigrafía secuencial un conjunto inseparable.

El paso, en los años 1990, de la noción de variación del nivel del mar (es decir de la noción de eustatismo global) a la de variación relativa del nivel del mar constituyó un avance mayor en la estratigrafía secuencial. Con esta nueva noción de variación relativa del nivel del mar (o del nivel de base), no intervienen las consideraciones relativas a las fluctuaciones del nivel eustático o de la tectónica en la determinación de las secuencias o de los otros elementos (cortejos sedimentarios, superficies estratigráficas) de la estratigrafía secuencial. Por el contrario, la naturaleza de las superficies y la de la relación de las unidades estratigráficas entre ellas, son consideradas como elaboradas según una curva de los cambios relativos del nivel del mar que toma en cuenta tanto lo que corresponde al eustatismo, a la tectónica y a los otros controles alógenos de la sedimentación.

2.2.1. Causas de los cambios del nivel del mar

Conceptualmente, las causas de los cambios globales del nivel del mar pueden ser de origen climático (cambios glacio-eustáticos), que implica un cambio en el volumen del agua del océano, y de origen tectónico (cambios tecto-eustáticos), que conduce a un cambio en el volumen y tamaño de las cuencas oceánicas. Los cambios del nivel del mar glacio-eustáticos están relacionados con el crecimiento y retracción de los casquetes polares como consecuencia de los cambios climáticos. Por ejemplo, el total deshielo del hielo antártico representaría un ascenso generalizado del nivel del mar, de hasta 60 m. Los procesos relacionados con la dinámica de la tectónica de placas causan cambios en la forma y tamaño de las cuencas oceánicas. Las posibles causas de estos cambios son las variaciones en la tasa de expansión de las cuencas oceánicas, y las variaciones en la compensación isostática de los continentes. Estos cambios originan variaciones del nivel del mar de baja frecuencia.



2.2.2. Órdenes cíclicos y correlación global.

Una secuencia depositacional representa un ciclo completo de depósito limitado arriba y debajo por discordancias erosionales. La secuencia tiene una duración máxima, la cual es medida entre las conformidades correlativas y las inconformidades que la limitan. Entonces, la duración de la secuencia será determinada por el evento que controla la creación y destrucción del acomodamiento, por ejemplo la subsidencia tectónica y/o eustacia. Los ciclos tectónicos de subsidencia y levantamiento y los ciclos eustáticos de incremento y decremento del nivel del mar (Véase Figura 5) pueden operar sobre diferentes periodos de tiempo, y es muy usual clasificar las secuencias en términos de su magnitud de duración, comúnmente llamados primer orden, segundo, tercero, cuarto, etc.

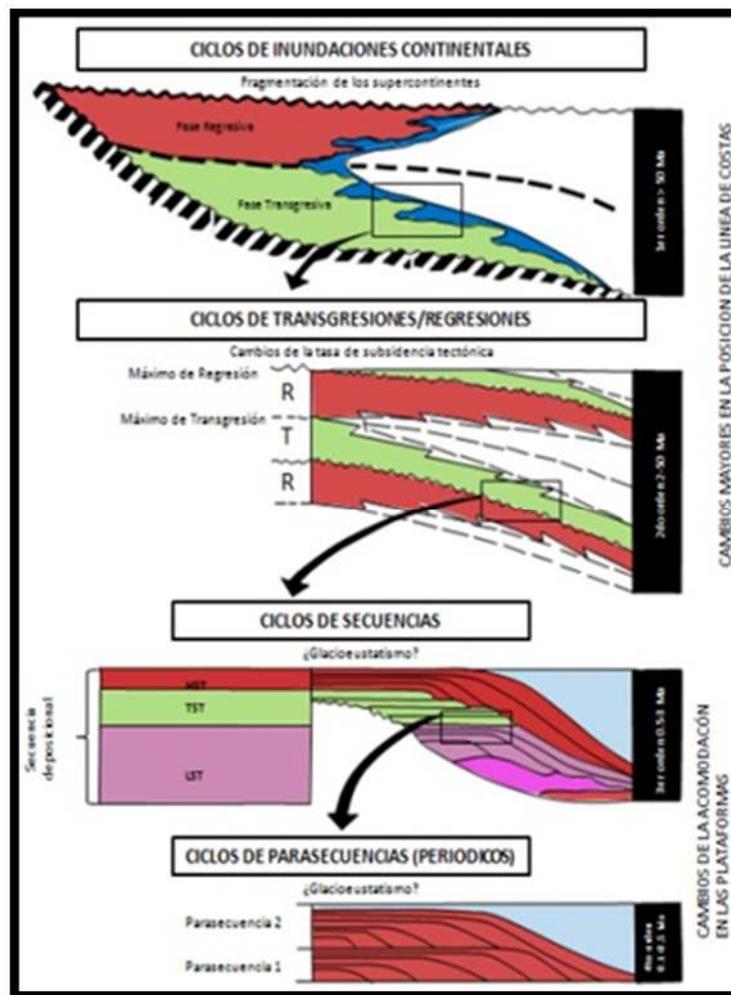


Figura 5. Cuatro órdenes de los ciclos estratigráficos. Tomado de Duvel et al.



El ciclo de primer orden o de inundación continental (Véase Figura 5), es definido por la mayor escala de ciclos sedimentarios con duración > 50 millones de años, el onlap y offlap son parte de los supercontinentes. Los ciclos de invasión continental de primer orden son considerados por ser controlados por la tectono-eustacia; por ejemplo, los cambios en el volumen de las cuencas oceánicas relacionados a ciclos de tectónica de placas. Por lo tanto, estos cambios son considerados como tectono-eustáticos y se interpretan como el efecto de cambios mayores en la posición de la línea de costa debida a la fragmentación de los supercontinentes, que ocasionan reajuste de las placas e inundaciones de continentes.

Los ciclos de segundo orden (Véase Figura 5) de duración Los ciclos de segundo orden de duración entre 3 y 50 millones de años son los pilares de las secuencias de primer orden y representan estadios particulares en la evolución de una cuenca. Estos pueden ser provocados por cambios en la tasa de subsidencia tectónica de la cuenca o la tasa de levantamiento en el terreno que es fuente de sedimentos. Al igual que los ciclos de primer orden son considerados tectono-eustáticos y se interpretan como relacionados con cambios mayores en la posición de la línea de costa, aunque, en este caso, debido a cambios en la tasa de subsidencia tectónica que ocasiona grandes transgresiones y regresiones que pueden ser globales.

Los ciclos de secuencia de tercer orden (Véase Figura 5) duran de entre 0.5 y 3 millones de años, son los que dieron origen a la estratigrafía de secuencias, debido a que son frecuentemente reconocibles en una escala de datos sísmicos convencionales. Éstos son identificados por la presencia de ciclos individuales de creación y destrucción del acomodamiento; estos ciclos fueron reconocidos y estudiados por Vail, Audemart, Bowman, Eisner y Perez-Cruz (1991). Generalmente son originados por glacioeustacia, aunque otros mecanismos tectónicos también los pueden originar (Cloetingh, 1988). Estos ciclos originan las secuencias depositacionales y se limitan por superficies de discontinuidad que marcan etapas de interrupción sedimentaria (con o sin erosión) en las plataformas. Los ciclos de tercer orden pueden deberse a factores globales, regionales o locales, resultando muy complejo en la mayoría de los casos diferenciar un tipo de otro. Los factores globales son cambios eustáticos que pueden ser tectono-eustáticos, aunque no se descartan los glacio-eustáticos.

El término de secuencias compuestas (composite sequences), es algunas veces usado para describir secuencias de segundo y tercer orden (Mitchum and Van Wagoner, 1991).

Los ciclos de cuarto orden (Véase Figura 5) con una duración que varía entre 0.1 y 0.5 millones de años originan “parasecuencias”, que representan ciclos individuales de facies crecientes limitadas por superficies de abruptos ahondamientos. Este tipo de ciclos pueden ser glacioeustáticos o deberse a factores tectónicos locales.



2.3. SISTEMA DEPOSITACIONAL

Es un arreglo tridimensional de litofacies provocado por un sistema encadenado; es un vínculo de sistemas depositacionales contemporáneos. Se usa aquí el término de sistema encadenado para designar tres subdivisiones dentro de cada secuencia: lowstand, transgressive y highstand en secuencias tipo 1 y margen de plataforma, transgresivo, y highstand en sistemas tipo 2.

Los sistemas encadenados se definen objetivamente en base a tipos de superficies límites, su posición dentro de la secuencia, y patrón de empaquetamiento en la parasecuencia. De acuerdo con las teorías sobre estratigrafía secuencial desarrolladas por Van Wagoner et al. (1988), y Posamentier & Allen (1999), existen una serie de conceptos básicos que se muestran a continuación, entre los cuales es importante tener claros, para realizar una adecuada interpretación secuencial, aun cuando no todos fueron aplicados al modelo definitivo del estudio.

- **Límite de secuencia (SB):** Superficie generada por erosión durante un descenso relativo del nivel del mar. Base del sistema depositacional de bajo nivel del mar.
- **Superficie de inundación (FS):** Superficie de baja energía generada durante un ascenso relativo del nivel del mar.
- **Superficie transgresiva (TS):** Superficie de alta energía generada por erosión retrogradante del shoreface durante un ascenso relativo del nivel del mar. Tope de los cortejos depositacionales de bajo nivel o de cuña de bajo nivel.
- **Superficie de máxima inundación (MFS):** Superficie formada durante el momento de máxima transgresión de la plataforma. Límite entre el cortejo depositacional transgresivo y el sistema de alto nivel.

Una vez aclarado algunos términos importantes para la interpretación de secuencias depositacionales, también es necesario señalar los sistemas encadenados que pueden constituir una determinada secuencia estratigráfica, los cuales se encuentran limitados por superficies marcadores regionales descritas anteriormente.



2.3.1. Lowstand system tract (LST)

Es el system tract basal (estratigráficamente más antiguo). Se deposita durante un intervalo de caída del nivel del mar en el offlap break y subsecuente suave aumento del nivel del mar. Antes de la caída relativa del nivel del mar, el río habrá más o menos mantenido un perfil de río gradado con una porción superior erosional y una porción inferior depositacional. (Planicie aluvial y planicie costera). Cuando el nivel relativo cae en el offlap break el perfil debe ajustarse al nivel base bajo. El río incide dentro de los depósitos topsets bajos; la planicie aluvial, planicie costera y/o depósitos de cuenca de la secuencia previa.

La tasa de aumento del nivel relativo del mar es inicialmente bajo, esto resulta en una baja tasa de creación de la acomodación, el suministro de sedimentos será mayor y el sistema progradará. Sin embargo, la tasa de creación de acomodación eventualmente puede traspasar el suministro de sedimentos, resultando en un cambio de progradación a agradación y retrogradación y el del siguiente system tract (transgressive system tract).

2.3.2. Transgressive system tract (TST)

Es el system tract de la mitad de la secuencia. Se deposita durante un aumento del nivel relativo del mar cuando la acomodación se aumenta más rápido que la tasa de suministro de sedimento, es retrogradacional. Este sistema puede mostrar evidencia de subsuministro de sedimentos y puede ser rico en carbones, depósitos de overbank y de lagoon. El sistema de drenaje se puede inundar por estuarios. Distalmente pasa a ser una sección condensada, caracterizada por tasas de depositación extremadamente bajas y el desarrollo de facies condensadas como glauconíticas, ricas en materia orgánica, chert, fosfatos y carbonatos pelágicos. La máxima tasa de aumento del nivel del mar ocurre en algún momento dentro del transgressive system tract y el final de este sistema ocurre cuando la tasa de acomodación decrece a un punto donde comienza a aumentar el suministro de sedimentos; la progradación comienza otra vez. Este punto se reconoce como superficie de máxima inundación. El transgressive system tract a menudo contiene horizontes sellos y/o estratos generadores de hidrocarburos.



2.3.3. Highstand system tract (HST)

Es el sistema más joven. Representa el sistema progradacional después de una máxima trasgresión y antes de un límite de secuencia, cuando la tasa de creación de acomodación es menor que la tasa de suministro de sedimentos. Se caracteriza por una tasa desacelerante de aumento del nivel del mar a través del tiempo, resultando en arquitectura inicialmente agradacional y posterior progradacional. Estos sistemas depositacionales pueden ser inicialmente similares a los del transgressive system tract, pero el relleno de áreas de plataforma por progradación y el decrecimiento en la tasa del nivel del mar, puede conducir a un decrecimiento en la influencia de mareas durante un highstand system tract y un decrecimiento en la cantidad de carbones, overbanks y shales de lagoon. Los canales de cuerpos arenosos serán más comunes y más conectados. Una secuencia tradicional completa está constituida por tres sistemas encadenado que de base a tope se encuentra LST, TST y HST.

Los recientes estudios sísmicos han reconocido dos tipos de secuencias que reflejaban el caso de la caída del nivel del mar debajo del quiebre del margen de rotura (tipo I) y el caso donde el nivel del mar no cae debajo de este quiebre (tipo II). Aunque haya habido mucha confusión subsecuente sobre el uso de estos dos tipos de afloramientos estudiados, sus definiciones se han modificado tales que una secuencia del tipo I se refiere a uno en el cual haya una caída relativa en nivel del mar debajo de la posición de la actual línea de playa y una secuencia tipo II se refiere a una secuencia en la cual la caída relativa en nivel del mar no genera un cambio en la posición de la línea de la playa.

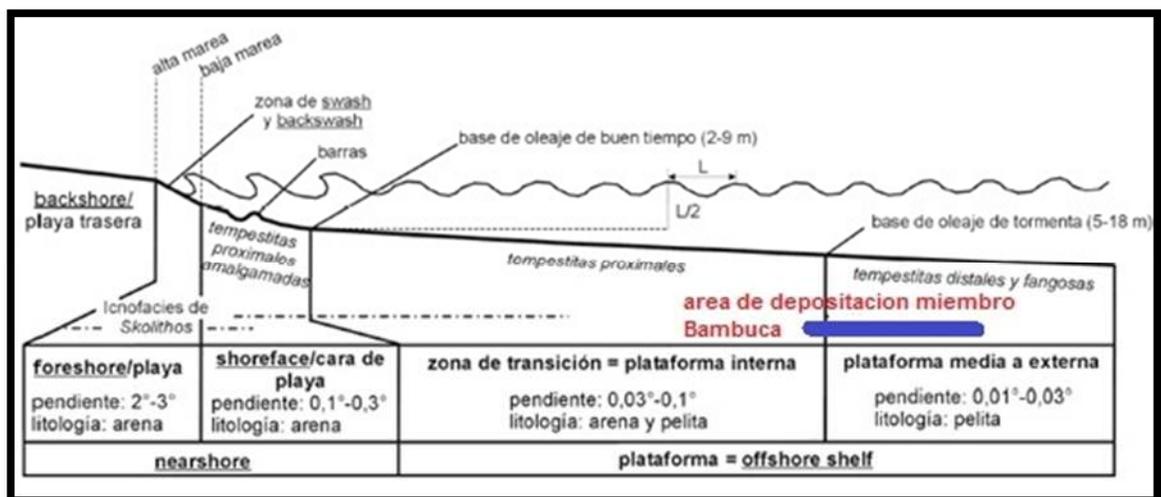


Figura 6. Ambientes de sedimentación. Zona de depositación para el miembro Shale de Bambucá en la Subcuenca de Neiva representada en la línea color azul.



3. TRABAJOS PREVIOS

Son numerosos los trabajos que existen sobre rocas del Cretácico en EL VSM, especialmente referidos a las formaciones cretácicas debidas principalmente a su importancia económica en el mundo del petróleo; sin embargo estudios específicos de estratigrafía local son pocos; en este documento hacemos alusión a algunos de estos trabajos:

- **PORTA, J. 1965.** *“Estratigrafía del Cretácico Superior y Terciario en el extremo sur del Valle Medio del Magdalena”*. UIS, Bol. Geol., 19:1-50. Bucaramanga.

Formaciones Hondita y Loma Gorda (K1 K2 hd-Ig)

Porta (1965) describió estas unidades en la región de Piedras - La Tabla en el área de Girardot, y definió la primera unidad como una sucesión alternante de “calizas arenosas” y lodolitas fisiles de 90 m de espesor, y la segunda, como un conjunto de 167 m de espesor de calizas arenosas, predominantemente, y lodolitas grises con gran contenido de concreciones calcáreas. En la Plancha 303 se utiliza este nombre compuesto para referirse a las unidades ubicadas estratigráficamente por encima de la Formación Caballos y por debajo del Grupo Olini. De igual forma, como se hizo en la Plancha 283 Purificación ubicada inmediatamente al norte, en la Plancha 303 se evita el uso del término Formación o Grupo Villeta teniendo en cuenta los inconvenientes expuestos por los autores de esa plancha (Cossio et al., 1995). En el área cartografiada 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 litológico. En el área de la Plancha 303 Colombia, aflora en el sector de la quebrada Los Angeles y la quebrada El Lindero, y forma amplia franjas que se angostan hacia el sur. En el sector del río Venado, aflora en el caserío Monguí y la quebrada La Montaña, donde se levantó una sección. Al este de Baraya y hacia el sur (Plancha 324.Tello) se encuentran amplios afloramientos de esta unidad.



- **PATARROYO, P., 1993.** “Las formaciones cretácicas Hondita y Loma Gorda a Propósito de la nomenclatura estratigráfica del Valle Superior del Magdalena, Colombia”. Trabajo presentado al VI Congreso Colombiano de Geología. Medellín.

Esta unidad fue inicialmente propuesta en el norte del Departamento del Tolima, cerca de la localidad de Piedras. Posteriormente, Patarroyo (1993) propone la conveniencia de extender el nombre a todo el Valle Superior del Magdalena para diferenciar esta secuencia del Grupo Villeta expuesto en la Subcuenca de Girardot y la Sabana de Bogotá; en el mismo trabajo propone la sección de la quebrada Calambé ubicada en el Municipio de Ortega (Departamento del Tolima) como sección tipo. Sin embargo, algunos trabajos de cartografía geológica regional realizados en el Departamento del Huila, como el de Rodríguez & Fuquen (1989), presentan esta unidad agrupada con la Formación Loma Gorda, Bajo el nombre de Formación Villeta.

Las labores de geología regionales desarrolladas por INGEOMINAS después de 1993 en los departamentos del Tolima y Huila han utilizado esta nomenclatura.

Aunque la Formación Hondita tiene amplia distribución en el departamento, los sectores donde se encuentra mejor expuesta son al norte y este de Tello; a lo largo del río Venado y la quebrada Los Ángeles; en el sector de El Grifo, San Miguel, El Uvital, El Alto y Caimital en el área de Garzón; en el Alto de La Hocha y en los alrededores de las localidades de Paicol y Tesalia; en la Vereda Nazareth, el Filo Portachuelo y la quebrada La Guagua del Municipio de Palermo.

- **P. PATARROYO & H. DUEÑAS.** "Hourcq y Palinomorfos asociados del Coniaciano temprano, formación Loma Gorda, quebrada Bambucá (Aipe-Huila-Colombia, s. a.)"

Continuando con los aportes obtenidos en el Valle Superior del Magdalena (VSM) dentro del proyecto de investigación “Estratigrafía de las sedimentitas del Turoniano de los Andes centrales de Colombia”, financiado por la División de Investigaciones de la Universidad Nacional de Colombia DIB, con base en el extinto proyecto “Litoestratigrafía del Valle del Magdalena (INGEOMINAS)”, se recolectaron muestras para micro y microfósiles.

Una de las muestras con microfósiles de la Formación Loma Gorda en la Quebrada Bambucá, arrojó una materia orgánica amorfa, algácea de origen marino con esporádica presencia de fragmentos cuticulares y carbonosos provenientes del continente. Asociados a esta materia orgánica fue posible recuperar una pobre asociación de palinomorfos la cual incluye granos de polen y esporas y algunos dinoflagelados. De esta forma se tiene un amarre entre macro y



microfósiles, que dan pautas para calibrar ambas herramientas, con el fin de obtener esquemas bioestratigráficos integrados.

Para la preparación palinológica de la roca se empleó un método estándar que involucra: la disgregación de los componentes sedimentarios por la acción de HCl, HF y posterior HCl, la disgregación de la materia orgánica por acción de una mezcla de HNO₃ + KClO₃, la eliminación de partículas finas por medio de una malla de apertura 10 micrones, la separación de las partículas minerales remanentes por diferencias de densidad y la preparación de las placas de estudio utilizando bálsamo de Canadá.

- **L.F. Sarmiento, A. Rangel.** “Sistemas de Petróleo del Valle Superior del Magdalena, Colombia.”, Ecopetrol.

En el Valle Superior del Magdalena, Colombia, se identificaron cuatro sistemas petroleros. Dos sistemas de petróleo se encuentran en la sub-cuenca Girardot y los otros dos en la sub-cuenca Neiva. Las Calizas cambian lateralmente a los estratos de la parte inferior del grupo Villeta, depositados durante eventos de inundaciones marinas Albiano y Turoniano, constituye las principales rocas generadoras del petróleo. Estas rocas contienen 1-4% TOC y kerógeno tipo II. Las areniscas de cuarzo de las formaciones Caballos (Albiano) y Monserrate (Maastrichtiano), son las principales rocas reservorio. Las lutitas del Cretácico y Paleoceno son las rocas sellos más representativas de esta formación. Se incluyen en esta formación las rocas del Cretácico y el Terciario, el cual está constituido por molasa depositada simultáneamente con el desarrollo de dos sistemas de empuje opuestos rayando durante el Cenozoico. Estos eventos de deformación fueron responsables de la creación de trampa. A excepción de la zona de Villarrica, donde la roca madre alcanzó la madurez durante el Paleoceno, la generación se produjo durante el Mioceno. Dos familias de petróleo se identifican, la roca generadora de la parte inferior del grupo Villeta se encuentra en ambas sub-cuencas: Una derivada de una fuente rica en arcilla y el segundo de un carbonato, la geoquímica hecha a las rocas generadoras demuestran el contenido total de materia orgánica y el tipo de kerogeno. Las distancias de migración laterales son relativamente cortas y las fallas sirvieron como vías de migración verticales. Una enorme cantidad de aceite probablemente se degradó en la superficie, como resultado de la deformación y la erosión.



4. GEOLOGÍA REGIONAL

En el territorio del departamento de Huila limita al norte con los departamentos de Tolima y Cundinamarca, al oriente con Meta y Caquetá, al occidente con Tolima y Cauca y hacia el sur con el departamento del Cauca. Son cuatro las grandes unidades fisiográficas que se distinguen en el departamento, corresponden al Macizo Colombiano, cordillera Central, cordillera Oriental y el valle del río Magdalena, presentando gran variedad de climas debido a la configuración geomorfológica. El Macizo Colombiano es el lugar donde se origina la cordillera Oriental y nacen ríos muy importantes como el Magdalena, Cauca, Caquetá y Patía, es conocido como la estrella fluvial más importante del país. Entre los accidentes más importantes se encuentran el volcán de Sotará, los páramos de Cutanga, La Soledad, Las Papas y los picos de la Fragua.

La Cordillera Central del Huila abarca el flanco oriental de esta cordillera; entre los accidentes más destacados se encuentran el volcán nevado del Huila, la máxima elevación del sistema andino colombiano, la cuchilla de las Minas y el filo Diostedé. Por otro lado, en la Cordillera Oriental el departamento comprende el flanco occidental de ésta; los accidentes más relevantes son la serranía de La Ceja, las Cuchillas de San Isidro, La Ensellada y Gigante; en la cordillera Oriental huilense se destacan dos relieves importantes, en el sur el valle del río Suaza, y en el norte, parte del páramo de Sumapaz.

El Valle del río Magdalena está encaminado por las cordilleras Central y Oriental que se bifurcan en el Macizo Colombiano, donde tiene origen el río Magdalena, el cual corre por el centro del valle. Comprende las tierras bajas, onduladas y planas que bordean el río con alturas inferiores a 800 metros sobre el nivel del mar. El valle en la parte sur es húmedo y presenta áreas boscosas; a medida que se amplía en el centro y norte es seco y árido y muy erosionado.

Geológicamente el Valle Superior del Magdalena está conformado por una zona central plana a suavemente ondulada enmarcada por dos regiones montañosas. La zona plana corresponde a la llanura del río Magdalena y sus afluentes constituida por rocas sedimentarias, con aporte volcánico, del paleógeno, neógeno y pleistoceno, así como depósitos aluviales y aluvio-torrenciales del cuaternario. Al sur oriente en la parte del flanco occidental de la cordillera central se encuentran rocas sedimentarias e ígneas del paleozoico hasta el cretácico. Por occidente se notan estribaciones y parte del flanco oriental de la cordillera central, en donde afloran rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias que varían entre el precámbrico y el neógeno.



Tectónicamente el Valle Superior constituye una depresión estructural de compresión (Buttler, 1983 en Petro-Canada Oil and Gas Inc., 1987.) el cual está limitado por fallas de cabalgamiento, con transporte tectónico hacia el occidente en el borde oriental, y transporte hacia el oriente en el borde occidental. En el piedemonte occidental de la Cordillera Oriental el estilo estructural se asocia a deformación compresiva de edad Miocena.

4.1. ESTRATIGRAFÍA

La estratigrafía de la región del Valle Superior del Magdalena se divide en dos partes, una de ellas el Basamento Económico, donde encontramos rocas ígneas, intrusivas y extrusivas del Cretáceo, de composición ácida las correspondientes al Batolito de Ibagué y la formación Saldaña, y rocas de metamorfismo regional correspondiente al llamado Macizo de Garzón (en color rosado, véase Figura 7) localizado al Este, el cual está conformado por un núcleo de rocas precámbricas constituidas por migmatitas y gneises, anfibolitas e intrusiones de granitos y cuarzodioritas de edad paleozoica.

La cobertura productiva hace parte también de la estratigrafía del VSM, es de carácter sedimentario y está determinada por dos secuencias deposicionales diferentes, caracterizadas por presentar rocas de origen químico y clástico:

- La secuencia con rocas de origen químico, está compuesta por rocas sedimentarias de origen continental que abarcan desde el Eoceno hasta el reciente, que corresponden estratigráficamente a las formaciones Gualanday, Doima, Potrerillos, Honda, Gigante y Depósitos Cuaternarios (colores: gris y amarillo, véase Figura 7).
- La secuencia con rocas de origen clástico marino, abarca desde el Cretáceo Medio (Aptiano - Albiano) hasta el paleógeno (Paleoceno) de un ambiente marino a transicional desarrollando un ciclo regresivo y en la cual fueron depositados en el área, las formaciones Caballos, Villeta, Monserrate y Guaduas respectivamente (en colores verdes, véase Figura 7).

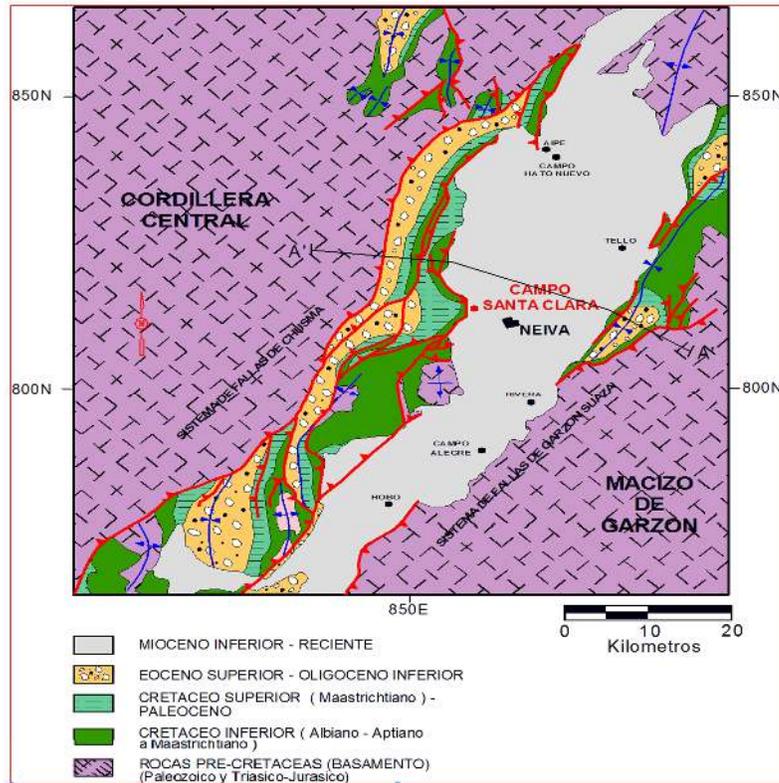


Figura 7. Mapa geológico generalizado de la subcuenca de Neiva. (Mapa tomado del documento: Evaluación Geológica del campo Pijao, ICP 2000)

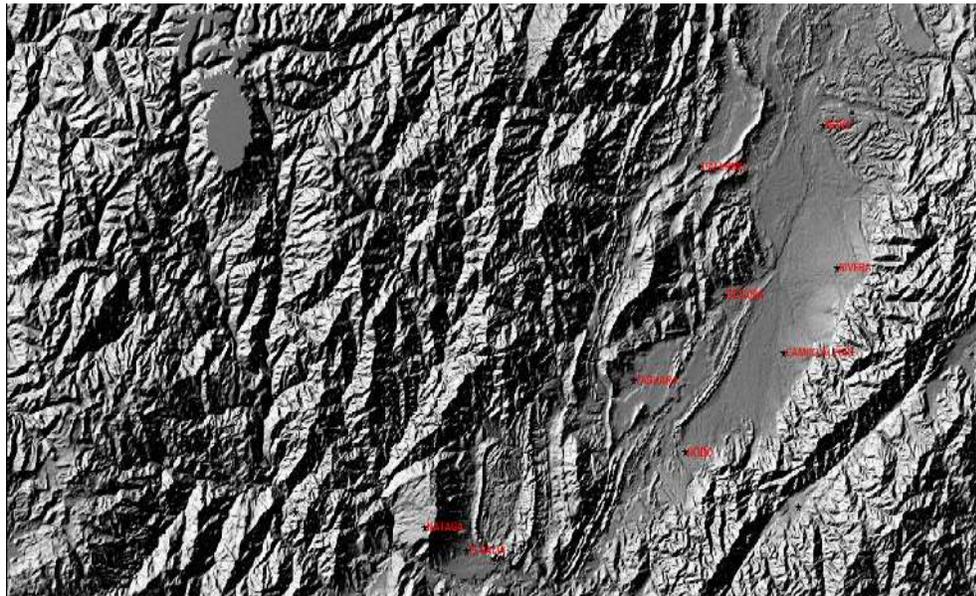


Figura 8. Imagen satelital de modelo de elevación digital para una sección del VSM, allí se aprecia la morfología de las cordilleras (Central y oriental) y la cobertura sedimentaria de la subcuenca de Neiva.



Columna estratigráfica para el Valle Superior del Magdalena:

		GRUPO	FORMACION	AMBIENTE	LITOLOGIA		
CUATERNARIO							
Neógeno	Secuencia Sin-Orogénica	Plioceno-Holoceno	Gigante / Mesa (1000 mts)	Terrestre, Llanuras de Piedemonte.			
		Mioceno Medio a Superior	Honda (2500 mts)	Terrestre, Llanuras Aluviales			
		Mioceno Inferior	Barzalosa (200 - 300 mts)	Terrestre, Lagunas			
Paleógeno	Secuencia Sin-Orogénica	Oligoceno	Doima Potrerillo	Terrestre, Ríos entrelazados.			
		Eoceno	Gualanday		Tesalia Bache Palermo		
			Paleoceno		Guaduala	Teruel	
					Maastrichtiano	San Francisco	
		CRETÁCEO	Superior		Maastrichtiano	Monserate (K1, K2, K3, K4)	Marino Intermareal.
					Campaniano		
Inferior	Santoniano		Villeta (700 - 1100 mts)	Shale Aico LaLuna Shale Bambuca Calza Tetuán	Plataforma Detrítico - Calcárea		
	Albiano		Caballos (90 - 200 mts)	Superior Medio Inferior	Fluvial Salobre		
	Aptiano		Yaví (385 mts)		Supra intermareal Terrestre.		
Basamento	Jurásico	Saldaña (800 - 1500 mts)		Subaéreo Vulcanoclástico			
	Triásico	Intrusivo					
	Precámbrico	metamórfico					

Figura 9. Columna estratigráfica para el Valle Superior del Magdalena. Ecopetrol ICP-2000. Modificado por R. Vargas.2010.



La cobertura productiva del Valle Superior del Magdalena está compuesta por las formaciones Caballos, Villeta y Monserrate, y sus respectivos subgrupos; el área de estudio para este documento se centra en la formación Villeta y especialmente en el subgrupo Shales de Bambucá.

La formación Villeta (Kv), es una unidad marina transgresiva en donde sus sedimentos fueron depositados en un ambiente nerítico anóxico, sus rocas blandas erosionables dan lugar a una topografía suave de valles; y el subgrupo Shale de Bambucá esa compuesto principalmente por shales de color verde grisáceo con bajo contenido de calcita. El contacto con la Caliza de Tetuán es transicional y el predominio de sedimento arcilloso sugiere proximidad del área fuente y una somerización del fondo y acercamiento a la línea de costa. En la industria del petróleo la formación Shale de Bambucá funciona como roca sello y generadoras; de allí el interés por el conocimiento de sus propiedades petrofísicas para la generación de hidrocarburos.



4.2. RELACIÓN ESTRATIGRÁFICA ENTRE LA NOMENCLATURA DE INGEOMINAS Y LA INDUSTRIA PETROLERA

Este trabajo fue realizado teniendo en cuenta la nomenclatura utilizada por la industria del petróleo para el Valle Superior del Magdalena, esto debido a que en el 2001 el INGEOMINAS hizo la publicación del mapa del Huila con una nomenclatura diferente a la que se tenía para el Cretáceo; sin embargo, a continuación fue anexada una sección de la columna estratigráfica que muestra la relación de ambas nomenclaturas (véase Tabla 1)

EDAD		NOMENCLATURA EMPLEADA EN LA INDUSTRIA PETROLERA		NOMENCLATURA EMPLEADA POR INGEOMINAS		
ERA	PERIODO	GRUPO	FORMACIÓN	GRUPO	FORMACIÓN	
CRETÁCICO	SUPERIOR	Maastrichtiano Campaniano	Montserrat	K1	K III	Buscavidas La Tabla
				K2		
				K3		Olini
				K4		
	INFERIOR	Santoniano Albiano	Villeta	Aico Chert	K II	Loma Gorda
				La Luna		
				Shale de Bambucá		Hondita
				Calizas de Tetuán		
		Albiano	Caballos	Superior	K I	Caballos
				Medio		
				Inferior		
		Aptiano	Yaví		Yaví	

Tabla 1. Sección de las columnas estratigráficas para el Valle Superior del Magdalena utilizadas por las compañías petroleras e INGEOMINAS.



4.3. GEOLOGÍA HISTÓRICA

El Valle Superior del Magdalena es una región compleja geológicamente, donde afloran rocas desde el Precámbrico hasta el Reciente y conforman un relieve irregular. Para efectos del presente trabajo, se enfocará la descripción de las rocas de interés dentro de la industria del petróleo, especialmente la formación Villeta objeto de este trabajo.

El origen del Valle Superior del Magdalena se remonta a finales del Paleozoico y/o comienzos del Mesozoico, en medio de un ambiente erosivo, en donde por efectos de fallamiento normal se produjo la subsidencia de una franja de terreno o “bloque tectónico”, constituyendo un graben, limitado por las ancestrales Cordilleras Central y Oriental. Dicha estructura se desarrolló sobre un fundamento metamórfico precámbrico, cubierto por sedimentos paleozoicos.

Inicialmente, es decir durante el Triásico inferior a medio, la sedimentación de las capas rojas de la Formación Luisa, se restringió a la región occidental del actual Valle Superior del Magdalena. En el Triásico superior luego de una intensificación de los procesos tectónicos y de la subsidencia del área de sedimentación, el mar penetró en el Valle Superior del Magdalena y dio lugar a la deposición de calizas fosilíferas correspondientes a la Formación Payandé, retirándose luego de la acumulación de la parte basal de la Formación Saldaña. Seguidamente se inicia una actividad volcánica esencialmente explosiva y simultáneamente ocurre una ampliación del área receptora de materiales, tendencia que continúa hasta el fin de la sedimentación de la Formación Saldaña. Cuando cesó la subsidencia, se colmató la cuenca y se extinguió el vulcanismo; prosiguió un período erosivo que se prolongó hasta el Cretácico Pre-Aptiano.

Algunos autores como Etayo et al. (1969) postulan que el vulcanismo y la erosión pudieron persistir hasta comienzos del Cretácico. Explican regionalmente una transgresión marina que desde el norte tuvo lugar durante este tiempo. Con la transgresión se alcanzó un ambiente de plataforma somera con condiciones reductoras a comienzos del Cretácico tardío, lo que permitió la acumulación de sedimentos finos.

En la formación Villeta el predominio de lodolitas de color oscuro, con laminación plano paralela sugiere una depositación por precipitación vertical de material en suspensión, bajo condiciones anaeróbicas a anóxicas; estas características corresponden a rocas acumuladas en fondos planos, tranquilos, ubicados por debajo del nivel de acción de las olas, dentro de la plataforma continental interna.

El ambiente de acumulación de sedimentos marinos se mantuvo hasta finales del Cretácico, cuando casi la totalidad del oriente del país estuvo emergida. Toussaint (1996) lo atribuye a un descenso global del nivel del mar y no a un evento



tectónico regional. Luego se registra el cambio a un medio continental durante el Maestrichtiano-Paleoceno que en versión de Irving (1971) coincide con el levantamiento de la Cordillera Occidental y el emplazamiento de batolitos en la Cordillera Central.

El principal evento tectónico tuvo lugar en el Eoceno y Oligoceno con el levantamiento de la Cordillera Central, por esfuerzos compresivos y a lo largo de las fallas de cabalgamiento del Sistema de Chusma. La acumulación del Grupo Honda en el Mioceno se ha relacionado (Butler 1983) con el continuo levantamiento de la cordillera central y el comienzo de la exposición del macizo de Garzón en la proto Cordillera Oriental.

La acumulación paulatina de sedimentos vulcano-clásticos provenientes esencialmente de la Cordillera Central, en depresiones asimétricas en forma de abanicos coalescentes constituye la Formación Gigante.

Durante el Cuaternario, en ambiente continental y debido a procesos a gradacionales por la dinámica fluvial y la acción de la gravedad fundamentalmente, se conforman depósitos aluviales, vulcano-clásticos, fluvio-lacustres, de flujos de lodo y de ladera.



4.4. GEOLOGÍA DEL PETRÓLEO

Para los puntos de estudio de este documento se conoce la información que indica el Contenido Orgánico Total (COT o TOC) en la cuenca del Valle Superior del Magdalena, situado a la formación Shale de Bambucá (para las dos zonas de estudio en este documento) en contenidos de materia orgánica entre 1% y 1.5%, en pozos con buena información: 1.1% en Tesalia-1 y 1,2% en San Francisco-1 (información obtenida del análisis del mapa “materia orgánica COT% Bambucá” para el VSM, del atlas de Ecopetrol, véase Figura 10).

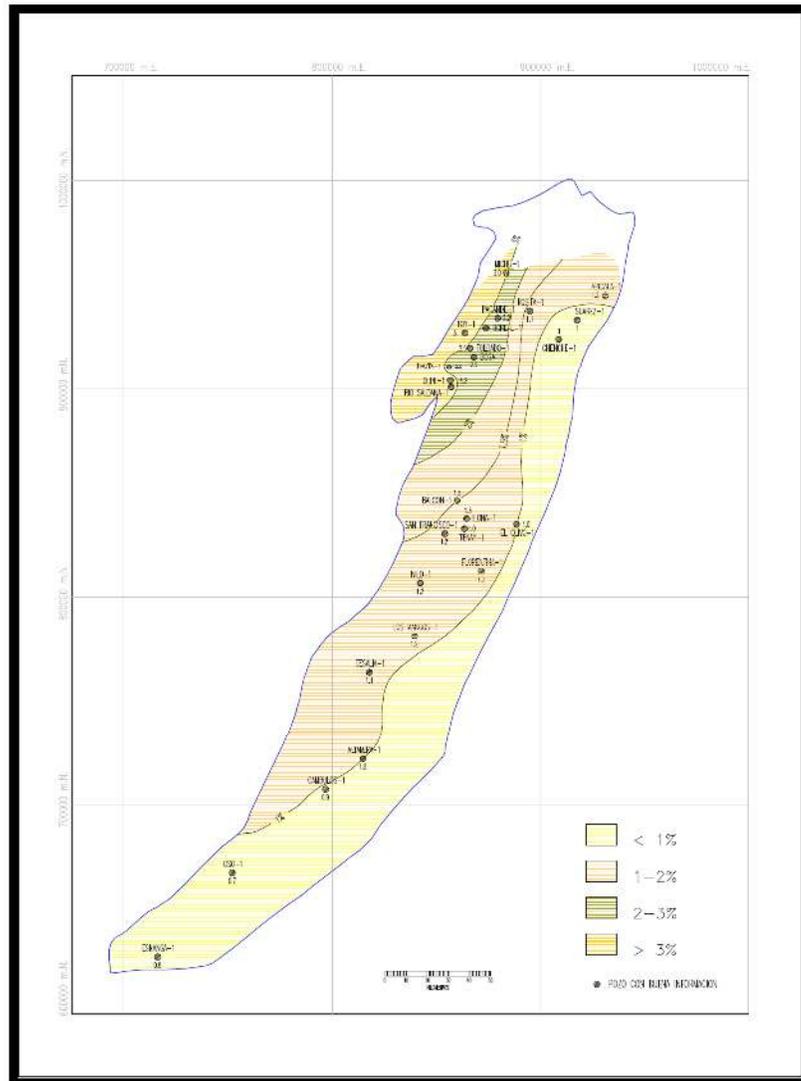


Figura 10. Mapa del Valle superior del Magdalena con porcentajes de contenido orgánico total para la formación Shale de Bambucá. Tomado de Atlas de Ecopetrol 200



La formación Shale de Bambucá es reconocida como roca generadora por su capacidad de resguardar materia orgánica y generar hidrocarburos en acumulaciones comerciales de gas y aceite; el petróleo que se produce de esta formación proviene principalmente de kerógeno tipo II (más frecuente en las rocas generadoras), con contenidos de hidrogeno más altos que de oxígeno (véase Figura 11), lo cual corresponde al tipo de materia orgánica (fitoplancton, zooplancton y bacterias) y al ambiente de sedimentación marino.

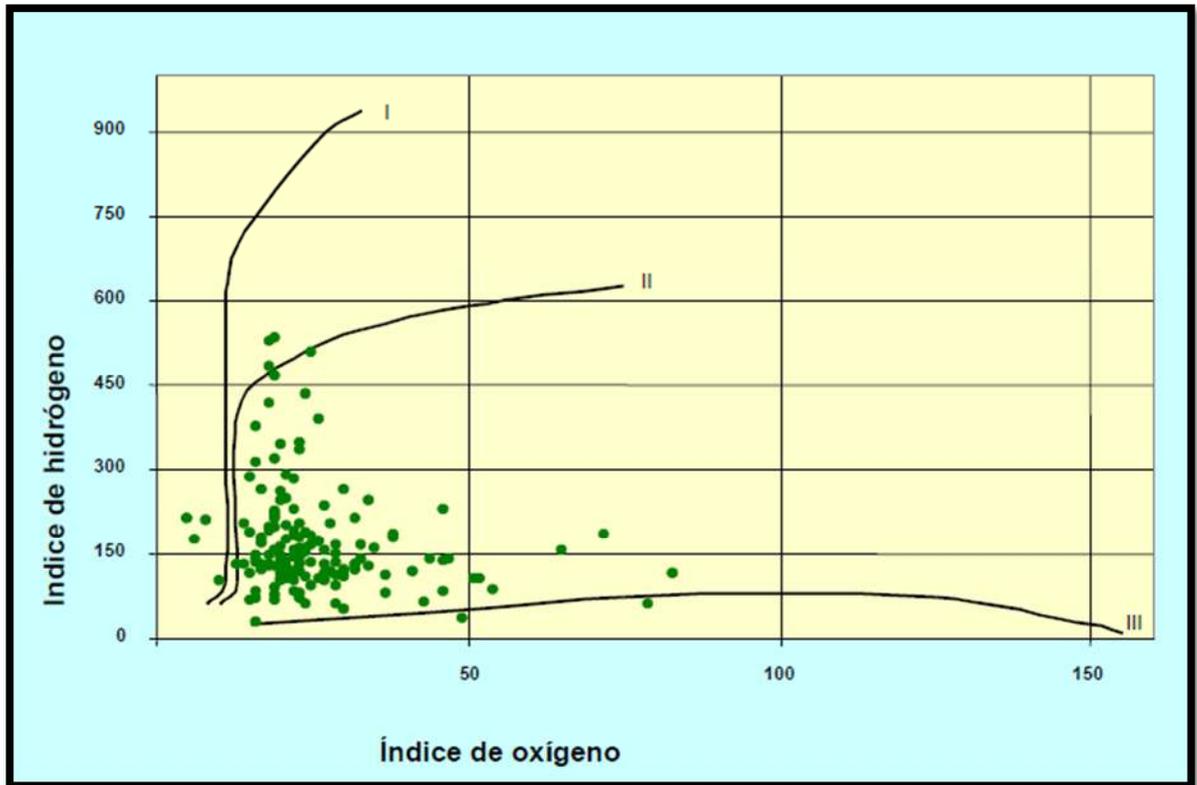


Figura 11. Diagrama de Van Krevelen modificado, muestra los índices de hidrogeno y oxígeno provenientes de la prueba de pirolisis para la formación Shale de Bambucá. Tomado de Atlas de Ecopetrol 2000.



5. GEOLOGÍA LOCAL DE LAS ZONAS DE ESTUDIO

Para el levantamiento detallado del miembro Shale de Bambucá, objetivo del presente trabajo fueron seleccionados dos sectores de la Subcuenca de Neiva.

La Tribuna es un centro de educación ambiental de Ecopetrol que en convenio con la Universidad Surcolombiana por medio de la facultad de ingeniería es dirigido. Por esto fue escogida esta sección, para apoyar y aportar al centro de investigaciones de La Tribuna el conocimiento geológico.

El sector de los Yuyos, como segundo punto escogido se encuentra en la cuenca del río Yaguaracito en Tesalia y fue escogido principalmente debido a los afloramientos existentes en el área, como también, ya que en este sector se realizan los trabajos de campo para algunas de las asignaturas de los cursos de geología del programa de ingeniería de petróleos y tecnología en obras civiles.

5.1. LA TRIBUNA

La Tribuna es un centro de educación ambiental de 128 hectáreas manejado inicialmente por la fundación Hocol y actualmente por ECOPETROL siendo un área que inicialmente fue de actitud ganadera con alto deterioro erosivo, pasando a una etapa de recuperación ambiental, revegetalización para volver a su estado natural. En convenio con la universidad Surcolombiana se fomenta la investigación, académico - científica coordinado actualmente por el biólogo PhD. Alfredo Olaya Amaya y la bióloga Gloria Amparo Gutierrez de Olaya.

El centro de investigación la Tribuna cuenta con una amplia caracterización de la biosfera con trabajos sobre flora y fauna, suelos y cuenta con un sendero ambiental turístico el cual es visitado comúnmente por interesados en este campo de investigación.

Geologicamente la sucesión estratigráfica más común en la Tribuna está representada por una secuencia monótona de shales negros pertenecientes al miembro Bambucá de la formación Villeta, En la literatura geológica colombiana existen referencias muy erróneas acerca de las rocas de La formación Villeta (Cenomaniano – coniaciano) en el borde occidental de la sub- cuenca de Neiva del Valle Superior del Magdalena (VSM), por lo que las características litológicas de las pocas secciones descritas se han asumido como representativas de la unidad a través de toda la cuenca. La poca información disponible sumada a variaciones faciales de importancia, genera confusión y ha propiciado el uso de nombres informales que intentan representar las características faciales de las rocas de La formación Villeta en diversos sectores de la cuenca. El término



“formación Villeta” es usado por primera vez en el VSM por geólogos de Intercol, pero es introducido a la literatura por Petters (1954).

5.1.1. Localización Geográfica de la Tribuna

El Centro de Investigación y Educación Ambiental (CIEA) - La Tribuna, se localiza en estribaciones del piedemonte de la cordillera central, en la cuenca del río Magdalena y la microcuenca de la quebrada El Neme, en el norte del Departamento del Huila, aproximadamente a 28 Kilómetros del municipio de Neiva, en la vereda Tamarindo.

Gran parte del Centro de Investigación se encuentra dentro de la microcuenca de la quebrada El Neme que se origina en la ladera oriental del filo Cerro Chiquito, al noroeste del caserío San Francisco, a una elevación de 925 metros sobre el nivel del mar y descarga sus aguas en la margen izquierda del río Baché, en territorio de la vereda Tamarindo, a una altitud aproximada de 450 metros (IGAC, 1998a y 1998b).



Fotografía 1. Fotografía satelital tomada de Google Earth, con la focalización del sector de la tribuna.

Aparte de la quebrada El Neme, también se encuentra la quebrada El Chimbilo, cuatro cascadas: Las Lajas, Lajitas, El Chispiadal y la de la cueva del Chimbilo, con alturas máximas de 17 metros, así como la laguna verde, nacederos de agua y pozos de petróleo que están actualmente activos.



Para el levantamiento de la columna estratigráfica en el sector de la Tribuna se realizó una poligonal abierta (véase Figura 12) con brújula, GPS y hip-chain y en la cual se realizaron 31 puntos de control geológico (véase Tabla 2), 30 de ellos que representan trayecto que cubre la formación Villeta de base a tope (los puntos en color verde corresponden a los afloramientos, en color negro describen el trayecto) y un punto (en color rojo) adicional que corresponde a la casa del Centro de Investigación y Educación Ambiental (CIEA) - La Tribuna. Las coordenadas obtenidas fueron:

Puntos	Norte	Este
Casa CIEA	830625	856124
1	830826	855942
2	830896	855784
3	830905	855774
4	830891	855728
5	830883	855722
6	830871	855719
7	830867	855696
8	830826	855677
9	830822	855661
10	830829	855643
11	830863	855628
12	830858	855613
13	830854	855590
14	830849	855543
15	830817	855444
16	830852	855516
17	830847	855491
18	830888	855427
19	830885	855435
20	830884	855442
21	830962	855369
22	831019	855240
23	831032	855247
24	831071	855227
25	831177	855147
26	831164	855136
27	831350	855049
28	831342	855029
29	831355	855042
30	847984	873114

Tabla 2. Coordenadas de la poligonal abierta, sector de La Tribuna.

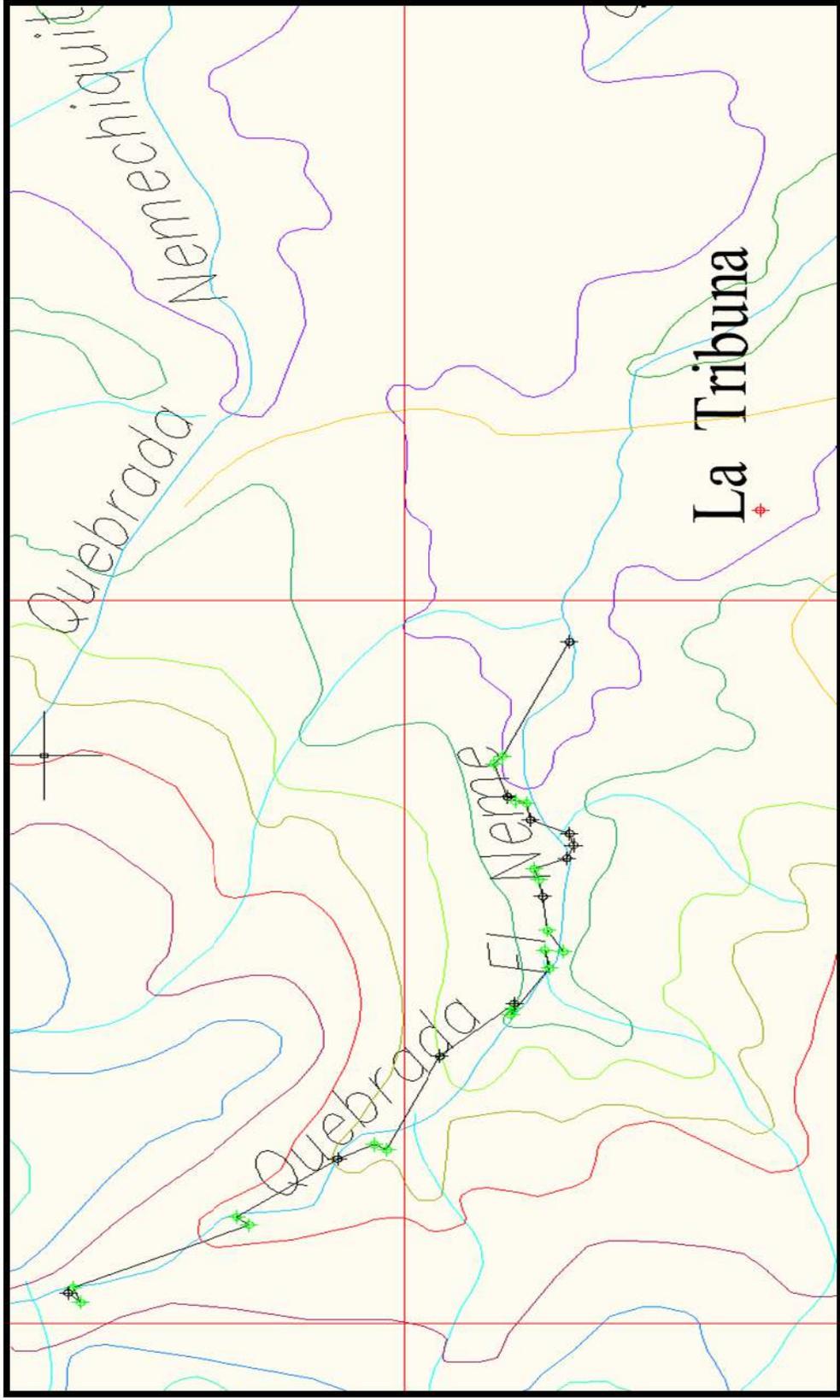


Figura 12. Poligonal abierta para La Tribuna proyectada en la plancha 323-II-A del IGAC.



5.1.2. Geología general para el área de La Tribuna

Geológicamente el área de la Tribuna corresponde a un anticlinal asimétrico y fallado constituido por sedimentos cretácicos, los cuales reposan discordantes sobre sedimentos Miocenos y el Basamento Pre - Cretáceo (Petrobras, 1999).

Tectónicamente el área central de la Tribuna corresponde al núcleo del anticlinal de San Francisco el cual presenta un alto fracturamiento debido al carácter plástico de las rocas incompetentes de la formación Villeta. Al oriente y en contacto fallado se presentan las rocas clásticas de la formación Honda, y al occidente en contacto gradacional se presentan las rocas de la formación Monserrate formando la cuchilla del cerro chiquito.

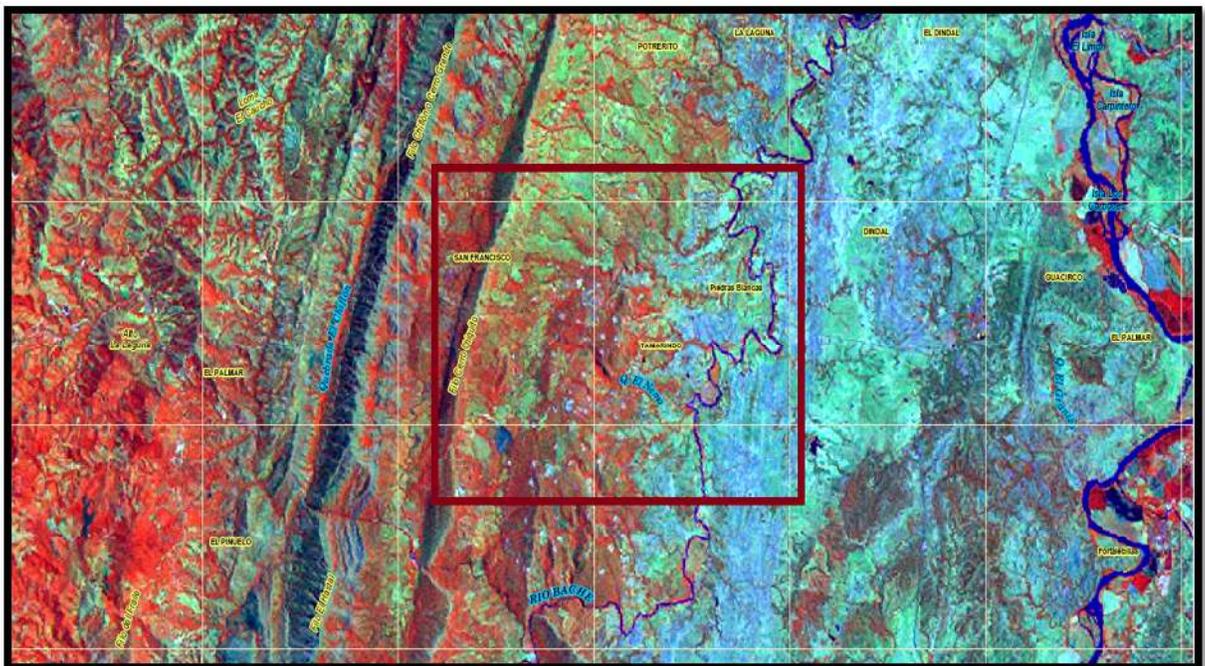


Figura 13. Modelo de elevación digital del área central de la Tribuna donde se observa la morfología y alineamientos estructurales. Sección del Espaciomapa 323, SIGAC.

En el área de la tribuna se encuentran las unidades estratigráficas correspondientes a las formaciones (Véase Figura 14): Villeta, ocupando un área de 52.79 hectáreas que corresponden al 41.38% del área total, Formación Monserrate, ocupando un área de 18 Hectáreas que corresponden al 14.1% del área total, Formación Honda, ocupando un área de 18.82 Ha que corresponden al 14.75% del área total y Cuaternario, que ocupa un área de 37.98 has que corresponden al 29.78% del área total de estudio.



Para el levantamiento de la columna estratigráfica se realizó una poligonal abierta por 1195.9 metros a lo largo del cauce de la quebrada El Neme sección donde mejor afloran las unidades estratigráficas y en especial la formación Villeta como unidad más representativa de La Tribuna. La columna estratigráfica fue dividida en 9 segmentos de acuerdo a las características litológicas presentes.

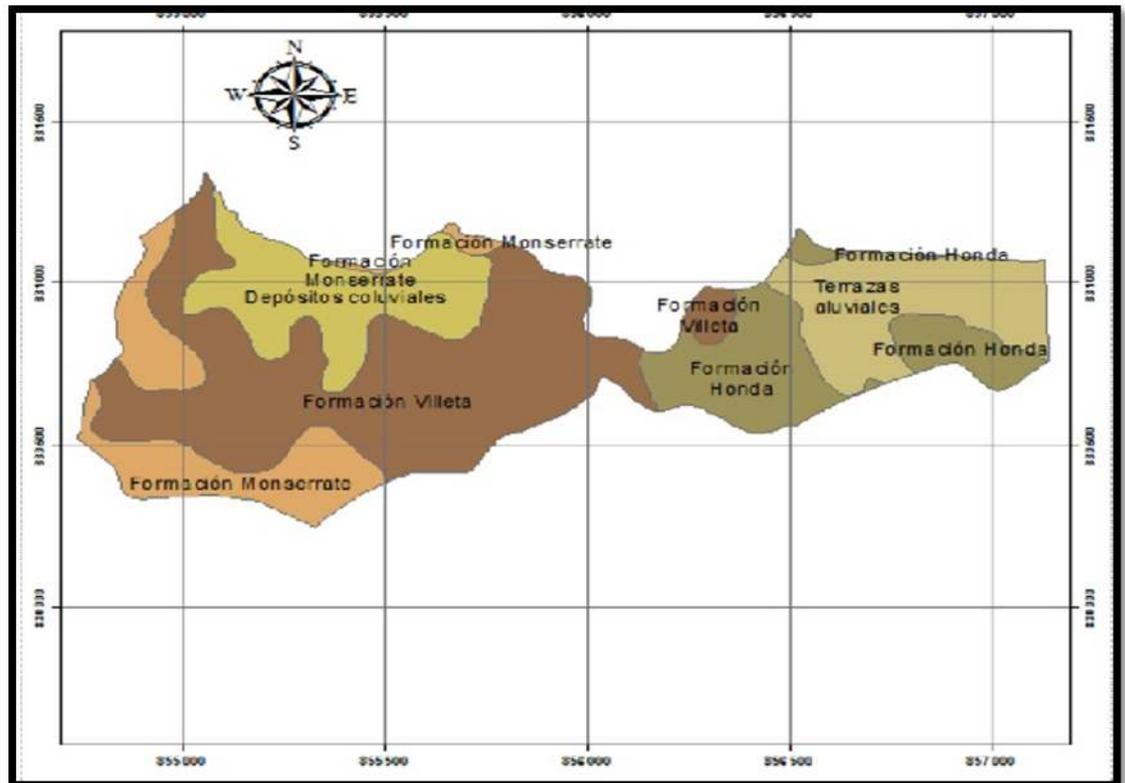


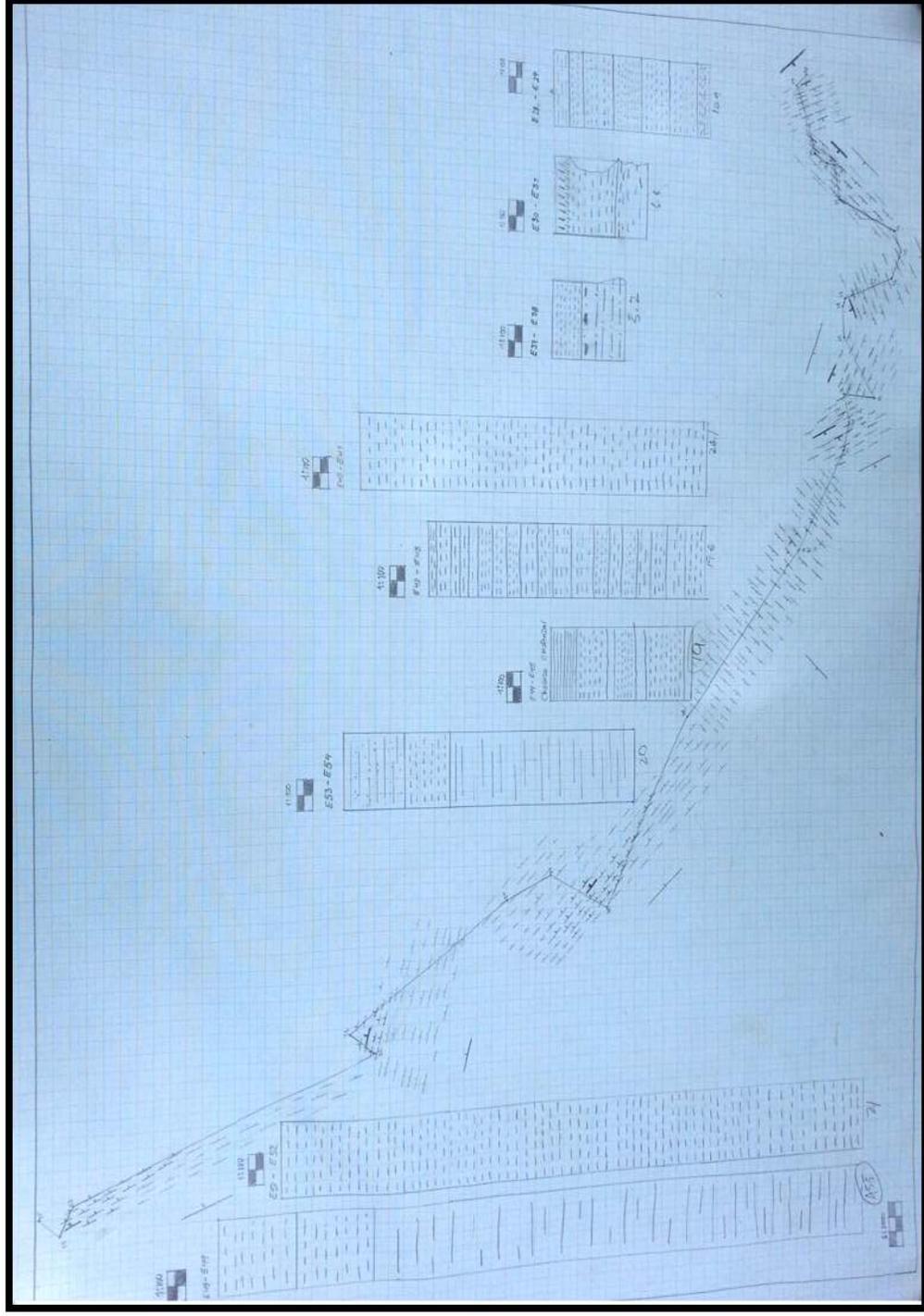
Figura 14. Plano esquemático de la cuenca de la quebrada el Neme en el área de la tribuna donde se muestran las unidades estratigráficas presentes. Tomado de Sánchez Mario en estudio de la Tribuna 2012.

5.1.3. Estratigrafía para el área de La Tribuna

Como uno de los objetivos centrales del proyecto es el levantamiento de las columnas estratigráficas del miembro Shale de Bambucá para el área de La Tribuna con cinco días de campo, fue levantada la sección por el método de la poligonal abierta; posteriormente esta poligonal fue representada en un plano planimétrico separándola por segmentos, en esta, y teniendo en cuenta todos los parámetros estructurales como son: Orientación de las capas (rumbos y buzamientos), fallas y pliegues se realizó el balanceo de las secciones por el método geométrico y se determinó el espesor real de la unidad del miembro Shale de Bambucá, el cual tiene 165 metros (Véase Fotografía 2).



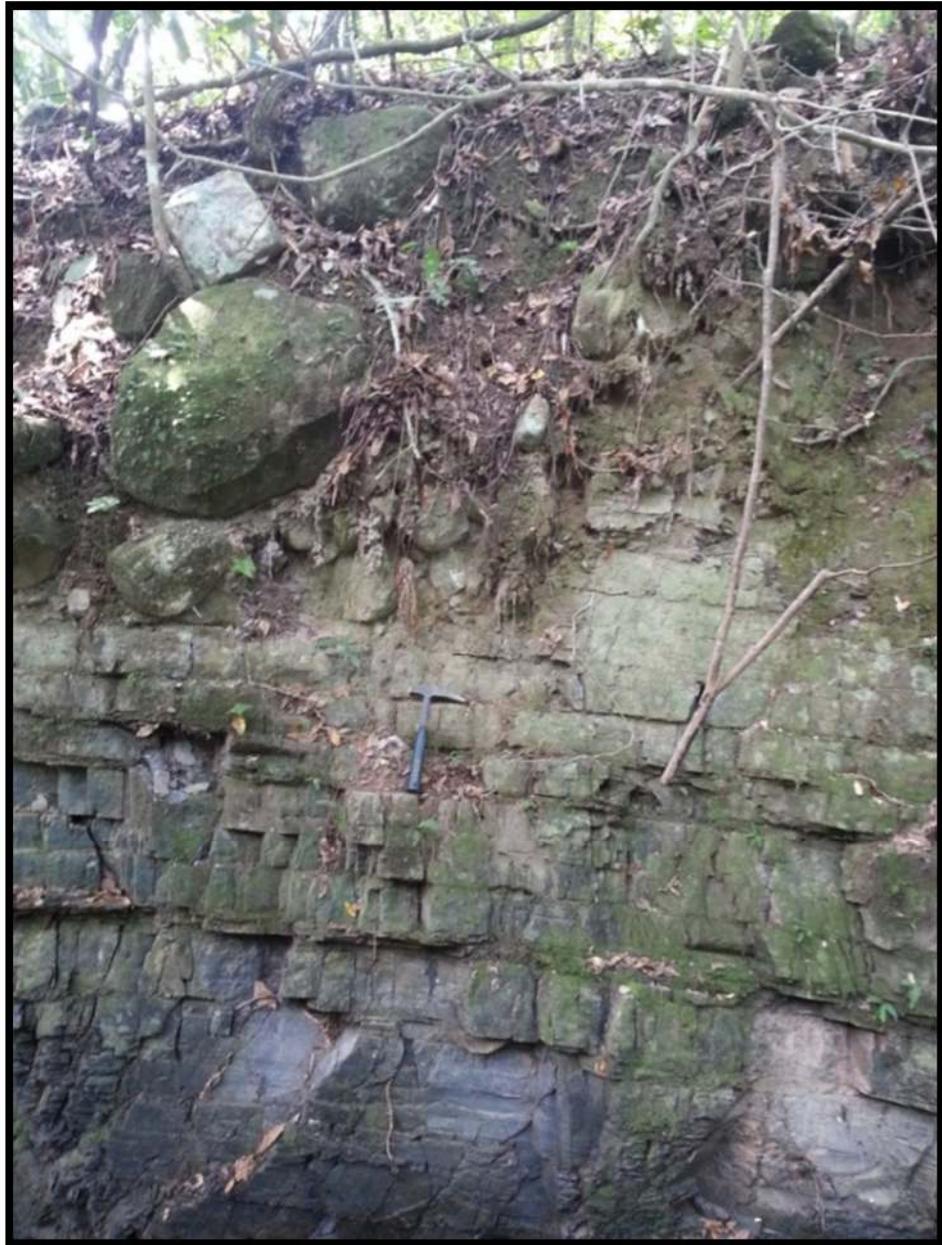
LEVANTAMIENTO ESTRATIGRÁFICO DETALLADO PARA EL MIEMBRO SHALE DE BAMBUCÁ
EN DOS SECCIONES DE LA SUBCUENCA DE NEIVA



Fotografía 2. Poligonal abierta elaborada para La Tribuna.



Segmento 1: Litológicamente hacia la base de la unidad (Punto 28 al 29) se encuentra un conjunto de estratificación fina a media con un espesor de 10,9 metros (Véase Fotografía 3) y conformado por lodolitas de color gris medio (N5) de formas tabulares y con laminación plano paralela fina composicionalmente hacia la base son más silíceas y al tope se hacen ligeramente calcáreas.



Fotografía 3. Lodolitas. Afloramiento en los puntos 28 al 29, La Tribuna



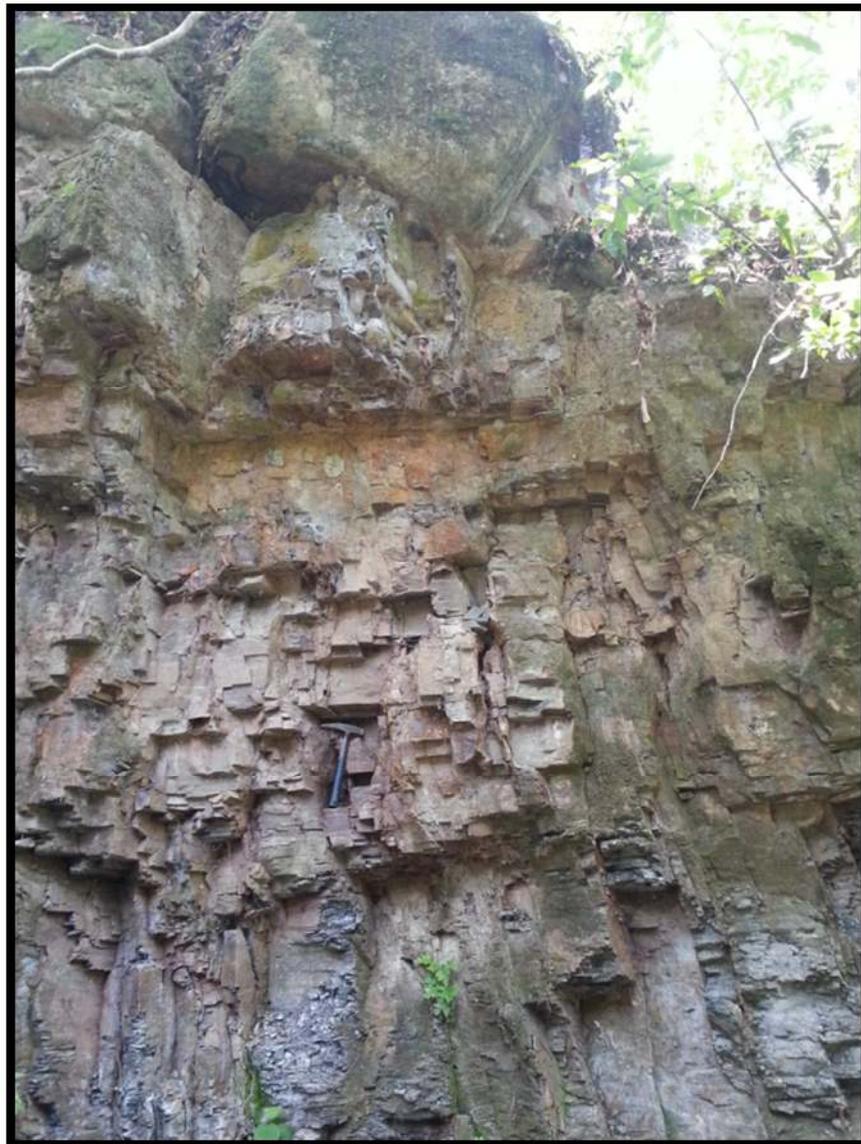
Segmento 2: Suprayace a esta unidad un paquete de estratificación fina con un espesor de 6.6 metros (Punto 31 al 32) conformado por lodolitas silíceas de color gris claro (N6) en capas tabulares y localmente lenticulares gradando a lodolitas calcáreas, presentan laminación planoparalela fina y se encuentran localmente recubiertas con una película de calcita (Véase Fotografía 4).



Fotografía 4. Lodolitas silíceas. Afloramiento en los puntos 31 al 32, La Tribuna.



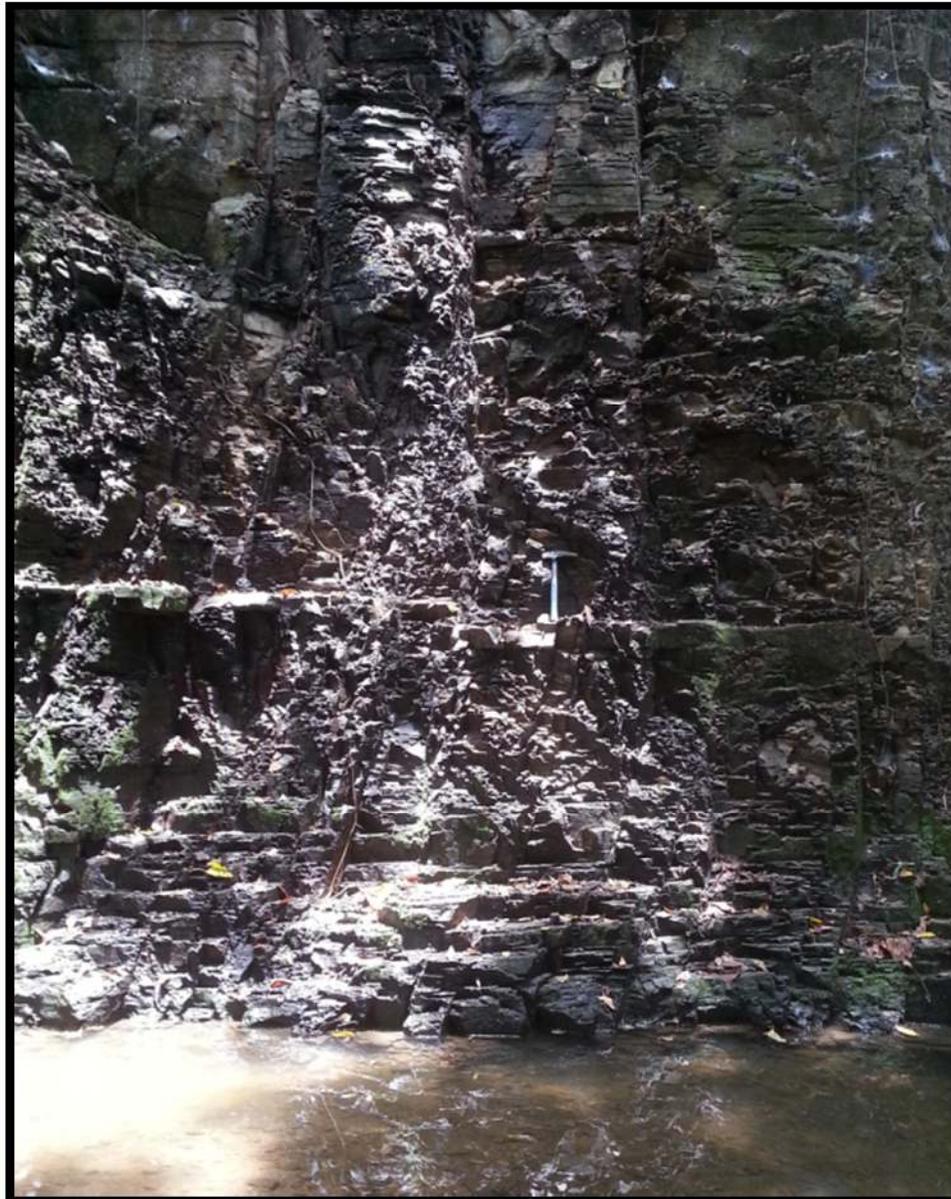
Segmento 3: Suprayaciendo esta sección (Punto 37 al 38) y en contactos erosivos se presenta un conjunto de estratificación fina a muy fina con una potencia de 5.2 metros conformado por lodolitas fisiles, blandas en capas tabulares a lenticulares con laminación planoparalela media; la parte media de la sección presenta algunos niveles concrecionales de tipo nódulos con diámetros hasta de 5 centímetros y de composición micrítica. Hacia el tope de esta sección se presentan capas de limolitas oxidadas con presencia de hematites y limonita dándole a la roca una apariencia amarillenta (Véase Fotografía 5).



Fotografía 5. Lodolitas fisiles hacia la base y limolitas en el tope de la sección. Afloramiento en los puntos 37 al 38, La Tribuna.



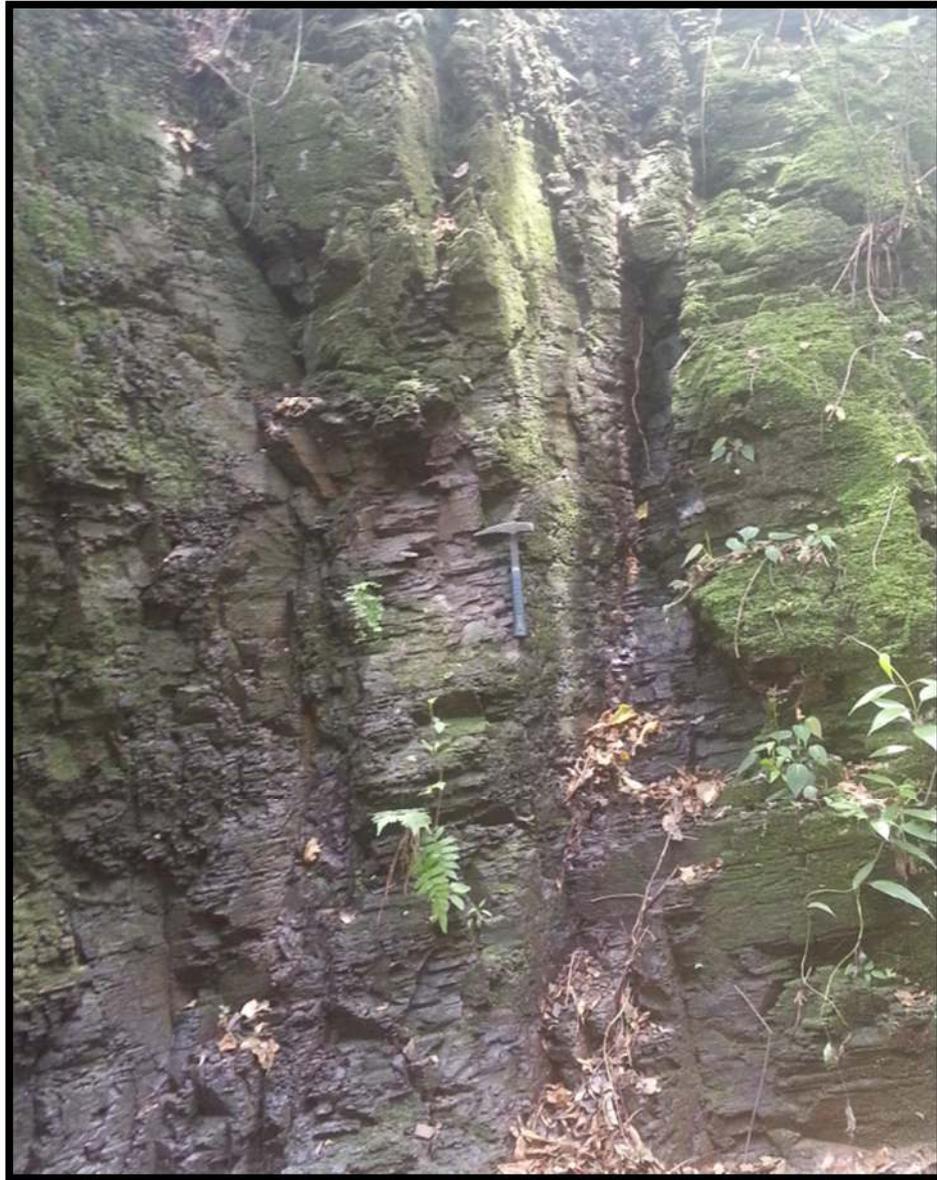
Segmento 4: Con un espesor de 24.1 metros fue levantada en los puntos de control (Punto 40 al 41) y está conformada por una secuencia de limolitas y lodolitas de color pardo amarillento (5YR 2/1) a gris oscuro (N3), se presentan en capas tabulares con estratificación fina a media, las lodolitas presentan laminación planoparalela, composicionalmente las limolitas son muy silíceas y las lodolitas localmente calcáreas (Véase Fotografía 6).



Fotografía 6. Secuencia de limolitas y lodolitas. Afloramiento en los puntos 40 al 41, La Tribuna.



Segmento 5: Con un espesor de 19.6 metros (Punto 42 al 43) se presenta una secuencia monótona de lodolitas fisiles (shales) de color gris oscuro (N3) localmente oxidada en capas tabulares a lenticulares y con laminación planoparalela muy fina (Véase Fotografía 7).

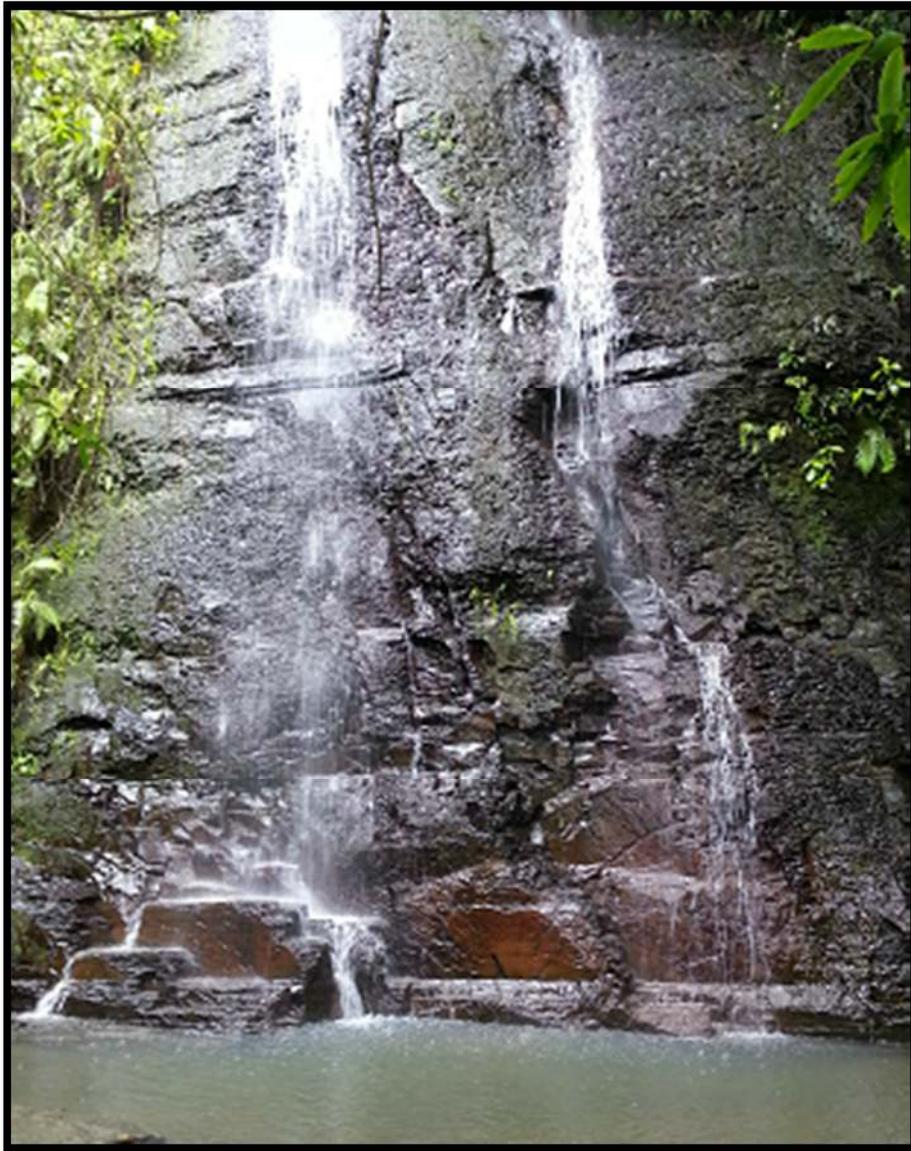


Fotografía 7. Lodolitas. Afloramiento en los puntos 42 al 43, La Tribuna.

En las secciones 6 a 8 es apreciada una secuencia monótona de shale carbonosos muy fracturados.



Segmento 6: Con un espesor de 19 metros (Punto 44 al 45) esta sección fue levantada en el sector geoturístico denominada cascada Chispiadal y está conformado por un conjunto de estratificación media a fina de lodolitas y limolitas. Las limolitas se encuentran hacia la base y presentan oxidación a través de sus planos de estratificación y diaclasas con presencia de hematites y limonita, las lodolitas de color gris oscuro (N3) se presentan en capas de estratificación fina a muy fina, fisiles y puntualmente con alta concentración de materia orgánica. Composicionalmente son ricas en sílice generando a través de sus fracturas cortes concoides. En este punto se encuentra localizado el primer rezumadero asociado a estas rocas (Véase Fotografía 8).



Fotografía 8. Conjunto de limolitas y lodolitas. Afloramiento en los puntos 44 al 45, La Tribuna.



Segmento 7: Suprayaciendo, en contacto erosivo y localmente cubierto se presenta una secuencia con una potencia de 45.5 metros (Punto 48 al 49) de lodolitas y limolitas arenosas de color gris oscuro a negruzco (N3 – N2), las lodolitas se presentan en capas de estratificación media con estructuras internas homogéneas; hacia el tope de esta sección se presentan limolitas arenosas en capas de estratificación media a fina (Véase Fotografía 9).



Fotografía 9. Secuencia de limolitas y lodolitas arenosas. Afloramiento en los puntos 48 al 49, La Tribuna.



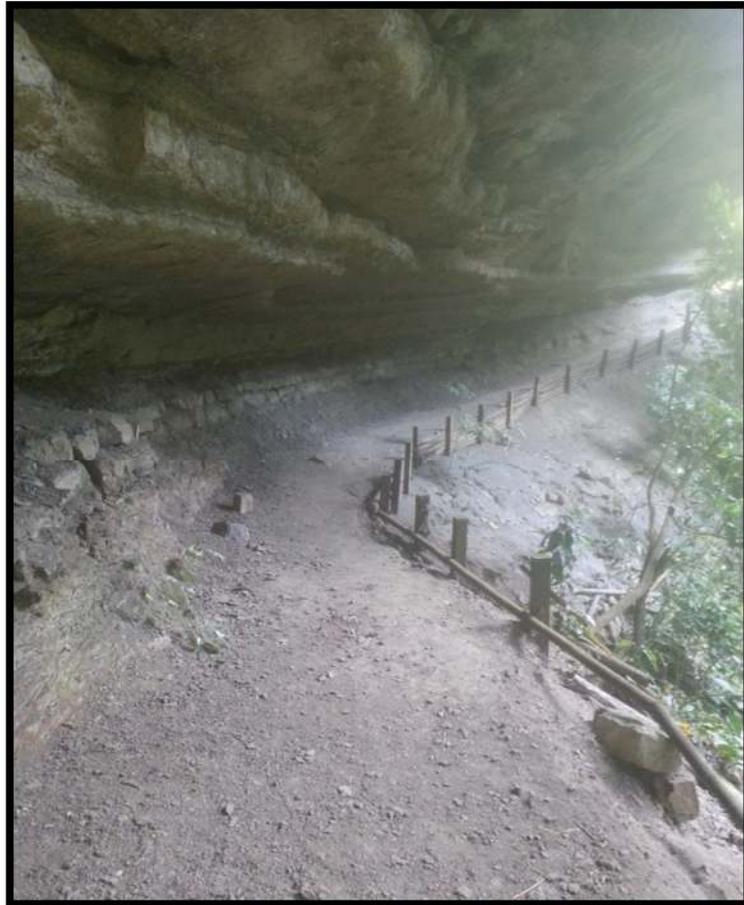
Segmento 8: Conformada por un conjunto de estratificación fina, con un espesor de 21 metros (Punto 51 al 52) de limolitas arenosas y lodolitas. Las limolitas se presentan en capas finas a medias y con laminación flaser. Las lodolitas gradan a lodolitas arenosas y se presentan localmente a través de sus planos de estratificación impregnadas de hidrocarburos (Véase Fotografía 10).



Fotografía 10. Limolitas arenosas y lodolitas. Afloramiento en los puntos 51 al 52, La Tribuna.



Segmento 9: (Punto 53 al 54) localizada en el sector denominado “Cueva del Chimbito” en donde se presenta una secuencia de estratificación gruesa a fina con un espesor de 20 metros (Véase Fotografía 11) y corresponde al denominado miembro la Luna. La secuencia se inicia con un paquete de lodolitas calcáreas y margas de color gris claro (N5) muy fracturadas en capas tabulares y lenticulares con laminación planoparalela; suprayace a este nivel un paquete de calizas bioesparíticas (packstone) de color gris claro a amarillentas (5Y 8/1).



Fotografía 11. Lodolitas calcáreas y margas en la base, suprayace un paquete de calizas. Afloramiento en los puntos 53 al 54, La Tribuna.



5.1.4. Estratigrafía secuencial para el área de la tribuna

La sucesión estratigráfica levantada corresponde a la parte media - inferior del Grupo Villeta, aflorante en el flanco oriental del anticlinal de San Francisco, en el sitio denominado La Tribuna. Esta sucesión presenta un espesor de 171.5 m, correspondientes a la parte media a inferior del Grupo Villeta, el cual para la Subcuenca de Neiva toda la formación tiene un espesor total de 1200 m.

El levantamiento se realizó dividiéndolas en 7 parasecuencias, a escala detallada (1:100).



Fotografía 12. Vista desde la cuchilla de San Miguel hacia el Valle del Magdalena



El levantamiento estratigráfico en el sector de la tribuna fue realizado con el método de la vara de Jacob y por el cálculo de espesores aparentes a lo largo de la poligonal abierta levantada para este fin. La sección estratigráfica fue levantada a lo largo del cauce de la quebrada El Neme agrupando de base a techo 9 segmentos teniendo en cuenta todos los parámetros estructurales, en algunos sectores se realizó el balanceo de secciones con el objeto de no repetir secuencias afectadas por fallas de cabalgamiento aplicando el método geométrico.

Para aplicar la información levantada a la estratigrafía secuencial se basó en la litología, textura y principalmente en las estructuras sedimentarias presentes, los cuales nos dan indicaciones de la actividad ambiental reinante en el momento de la sedimentación siendo la base para aplicar la estratigrafía secuencial.

De acuerdo al análisis realizado a la litología y estructuras sedimentarias, principalmente las estructuras internas, como laminación, forma y espesor de las capas, se pudo reconstruir la curva eustática (véase plano 2/3 “columna estratigráfica para La Tribuna, en bolsillo)

El análisis de las litofacies y la curva eustática determina que para el sector de la tribuna se pueden representar dos sistemas deposicionales o System Tract los cuales se asocian a las siguientes secuencias:

Highstand System Tract

Manifestada como una superficie de baja energía generada durante un ascenso relativo del nivel del mar el cual deposita sedimentos finos en un ambiente de plataforma fuera de la influencia de olas y mareas.

En la sección levantada se presenta una sucesión predominantemente de lodolitas con 165 metros de capas medias a muy finas, intercaladas con capas de limolitas, arcillolitas y arenitas de grano fino a muy fino.

De acuerdo al análisis litológico y las estructuras sedimentarias presentes la sección estratigráfica correspondiente al HST ha sido dividida en seis parasecuencias de similares características, hacia la base presenta una progradación, producto de una lenta somerización, que va de ambientes de shorface a plataforma interna, lo cual refleja un ascenso del nivel del mar y por ende una profundización en la cuenca. El límite superior de este sistema está marcado por la superficie de mínima inundación en el shorface y línea de costa, que marca un cambio de sistema y posiblemente de secuencia. Está delimitada por la aparición de areniscas de grano fino a muy fino en la parte superior.



Parasecuencia 1. (Segmento 1 al 4) Levantada la sección de base a tope, comprende un espesor de 37.5 metros donde se presentan lodolitas grises oscuras de estratificación fina a media con capas tabulares y laminación plano paralela; los contactos entre las capas son transicionales a netos localmente se observan contactos erosionales, así también se presentan intercalaciones de lodolitas silíceas de color gris claro en capas tabulares y localmente lenticulares, gradando a lodolitas calcáreas. La parte media de la sección presentan conjunto de estratificación fina a muy fina, conformado por lodolitas fisiles blandas en capas tabulares a lenticulares, con laminación planoparalela media y con niveles concrecionales de tipo nódulos con diámetro hasta de 5 centímetros y de composición micrítica. Hacia el tope de se presentan capas de limolitas oxidadas con presencia de hematítes, lodolitas localmente calcáreas de laminación planoparalela reflejando variación de ambientes de plataforma externa a ambientes de plataforma interna. (Ver plano 2/3 en el bolsillo)

Parasecuencia 2. (Segmento 4 al 6) basados en la interpretación de la curva eustatica la litología y las estructuras sedimentarias se determinó la parasecuencia 2 Con un espesor de 35 metros se presenta como un conjunto de estratificación fina a muy fina, conformado por lodolitas fisiles (shales) de color gris negruzco, en capas tabulares a lenticulares y con laminación planoparalela muy fina. Los contactos entre las capas son netos y puntualmente erosinales. Basados en el análisis textural y la presencia de estructuras sedimentarias como el análisis de la curva eustática se concluye que en esta parasecuencia predominan los ambientes de plataforma interna. (Ver plano 2/3 en bolsillo)

Parasecuencia 3. (Segmento 6 al 7) Con un espesor de 25 metros, la base de esta sección está conformada por un conjunto de estratificación media a fina de limolitas de color gris claro duras frescas presentan contactos netos y laminación planoparalela gruesa, localmente se observa laminación lenticular. Suprayace en contacto erosivo un paquete de areniscas de color gris claro a amarillentas con capas de estratificación media, texturalmente están conformadas con granos finos a muy finos de formas subangulares y embebidos en una matriz limosa. La sección está suprayacida por seis metros de lodolitas de color gris oscuro que se presentan en capas de estratificación fina a muy fina con laminación planoparalela, fisiles y puntualmente con alta concentración de materia orgánica. la secuencia continua con seis metros de limolitas y arcillolitas en capas de estratificación fina a muy fina y laminación planoparalela. Esta parasecuencia representa una sucesión progradante de ambientes de plataforma interna a ambientes de plataforma externa. (Ver plano 2/3 en el bolsillo). hacia la base de las sección se presenta un rezumadero de hidrocarburos asociado a los planos de estratificación y fracturamiento intenso.



Parasecuencia 4. (Segmento 7). En contacto erosional con el nivel de arcillolitas del tope de la parasecuencia tres se presenta una secuencia de rocas clásticas con un espesor de 21.5 metros que hacia su base se presentan 4 metros de areniscas muy finas de tipo grawacas, se continua la secuencia con siete metros de lodolitas gris oscuras en capas de estratificación fina a muy fina y con laminación planoparalela. Suprayace a esta capa en contacto neto un paquete de limolitas de color gris claro en capas de estratificación media a fina suprayace a esta en contacto erosivo tres metros de arcillolitas de color gris oscuro semiplásticas localmente fisiles en capas de estratificación fina a muy fina y laminación planoparalela. la secuencia finaliza con cinco metros de areniscas de color gris claro amarillento y en capas de estratificación fina a media. El análisis facial a esta parasecuencia Refleja una variación desde ambientes de plataforma externa a shoreface. (Ver plano 2/3 en bolsillo)

Parasecuencia 5. (Segmento 7 al 8). Comprende un espesor de 22 metros, la base de la sección está conformada por siete metros de lodolitas de color gris oscuro en capas de estratificación fina muy fina y con laminación planoparalela en contacto neto le suprayace tres metros de limolitas de color gris claro fisiles y de textura limoarenosa. Suprayacen 11 metros de lodolitas fisiles de color gris oscuro blandas y con capas de estratificación fina a muy fina y laminación planoparalela fina. Finaliza la parasecuencia con tres metros de areniscas. La litología y estructuras sedimentarias presentes en esta parasecuencia Reflejan una variación desde ambientes de plataforma externa a shoreface. (Ver plano 2/3 en bolsillo).

Parasecuencia 6. (Segmento 8 al 9). Comprende un espesor de 24 metros, de los cuales los primeros veinte metros esta conformados por capas finas a muy finas de lodolitas de color negro con estructuras internas de laminación planoparalela, presentan localmente a través de sus planos de estratificación muestras de hidrocarburos. Hacia el techo de la sección continúan con un paquete de limolitas de color gris claro, enriquecidas progresivamente con sílice hacia el tope de la sección. Esta parasecuencia abarca ambientes de plataforma interna. (Ver plano 2/3 en el bolsillo)

Transgressive System Tract

Correspondiendo estratigráficamente a la base del miembro La Luna conformado litológicamente por margas, calizas y delgados niveles arenosos que representan un cambio en el sistema deposicional de plataforma interna a shoreface. En esta sección se describe la única parasecuencia reconocida, ya que no es el objetivo del presente trabajo.



Parasecuencia 7. (Segmento 9). El afloramiento reconocido se encuentra localizado en el sitio denominado “La cueva del Chimbilo” con un espesor de 6 metros en donde se presenta una secuencia de rocas clásticas y bioquímicas con estratificación gruesa a fina. Hacia la base se presenta un paquete de lodolitas calcáreas, lodolitas carbonosas y margas de color gris claro en capas tabulares y lenticulares con laminación planoparalela; en la parte media de la sección se encuentra una capa de estratificación media denominada tormentita la cual corresponde a una arenisca calcárea rica en fósiles de vivalvos muy fracturados y disgregados, suprayace a esta en contacto erosivo un paquete de calizas bioesparíticas (packstone) de color gris claro a amarillento y hacia el tope de la parasecuencia 7 se presenta un paquete de estratificación media de areniscas calcáreas intercalados con margas. Esta parasecuencia representa una sucesión progradante de ambientes del shoreface medio a la línea de costa. (Ver plano 2/3 en bolsillo).



Fotografía 13. Sector denominado “La cueva del Chimbilo”, lugar donde aflora la base de la formación la luna representada por calizas y margas.



5.2. LOS YUYOS

El sector de la cuenca del río Yaguaracito donde se localiza la sección de Los Yuyos, ha sido de gran interés exploratorio en la búsqueda de yacimientos minerales como es la roca fosfórica, Baritina y yacimientos metálicos de alto rendimiento económico como el Oro y la Plata. Estratigráficamente en el área aflora toda la cobertura productiva de la Subcuenca de Neiva representada por las formaciones Caballos, la formación Villeta con el miembro Shale de Bambucá, la formación Monserrate y formación Guaduala respectivamente; formando el flanco occidental del sinclinal de Tesalia.

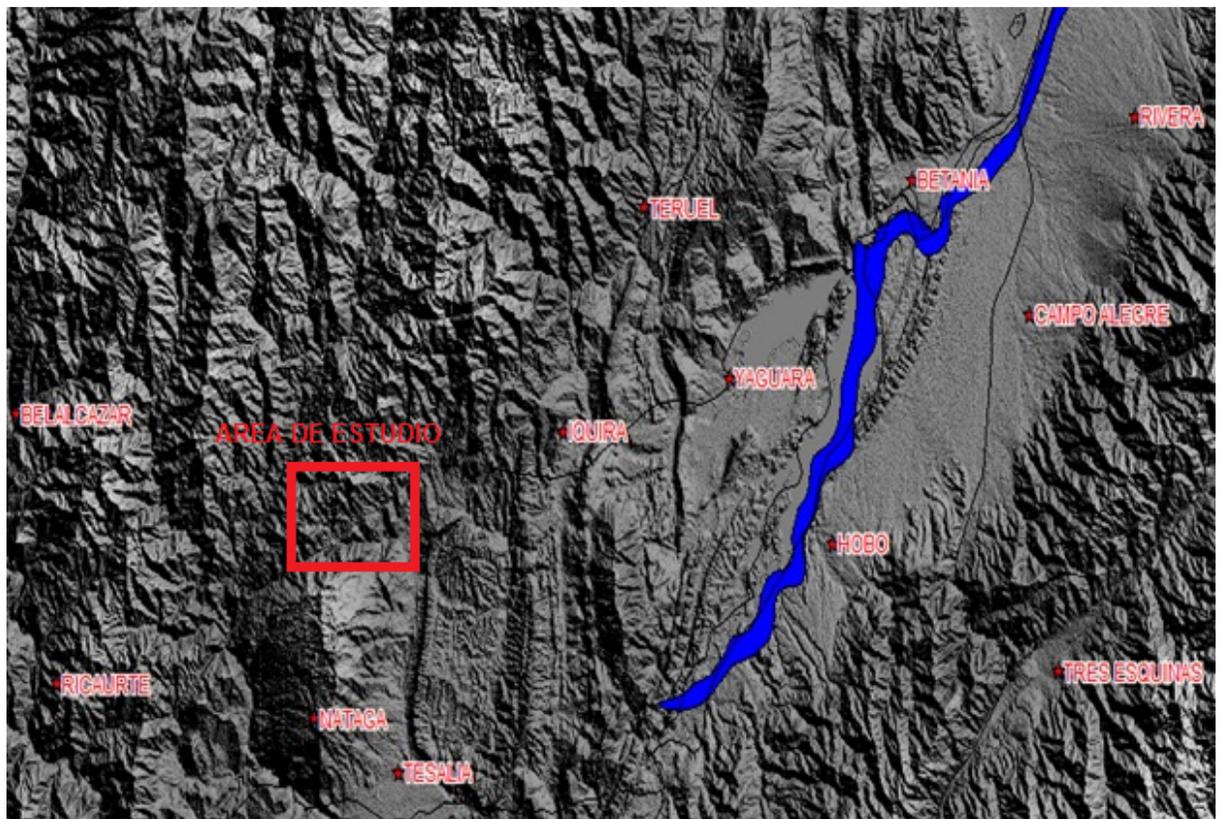
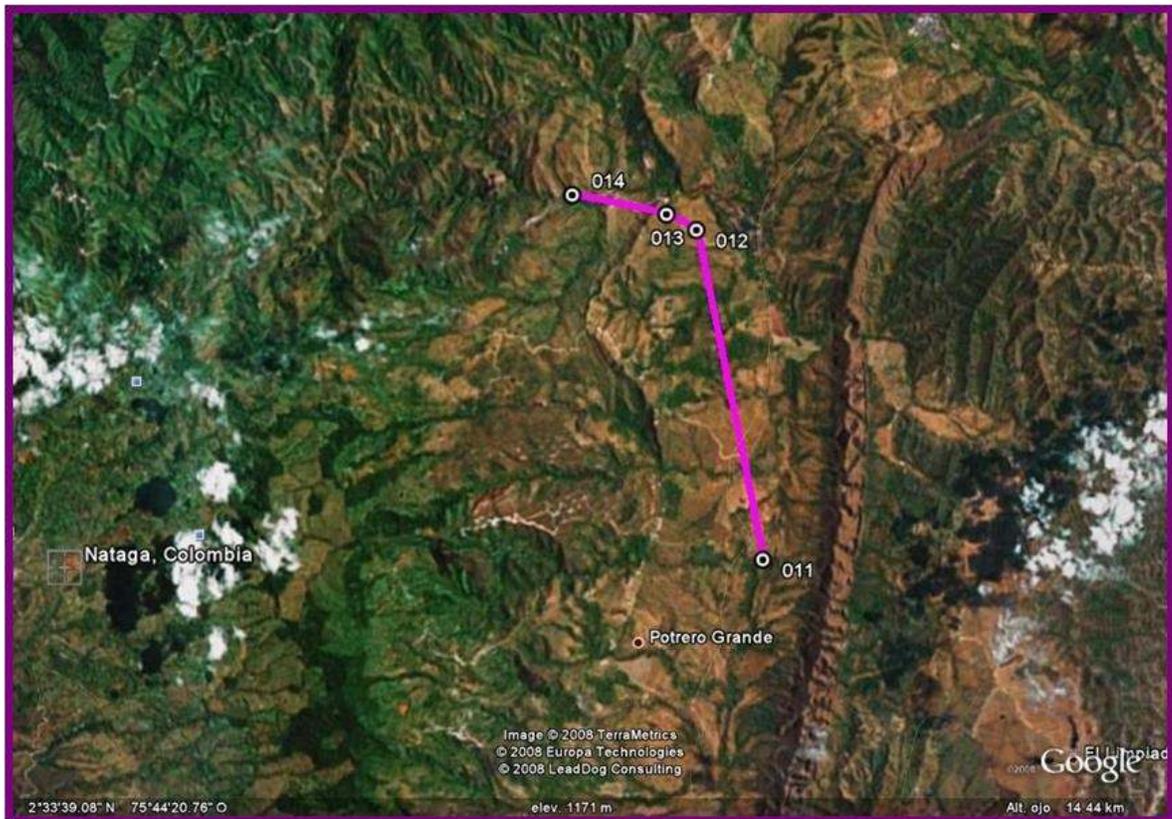


Figura 15. Modelo de elevación digital donde se visualiza el área de estudio al occidente del sinclinal de Tesalia.



5.2.1. Localización Geográfica de Los Yuyos

Se localiza en la vereda Yuyos, municipio de Tesalia departamento del Huila, se llega a ella por la carretera pavimentada de 100 Km. que une a Neiva con Tesalia y se sigue 13 Km por la carretera Tesalia – Pacarní hasta la escuela Hugo Escobar Guerrero, de donde parte un carreteable de acceso a las vereda los Yuyos. El clima es templado, con temperatura promedio de 24°C. La vegetación es la típica de la región de bosque húmedo tropical, con carencia de bosque el cual en su mayoría ha desaparecido debido a la intervención antrópica, que ha dejado en la mayoría del área praderas (potreros) dedicados al pastoreo de vacunos.



Fotografía 14. Fotografía satelital tomada de Google Earth, con la localización del trayecto en el sector de Los Yuyos.



El sector de los Yuyos fue geo-referenciado con una poligonal abierta (Véase Figura 16) comprendida por trece puntos (Véase Tabla 3), que representan el trayecto que cubre la formación Villeta de tope a base (los puntos en color verde corresponden a los afloramientos, en color negro describen el trayecto) y dos puntos (en color morado) adicionales que corresponden a contactos con las areniscas de las formaciones Caballos y Monserrate. Las coordenadas obtenidas fueron:

PUNTOS	NORTE	ESTE
3	777964	816163
4	777971	816126
5	777971	816092
6	777929	816040
7	777888	815976
8	777819	815839
9	778031	815550
10	778097	815457
11	778038	815420
12	778001	815314
13	778011	815270
14	777958	815189
15	777975	815141

Tabla 3. Coordenadas de la poligonal abierta en el sector de Los Yuyos

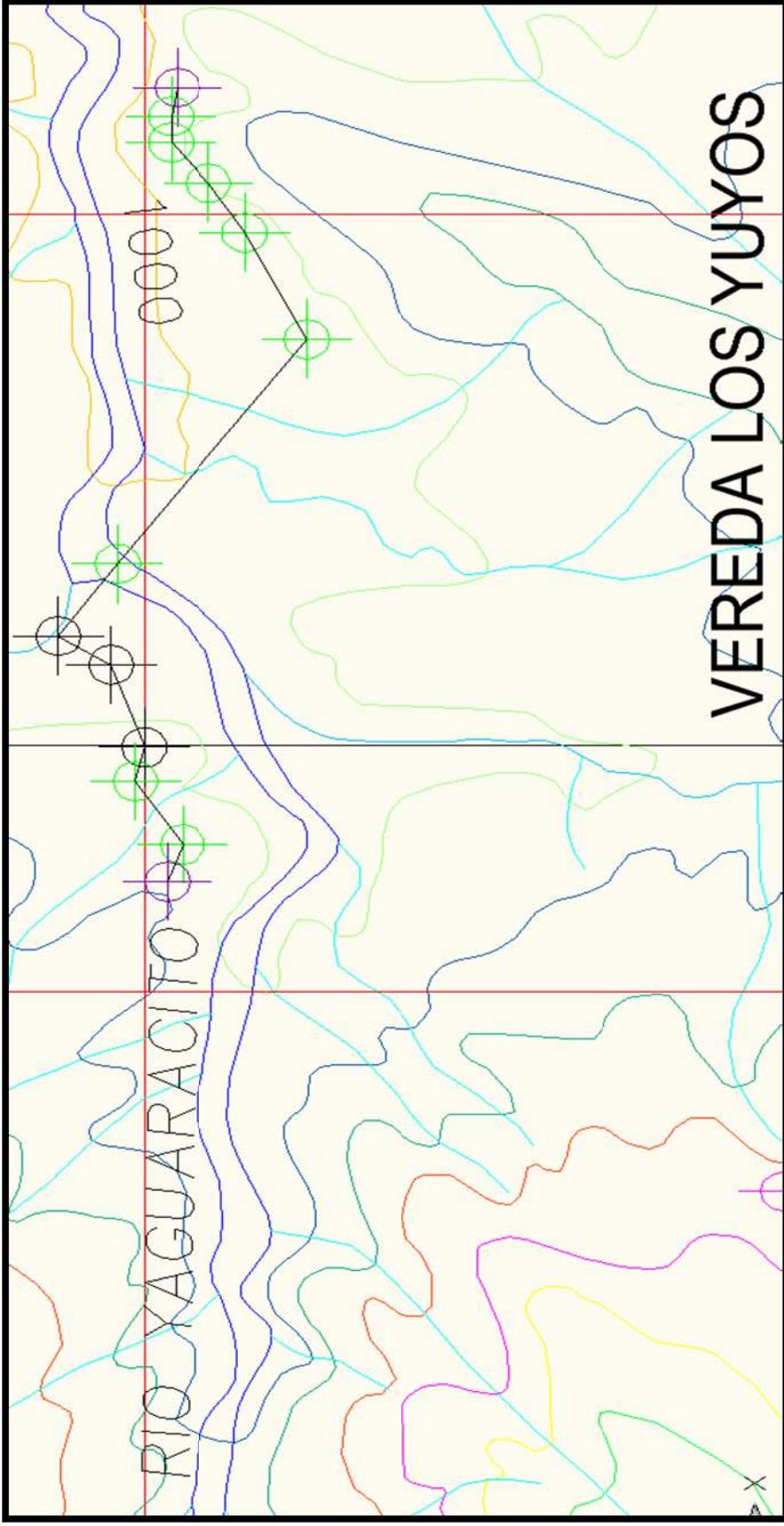


Figura 16. Poligonal abierta para Los Yuyos proyectada en la plancha 344-III-B del IGAC.



5.2.2. Geología general para el área de Los Yuyos

La cobertura productiva de carácter sedimentario está determinada por dos secuencias deposicionales diferentes caracterizada por presentar rocas de origen clástico y químico. La primera la cual corresponde a la cuenca del río Yaguaracito, trabajada en este proyecto, se trata de una secuencia clástica marina que abarca desde el Cretáceo Medio (Aptiano - Albiano) hasta el Paleógeno (Paleoceno) de un ambiente marino a transicional desarrollando un ciclo regresivo que permitieron la depositación en el área de las formaciones Caballos, Villeta, Monserrate y Guaduala respectivamente.

Formación Caballos (Kc). En la subcuenca de Neiva esta formación operacionalmente fue dividida en Caballos Inferior, Caballos Medio y Caballos Superior. Florez y Carrillo (1994) redefinieron estas formaciones denominándolas Formación Alpujarra (Caballos Inferior), El Ocal (Caballos Medio) y Caballos (Caballos Superior).

La Formación Caballos Superior (UKB) está constituida por cuarzoarenitas muy continuas de grano fino a grueso friables, muy bien a moderadamente seleccionadas, con laminación inclinada y paralela, que fueron originadas como depósitos de cordones de playa progradantes. Presentan intercalaciones de lodolitas e interlaminaciones de arena y lodo y arenitas calcáreas bioclásticas, que representan depósitos marinos marginales (estuarios).

La formación Caballos Medio (MKB) fue depositada en un ambiente marino restringido (Litoral a Sublitoral) se caracteriza por tener intercalaciones de calizas lumaquelicas y dolomitas de color gris verdoso, algunas glauconitas y lodolitas de color gris a negro, ricas en materia orgánica. Tiene un espesor promedio de 36.6 metros.

La Formación Caballos Inferior (LKB) está compuesta por una serie de secuencias arenosas retrogradacionales, siendo un depósito continental a la base con cuarzo arenitas y subarcosas de color blanco a gris claro, de grano fino a grueso, localmente conglomeráticas bien seleccionadas con pseudomatriz caolinítica. En la parte media y tope predominan lodolitas negras ricas en restos de plantas, que corresponden a depósitos en llanuras aluviales surcadas por canales sinuosos. Reposo discordantemente sobre el basamento económico representado por la formación saldaña. Tiene un espesor promedio de 45.7 metros.



- **Caliza de Tetuán:** calizas finogranulares derivadas de organismos plactónicos, ricas en materia orgánica de color marrón oscuro a claro, masivas y muy duras, intercaladas con lodolitas. El contacto con la Formación Caballos es transicional y su ambiente de depósito está por debajo del nivel de acción de las olas (Ambiente anóxico de plataforma).
- **Shale de Bambucá:** compuesta por shale verde a verde grisáceo con bajo contenido de calcita. El contacto con la Caliza de Tetuán es transicional y el predominio de sedimento arcilloso sugiere proximidad del área fuente y una somerización del fondo y acercamiento a la línea de costa.
- **Caliza La Luna o Calizas La Frontera (Cenomaniano-Turoniano):** calizas micríticas derivadas de organismos planctónicos rica en materia orgánica de origen marino, de color crema a gris claro, masivas y blocosas.
- **Aico:** es una sección arenosa al tope y limosa en la base, que consta de cuarzoarenitas blancas, angulares a subangulares de grano fino a medio, algunas veces calcáreas, que representa una somerización del fondo y un acercamiento a la línea de costa.

En el área del Rio Yaguaracito solo aflora el miembro Shale de Bambucá conformado por una secuencia de lutitas.

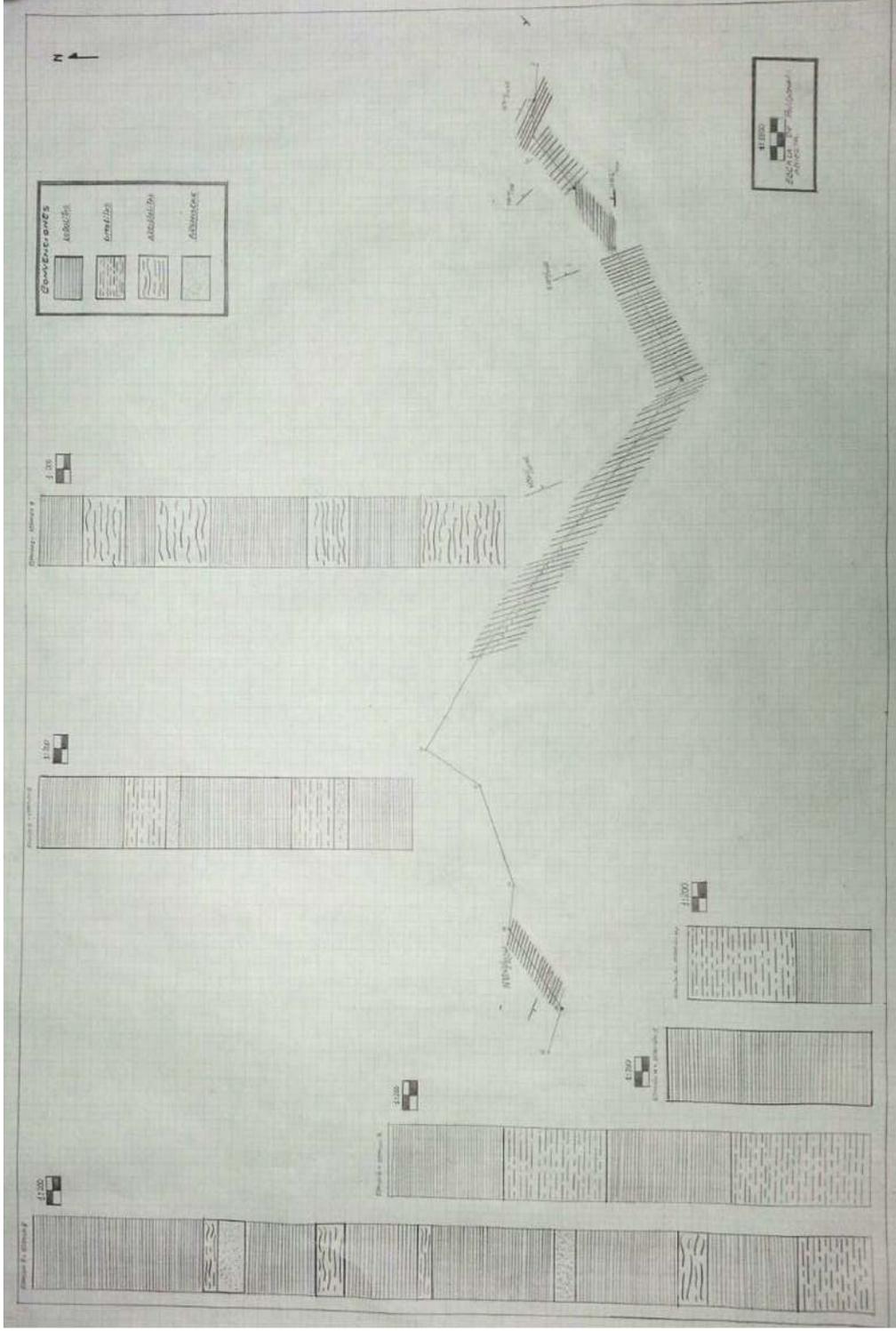
Formación Monserrate (Kg). Litológicamente está constituida por cuatro miembros dos arenosos y dos lutíticos. El K4 con un espesor promedio de unos 25 metros está compuesto por arcillolitas y limolitas con un nivel de roca fosfórica. El K3 con un espesor de unos 30 metros está representado por areniscas cuarzosas blancas a grises y de grano fino a medio. La unidad K2 con un espesor de unos 30 metros, está conformada por limolitas silíceas y chert, este miembro presenta dos niveles de roca fosfórica, es muy común el intenso plegamiento de estas rocas. La unidad K1 posee un espesor de unos 35 metros y está compuesto por cuarzoarenitas de grano grueso con cemento silíceo. La formación Monserrate fue depositada en un ambiente de plataforma cercano a la línea de costa, asociado a zonas de frente de costa y plataforma (Reyes et al, 1995). De acuerdo a su registro fósil está datada como Campaniano a Maestrichtiano. (Beltran y Gallo, 1968).

Esta formación es productora en varios campos del Valle Superior (DK, Palogrande-Cebú entre otros).

Formación Guaduala. TKg. Esta formación está constituida por dos miembros: el miembro San Francisco compuesto por arcillolitas grises a rojo oscuro a púrpura, blandas, con intercalaciones de limolitas. Su ambiente de depósito es el parálico. El miembro Teruel está compuesto por areniscas finas verdosas y arcillolitas con



LEVANTAMIENTO ESTRATIGRÁFICO DETALLADO PARA EL MIEMBRO SHALE DE BAMBUCÁ
EN DOS SECCIONES DE LA SUBCUENCA DE NEIVA



Fotografía 15. Poligonal abierta elaborada para Los Yuyos.



De acuerdo al análisis litológico la sección estratigráfica se dividió en siete segmentos descritos a continuación:

Segmento 1: (Punto 13 al 14) Con un espesor de 26.3 metros y en contacto cubierto con las areniscas de la formación caballos superior se presenta una secuencia de lodolitas de color gris claro a amarillentas, muy fracturadas, fisiles y oxidadas, estas se presentan en capas de estratificación fina a muy fina de formas tabulares y puntualmente lenticulares. Las rocas presentan estructuras internas con laminación planoparalela discontinua. Hacia la parte media de la sección se presentan lodolitas de color gris oscuro con laminación planoparalela y gradando a limolitas. Hacia el tope del segmento se hacen más frecuentes las limolitas, estas son de colores gris claros a amarillentos, frágiles, de composición silícea presentan laminación gruesa de tipo planoparalela. En esta sección se observan restos de fósiles de foraminíferos. (Fotografía 16)



Fotografía 16. Lodolitas. Afloramiento en los puntos 13 al 14, Los Yuyos.



Segmento 2: (Punto 9 al 8) Con un espesor aparente de 170 metros y balanceando la sección por el método geométrico, con un espesor real de 66.5 metros; se presenta hacia la base una secuencia de arcillolitas con delgadas intercalaciones de lodolitas en capas de estratificación fina a muy fina. Las estructuras sedimentarias presentes se refieren principalmente a laminación planoparalela continua. Las arcillolitas son de carácter semiplástico, blandas, frágiles y desarrollan fisilidad en sus superficies. Las lodolitas de color gris claro son muy fisiles y localmente calcáreas, presentan laminación planoparalela mediana. (Véase Fotografía 17)



Fotografía 17. Arcillolitas con delgados niveles de lodolitas. Afloramiento en los puntos 8 al 9, Los Yuyos.



Segmento 3: (Punto 7 al 8) esta sección se presenta con afloramientos de forma discontinua y gran parte de esta se encuentra cubierta por depósitos de derrubios. Los afloramientos corresponden a una secuencia monótona de lodolitas de color gris claro, fisil, en capas de estratificación fina a muy fina y con estructuras sedimentarias internas de tipo laminación planoparalela.

Segmento 4: (Punto 6 al 7) Con un espesor real de 65.78 metros, se presenta una secuencia monótona de lodolitas que hacia su base presentan capas de estratificación muy fina con capas tabulares y lenticulares con laminación planoparalela. Hacia la parte media y tope del segmento las lodolitas se presentan como niveles de concreciones nodulares de aspecto elipsoidal y de composición siderítica hacia el tope se presenta una capa de arenisca fosfática. (Véase Fotografía 18)



Fotografía 18. Lodolitas. Afloramiento en los puntos 6 al 7, Los Yuyos.



Segmento 5: (Punto 5 al 6) con un espesor real de 152.96 metros, está conformado hacia la base por una secuencia Lodolitas gris claras, fisiles, en capas de estratificación fina a muy fina de formas tabulares, localmente se observan algunas capas lenticulares, presenta estructuras internas como laminación planoparalela y fósiles de tipo foraminíferos. Hacia la parte media de la sección continua la secuencia de lodolitas arenosas a limosas y hacia el tope las lodolitas se hacen más carbonosas. (Véase Fotografía 19).



Fotografía 19. Secuencia de lodolitas. Afloramiento en los puntos 5 al 6, Los Yuyos.



Segmento 6: (Punto 4 al 5) conforma el tope del miembro Shale de Bambucá, posee un espesor real de 27.67 metros y está representada hacia la base con una secuencia de lodolitas gris claras fisiles, muy fracturadas, con niveles sideríticos y capas tabulares. Lodolitas con niveles de limolitas silíceas recubiertas con pátinas de óxido de hierro. Hacia el tope del segmento se presenta una secuencia de Limolitas silíceas con capas de estratificación gruesa intercaladas con lodolitas fisiles. (Véase Fotografía 16)



Fotografía 20. Lodolitas. Afloramiento en los puntos 4 al 5, Los Yuyos.

Segmento 7: En contacto erosivo con el tope del segmento 6 se encuentra la base de la formación Monserrate representada en este segmento como la unidad K4 y se presenta como una secuencia de arcillolitas, limolitas, lodolitas y un nivel de roca fosfórica con un espesor promedio de unos 25 metros.



5.2.4. Estratigrafía secuencial para el área de los yuyos



Fotografía 21. Contacto superior del Shale de Bambucá con el miembro K4 de la formación Monserrate.



La sucesión estratigráfica levantada corresponde a la parte media - inferior del Grupo Villeta, aflorante en el flanco oriental del sinclinal de Tesalia, en el sitio denominado Los Yuyos. Esta sucesión presenta un espesor de 357.4 metros correspondientes a la parte media a inferior del Grupo Villeta, el cual para la Subcuenca de Neiva toda la formación tiene un espesor total de 1200 m.

El levantamiento se realizó dividiéndolas en seis parasecuencias, a escala detallada (1:200), se realizó mediante el método de la vara de Jacob y por cálculo de espesores aparentes a lo largo de la poligonal abierta realizada. La sección estratigráfica fue levantada por el carreteable que conduce a la vereda de Los Yuyos en el valle erosionado del río Yaguaracito, agrupando 7 segmentos, teniendo en cuenta todos los parámetros estructurales. En algunas áreas de estudio fue necesaria la aplicación de balanceo de secciones con el fin de no repetir secuencias perjudicadas por fallas de cabalgamiento de acuerdo al método geométrico

Se analizaron parámetros litológicos, texturales, petrofísicos; con el objetivo de aplicar la información obtenida del levantamiento estratigráfico a la estratigrafía secuencial, tomando como prioridad las estructuras sedimentarias presentes, los cuales dan indicaciones de la actividad ambiental dominante en el momento de la sedimentación, siendo la base para interpretar y aplicar la estratigrafía secuencial

Según los análisis de resultados realizados a los parámetros de litología y estructuras sedimentarias, principalmente las estructuras internas, como laminación, forma y espesor de las capas, se pudo realizar la curva eustática (Véase plano 3/5 "columna estratigráfica del miembro Shale de Bambucá, sector de Los Yuyos", en bolsillo)

Con el análisis detallado de la curva eustática y la observación de las litofacies se logra determinar en el sector de los yuyos los diferentes tipos de sistemas deposicionales o system tract y sus respectivas secuencias y parasecuencias.

Highstand System Tract

La depositación de sedimentos finos a muy finos en un ambiente de plataforma fuera de la influencia activa de mareas y olas; dan a interpretar que estas superficies de baja energía fueron generadas durante un ascenso relativo del nivel del mar. El miembro Shale de Bambucá de la formación Villeta es generado por este ambiente de depositación

La columna estratigráfica para el sector de los yuyos presenta una sucesión predominantemente de lodolitas con 357.4 metros de capas medias a muy finas, intercaladas con capas de limolitas, arcillolitas y arenitas de grano fino a muy fino.



Teniendo en cuenta el resultado de los análisis litológicos de cada una de las muestras de roca y las estructuras sedimentarias presentes la sección estratigráfica correspondiente al HST ha sido dividida en siete parasecuencias sedimentarias, se presenta hacia la base el fenómeno de progradación, producto a una somerización lenta, representando los diferentes tipos de ambientes de depositación de los sedimentos que va de ambientes de shorface a plataforma interna, lo cual indica que el nivel del mar presenta una elevación y por ende una profundización en la cuenca. El tope de esta sección está representado por la superficie de baja inundación en el shorface y línea de costa, marcando un cambio representativo en el sistema y posiblemente de secuencia. Está sustentada por la presencia de areniscas de grano fino a muy fino en la parte superior

Parasecuencia 1: (segmento 1) Con un espesor de 26.3 metros y en contacto cubierto con las areniscas de la formación caballos superior se presenta una secuencia de lodolitas de color gris claro a amarillentas, muy fracturadas, fisiles y oxidadas, estas se presentan en capas de estratificación fina a muy fina de formas tabulares y puntualmente lenticulares. Las rocas presentan estructuras internas con laminación planoparalela discontinua. Hacia la parte media de la sección se presentan lodolitas de color gris oscuro con laminación planoparalela y gradando a limolitas. Hacia el tope del segmento se hacen más frecuentes las limolitas, estas son de colores gris claros a amarillentos, frágiles, de composición silícea presentan laminación gruesa de tipo planoparalela. En esta sección se observan restos de fósiles de foraminíferos. Reflejando variación de ambientes de plataforma media a ambientes de plataforma interna. (Véase plano 3/4 en el bolsillo)

Parasecuencia 2: (segmento 2) balanceando las secciones por el método geométrico presenta un espesor real de 68,7 metros; se presenta hacia la base una secuencia de arcillolitas con intercalaciones de lodolitas en capas de estratificación fina a muy fina hacia la parte media y alta de la sección. Las estructuras sedimentarias presentes se refieren principalmente a laminación planoparalela continua. Las arcillolitas son de carácter semiplástico, blandas, frágiles y desarrollan fisilidad en sus superficies. Las lodolitas de capas granulares y homogéneas de color gris claro son muy fisiles y localmente calcáreas, presentan laminación planoparalela mediana. El análisis de la curva eustática se concluye que en esta parasecuencia predominan los ambientes de plataforma media y plataforma interna. (Véase plano 3/4 en bolsillo)

Parasecuencia 3: (Segmento 3).con un espesor de 10 metros en la base de esta sección se presentan un conjunto limolitas con estratificación media a fina, de color gris claro, con laminación planoparalela fisiles. Suprayace hacia el tope de la sección una secuencia monótona de lodolitas de color gris claro, fisil, en capas de estratificación fina a muy fina y con estructuras sedimentarias internas de tipo laminación planoparalela. Esta parasecuencia predominan los ambientes de depositación de plataforma interna (Véase plano 3/4 en bolsillo).



Parasecuencia 4. (Segmento 4 al 5) Con un espesor real de 72.78 metros de toda la sección, se presentan hacia la base 16.4 metros de limolitas fisiles de color gris claro en capas de estratificación media a fina con laminación planoparalela, suprayace hacia la parte media del segmento una secuencia de lodolitas con intercalación de limolitas que presentan capas de estratificación muy fina con capas tabulares y lenticulares con laminación planoparalela. Hacia el tope del segmento las lodolitas se presentan como niveles concrecionales nodulares de aspecto elipsoidal y de composición siderítica junto con una capa de arenisca fosfática. El análisis facial a esta parasecuencia Refleja una variación de ambientes de plataforma interna y shoreface (Véase plano 3/4 en bolsillo).

Parasecuencia 5: (Segmento 5) con un espesor real de 72.63 metros, está conformado hacia la base por una secuencia de limolitas con un espesor de seis metros de color gris claras, fisiles en capas de estratificación fina a muy fina de forma tabulares, localmente algunas capas lenticulares, presenta estructuras internas como laminación planoparalela y fósiles de tipo foraminíferos. Hacia la parte media de la sección continua la secuencia de lodolitas arenosas a limosas y hacia el tope las lodolitas se hacen más carbonosas. Esta parasecuencia los ambientes de sedimentación son plataforma interna (Véase plano 3/4 en bolsillo).

Parasecuencia 6. (Segmento 5 al 6) En contacto erosivo con el tope del segmento 6 se encuentra la base de la formación Monserrate representada en este segmento como la unidad K4 y se presenta como una secuencia de arcillolitas, limolitas, lodolitas y un nivel de roca fosfórica con un espesor promedio de unos 27.4 metros de espesor real. Esta parasecuencia predominan los ambientes de depositación de plataforma externa (Véase plano 3/4 en bolsillo).

Transgressive System Tract

Estratigráficamente corresponde a la base de la formación Monserrate en contacto erosivo con su miembro K4, el cual está conformado litológicamente por areniscas de grano fino a muy fino, paquetes de lodolitas y niveles de rocas fosfóricas representando un cambio en el sistema deposicional de plataforma interna a externa.

Parasecuencia 7. (Segmento 7) En contacto erosivo con el tope del segmento 6 se encuentra la base de la formación Monserrate representada en este segmento como la unidad K4 y se presenta como una secuencia de arcillolitas, limolitas, lodolitas y un nivel de roca fosfórica con un espesor promedio de unos 27.4 metros de espesor real. Esta parasecuencia predominan los ambientes de depositación de plataforma externa (Véase plano 3/4 en bolsillo).



CONCLUSIONES

- El trabajo de estratigrafía en ambos puntos de estudio muestra que los Shales de Bambucá pertenecen a un ambiente de sedimentación de plataforma.
- El miembro Shale de Bambucá se encuentra en un sistema deposicional de tipo 2 (Highstand y Transgressive System Tract) que se caracteriza por la tasa desacelerante en el aumento del nivel del mar, dándole una menor movilidad al material arrastrado y por consiguiente, dándole características de laminación planoparalela con contenidos importantes de materia orgánica.
- Al tope de cada sección se encuentra un sistema deposicional similar, caracterizado por un aumento en el nivel del mar, un menor índice de depositación y un alto contenido de materia orgánica, seguido de una tasa máxima de aumento en el nivel del mar y un aumento en la acumulación de sedimentos, creando rocas sello y encapsulación de materia orgánica generadora de hidrocarburos.
- La recolección de muestras de lutitas representativas en los afloramientos contribuye en la investigación y análisis para determinar cantidad y tipo de materia orgánica, la capacidad que tiene la roca de aportar hidrocarburos y las características petrográficas.
- Las rocas del miembro Shale de Bambucá fueron asociadas al periodo Cretácico y las superficies de máxima inundación a los pisos Cenomaniano y Turoniano, donde se tiene mayor acumulación de materia orgánica y sedimentos.
- Este trabajo de grado además de tener carácter geológico, busca dar un enfoque adecuado para la recolección de muestras para la posterior realización de pruebas de laboratorio y análisis.
- El levantamiento y análisis estratigráfico junto a la recolección de muestras, determinan diferentes sucesos geológicos que acontecieron y que en el presente estructuran a la cuenca del Valle Superior del Magdalena y los campos petroleros que en ella han sido descubiertos.



RECOMENDACIONES

- Realizar trabajos de cartografía al detalle para las zonas en las que aflora la formación Villeta y sus miembros.
- Continuar con el levantamiento estratigráfico y muestreo en distintos lugares de la Subcuenca de Neiva (Véase plancha 1/4, en bolsillo), con el fin de aumentar la caracterización de la misma.
- Acoger al estudio los otros miembros de la Formación Villeta (Aico Chert, La Luna y Tetuán), dado el reconocimiento que tiene esta como generadora de hidrocarburos.
- Continuar el proyecto con estudios de geoquímica para las muestras representativas de los afloramientos.
- Comparar las muestras de superficie con muestras de subsuelo, con el fin de llegar a conclusiones más acertadas.
- Aumentar los conocimientos sobre ambientes sedimentarios y la influencia que estos tuvieron en la Subcuenca de Neiva.



BIBLIOGRAFÍA

- Velandia, F., Núñez, A., Marquínez, G., Memoria explicativa para el departamento del Huila, INGEOMINAS, Bogotá 2001.
- Ferreira, P., Núñez, A., Rodríguez, M.A., Levantamiento geológico de la plancha 323, INGEOMINAS, Bogotá 2002.
- Marquínez, G., Morales, C. J., Caicedo, J.C., Memoria explicativa: plancha 344 Tesalia, INGEOMINAS, Bogota 2002.
- Palencia, L.A., Chavarro, M.F., Correlación petrofísica en superficie con subsuelo de formaciones productoras subcuenca de Neiva, Universidad Surcolombiana, facultad de ingeniería de petróleos.
- Peña, J.J., Annicchiarico, G.P., Jaramillo, J.M., Velazquez, E., Las calizas de Tetuán: una unidad litoestratigráfica para la subcuenca de Neiva, Valle Superior del Magdalena. Estratigrafía, petrografía y ambiente sedimentario. Revista Académica Colombiana de Ciencia. Volumen XXVI, número 101, Diciembre de 2002.
- Martínez-Álvarez, J. A., 1980. Mapas Geológicos Explicación e interpretación. PARANINFO, S. A. Madrid, España, 2ª. Edición.
- PORTA, J. 1965. "Estratigrafía del Cretácico Superior y Terciario en el extremo sur del Valle Medio del Magdalena". UIS, Bol. Geol., 19:1-50. Bucaramanga.
- PATARROYO, P., 1993. "Las formaciones cretácicas Hondita y Loma Gorda a Propósito de la nomenclatura estratigráfica del Valle Superior del Magdalena, Colombia". Trabajo presentado al VI Congreso Colombiano de Geología. Medellín.
- P. PATARROYO & H. DUEÑAS. "Hourcq y Palinomorfos asociados del Coniaciano temprano, formación Loma Gorda, quebrada Bambucá (Aipe-Huila-Colombia, s. a."



- L.F. Sarmiento, A. Rangel. "Sistemas de Petróleo del Valle Superior del Magdalena, Colombia.", Ecopetrol.
- Metodología para la caracterización de yacimientos no convencionales de gas shale en Colombia-VIM, Pérez R., Perdomo J., Universidad Surcolombiana, facultad de ingeniería de petróleos.
- Vargas, R., 2002. 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., POLANIA MARTINEZ M. Geología de la Zona Norte del Huila y el Desierto de la Tatacoa. Publicación especial Facultad de Ingeniería, Instituto de Ensayos e Investigaciones IDEI. Universidad Surcolombiana. Postgrado en Ambiental Universidad Nacional de Colombia. Seccional Medellín.
- VARGAS CUERVO R., Proyecto de exploración aurífera en el Departamento del Huila. ANGLO GOLD ASHANTI COLOMBIA 2006.
- VARGAS CUERVO R., Estratigrafía del jurasico de la región Surcolombiana. Universidad Surcolombiana. USCO. 2010
- VARGAS CUERVO R., Geomorfología y riesgos Geológicos de la Ciudad de Neiva. Revista Ingeniería y Región. Facultad de Ingeniería 2001.
- VARGAS CUERVO R., LAMILLA GALINDO J, .Reconocimiento Geológico de la cobertura Productiva de la Subcuenca de Neiva Huila Colombia Field Trip PETROMINERALES 2010.
- Vargas Cuervo R. Reconocimiento Geológico del Basamento Economico de la subcuenca de Neiva-y su perspectiva como yacimientos no convencionales. Universidad Surcolombiana 2013.

NOTAS:
 1. Información geológica tomada de las siguientes fuentes:
 a. Universidad Surcolombiana Museo Geológico.
 b. Trabajos de campo y cartografía geológica realizada para este proyecto.
 c. ECOPETROL Proyecto regional VSM.
 d. Ingeominas Mapas Geológicos escala 1:25000.

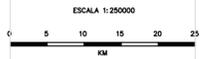
LEYENDA GEOLÓGICA

- Formación Villa Superior
- Formación Villa Inferior
- Formación Villa Intermedia
- Formación Villa Subintermedia



816163

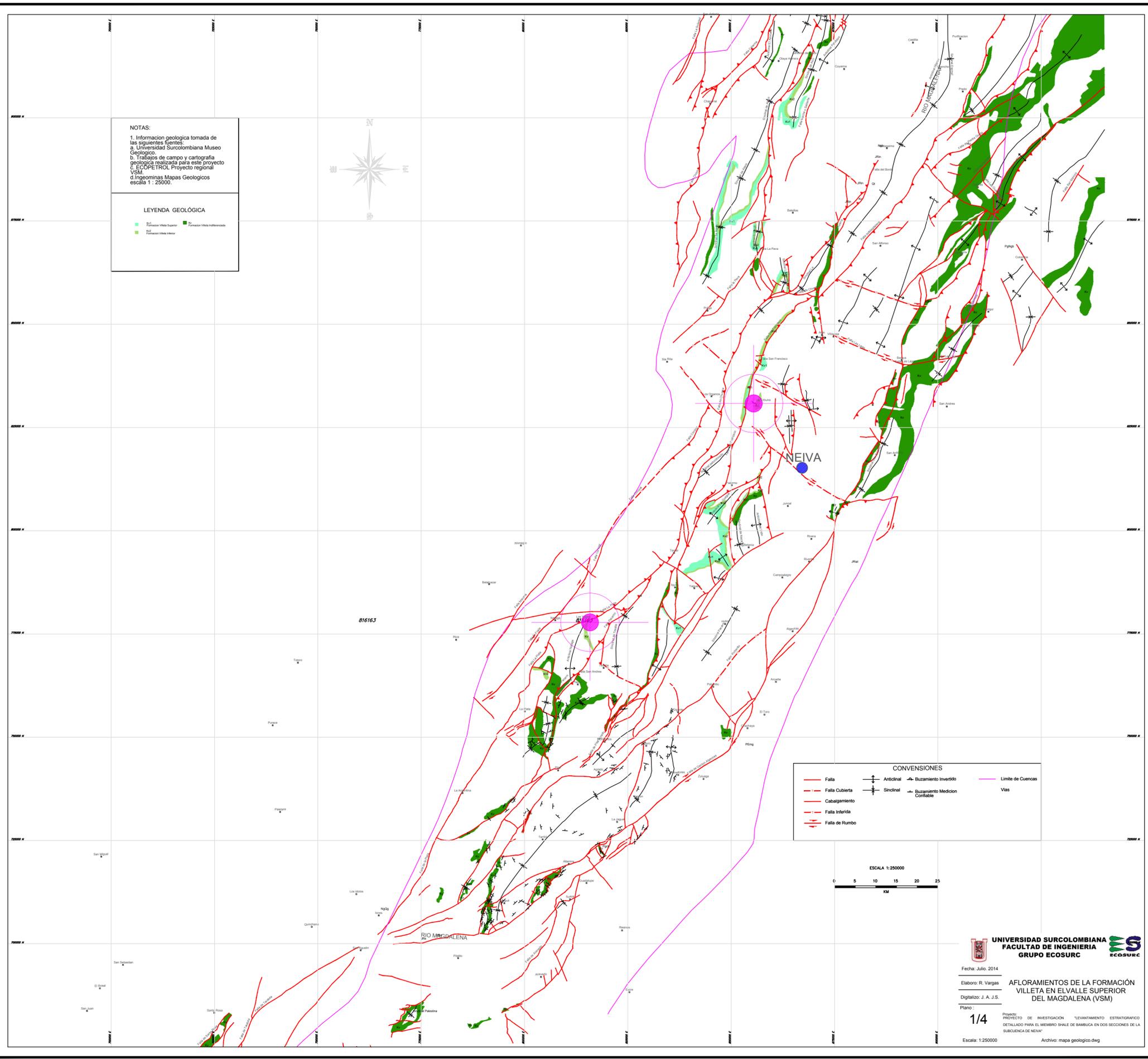
CONVERSIONES			
	Falla		Anticlinal
	Falla Cubierta		Sinclinal
	Cabalgamiento		Buzamiento Medicion Confiable
	Falla Invertida		Buzamiento Invertido
	Falla de Rumbo		Vías
	Limite de Cuencas		

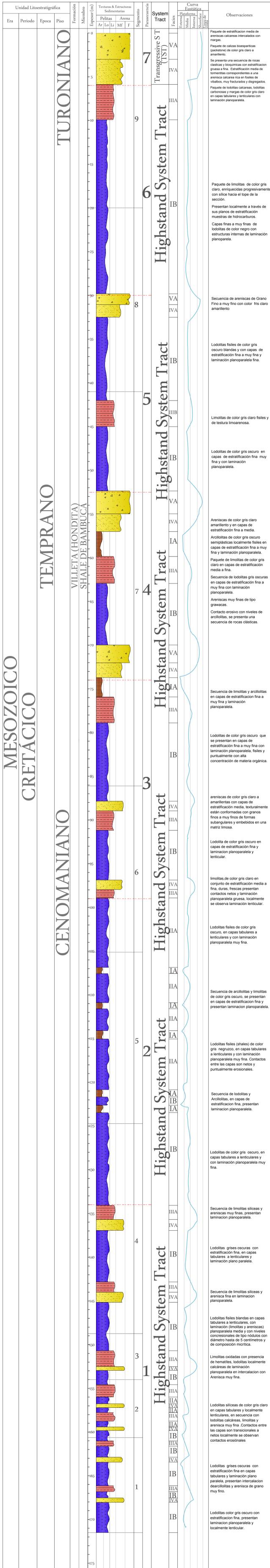


UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 GRUPO ECOSURC

Fecha: Julio, 2014
 Elaboro: R. Vargas
 Digitalizo: J. A. J.S.
 Plano: 1/4

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN "LEVANTAMIENTO ESTRATIGRAFICO DETALLADO PARA EL MIEMBRO SHALE DE BAMBUCA EN DOS SECCIONES DE LA SUBCUENCA DE NEIVA"
 Escala: 1:250000
 Archivo: mapa geologico.dwg





CONVENCIONES

- Arenisca Fina
- Arenisca Muy Fina
- Limolita
- Lodolita
- Arcilolita
- Curva Eustática

DESCRIPCION DE FACIES

- IA Arcilla con laminación planoparalela y concentración de foraminíferos.
- IB Lodolita con laminación planoparalela a veces fosilífera.
- IIA Lodolita con lentes discontinuos de limolita o arena muy fina.
- IIIB lodolita con lentes discontinuos de limolita silicea.
- IIIA Arena muy fina con alta concentración de limolita silicea.
- IIIBB Areniscas de grano fino a muy fino.
- IVB Arenisca localmente fosfática.

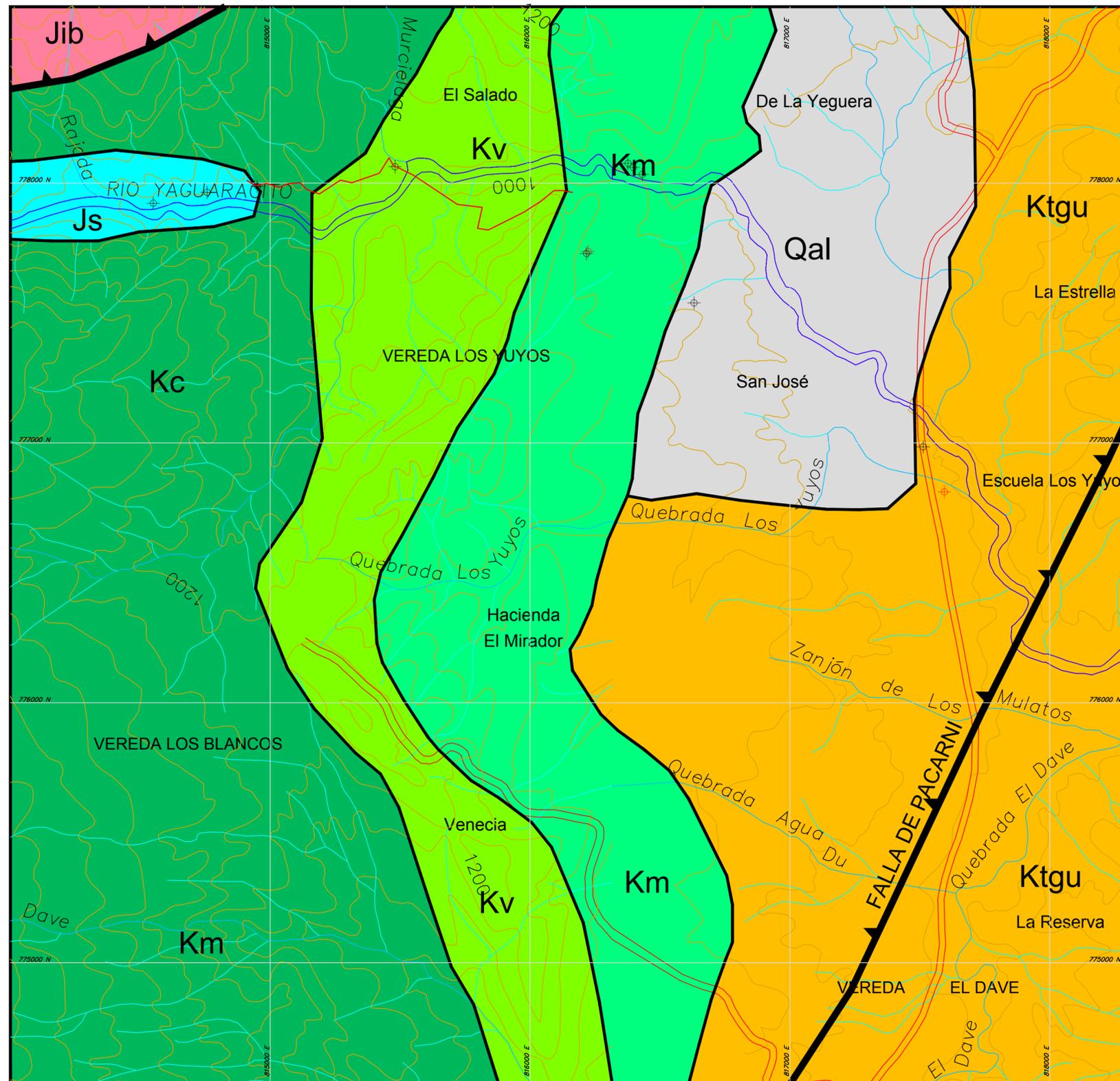
UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA

Fecha: 21 de Julio 2014
Elaboró: R. Vargas
C. Pérez
C. Díaz
Digitalizó: C. Pérez

COLUMNA ESTRATIGRÁFICA DEL MIEMBRO SHALE DE BAMBUCA, SECTOR DE LA TRIBUNA

Plano: 2/4
Escala: 1:100

Proyecto de investigación: "LEVANTAMIENTO ESTRATIGRAFICO DETALLADO PARA EL MIEMBRO SHALE DE BAMBUCA EN DOS SECCIONES DE LA SUBCUENCA DE NEIVA"



CONVENCIONES TOPOGRAFICAS

	Quebradas
	Carretera pavimentada
	Carretera sin pavimentar
	Carreteables y caminos
	Caserio
	Curvas

CONVENCIONES GEOLOGICAS

	Contacto entre formaciones geologicas
	Qal Depositos aluviales del rio Yaguaracito.
	Ktgu Formacion Guadaluja Miembro San Francisco. Arcillolitas abigarradas.
	Km Formacion Monserrate miembro K1 K2 K3 K4 .
	Kv Formacion Villeta Miembro Bambucá.
	Kc Formacion Caballos miembros inferior y medio. Cuarzoarenitas con delgados niveles lutiticos.
	Jib Batolito de Ibague cuarzdioritas y monzonitas
	Js Formacion Saldaña, Flujos de riolitas rosadas con intercalaciones de dacitas.

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Fecha: Febrero 2010	<p>RECONOCIMIENTO GEOLOGICO DE LA COBERTURA PRODUCTIVA DE LA SUBCUENCA</p> <p>FIELD TRIP DIA 2</p> <p>Msc. Geo. ROBERTO VARGAS CUERVO</p>
Elaboro: Roberto Vargas	
Plano : 4/4	
Escala: 1:10000	

ANEXO 1. DESCRIPCION DE MUESTRAS PARA LA TRIBUNA Y LOS YUYOS

CARLOS ANDRÉS PÉREZ BADILLO

CARLOS IVÁN DÍAZ QUIMBAYA

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

Director

Geólogo ROBERTO VARGAS CUERVO

Docente de la Facultad de Ingeniería de Petróleos

Universidad Surcolombiana

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

FACULTAD DE INGENIERÍA

INGENIERÍA DE PETRÓLEOS

NEIVA

2014

CONTENIDO

ANEXO 1. DESCRIPCION DE MUESTRAS PARA LA TRIBUNA Y LOS YUYOS .	1
1. ANÁLISIS DE MUESTRAS RECOLECTADAS	1
1.1. Muestras recolectadas en La Tribuna para la Formación Villeta.....	1
Muestra N°: 28 La Tribuna	1
Muestra N°: 31 La Tribuna	4
Muestra N°: 38-2 La Tribuna	7
Muestra N°: 38-1 La Tribuna	10
Muestra N°: 41 La Tribuna	13
Muestra N°: 42 La Tribuna	16
Muestra N°: 45 La Tribuna	19
Muestra N°:48 La Tribuna	22
Muestra N°: 51 La Tribuna	25
Muestra N°: 53 La Tribuna	28
1.2. Muestras recolectadas en Los Yuyos para la formación Villeta	31
Muestra N°: 4-5 Los Yuyos.....	31
Muestra N°: 5-6 Los Yuyos.....	34
Muestra N°: 6-7 Los Yuyos.....	37

1. ANÁLISIS DE MUESTRAS RECOLECTADAS

1.1. Muestras recolectadas en La Tribuna para la Formación Villeta

Muestra N°: 28 La Tribuna

I. LOCALIZACIÓN

Muestra tomada sobre el cauce de la quebrada El Neme en el sector más oriental de la finca La Tribuna y posee las siguientes coordenadas geográficas:

NORTE	ESTE
830896	855784

II. CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS Y RELACIONES DE CAMPO:

La muestra corresponde a la base de la unidad litoestratigráfica dentro del Shale de Bambucá y fue tomada entre los puntos 28-29 de la poligonal levantada a 5 metros del P 28. Aquí se encuentra un conjunto de estratificación fina a media conformado por lodolitas de color gris medio (N5) de formas tabulares y con laminación plano paralela.



Fotografía 1. Detalle de la muestra E-28

III. CARACTERÍSTICAS MICROSCÓPICAS:

TEXTURA ESTRUCTURA

Roca sedimentaria clástica conformada por partículas de tamaño limo (10%) lodo (80%) y granos muy finos (10%) con estructuras internas de tipo laminación planoparalela

COMPOSICIÓN MINERALÓGICA

Los minerales presentes en la sección delgada presentan la siguiente distribución:

ESENCIALES	ACCESORIOS
Cuarzo.....90%	Carbonatos.....1%
	Minerales de arcilla....5%
	Óxidos de hierro.....4%

DESCRIPCIÓN DE MINERALES:

CUARZO: (90%) compuesto por dos fracciones

- **CUARZO DE GRANO FINO A MUY FINO:** (10%) se presenta a manera de granos de aspecto hialino localmente lechoso de formas subredondeadas a subangulares. Puntualmente algunas caras presentan estrías de fricción producto de micro tectonismo.
- **CUARZO TAMAÑO LIMO:** (80%), Gran parte de la roca está conformada por sílice microcristalina de tamaño limo y lodo.

MINERALES DE ARCILLA: (5%) se observan algunos cristales de arcillas microcristalinas.

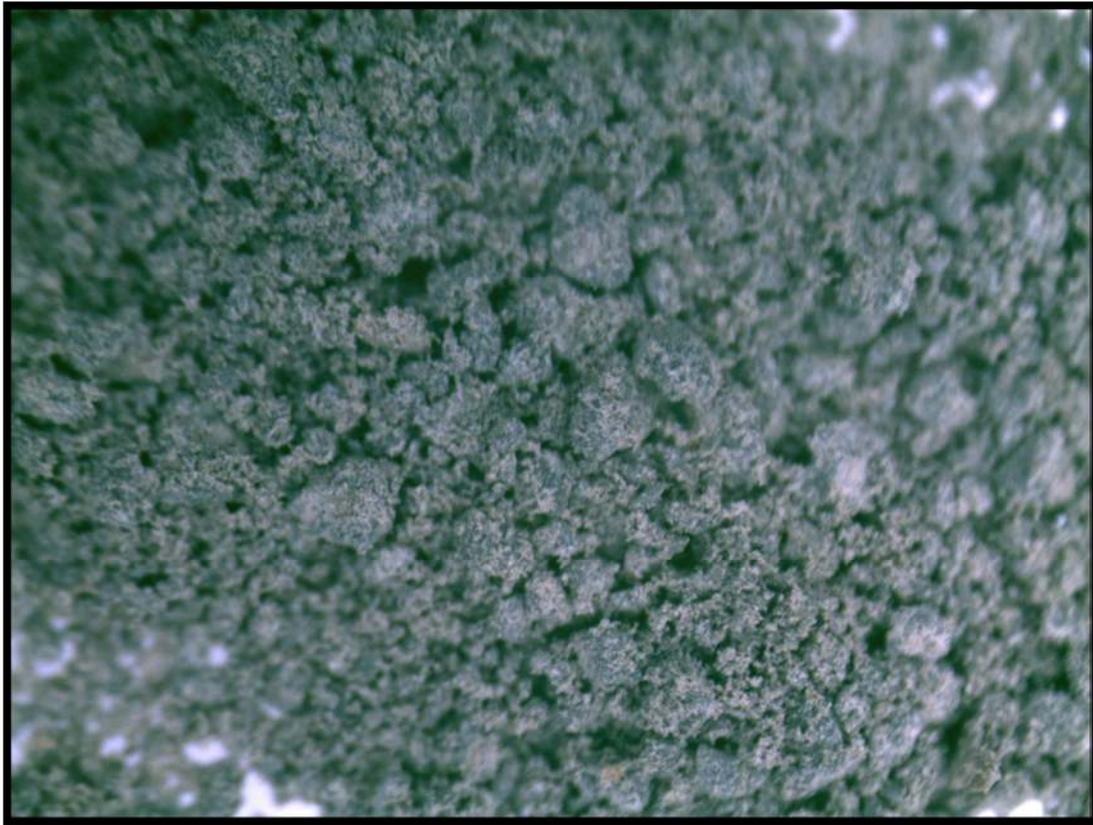
OXIDOS DE HIERRO: (4%) se presentan a manera de pátinas de color amarillo pálido y tonalidades rojizas, correspondiendo mineralógicamente a limonitas y hematites, estos minerales son de carácter secundario y se presentan por procesos de meteorización química de sulfuros tipo pirita.

CARBONATOS: (1%) Se presentan cristales tamaño limo y lodo de carbonatos que efervesce al ácido clorhídrico

OTRAS OBSERVACIONES: El mineral más abundante de la sección es el cuarzo que se presenta en forma microcristalina dándole a la roca un aspecto de salificación. Puntualmente se observan venillas de calcita.

IV. ORIGEN DE LA ROCA: sedimentario clástico

V. CLASIFICACION: lodolita silícea.



Fotografía 2. (1 x 10X) partículas de limo y lodo silíceo recubiertas con una película de arcilla.

Muestra N°: 31 La Tribuna

I. LOCALIZACIÓN

Muestra tomada sobre la margen izquierda aguas abajo de la quebrada El Neme hacia el oriente de la finca La Tribuna y posee las siguientes coordenadas geográficas:

NORTE	ESTE
830883	855722

II. CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS Y RELACIONES DE CAMPO:

La muestra corresponde a la base de la unidad litoestratigráfica dentro del Shale de Bambucá y entre los puntos 31-32 de la poligonal levantada a 3 metros del P 31. La sección se presenta como una secuencia de estratificación fina conformado por lodolitas silíceas de color gris claro (N6) en capas tabulares y localmente lenticulares gradando a lodolitas calcáreas, presentan laminación planoparalela fina y se encuentran localmente recubiertas con una película de calcita.



Fotografía 3. Detalle de la muestra E-31

III. CARACTERÍSTICAS MICROSCÓPICAS:

TEXTURA ESTRUCTURA

Roca sedimentaria clástica conformada por partículas de tamaño limo (40%) lodo (40%) y granos muy finos (20%) con estructuras internas de tipo laminación planoparalela.

COMPOSICION MINERALOGICA

Los minerales presentes en la sección delgada presentan la siguiente distribución:

ESENCIALES	ACCESORIOS
Cuarzo.....60%	Fragmentos de roca::::15%
	Minerales de arcilla....23%
	Óxidos de hierro.....2%

DESCRIPCION DE MINERALES:

CUARZO: (60%) compuesto por dos fracciones

- **CUARZO DE GRANO FINO A MUY FINO:** (20%) se presenta a manera de granos de aspecto hialino de formas angulares a subangulares; con fractura concoidea y partición mecánica por efectos físicos.
- **CUARZO TAMAÑO LIMO:** (40%), Gran parte de la roca está conformada por sílice microcristalina de tamaño limo y lodo.

MINERALES DE ARCILLA: (23%) Por análisis de difracción de rayos x realizados por el museo geológico del petróleo en otros proyectos para este sector se determina la presencia de montmorillonita, halloisita e illita.

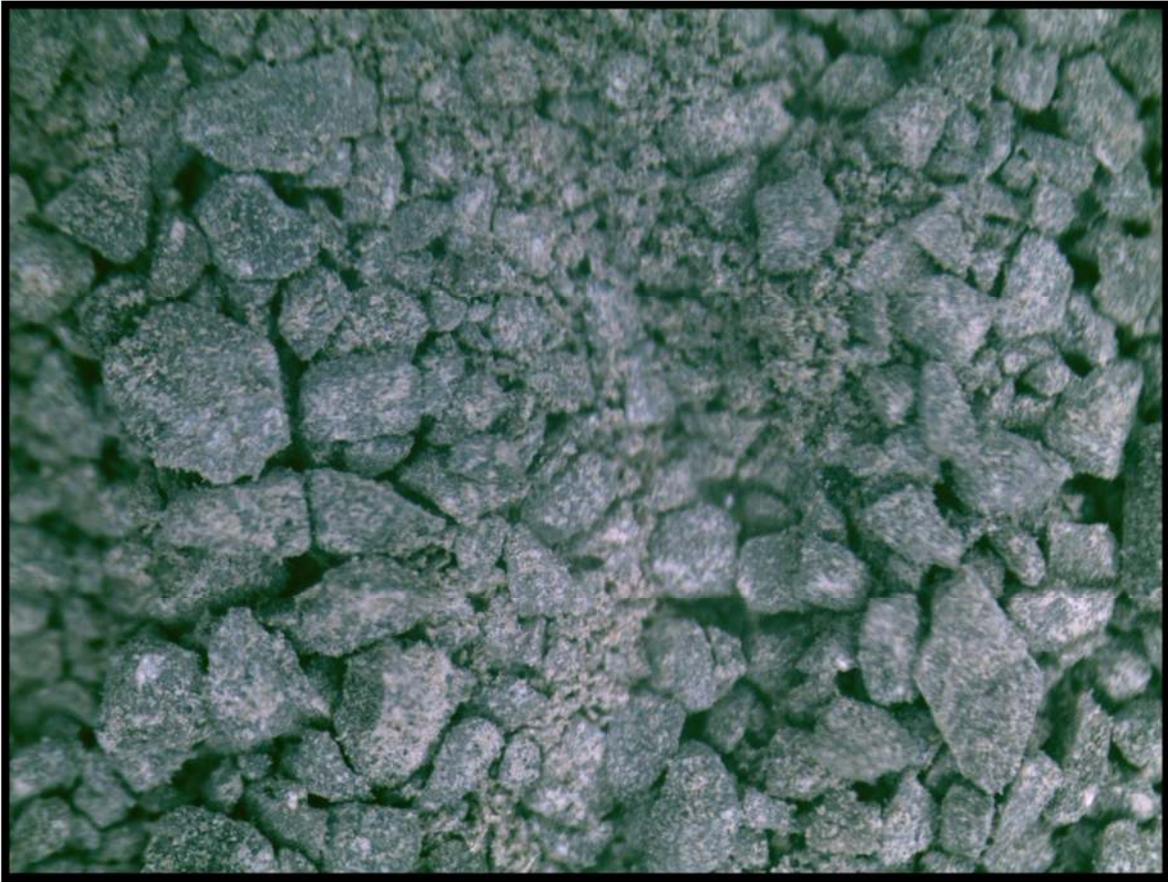
OXIDOS DE HIERRO: (2%) se observan algunos cristales de color rojizo conformados por hematites y tonalidades amarillas pertenecientes a, estos minerales son de carácter secundario y se presentan por procesos de meteorización química de sulfuros tipo pirita.

FRAGMENTOS DE ROCA: (15%) se observan fragmentos de roca de tipo lodolita.

OTRAS OBSERVACIONES: el ripio presenta alto grado de fracturamiento y en los fragmentos de roca se observa claramente la fisilidad

IV. ORIGEN DE LA ROCA: sedimentario clástico

V. CLASIFICACION: limolita silícea.



Fotografía 4. (1 x 10X) partículas de limo y lodo y granos muy finos.

Muestra N°: 38-2 La Tribuna

I. LOCALIZACIÓN

Muestra tomada hacia la base de un afloramiento localizado sobre la margen derecha aguas arriba del cauce de la quebrada El Neme; y denominado para este trabajo como sección 3 y posee las siguientes coordenadas geográficas:

NORTE	ESTE
830858	855613

II. CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS Y RELACIONES DE CAMPO:

Suprayaciendo la sección 2 y en contactos erosivos se presenta un conjunto de estratificación fina a muy fina con una potencia de 5.2 metros conformado por lodolitas fisiles, blandas en capas tabulares a lenticulares con laminación planoparalela media; localmente se encuentran intercalaciones de margas de color gris oscuro estas son blandas, fisiles y muy fracturadas. La parte media de la sección presenta algunos niveles concrecionales de tipo nódulos con diámetros hasta de 5 centímetros y de composición micrítica.



Fotografía 5. Detalle de la muestra E-38-2

III. CARACTERÍSTICAS MICROSCÓPICAS:

TEXTURA ESTRUCTURA

Roca sedimentaria clástica conformada por partículas de tamaño lodo (70%), limo (10%) y granos muy finos (20%) con estructuras internas de tipo laminación planoparalela.

COMPOSICION MINERALOGICA

Los minerales presentes en la sección delgada presentan la siguiente distribución:

ESENCIALES	ACCESORIOS
Cuarzo.....64%	Carbonatos.....5%
	Minerales de arcilla...30%
	Óxidos de hierro.....1%

DESCRIPCION DE MINERALES:

- **CUARZO TAMAÑO LODO:** (64%), Gran parte de la roca está conformada por sílice microcristalina de tamaño lodo.

MINERALES DE ARCILLA: (30%) se observan algunos minerales de arcillas microcristalinas formando un material terroso semiplástico.

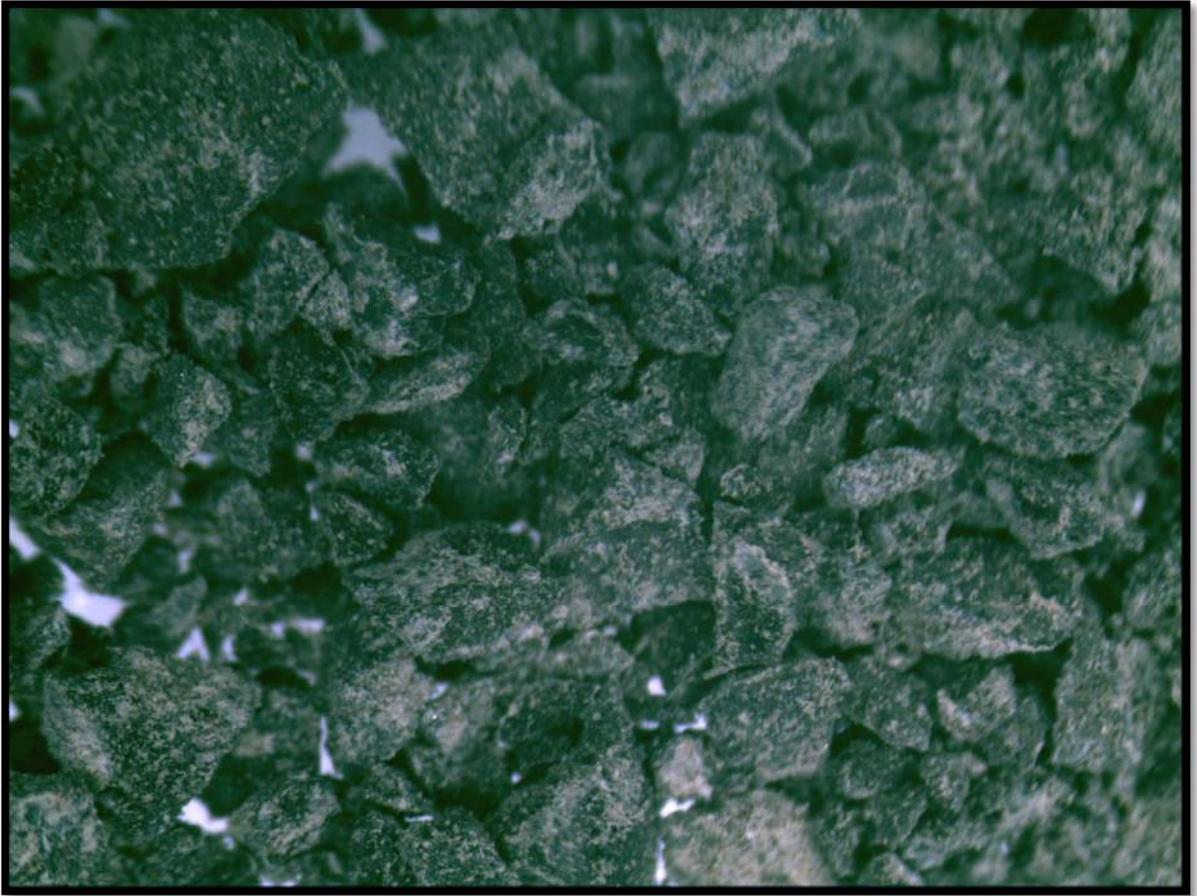
OXIDOS DE HIERRO: (1%) se presentan asociados a los planos de estratificación a manera de pátinas de color amarillo pálido y tonalidades rojizas, correspondiendo mineralógicamente a limonitas y hematites, estos minerales son de carácter secundario y se presentan por procesos de meteorización química de sulfuros tipo pirita.

CARBONATOS: (5%) Se presentan cristales tamaño limo y lodo de carbonatos asociados a las lodolitas.

OTRAS OBSERVACIONES: la sección corresponde a lodolitas localmente calcáreas.

IV. **ORIGEN DE LA ROCA:** sedimentario clástico.

V. **CLASIFICACION:** lodolita calcárea.



Fotografía 6. (1 x 10 X) partículas lodo con limo y granos muy finos.

Muestra N°: 38-1 La Tribuna

I. LOCALIZACIÓN

Muestra tomada sobre un afloramiento localizado sobre la margen derecha aguas arriba del cauce de la quebrada El Neme; y posee las siguientes coordenadas geográficas:

NORTE	ESTE
830863	855628

II. CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS Y RELACIONES DE CAMPO:

Hacia el tope de la sección 3 donde fue tomada la muestra se presentan capas de lodolitas calcáreas, margas y limolitas oxidadas con presencia de hematites y limonita dándole a la roca una apariencia amarillenta



Fotografía 7. Detalle de la muestra E-38-1

III. CARACTERÍSTICAS MICROSCÓPICAS:

TEXTURA ESTRUCTURA

Roca sedimentaria clástica conformada por partículas de tamaño limo (20%) y lodo (80%) con estructuras internas de tipo laminación planoparalela.

COMPOSICION MINERALOGICA

Los minerales presentes en la sección delgada presentan la siguiente distribución:

ESENCIALES	ACCESORIOS
Cuarzo.....65%	Carbonatos.....10%
	Minerales de arcilla....20%
	Óxidos de hierro.....5%

DESCRIPCION DE MINERALES:

CUARZO TAMAÑO LIMO-LODO: (65%), Gran parte de la roca está conformada por sílice microcristalina de tamaño limo y lodo.

MINERALES DE ARCILLA: (20%) Por análisis de difracción de rayos x realizados por el museo geológico del petróleo en otros proyectos para este sector se determina la presencia de montmorillonita, halloisita e illita

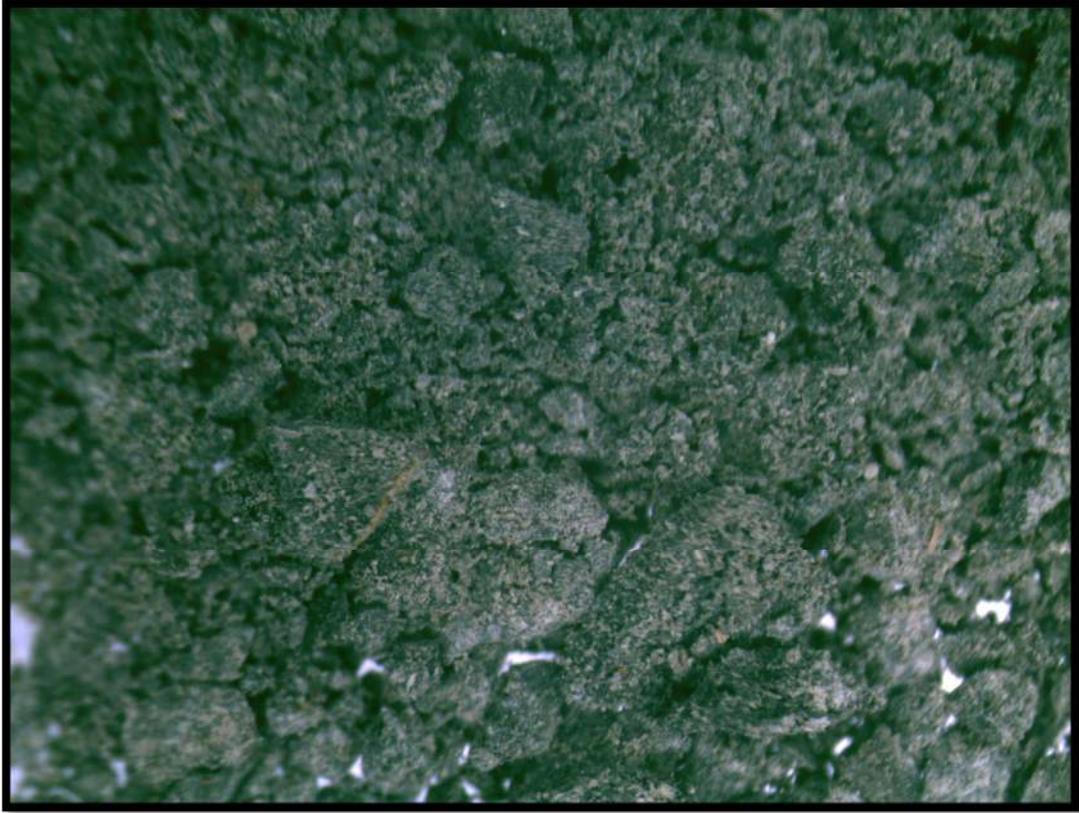
OXIDOS DE HIERRO: (5%) la muestra descrita se encuentra oxidada por los planos de estratificación y diaclasas se presentan a manera de pátinas de color amarillo pálido y tonalidades rojizas, correspondiendo mineralógicamente a limonitas y hematites.

CARBONATOS: (10%) Se presentan asociados a fragmentos de lodolitas localmente formando margas.

OTRAS OBSERVACIONES: hacia el tope de la sección 3 donde fue tomada la muestra descrita se presentan capas de margas y lodolitas calcáreas.

IV. **ORIGEN DE LA ROCA:** sedimentario clástico y químico.

V. **CLASIFICACION:** lodolita calcárea.



Fotografía 8. (1 x 10 X) partículas compuestas principalmente de lodo y limo.

Muestra N°: 41 La Tribuna

I. LOCALIZACIÓN

Muestra tomada en un afloramiento localizado sobre la margen derecha del cauce de la quebrada El Neme aguas arriba y posee las siguientes coordenadas geográficas:

NORTE	ESTE
830817	855444

II. CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS Y RELACIONES DE CAMPO:

Con un espesor de 24.1 metros fue levantada en los puntos de control (P 40-41) y está conformada por una secuencia de limolitas y lodolitas de color pardo amarillento (5YR 2/1) a gris oscuro (N3), se presentan en capas tabulares con estratificación fina a media, las lodolitas presentan laminación planoparalela y las limolitas laminación comvoluta, composicionalmente las limolitas son muy silíceas.



Fotografía 9. Detalle de la muestra E-41

III. CARACTERÍSTICAS MICROSCÓPICAS:

TEXTURA ESTRUCTURA

Roca sedimentaria clástica conformada por partículas de tamaño limo (10%) lodo (80%) y granos muy finos (10%) con estructuras internas de tipo laminación planoparalela.

COMPOSICION MINERALOGICA

Los minerales presentes en la sección delgada presentan la siguiente distribución:

ESENCIALES	ACCESORIOS
Cuarzo.....80%	Carbonatos.....1%
	Minerales de arcilla....19%
	Óxidos de hierro.....Tz

DESCRIPCION DE MINERALES:

CUARZO TAMAÑO LIMO: (80%), Gran parte de la roca está conformada por sílice microcristalina de tamaño limo.

MINERALES DE ARCILLA: (19%) se determinaron minerales de arcilla de características semiplásticas y de tipo montmorillonítico.

OXIDOS DE HIERRO: (Trazas) se presentan esporádicas patinas de limonita.

CARBONATOS: (1%) Se presentan cristales tamaño limo y lodo de carbonatos que efervescen al ácido clorhídrico

OTRAS OBSERVACIONES: la sección.

IV. ORIGEN DE LA ROCA: sedimentario clástico.

V. CLASIFICACION: limolita silicea.



Fotografía 10. (1 x 10 X) partículas de lodo acompañadas de limo y granos muy finos.

Muestra N°: 42 La Tribuna

I. LOCALIZACIÓN

Muestra tomada en un afloramiento localizado sobre la margen izquierda del cauce de la quebrada El Neme aguas arriba y posee las siguientes coordenadas geográficas:

NORTE	ESTE
830852	855516

II. CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS Y RELACIONES DE CAMPO:

La muestra fue tomada a dos metros de la base del afloramiento el cual se presenta como un conjunto de estratificación fina conformado por lodolitas fisiles de color gris oscuro a negruzco localmente oxidadas dando al afloramiento una apariencia violácea, también se encuentra afectado por quelación manifestada por la presencia de líquenes y musgos. El afloramiento se encuentra muy fracturado y afectado localmente por pequeñas fallas distensivas.



Fotografía 11. Detalle de la muestra E-42

III. CARACTERÍSTICAS MICROSCÓPICAS:

TEXTURA ESTRUCTURA

Roca sedimentaria clástica conformada por partículas de tamaño lodo (90%) y arcilla (10%) con estructuras internas de tipo laminación planoparalela y localmente lenticular.

COMPOSICION MINERALOGICA

Los minerales presentes en la sección delgada presentan la siguiente distribución:

ESENCIALES	ACCESORIOS
Sílice.....70%	Óxidos de hierro.....10%
Minerales de arcilla....20%	

DESCRIPCION DE MINERALES:

SÍLICE: (70%) se presenta en partículas de tamaño lodo, estas son frágiles localmente se observa fractura concoidea.

MINERALES DE ARCILLA: (20%) se presentan a manera de partículas de color blanco a crema de comportamiento semiplástico y humedecen rápidamente al contacto con agua.

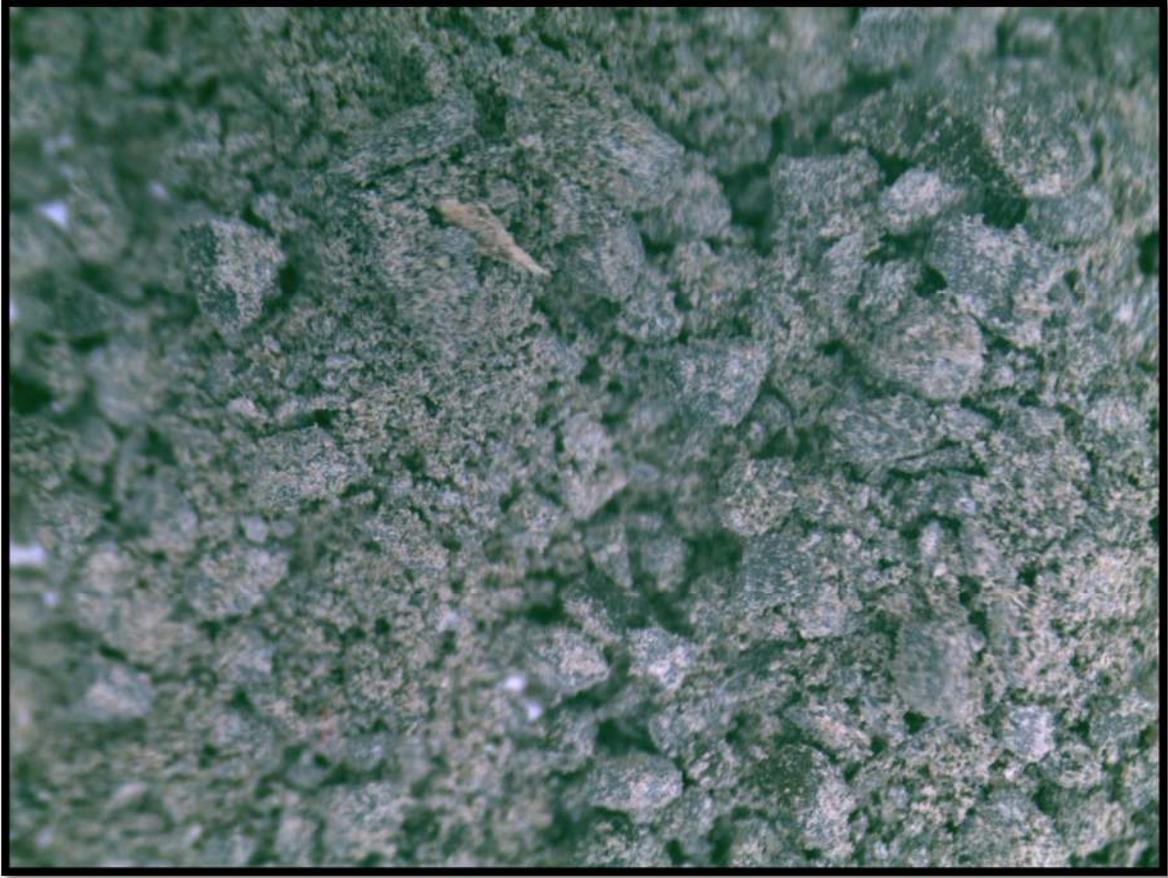
OXIDOS DE HIERRO: (10%) se presentan a manera de pátinas de color amarillo y violáceo, correspondiendo mineralógicamente a limonitas, limonitas y hematites, estos minerales son de carácter secundario y se presentan por procesos de meteorización química de sulfuros.

OTRAS OBSERVACIONES:

De acuerdo a los análisis de las características de muestras de roca observados en el ripio se considera que la roca tiene un alto contenido de materia orgánica, así también, es bastante fisil.

IV. ORIGEN DE LA ROCA: sedimentario clástico

V. CLASIFICACION: lodolita silíceo (lutita, shale).



Fotografía 12. (1 x 10 X) muestra constituida principalmente de lodo y partículas de arcilla.

Muestra N°: 45 La Tribuna

I. LOCALIZACIÓN

Muestra tomada en un escarpe que forma la cascada Chispiadal sobre el cauce de la quebrada El Neme y posee las siguientes coordenadas geográficas:

NORTE	ESTE
830885	855435

II. CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS Y RELACIONES DE CAMPO:

La muestra fue tomada a 0.5 metros de la base del afloramiento y el cual está conformado por un conjunto de estratificación media a fina de rocas clásticas compuestas por intercalación de lodolitas y limolitas. Las limolitas se encuentran hacia la base y presentan oxidación a través de sus planos de estratificación y diaclasas con presencia de hematites y limonita, las lodolitas, a las cuales corresponde la muestra descrita, son de color gris oscuro (N3) se presentan en capas de estratificación fina a muy fina, fisiles y puntualmente con alta concentración de materia orgánica. Composicionalmente son ricas en sílice generando a través de sus fracturas cortes concoides. En este punto se encuentra localizado el primer rezumadero asociado a estas rocas.



Fotografía 13. Detalle de la muestra E-45

III. CARACTERÍSTICAS MICROSCÓPICAS:

TEXTURA ESTRUCTURA

En un análisis granulométrico se determinó que la muestra está conformada por partículas de tamaño limo (30%) lodo (60%) y granos muy finos (10%) con estructuras internas de tipo laminación planoparalela y en menor proporción de tipo lenticular.

COMPOSICION MINERALOGICA

Para esta muestra se realizó un análisis al microscopio binocular y en el cual se determinó la siguiente distribución:

ESENCIALES	ACCESORIOS
Sílice.....50%	Carbonatos.....1%
Minerales de arcilla....34%	Óxidos de hierro.....10%
Cuarzo.....5%	

DESCRIPCION DE MINERALES:

CUARZO: (5%) compuesto por dos fracciones

- **Cuarzo de grano fino:** (5%) se presentan algunos granos muy finos compuestos mineralógicamente por cuarzo lechoso de formas subredondeadas.
- **SILICE TAMAÑO LIMO Y LODO:** (50%), Gran parte de la roca está conformada por sílice microcristalina de tamaño limo y lodo.

MINERALES DE ARCILLA: (34%) se observan algunas partículas de tamaño arcilla que al contacto con el agua se torna semiplástica.

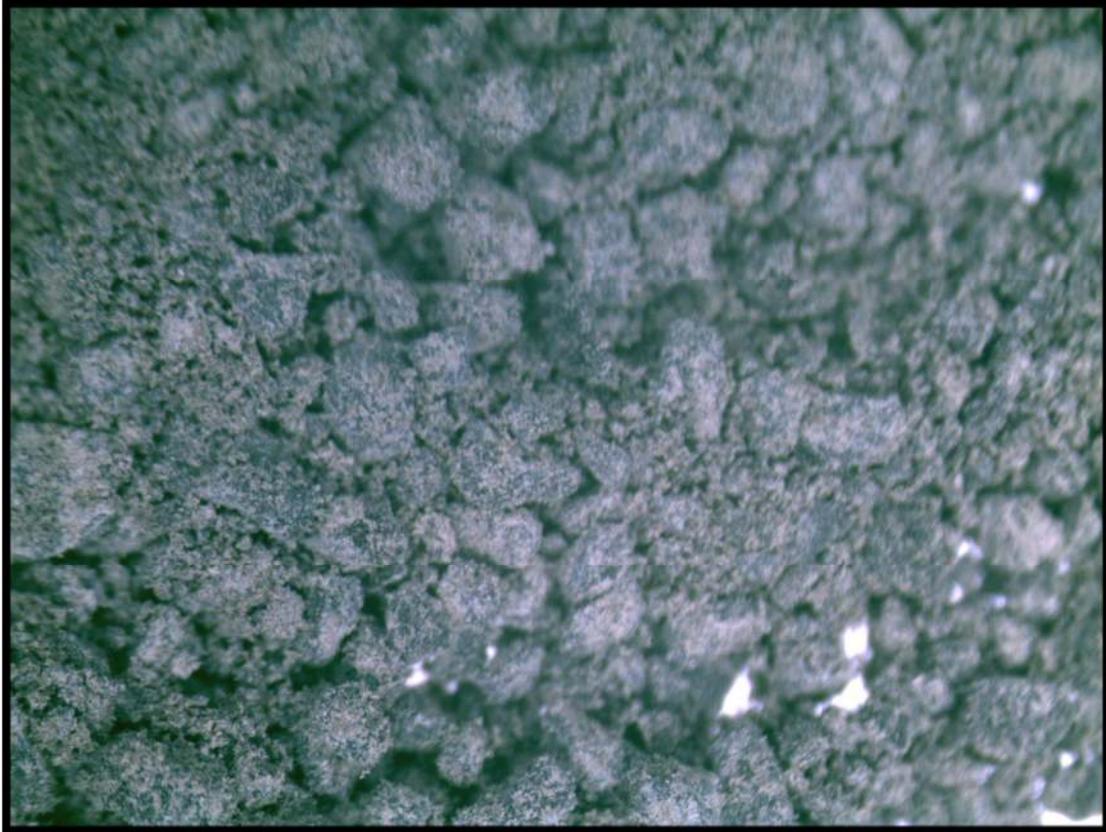
OXIDOS DE HIERRO: (10%) minerales secundarios que corresponden mineralógicamente a limonitas y hematites, se presentan a manera de pátinas de color amarillo pálido y tonalidades rojizas, estos minerales son de carácter secundario y se presentan por procesos de meteorización química de sulfuros tipo pirita.

CARBONATOS: (1%) Se presentan cristales tamaño limo y lodo de carbonatos que efervescen al ácido clorhídrico.

OTRAS OBSERVACIONES: la roca se encuentra altamente silificada dándole al afloramiento un carácter de fracturamiento en bloques.

IV. ORIGEN DE LA ROCA: sedimentario clástico

V. CLASIFICACION: lodolita silicea.



Fotografía 14. (1 x 10 X) muestra constituida de lodo con arcilla y granos muy finos.

Muestra N°:48 La Tribuna

I. LOCALIZACIÓN

Muestra tomada sobre el cauce de la quebrada El Neme. Posee las siguientes coordenadas geográficas:

NORTE	ESTE
831019	855240

II CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS Y RELACIONES DE CAMPO:

La muestra fue tomada hacia la parte media de la sección 7, donde se presenta una secuencia de lodolitas y limolitas arenosas de color gris oscuro a negruzco (N3 – N2), las lodolitas se presentan en capas de estratificación media con estructuras internas homogéneas; hacia el tope de esta sección se presentan limolitas arenosas en capas de estratificación media a fina. La muestra fue tomada en una secuencia de capas de lodolitas



Fotografía 15. Detalle de la muestra E-48

III. CARACTERÍSTICAS MICROSCÓPICAS:

TEXTURA ESTRUCTURA

La muestra fue pulverizada para realizarle un análisis granulométrico por el método de Boyuco, el cual determino que está conformada texturalmente por granos de arena de finos a muy finos (20%) y partículas de tamaño limo (20%), lodo (50%) y arcilla (10%).

COMPOSICION MINERALOGICA

Realizado el análisis al microscopio binocular se determinó la siguiente distribución:

ESENCIALES	ACCESORIOS
Sílice.....75%	Carbonatos.....1%
Minerales de arcilla....10%	Óxidos de hierro.....4%
Cuarzo.....10%	

DESCRIPCION DE MINERALES:

CUARZO DE GRANO FINO A MUY FINO: (10%) se observan granos de aspecto lechoso de formas subredondeadas a subangulares.

SILICE: (75%) la mayor parte de la muestra está conformada por sílice microcristalina (cuarzo)

MINERALES DE ARCILLA: (10%) la muestra presenta partículas de tamaño arcilla que se vuelven semiplásticas al hidratar.

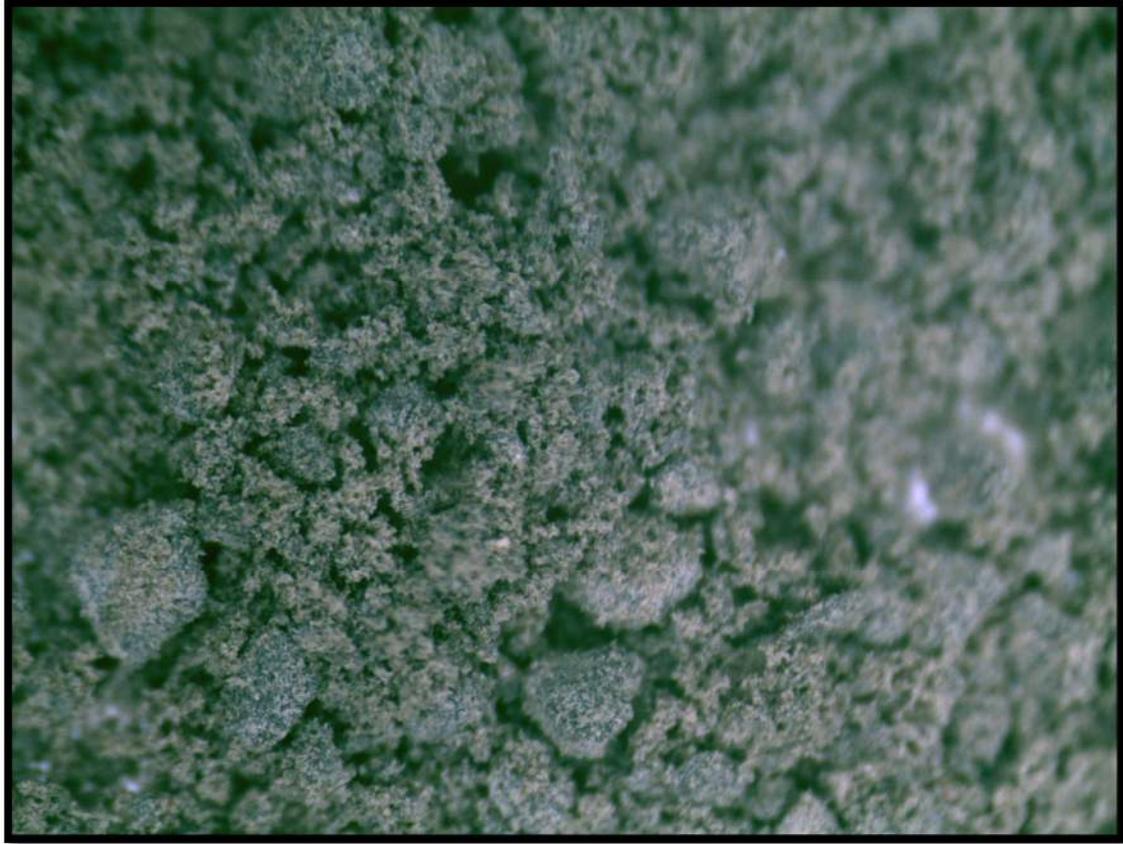
OXIDOS DE HIERRO: (4%) se presentan algunas pátinas y nidos diseminados en la roca de color amarillo pálido y tonalidades rojizas, correspondiendo mineralógicamente a limonitas y hematites.

CARBONATOS: (1%) Se presentan cristales tamaño limo y lodo de carbonatos que se desintegran fácilmente al ácido clorhídrico

OTRAS OBSERVACIONES: la muestra presenta contenido de materia orgánica volviéndose puntualmente más carbonosa.

IV. ORIGEN DE LA ROCA: sedimentario clástico

V. CLASIFICACION: lodolita silicea.



Fotografía 16. (1 x 10 X) partículas de limo, lodo, partículas tamaño limo y granos finos a muy finos.

Muestra N°: 51 La Tribuna

I. LOCALIZACIÓN

Muestra tomada en un afloramiento presente sobre el cauce de la quebrada El Neme, en la sección 8 y posee las siguientes coordenadas geográficas:

NORTE	ESTE
831177	855147

II. CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS Y RELACIONES DE CAMPO:

El afloramiento está conformado por un conjunto de estratificación fina, con un espesor de 21 metros de limolitas arenosas y lodolitas. Las limolitas se presentan en capas finas a medias y con laminación flaser. Las lodolitas gradan a lodolitas arenosas y se presentan localmente a través de sus planos de estratificación impregnadas de hidrocarburos. La muestra fue tomada en la parte media del afloramiento a 11 metros de su base.



Fotografía 17. Detalle de la muestra E-51

III. CARACTERÍSTICAS MICROSCÓPICAS:

TEXTURA ESTRUCTURA

Roca sedimentaria clástica de color gris claro conformada por granos de tamaño arena de fino a muy fino (15%) y lodo (85%) con estructuras internas de tipo laminación interna de tipo flaser.

COMPOSICION MINERALOGICA

Los minerales presentes en la sección delgada presentan la siguiente distribución:

ESENCIALES	ACCESORIOS
Cuarzo.....15%	Carbonatos.....5%
Minerales de arcilla....80%	Óxidos de hierro.....Tz

DESCRIPCION DE MINERALES:

CUARZO (15%) CUARZO DE GRANO FINO A MUY FINO: se observan granos de tamaño muy fino de formas subangulares y de aspecto hialino localmente lechoso de formas subredondeadas a subangulares.

MINERALES DE ARCILLA: (80%) la mayor parte de la muestra se observa como un material microcristalino muy fino conformado por partículas de tamaño arcilla, su comportamiento es no plástico y presentan alto contenido de materia orgánica.

CARBONATOS: (5%) Se presentan láminas de calcita a través de microfracturas y dentro de los poros de la roca que efervescen al ácido clorhídrico.

OXIDOS DE HIERRO: (Trazas) se presentan a manera de pátinas de color amarillo pálido, correspondiendo mineralógicamente a limonitas, estos minerales son de carácter secundario y se presentan por procesos de meteorización química de sulfuros tipo pirita.

OTRAS OBSERVACIONES: los minerales de arcilla son los más abundantes de la muestra. También presenta alto contenido de materia orgánica diseminada con la arcilla.

IV. ORIGEN DE LA ROCA: sedimentario clástico

V. CLASIFICACION: lodolita carbonosa.



Fotografía 18. (1 x 10 X) partículas de lodo junto a granos de arena en tamaños que van de fino a muy fino.

Muestra N°: 53 La Tribuna

I. LOCALIZACIÓN

Muestra tomada en el sector denominado "Cueva del Chimbilo" sobre el afloramiento que corta la cascada de la quebrada El Neme y posee las siguientes coordenadas geográficas:

NORTE	ESTE
831350	855049

II. CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS Y RELACIONES DE CAMPO:

localizada en el sector denominado "Cueva del Chimbilo" en donde se presenta una secuencia de estratificación gruesa a fina con un espesor de 20 metros (Fotografía 10) y corresponde al denominado miembro la Luna. La secuencia se inicia con un paquete de lodolitas carbonosas de color gris oscuro (N2) suprayaciendo un paquete de lodolitas calcareas y niveles de margas de color gris claro (N5) muy fracturadas en capas tabulares y lenticulares con laminación planoparalela; suprayace a este nivel un paquete de calizas bioesparíticas (packstone) de color gris claro a amarillentas.



Fotografía 19. Detalle de la muestra E-53

III. CARACTERÍSTICAS MICROSCÓPICAS:

TEXTURA ESTRUCTURA

Roca sedimentaria clástica de color gris claro conformada por granos de tamaño arena de fino a muy fino (30%), limo (20%) y lodo (50%) con estructuras internas de tipo laminación interna de tipo planoparalela.

COMPOSICION MINERALOGICA

Los minerales presentes en la sección delgada presentan la siguiente distribución:

ESENCIALES	ACCESORIOS
Cuarzo.....40%	Óxidos de hierro.....20%
Minerales de arcilla....40%	

DESCRIPCION DE MINERALES:

- **CUARZO DE GRANO FINO A MUY FINO:** (20%) se presentan granos de tamaño arena muy fina y tamaño limo de aspecto hialino a lechoso y de formas subangulares. Puntualmente algunas caras presentan estrías de fricción producto de micro tectonismo.
- **CUARZO TAMAÑO LIMO:** (20%) las partículas tamaño limo están conformadas por sílice microcristalina de aspecto granular.

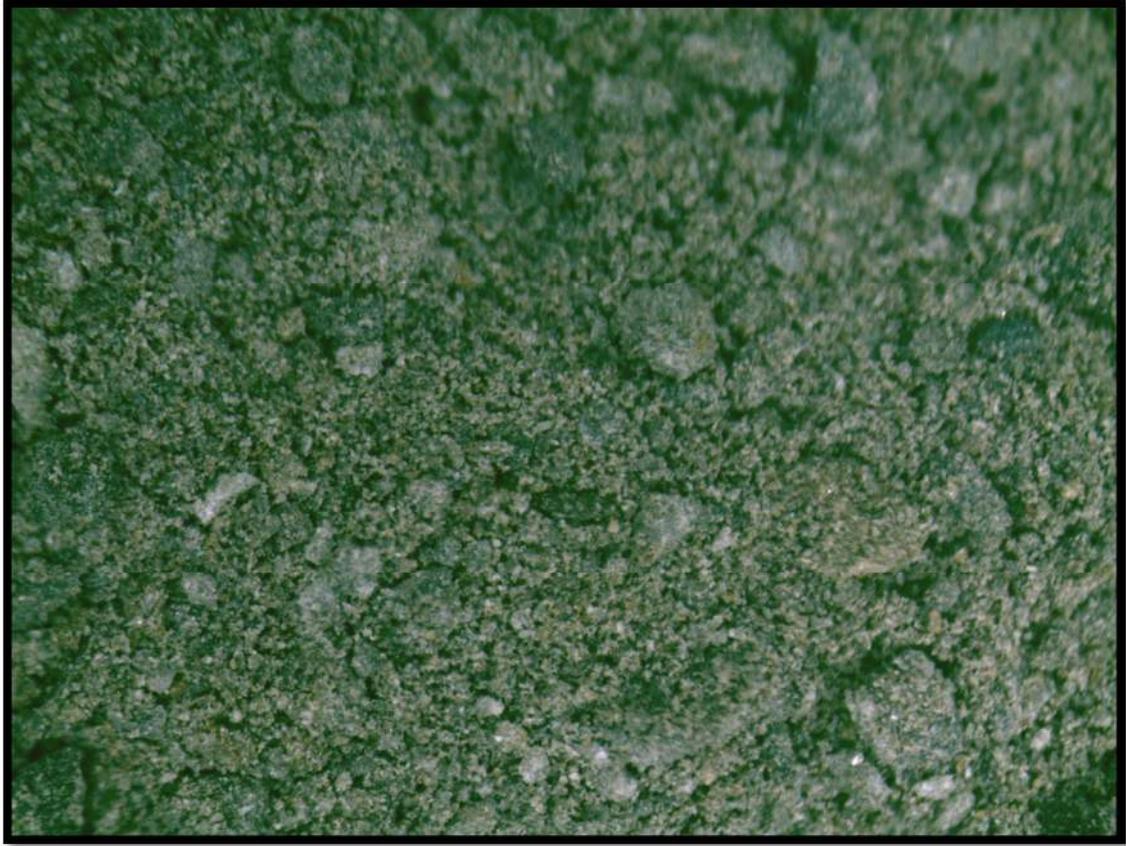
MINERALES DE ARCILLA: (40%) se observa un material microcristalino, fino, semiplástico, se empapa fácilmente al agua compuesto por minerales de arcilla no identificables a la microscopia trabajada.

OXIDOS DE HIERRO: (10%) se observan granos de hematites de color amarillo de aspecto terroso y como patinas a través de las microfracturas.

OTRAS OBSERVACIONES: la roca se encuentra con alto contenido de óxidos lo que manifiesta su aspecto reductor con la presencia de pirita la cual ha sido oxidada por procesos exógenos.

IV. ORIGEN DE LA ROCA: sedimentario clástico

V. CLASIFICACION: lodolita ferruginosa.



Fotografía 1. (1 x 10 X) muestra constituida principalmente por lodo y proporciones menores de limo y granos muy finos.

1.2. Muestras recolectadas en Los Yuyos para la formación Villeta

Muestra N°: 4-5 Los Yuyos

I. LOCALIZACIÓN

Muestra tomada sobre el carretable de la vereda de los yuyos y posee las siguientes coordenadas:

NORTE	ESTE
777971	816126

II. CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS Y RELACIONES DE CAMPO:

Lodolitas gris claras fisiles, muy fracturadas, se desintegran fácilmente a presión y se encuentra conformada por sílice, minerales de arcilla y materia orgánica.



Fotografía 21. Detalle de la muestra E 4-5

III. CARACTERÍSTICAS MICROSCÓPICAS:

TEXTURA ESTRUCTURA

Roca sedimentaria clástica conformada por partículas de tamaño lodo (100%) con estructuras internas de tipo laminación lenticular a planoparalela fina.

COMPOSICIÓN MINERALÓGICA

Se realizó un análisis al microscopio binocular determinándose:

ESENCIALES	
Minerales de arcilla.....	70%
Sílice.....	20%
Materia orgánica.....	10%

DESCRIPCIÓN DE MINERALES:

SILICE: (20%) la sílice se presenta con un proceso de silificación generando fracturas concoideas y dándole a la roca un aspecto homogéneo.

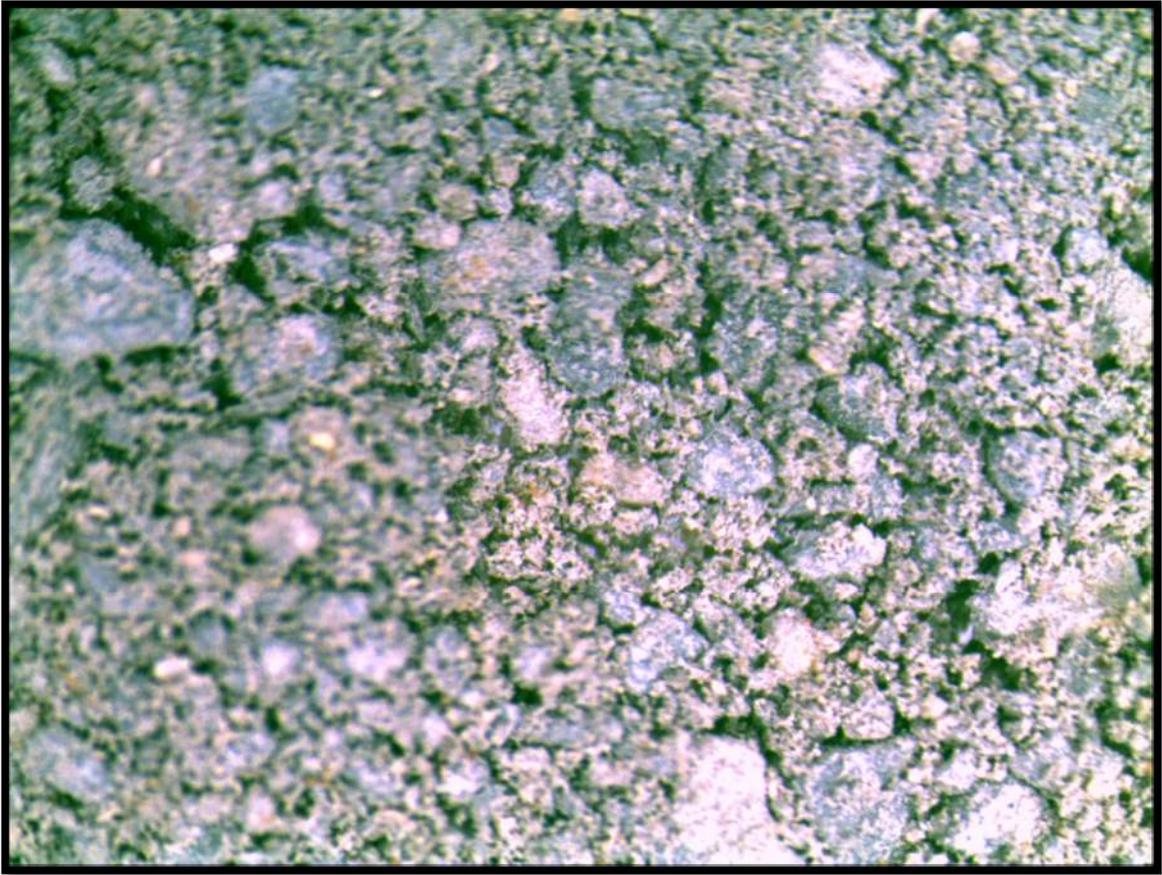
MINERALES DE ARCILLA: (70%) se observan gran cantidad de minerales de arcilla de comportamiento semiplástico y se humecta rápidamente al agua.

MATERIA ORGÁNICA: (10%) se observan algunas muestras de lodo con puntos y nidos de materia orgánica de color gris oscuro a negro la cual reacciona al peróxido de hidrogeno.

OTRAS OBSERVACIONES: la muestra presenta un proceso de silificación posiblemente ocurrido posteriormente a la sedimentación durante el proceso diagenético

IV. ORIGEN DE LA ROCA: sedimentario clástico.

V. CLASIFICACION: lodolita silícea.



Fotografía 22. (1 x 10X) partículas de limo y lodo silíceo recubiertas con una película de arcilla.

Muestra N°: 5-6 Los Yuyos

I. LOCALIZACIÓN

Muestra tomada sobre el carretable de la vereda de los yuyos y posee las siguientes coordenadas:

NORTE	ESTE
777971	816092

II. CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS Y RELACIONES DE CAMPO:

La muestra fue tomada a 8 metros del tope de la formación en un afloramiento conformado por Lodolitas gris claras, fisiles, tabulares con estratificación planoparalela, lenticulares.



Fotografía 23. Detalle de la muestra E-5-6

III. CARACTERÍSTICAS MICROSCÓPICAS:

TEXTURA ESTRUCTURA

Roca sedimentaria clástica conformada por partículas de tamaño limo (15%) lodo (80%) y granos muy finos (5%) con estructuras internas de tipo laminación planoparalela.

COMPOSICIÓN MINERALÓGICA

Los minerales presentes en la sección delgada presentan la siguiente distribución:

ESENCIALES	ACCESORIOS
cuarzo.....5%	Sulfuros.....2%
Minerales de arcilla....83%	Óxidos de hierro....5%
Materia orgánica.....5%	

DESCRIPCIÓN DE MINERALES:

CUARZO DE GRANO FINO A MUY FINO: (5%) se presenta a manera de granos muy finos de aspecto hialino localmente lechoso de formas subangulares.

MINERALES DE ARCILLA: (73%) se observan cantidades de minerales de arcilla en tamaño lodo, al aplicarles presión se desintegran fácilmente y al humectarlas manifiestan un comportamiento semiplástico.

MATERIA ORGÁNICA: (5%) se observan algunos nidos y puntos de materia orgánica de color negro impregnada entre las fracturas y diseminada. reacciona al peróxido de hidrógeno.

OXIDOS DE HIERRO: (4%) se presentan a manera de pátinas de color amarillo pálido y tonalidades rojizas, correspondiendo mineralógicamente a limonitas y hematites, estos minerales son de carácter secundario y se presentan por procesos de meteorización química de sulfuros tipo pirita.

Sulfuros: (2%) se observan algunos puntos de pirita cristalina pseudocúbica asociada a la materia orgánica presente en la lodolita.

OTRAS OBSERVACIONES: la roca se encuentra oxidada posiblemente como factor secundario de la degradación de la pirita.

IV. ORIGEN DE LA ROCA: sedimentario clástico

V. CLASIFICACION: lodolita carbonosa.



Fotografía 24. (1 x 10X) partículas de limo y lodo silíceo recubiertas con una película de arcilla.

Muestra N°: 6-7 Los Yuyos

I. LOCALIZACIÓN

Muestra tomada sobre el carretable de la vereda de los yuyos y posee las siguientes coordenadas:

NORTE	ESTE
777888	815976

II. CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS Y RELACIONES DE CAMPO:

La muestra fue tomada a 7 metros del tope de la formación en un afloramiento conformado por limolitas, y Lodolitas gris claras, fisiles, en capas tabulares con estratificación interna planoparalela a lenticular.



Fotografía 25. Detalle de la muestra E-6-7

III. CARACTERÍSTICAS MICROSCÓPICAS:

TEXTURA ESTRUCTURA

Roca sedimentaria clástica conformada por partículas de tamaño limo (50%) y lodo (50%) con estructura sedimentaria de tipo laminación planoparalela y lenticular

COMPOSICIÓN MINERALÓGICA

Los minerales presentes en la sección delgada presentan la siguiente distribución:

ESENCIALES	ACCESORIOS
Silice.....10%	Óxidos de hierro.....5%
Minerales de arcilla....85%	

DESCRIPCIÓN DE MINERALES:

SILICE: (10%) localmente las limonitas presentan silificación manifestándose por su fracturamiento concoide.

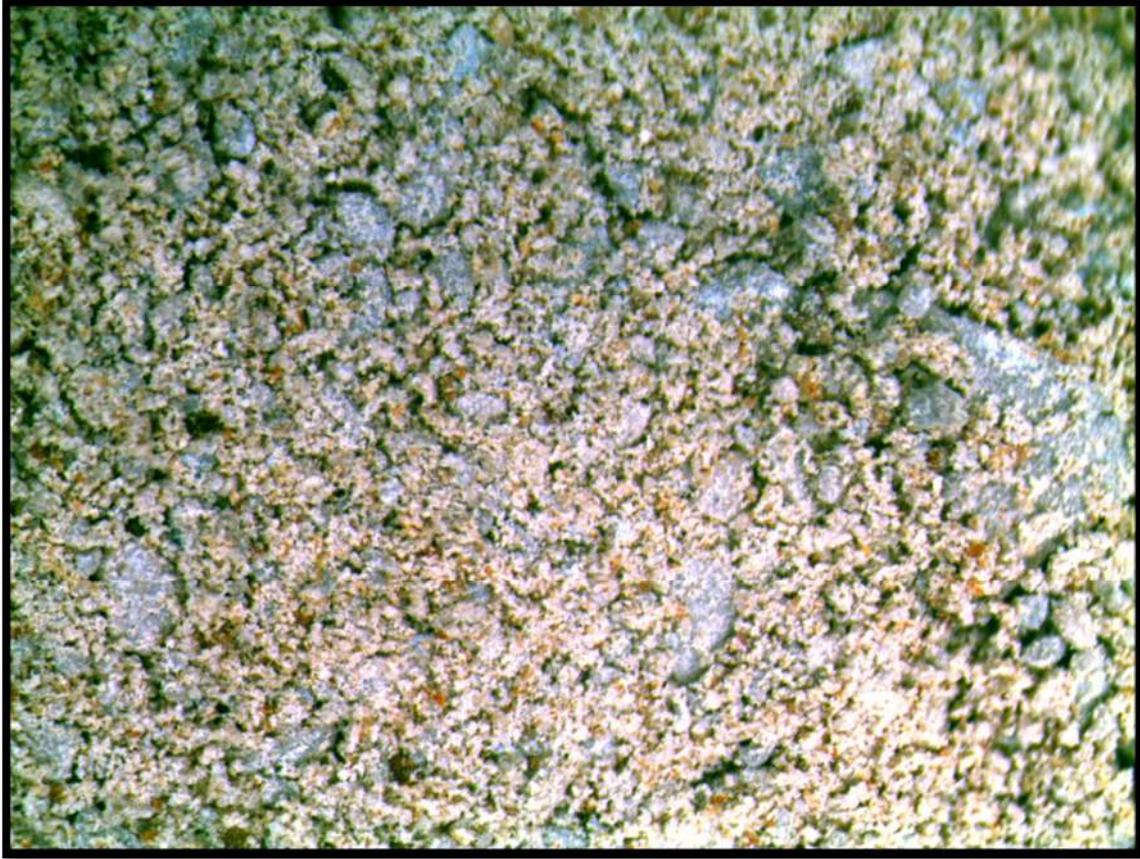
MINERALES DE ARCILLA: (85%) gran parte de las partículas limo y lodo corresponden a minerales de arcilla de color gris claro frágiles, blandos smiásticos

OXIDOS DE HIERRO: (5%) corresponden a pátinas presentes en las diaclasas y mineralógicamente corresponden a hematites de color pardo rojizo (10R 4 ½)

OTRAS OBSERVACIONES: en las paredes de las diaclasas localmente se presenta una textura de flujo conformada por sílice.

IV. ORIGEN DE LA ROCA: sedimentario clástico

V. CLASIFICACION: limolita silícea.



Fotografía 26. (1 x 10X) partículas de limo y lodo silíceo recubiertas con una película de arcilla.